

# Marco Analítico y Guía para la planeación ante el Cambio Climático y Tecnologías Ecológicamente Racionales

Mariana Silva Paredes  
Diana Verónica Noriega Navarrete  
Javier Aliaga Lordemann  
Zuelclady Ma. F. Araujo Gutiérrez  
José Ramírez García

División de Cambio Climático

NOTA TÉCNICA N°  
IDB-TN-01721

# Marco Analítico y Guía para la planeación ante el Cambio Climático y Tecnologías Ecológicamente Racionales

Mariana Silva Paredes  
Diana Verónica Noriega Navarrete  
Javier Aliaga Lordemann  
Zuelclady Ma. F. Araujo Gutiérrez  
José Ramírez García

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC México  
IDOM Ingeniería S.A. de C.V.

Noviembre 2019

Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del

Banco Interamericano de Desarrollo

Marco analítico y guía para la planeación ante el cambio climático y tecnologías  
ecológicamente racionales / Mariana Silva Paredes, Diana Verónica Noriega Navarrete,  
Javier Aliaga Lordemann, Zuelclady Ma. F. Araujo Gutiérrez, José Ramírez García.  
p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1721)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Green technology-Government policy-Latin America. 2. Technological innovations-  
Environmental aspects-Latin America. 3. Climate change mitigation-Latin America.  
4. Environmental policy-Latin America. I. Silva Paredes, Mariana. II. Noriega Navarrete,  
Diana Verónica. III. Aliaga Lordemann, Javier. IV. Araujo Gutiérrez, Zuelclady Ma. F.  
V. Ramírez García, José. VI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio  
Climático. VII. Serie.  
IDB-TN-1721

Códigos JEL: O21, O33, O38, O44, Q42, Q48, Q54, Q55, R41.

Palabras clave: Cambio climático, tecnologías ecológicamente racionales, planeación  
climática, modelos analíticos.

Esta publicación es un instrumento práctico que facilita la planeación ante el cambio  
climático de manera efectiva y participativa, a través de un proceso que promueve el  
uso de modelos y herramientas analíticas para la selección, evaluación y priorización  
de Tecnologías Ecológicamente Racionales; contribuyendo a que las decisiones que  
tomen los países de la región Latinoamericana y el Caribe se realicen de manera  
informada y consensuada para mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero  
de los sectores de eficiencia energética, energías renovables y transporte.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2019 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





**MARCO ANALÍTICO  
Y GUÍA PARA LA PLANEACIÓN  
ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y  
TECNOLOGÍAS ECOLÓGICAMENTE  
RACIONALES**

**Eficiencia energética, energías  
renovables y transporte**

## Reconocimientos

Esta Guía se realiza en el marco del Proyecto **“Mecanismos y Redes de Transferencia de Tecnologías de Cambio Climático en Latinoamérica y el Caribe (LAC)”** que en su Componente 1. Desarrollo de políticas nacionales y capacidades institucionales, es coordinado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y financiado a través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés); quienes cuentan con un Acuerdo de Cooperación Técnica, cuyo propósito es impulsar la colaboración internacional y el crecimiento verde.

La presente Guía busca promover el desarrollo y la transferencia de tecnologías en la región de Latinoamérica y el Caribe, con el fin de reducir las emisiones de CyGEI y la vulnerabilidad ante el cambio climático. Esta ha sido elaborada por IDOM Ingeniería, S.A. de C.V., bajo la directriz y supervisión del INECC, y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Agradecemos a los equipos de trabajo del BID, INECC e IDOM por su valiosa labor, así como a todos los expertos involucrados en su elaboración.

## Créditos

### Responsables del documento

IDOM Ingeniería S.A. de C.V.  
Av. Paseo de la Reforma No. 404 Piso 5. Colonia Juárez.  
Delegación Cuauhtémoc.  
C.P. 06600. Ciudad de México.

### Revisores

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) México.  
Directora General, María Amparo Martínez; Coordinadora General de Cambio Climático Claudia A. Octaviano, contribuciones de Óscar Sebastián Araiza y Roberto Ulises Ruiz y coordinación de Ana María Contreras Vigil y la colaboración de Julio Yáñez Meneses.

## Agradecimiento

Al Banco Interamericano de Desarrollo, particularmente en su División de Cambio Climático Claudio Alatorre Frenk, Claudia Hernández y Adrien Vogt-Schilb.

---

# Contenido

SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....	1
Términos y Principios Clave .....	4
Introducción.....	6
¿A quién está dirigida esta Guía? .....	7
¿Cómo leer y utilizar esta Guía?.....	8
Estructura de la Guía .....	8
Objetivos de la Guía.....	10
Objetivos específicos .....	11
Antecedentes .....	11
Impactos del cambio climático.....	11
El Acuerdo de París: el camino hacia la estabilización de las emisiones .....	15
Proceso de evaluación de políticas y planeación ante el cambio climático .....	18
Etapa 1. Situación de partida.....	22
Paso 1. Identificación y análisis de instrumentos de política pública.....	24
Paso 2. Identificación y análisis de instrumentos de planeación climática .....	25
Paso 3. Identificación del problema y las posibles medidas de mitigación para su solución.....	30
Paso 4. Proyección de objetivos estratégicos para la modelación .....	35
Paso 5. Financiamiento para enfrentar el cambio climático .....	39
Paso 6. Informe de Situación de partida .....	41
Etapa 2. Actores, coordinación y diálogo.....	44
Paso 7. Identificación de actores y la estructura de gobernanza .....	46
Paso 8. Mecanismos de coordinación.....	49
Paso 9. Visión conjunta para alcanzar metas y objetivos .....	58
Paso 10. Integración del equipo impulsor para el desarrollo, ejecución y seguimiento de la modelación.....	66
Etapa 3. Utilización de modelos y herramientas para la planeación climática.....	67
Paso 11. Reporte de Línea Base de Modelación (LBM).....	70
Paso 12. Selección de modelos y herramientas.....	73
Paso 13. Construcción de escenarios prospectivos .....	76
Paso 14. Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones.....	80
Etapa 4. De los resultados de la modelación a la implementación.....	84
Paso 15. Elaboración de un plan climático e inclusión de TER.....	85
Paso 16. Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).....	87
Paso 17. Actualización y mejora del plan climático e inclusión de TER .....	89

---

Casos de Estudio .....	91
Caso 1. Costa Rica - Energías renovables.....	93
Caso 2. Chile - Energías renovables .....	94
Caso 3. Chile - Transporte.....	95
Caso 4. México - Hoja de Ruta en Eficiencia Energética .....	96
Vinculación LAC para fortalecer los temas de planeación ante el cambio climático y de tecnologías.....	97
Conclusiones y recomendaciones de los expertos .....	97
Glosario.....	99
Referencias bibliográficas.....	102

## Tablas

Tabla 1. Pasos sugeridos y tareas indicativas para la Etapa 1.....	22
Tabla 2. Ejemplo matriz multicriterio.....	31
Tabla 3. Ejemplo de evaluación de TER - contenido instructivo.....	33
Tabla 4. Bancos Nacionales de Desarrollo en países en desarrollo.....	39
Tabla 5. Principales Bancos de Desarrollo Multilateral .....	39
Tabla 6. Instituciones de Financiamiento al Desarrollo que proveen financiamiento bilateral (no limitativa).....	40
Tabla 7. Insumos mínimos necesarios identificados para la modelación.....	43
Tabla 8. Pasos sugeridos y actividades indicativas para la Etapa 2.....	45
Tabla 9. Criterios para los mecanismos de coordinación interinstitucional .....	49
Tabla 10. Metodologías sugeridas para las actividades de coordinación y diálogo .....	62
Tabla 11. Pasos de planeación sugeridos y actividades indicativas para la Etapa 3.....	69
Tabla 12. Ejemplo de criterios de selección de modelos.....	74
Tabla 13. Modelos disponibles para la(s) alternativa(s) seleccionada(s).....	75
Tabla 14. Priorización de premisas.....	81
Tabla 15. Pasos sugeridos y tareas indicativas para la Etapa 4.....	84
Tabla 16. Preguntas clave para la retroalimentación o actualización de modelos .....	89

---

## Ilustraciones

Ilustración 1. Etapas y pasos del proceso de evaluación de políticas y planeación climática.....	10
Ilustración 2. Índice de Riesgo Climático Global para los años 1997-2016.....	14
Ilustración 3. Etapas, pasos y responsables en el proceso de evaluación de políticas y planeación ante el cambio climático.....	21
Ilustración 4. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de México, 2015.....	27
Ilustración 5. Estructura del Balance Energético OLADE.....	27
Ilustración 6. Balance Nacional de Energía de Chile, 2017 (TCal) .....	28
Ilustración 7. Diagrama de ciclo de vida.....	33
Ilustración 8. Ejemplo de curva de costos de abatimiento de GEI para México hacia 2020.....	34
Ilustración 9. Flujos existentes de financiamiento climático .....	38
Ilustración 10. Ejemplo de mapa de actores del ecosistema.....	47
Ilustración 11. Estructura de Gobernanza Climática en República Dominicana ....	48
Ilustración 12. Modelos de arreglos institucionales, ejemplificativos .....	51
Ilustración 13. Pasos sugeridos para los arreglos institucionales .....	52
Ilustración 14. Componentes de los SNI y sus actores.....	54
Ilustración 15. Instituciones Gubernamentales Competentes en Cambio Climático - Ejemplo: Colombia.....	59
Ilustración 16. Grupos de interés de instituciones privadas Ejemplo: Colombia .....	60
Ilustración 17. Grupos de interés propulsores de una política ante el Cambio Climático - Ejemplo: Colombia.....	60
Ilustración 18. Diálogos Participativos - Ejemplo: Chile .....	61
Ilustración 19. Capacidades identificadas y roles del equipo impulsor .....	67
Ilustración 20. Proceso de preparación de un TAP.....	87

---



# Recuadros

- Recuadro 1. Sobre esta Guía .....6
- Recuadro 2. Efectos de la actividad humana en el cambio climático ..... 12
- Recuadro 3. Índice de Riesgo Climático Global ..... 13
- Recuadro 4. Ventajas de la planeación en el cambio climático ..... 15
- Recuadro 5. Mecanismo tecnológico ..... 16
- Recuadro 6. Tecnologías Ecológicamente Racionales ..... 17
- Recuadro 7. Transferencia de Tecnología ..... 17
- Recuadro 8. Gestión de contaminantes climáticos de vida corta..... 24
- Recuadro 9. Marco regulatorio en materia de cambio climático, energía  
y transporte ..... 24
- Recuadro 10. Contribuciones Nacionalmente Determinadas..... 25
- Recuadro 11. Instrumentos de planeación climática ..... 26
- Recuadro 12. Diagnósticos sectoriales previos..... 29
- Recuadro 13. Lista de energías renovables ..... 29
- Recuadro 14. Desventajas de las curvas MACC .....35
- Recuadro 15. Actualización y mejora continua de la información ..... 41
- Recuadro 16. Contenido mínimo sugerido del Informe de Situación  
de partida..... 42
- Recuadro 17. Ejemplo caso: Centro Nacional de Planeamiento  
Estratégico de Perú..... 42
- Recuadro 18. Relevancia de la Etapa 2 ..... 44
- Recuadro 19. Gobernanza en la planeación climática..... 46
- Recuadro 20. La participación y apertura en las políticas de cambio climático.. 48
- Recuadro 21. Consejo de Cambio Climático de México ..... 49
- Recuadro 22. Sistema Nacional de Cambio Climático en México (SINACC) ..... 50
- Recuadro 23. Participación de las empresas paraestatales en la planeación ..... 56
- Recuadro 24. Acceso a la información científica y tecnológica ..... 56
- Recuadro 25. Programa Eficiencia Energética de Chile.....57
- Recuadro 26. Caso. El conflicto entre las partes interesadas en Brasil..... 58
- Recuadro 27. Importancia de la participación en la elaboración de los  
modelos ..... 58

---

Recuadro 28. Caso. La Estrategia colombiana de desarrollo Bbajo en carbono de Colombia.....	61
Recuadro 29. <i>Trade-offs</i> y costos de oportunidad en las políticas de cambio climático.....	66
Recuadro 30. Caso: Mesa de Geotermia de Chile .....	66
Recuadro 31. La colaboración de los grupos interesados en el proceso de modelación.....	66
Recuadro 32. Ejemplo de alcance o marco de acción.....	71
Recuadro 33. Método AHP (Analytic Hierarchy Process) .....	74
Recuadro 34. Recomendaciones para la modelación.....	75
Recuadro 35. Selección del modelo previo a la formulación de escenarios.....	76
Recuadro 36. Comparación de escenarios .....	77
Recuadro 37. Definición adecuada de los escenarios.....	77
Recuadro 38. Recomendaciones en priorización de escenarios .....	79
Recuadro 39. Caso: modelos y herramientas para la construcción de escenarios de mitigación de Brasil .....	83
Recuadro 40. Componentes del TAP.....	86
Recuadro 41. Medición, Reporte y Verificación (MRV).....	88
Recuadro 42. Evaluación efectiva de las políticas y programas .....	91

---

## Siglas y Acrónimos

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
AE	Entidades Acreditadas/ <i>Accredited Entities</i>
AHP	Proceso de Análisis Jerárquico/ <i>Analytic Hierarchy Process</i>
BAU	Escenario tendencial/ <i>Business as Usual</i>
BNE	Balance Nacional de Energía
BUR	Informe Bienal de Actualización / <i>Biennial Update Report</i>
CC	Cambio Climático
CCAC	Coalición del Clima y Aire Limpio/ <i>Climate and Clean Air Coalition</i>
CCRIF	Fondo de Seguro contra Riesgos de Catástrofe para el Caribe/ <i>Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility</i>
CCVC	Contaminantes Climáticos de Vida Corta
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CTCN	Centro y Red de Tecnología del Clima/ <i>Climate Technology Centre and Network</i>
COP	Conferencia de las Partes/ <i>Conference of Parts</i>
CO <sub>2</sub>	Bióxido de carbono
CO <sub>2e</sub>	Bióxido de carbono equivalente
COFFE	Marco computable para la energía y el medioambiente/ <i>Computable Framework For Energy and the Environment</i>
CT	Cooperación Tecnológica
CTI	Ciencia, Tecnología e Innovación
CyGEI	Compuestos y Gases de Efecto Invernadero
FEMEX	Fenómenos hidrometeorológicos extremos
GCF	Fondo Verde para el Clima/ <i>Green Climate Fund</i>
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial/ <i>Global Environmental Facility</i>
GEI	Gases de efecto invernadero
LAC	Latinoamérica y el Caribe
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
IAM	Modelos de Evaluación Integrada/ <i>Integrated Assessment Model</i>
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México
INEGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático/ <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>

IRC	Índice de Riesgo Climático Global
LBM	Línea Base de Modelación
MACC	Curvas de costo marginal de abatimiento de emisiones de GEI/ <i>Marginal Abatement Cost Curves</i>
MAPS	Planes de Acción de Mitigación y Escenario/ <i>Mitigation Action Plans &amp; Scenario</i>
MCP	Matriz de Contexto y Prospectiva
MCS	Estrategia de Medio Siglo/ <i>Mid-century Strategy</i>
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
MSG	Crecimiento multisectorial/ <i>Multi sectorial growth</i>
NDA	Autoridad Nacional Designada/ <i>National Designated Authorities</i>
NDC	Contribución Nacionalmente Determinada/ <i>Nationally Determined Contribution</i>
ODS	Objetivos y metas de desarrollo sostenible
OTT	Oficinas de transferencia de tecnología
PCRAFI	Iniciativa para la Evaluación y el Financiamiento de Riesgos de Catástrofe en el Pacífico/ <i>Pacific Catastrophe Risk Assessment and Financing Initiative</i>
PIB	Producto Interno Bruto
PPF	Fondo de Preparación de Proyectos/ <i>Project Preparation Facility -PPF</i>
SNAP	Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta/ <i>Supporting National Action &amp; Planning on Short-lived climate pollutants</i>
SNI	Sistema Nacional de Innovación
TAP	Plan de Acción de Tecnología/ <i>Technology Action Plan</i>
TEA	<i>Total Economy Assessment</i>
TEC	Comité Ejecutivo de Tecnología/ <i>Technology Executive Committee</i>
TEECC	Principios de transparencia, exactitud, exhaustividad, comparabilidad y coherencia
TER	Tecnologías Ecológicamente Racionales/ <i>Environmental Sound Technology</i>
TNA	Evaluación de Necesidades Tecnológicas/ <i>Technology Need Assessment</i>
TT	Transferencia Tecnológica



## Guía para planeación ante el Cambio Climático y la inclusión de Tecnologías Ecológicamente Racionales (TER)

### Términos y Principios Clave

A lo largo de esta Guía se encontrarán repetidamente términos y principios clave para responder al CC. En esta subsección se describen brevemente estos conceptos.

Los términos utilizados en esta Guía son en su mayoría, aquellos definidos y utilizados tanto por el Panel Intergubernamental para el CC (IPCC), organismo científico encargado de evaluar el riesgo del CC ocasionado por la actividad humana, como por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre CC (CM-NUCC). Si se desea profundizar en esta información, sugerimos remitirse a la terminología descrita en el Glosario.

- **Cambio Climático (CC):** Un cambio en el clima directa o indirectamente atribuido a las actividades humanas que alteran la composición global de la atmósfera y son adicionales a la variabilidad climática natural observada sobre períodos comparables.
- **Compuestos y gases de efecto invernadero (CyGEI):** Cualquier constituyente sólido o gaseoso de la atmósfera que tiene la capacidad de absorber y reemitir radiación infrarroja. Esos gases pueden clasificarse en aquellos generados de manera natural o aquellos emitidos como resultado de las actividades socioeconómicas del hombre.
- **Contaminantes climáticos de vida corta:** Sustancias con un tiempo de vida en la atmósfera más corto que el bióxido de carbono CO<sub>2</sub>, el principal es el gas de efecto invernadero. Los demás son el carbono negro (hollín), el metano, el ozono troposférico y algunos hidrofluorocarbonos (HFC), los cuales son considerados los que más contribuyen al CC después del CO<sub>2</sub>.
- **Contribución determinada a nivel nacional (NDC):** Plan detallado de acción climática que los países firmantes del Acuerdo de París han comprometido para reducir sus emisiones de CyGEI a partir del 2020 y hasta el 2030 indicando, en algunos casos, las acciones a seguir para la adaptación a los efectos del CC, las necesidades tecnológicas y financiamiento requerido.
- **Eficiencia energética:** Uso eficiente de la energía a partir de limitar o reducir el consumo energético mediante la utilización de dispositivos eficientes; es decir, que consumen una cantidad de energía inferior a la media para realizar una actividad.
- **Energía renovable:** Cualquier forma de energía de origen solar, geofísico o biológico que se renueva mediante procesos permanentes y naturales a un ritmo igual o superior a su tasa de utilización.
- **Estrategia de Medio Siglo (MCS, por sus siglas en inglés):** De conformidad con el párrafo 19 del artículo 4 del Acuerdo de París, todas las partes deberían esforzarse por formular y comunicar estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de GEI, teniendo presente el artículo 2 y tomando en consideración sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.
- **Intensidad energética:** Cantidad de energía requerida para producir una unidad de riqueza. Se calcula como la relación entre la demanda o consumo energético y el Producto Interno Bruto (PIB).
- **Mapa mental:** Diagrama que representa las estructuras funcionales y relaciones ascendentes o descendentes entre ideas, conceptos, clases y categorías ligadas y relacionadas alrededor de una palabra clave, idea central o pregunta fundamental. Un mapa mental es una estructura que reúne los nodos de un tema alrededor de un pivote para visualizar la manera en que estos se relacionan entre sí. Es una representación gráfica de las tareas que conlleva el ejercicio de modelación y permite organizar las actividades involucradas para cumplir con los objetivos definidos para este.

- **Marco analítico:** Resultado de una investigación documental, así como de entrevistas y talleres de trabajo con tomadores de decisión y expertos en modelación para definir las etapas y pasos que involucra la integración de modelos en el proceso de planeación climática para los sectores de energías renovables, eficiencia energética y transporte.
- **Metas climáticas:** Compromisos específicos establecidos por las partes en sus NDC, que aborda de manera equilibrada la mitigación, la adaptación, el financiamiento, el desarrollo y la transferencia de tecnología y el fomento de la capacidad, así como la transparencia de las medidas y la prestación de apoyo, formula y comunica estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de CyGEI, cuyo progreso en conjunto se evaluará a través de un inventario global que se elaborará cada 5 años.
- **Modelos y herramientas analíticas o cualitativas:** Modelos matemáticos que describen sistemas complejos (grupos de elementos funcionalmente interrelacionados, formando un conjunto complejo —por ejemplo, la proyección del consumo energético de un país—) y herramientas computacionales para el análisis de los sistemas o modelos.
- **Planeación estratégica:** Pasos y actividades de un proceso de toma de decisión sistemático, transparente y objetivo para determinar prioridades, identificar el problema, tomar elecciones inteligentes y distribuir recursos, incluyendo tiempo, dinero y capacidades humanas. En el contexto climático se espera, además, que se logre por parte de los actores de gobierno, en este documento denominados “planeadores”, una alineación entre las medidas ante el CC y los instrumentos de planeación nacional y agendas de desarrollo, formulando **objetivos estratégicos** y las políticas públicas óptimas de un país o región o sector de la economía.
- **Planeación participativa:** Enfoque del trabajo de planeación que involucra a todos los sectores del ecosistema de la planeación climática incluyendo la comunidad científica, el sector privado, grupos de interés locales y, más importante, grupos vulnerables y tradicionalmente no representados en la planeación.
- **Procesos operativos:** Pasos y actividades llevados a cabo en los ejercicios de modelación o utilización de herramientas computacionales que emanan de los procesos y objetivos estratégicos recién descritos arriba y que recaen principalmente en la responsabilidad de un grupo de “modeladores” o equipo impulsor de apoyo técnico dedicado al análisis, evaluación y generación de escenarios, quienes formulan los objetivos operativos.
- **Prospectiva:** Conjunto de estudios que se llevan a cabo sobre un tema o situación particular a modo de determinar lo que ocurrirá de forma anticipada. Se apoya en la investigación a través de los métodos científicos y empíricos para realizar análisis y plantear escenarios futuros, a fin de establecer en el presente cuáles son las mejores acciones o medidas a tomar.
- **Rutas o trayectorias de mitigación:** Escenarios prospectivos de análisis de emisiones de CyGEI y sus respectivos costos o impactos en la economía en el corto, mediano y largo plazo, dependiendo del horizonte del tiempo de cada estudio. Son estimados con base en descripciones matemáticas de las actividades de los sectores y la economía.
- **Tecnologías climáticas:** Cualquier equipo, técnica, conocimiento práctico o habilidad necesaria para reducir las emisiones de GEI o para adaptarse al CC (UNFCCC, 2018). Ejemplo de estas tecnologías son los cultivos resistentes a la sequía, sistemas de alerta temprana y muros de contención; además de prácticas de ahorro de energía y conocimientos técnicos para operar maquinaria.
- **Tecnologías Ecológicamente Racionales (TER):** Aquellas que protegen al medioambiente. Son menos contaminantes, utilizan todos los recursos en forma más sostenible, reciclan una mayor porción de sus residuos y productos y los tratan en forma más aceptable que las tecnologías que han venido a sustituir.
- **Transporte:** Actividad del sector terciario entendida como el desplazamiento o movilidad de objetos, animales o personas de un lugar a otro en un vehículo que utiliza una determinada infraestructura.

## Introducción

El CC se ha convertido en uno de los desafíos más relevantes del siglo XXI. Aún cuando la incertidumbre es grande en cuanto a la escala, el alcance y la magnitud de los impactos derivados del aumento de la temperatura sobre el planeta, existe la claridad de que los países de Latinoamérica y el Caribe (LAC) estarán altamente expuestos a los impactos directos e indirectos del CC, siendo las islas del Caribe las más vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos extremos (FEMEX).

Por lo anterior, la inclusión de tecnologías ecológicamente racionales (TER) en la planeación climática es clave para contribuir a la mitigación, enfrentar la adaptación, proteger al medioambiente y promover el desarrollo sostenible. Es importante destacar que los cambios tecnológicos por sí solos no serán suficientes para superar los retos climáticos; se deben incluir procesos estratégicos de planeación, que, además de tecnologías de procesos y productos, consideren de manera integral los aspectos sociales y generen un cambio en el comportamiento humano, con el fin de limitar el aumento de la temperatura de la Tierra en 1.5 °C.

Esta Guía es un **instrumento que facilita la planeación ante el CC** de manera efectiva y participativa, a través del uso de modelos y herramientas analíticas para la selección, evaluación y priorización de TER, contribuyendo así a que las decisiones que tomen los países de la región LAC se realicen de manera informada y consensuada para mitigar las emisiones de CyGEI en los **sectores de eficiencia energética, energías renovables y transporte**.

Si bien esta Guía está diseñada para la planeación a nivel nacional, no es limitativa para el ámbito subnacional, ya que es una referencia que permite una organización integrada y alineada en los diferentes niveles de gobierno de cada país.

## Recuadro 1. Sobre esta Guía

Este documento busca guiar a los países en el uso de modelos y herramientas cuantitativas para una planeación y toma de decisiones robustas e informadas ante el CC, tanto a nivel nacional como subnacional, altamente orientadas a la inclusión de tecnologías ecológicamente racionales en los sectores de eficiencia energética, energías renovables y transporte. Esto, con el fin de que logren reducir sus emisiones de CyGEI, cumpliendo con las metas comprometidas ante la CMNUCC en sus NDC en el corto y mediano plazo, siguiendo trayectorias conducentes a las metas globales hacia el 2050 y considerando el desarrollo sostenible y resiliente

Su construcción se basó en una investigación documental y en un proceso colaborativo que considera y recopila las aportaciones que más de 90 expertos regionales en modelación y planeación climática brindaron, a través de entrevistas y de su participación en tres **Talleres de Diálogo de Expertos: focalización, validación y difusión**, de los cuales dos se llevaron a cabo en la Ciudad de México y uno más en República Dominicana (ver **“Anexo A. Marco Analítico. Donde se describe cómo realizar un diagnóstico de mapeo de tecnologías viables.”**). Además, incorpora un análisis de la amplia experiencia que existe en la región LAC sobre la modelación para la planeación climática y energética.

(ver **“Anexo A. Marco Analítico y “Anexo B. Modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TER.”**) en la que se cuenta con alrededor de 150 experiencias en el uso de 49 modelos, cuatro de los cuales son de desarrollo propio, así como de los más de 10 casos de estudio en los que se ha analizado su aplicación.

Cabe señalar que esta Guía constituye un primer paso para la planeación climática para el sector energético y de transporte. Sin embargo, se considera que posteriormente, esta se amplíe a otros sectores como lo son el agropecuario, forestal y tratamiento de residuos.



## **Planeación ante el Cambio Climático**

A través de su incorporación al Acuerdo de París, los 33 países de la región LAC han expresado sus compromisos y acciones de mitigación, así como su preocupación a la alta vulnerabilidad que enfrentan por los impactos del CC. Con la finalidad de que los países de la región logren el cumplimiento y la instrumentación de las metas establecidas en sus NDC, esta Guía hace recomendaciones para que durante el diseño de sus políticas climáticas y la toma de decisiones, puedan analizar diferentes escenarios y prospectivas nacionales y sectoriales apoyados en el uso de modelos y herramientas que faciliten la evaluación del impacto de diferentes tecnologías. Esto, con el fin de elegir las más adecuadas para reducir sus emisiones de CyGEI, proteger al medioambiente y obtener los mayores beneficios socioeconómicos asociados, no solo en el corto y mediano plazo, sino con una visión de largo plazo que contribuya a la meta global de emisiones netas cero hacia la mitad de siglo, tal y como se encuentra plasmada en su Estrategia de Medio Siglo, en la cual, la CMNUCC incita a los países a realizar esfuerzos para que esta le sea entregada.

## **Los modelos y herramientas como apoyo para la planeación**

Para poder establecer un conjunto de políticas energéticas y ambientales que promuevan la inclusión de TER, y que con ello se garantice un camino sostenible y exitoso hacia el cumplimiento de las metas climáticas de mediano y largo plazo, es fundamental contar con modelos y herramientas analíticas que permitan describir sistemas complejos y evaluar de manera previa y cualitativa, los impactos tanto positivos como negativos de dichas tecnologías. Esto fomentará que las políticas públicas se diseñen con la inclusión de tecnologías prioritarias que generen un mayor impacto socioeconómico, mejoren el uso de los recursos y logren una reducción de emisiones al menor costo de inversión posible.

## **El proceso cíclico y participativo de planeación**

De acuerdo con los expertos, el uso de modelos y herramientas analíticas para la evaluación cualitativa de los impactos sociales, ambientales y económicos en la toma de decisiones y formulación de política pública, es un apoyo efectivo, siempre y cuando se lleve a cabo dentro de un **proceso de planeación estructurado**; siendo en la mayoría de los casos, iterativo y estratégico, con alta participación de los actores relevantes y de aquellos que pueden ser impactados por dichas acciones.

Esta Guía se estructura con base en el proceso que se muestra en la **Ilustración 1**. A lo largo del documento, se detallan recomendaciones sobre la institucionalización de las actividades de modelación y de la interacción continua entre los actores involucrados en la modelación, los sectores privados y aquellos responsables de la formulación de políticas para conformar un proceso cíclico efectivo para el cumplimiento de las metas a corto, mediano y largo plazo.

### **¿A quién está dirigida esta Guía?**

Esta Guía está diseñada para todos aquellos interesados en la integración de modelos o herramientas analíticas como parte del proceso de planeación climática, principalmente:

- 1. Actores involucrados en el proceso de planeación y tomadores de decisión**, responsables de la formulación de políticas públicas, del diseño y la evaluación cuantitativa de dichas intervenciones,
- 2. modeladores** o equipos de apoyo dedicados al análisis, evaluación y generación de escenarios posibles de inclusión de tecnología para la mitigación de CyGEI.

Si bien esta Guía se encuentra acotada hacia los sectores de eficiencia energética, energías renovables y transporte, el proceso de planeación sugerido puede ser aplicado para analizar la inclusión de TER, que puedan apoyar la mitigación o adaptación ante el CC en otros sectores de interés, tanto a nivel nacional, subnacional o regional.

## ¿Cómo leer y utilizar esta Guía?

Esta Guía tiene la versatilidad de utilizarse como un recurso de consulta puntual o como un manual, que **lleva paso a paso a lo largo de un proceso de evaluación de políticas y planeación climática**. En su descripción del proceso tiene una estructura modular, que se puede utilizar en conjunto con otras guías y materiales de aprendizaje específicos disponibles, citados a lo largo del documento.

Debido a la diversidad de audiencias que puedan existir en los sectores y países de la región derivado de sus distintas capacidades técnicas, disponibilidad de recursos, experiencia y sus propias circunstancias, esta Guía muestra un extenso rango de información y contiene, en sus anexos, información ampliada que puede ser consultada para quien requiera más conocimientos con base en sus objetivos y necesidades.

### Estructura de la Guía

**El proceso de evaluación de políticas y planeación que propone esta Guía, está organizado en cuatro etapas estratégicas**, que incorporan el uso de distintos modelos y herramientas de apoyo dentro un proceso de formulación altamente participativo para la planeación ante el CC y la toma de decisiones en el diseño de políticas públicas.

#### *Etapa 1. Situación de partida del país*

**Esta primera etapa define la situación que guarda un país en cuanto a su planeación climática. Implica la identificación y análisis de los instrumentos de política pública**, tales como estrategias, planes, programas, prospectivas y otros documentos relevantes, así como del marco normativo-administrativo con que se cuenta en materia climática y de desarrollo sustentable para impulsar las acciones que le permitan reducir sus emisiones de CyGEI a través de la eficiencia energética, las energías renovables y el transporte.

#### *Etapa 2. Actores, coordinación y diálogo*

Una constante, comúnmente indicada por los expertos como indispensable para desarrollar estrategias, es incluir y asegurar

la amplia participación de los actores relevantes e interesados en los procesos de planeación, incluidos los modeladores. **De ese modo se facilita el manejo de los pilares del desarrollo sostenible —sociedad, economía y medioambiente—** como partes integradas del sistema. Tanto en la planeación, como durante el proceso de modelación, es importante concebir desde el inicio, un **diálogo incluyente** con los distintos actores relevantes y tomar en cuenta aspectos socioeconómicos, así como contextos sociales y ambientales.

Los modelos y herramientas cuantitativas deben ser desarrollados y analizados en alineación y contribución directa al proceso de planeación climática, por lo que se recomienda tomar en cuenta su potencial de facilitar un ambiente de diálogo y colaboración tecnológica entre los distintos actores involucrados como lo son proveedores y receptores de tecnología esto permitirá aumentar la eficiencia de los resultados de la planeación y una futura implementación exitosa.

#### *Etapa 3. Utilización de modelos y herramientas para la planeación climática*

La toma de decisiones informada mediante el uso de modelos o herramientas cuantitativas es la finalidad de la Etapa 3. Sin embargo, seleccionar el (los) modelo(s) o herramienta(s) más adecuado(s) e integrar al equipo de trabajo que utilizará y generará los escenarios es fundamental. Esta elección del modelo debe responder a las necesidades que los planeadores buscan resolver, así como brindar diferentes escenarios que incorporen el uso de TER, además de analizar los recursos técnicos, tecnológicos, humanos y financieros disponibles para su realización.

Las TER evaluadas deben responder a la necesidad de proteger el medioambiente, deben ser menos contaminantes, utilizar todos los recursos de forma más sostenible, tener una mayor porción de sus residuos y productos para reciclaje y que los traten en forma más aceptable que las tecnologías que sustituyen.

La Etapa 3 incluye los aspectos relevantes para la modelación como lo son la formulación del propósito, a través de un Reporte de Línea Base de Modelación, la elaboración del mapa mental, la selección del modelo o herramienta de apoyo, la interpretación de los resultados y sus limitaciones y la validación de los datos de entrada y salida mediante un diálogo cíclico con los distintos actores relevantes y principalmente impactados; la accesibilidad, disponibilidad y transparencia del proceso de modelación, que aseguren la trazabilidad de la información y datos utilizados.

Para una consulta práctica, el “**Anexo B. Modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TER**”, describe las características de distintos tipos de modelos, así como su aplicación como instrumentos de apoyo para la planeación de la transformación de la economía tradicional a una baja en carbono deseada para los **sectores prioritarios de este estudio: eficiencia energética, energía renovable y transporte.**

#### ***Etapa 4. De los resultados de la modelación a la implementación***

La Etapa 4 propone la internalización del uso de modelos analíticos, la formación de capacidades y los mecanismos de diálogo como parte de la toma de decisiones para la planeación climática. Esto con el fin de asegurar la efectividad en la instrumentación de estrategias y acciones en el corto, mediano y largo plazo, para así tener consistencia con los acuerdos internacionales y cumplir de manera efectiva con las metas y NDC que los países han comprometido ante la CMNUCC. Además, pone de manifiesto la relevancia de la utilidad y las limitaciones de los resultados de los modelos en la elaboración de planes estratégicos y de acción tecnológica, el ejercicio de monitoreo reporte y verificación; y en el seguimiento de avances, actualización, mejora o escalamiento

de la planeación, así como para diseñar, elegir e implementar mejoras o nuevas intervenciones en políticas públicas.

En la **Ilustración 1** se muestran los pasos que incluyen cada una de las cuatro etapas del proceso de planeación ante el CC propuesto en esta Guía.

#### **Sección Casos de estudio**

En esta sección se comparten distintos casos de estudio, en el que países de la región LAC muestran de forma práctica, los modelos y herramientas que han utilizado o desarrollado como parte de su planeación ante el CC en los tres sectores de interés de este estudio: eficiencia energética, energías renovables y transporte. Estas experiencias enfatizan las oportunidades de vincular distintos modelos o la creación de capacidades propias para informar, cíclica y efectivamente las decisiones de política pública en dichos sectores.

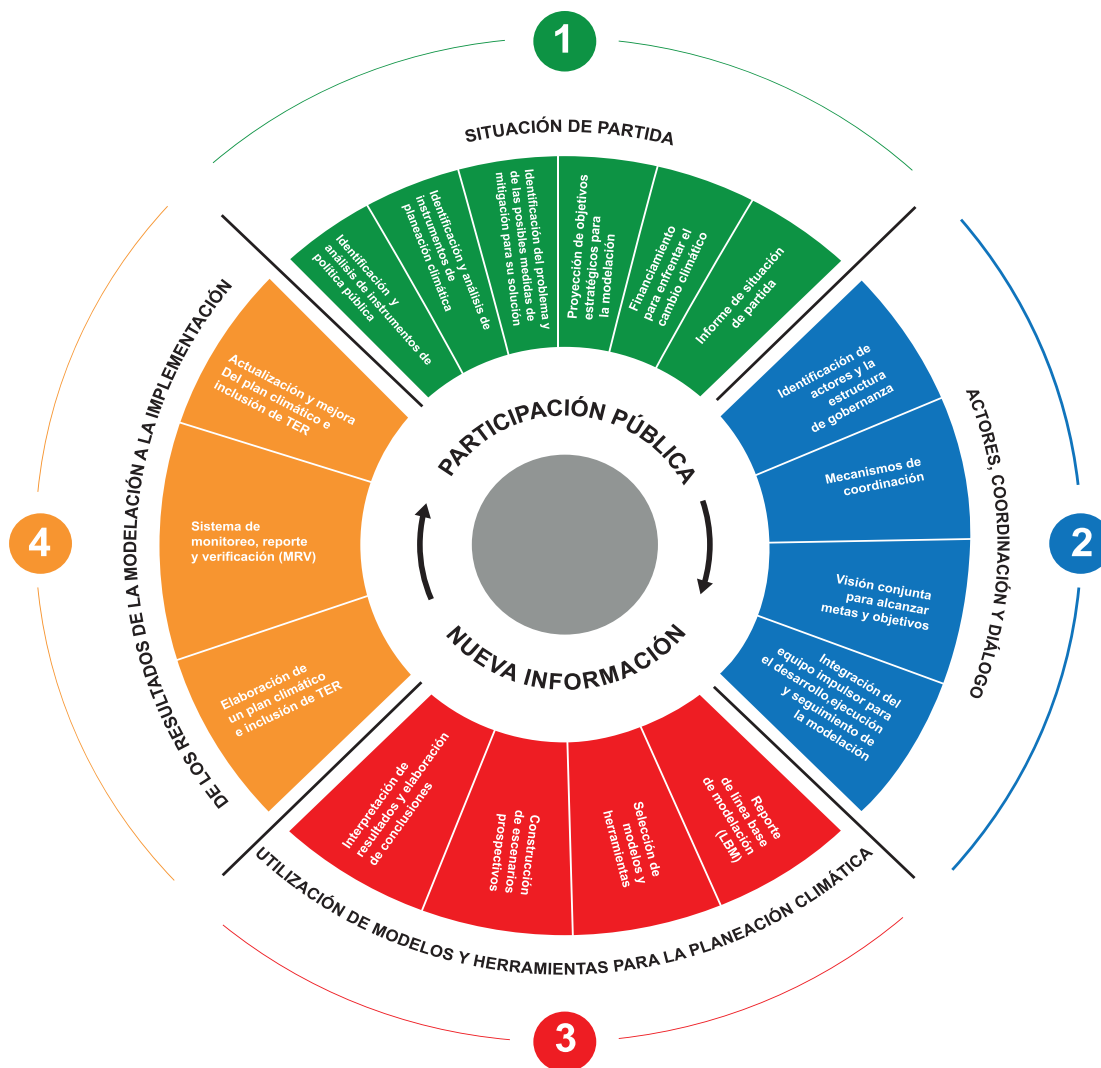
#### **Documentos de consulta**

Como parte complementaria a la Guía, se tienen tres anexos que contienen información más detallada de los temas que señalan. El **Anexo A.** describe el **marco analítico**, que sustenta el diseño y estructura de la presente Guía. Describe la situación actual de la ciencia del CC, los acuerdos internacionales a los que los países se han comprometido, así como el estatus de la planeación climática en la Región LAC y su experiencia en el uso de modelos y herramientas analíticas para evaluar y priorizar tecnologías para la mitigación de CyGEI.

En el **Anexo B.** se presenta de forma detallada **la modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TER**, los modelos disponibles y las implicaciones en el uso de estos para la planificación ante el CC.

En el **Anexo C.** se presentan de forma ampliada los **Casos de estudio** exitosos en la región LAC, en los que la modelación ha sido parte de la definición e instrumentación de la política climática de los países que la proponen.

## Ilustración 1. Etapas y pasos del proceso de evaluación de políticas y planeación climática



Fuente: Elaboración propia a partir de los Talleres de Diálogo con expertos regionales.

### Objetivos de la Guía

Ser un instrumento base para que los países de Latinoamérica y el Caribe puedan adoptar políticas o regulaciones para impulsar la planeación ante el CC, con enfoque en la transferencia de tecnologías. Se busca aumentar el número de países que apliquen modelos y herramientas analíticas para la evaluación de tecnologías.

Esta Guía , busca difundir a las autoridades y expertos nacionales información sobre ejemplos prácticos de aplicación de modelos en países de la región de LAC para integrar conceptos de TER en las políticas de planeación nacionales y sectoriales de CC. También se busca conocer las barreras y oportunidades en cuanto a la transferencia de tecnología para facilitar a los gobiernos de los países su toma de decisión en cuanto a medidas climáticas.

## Objetivos específicos

- Describir los elementos y recomendaciones más relevantes para que los países de Latinoamérica y el Caribe, puedan impulsar la implementación de tecnologías en la planeación ante el CC.
- Describir la experiencia de los países de la región en la utilización de modelos o herramientas para su planeación climática y la evaluación de alternativas tecnológicas; así como casos de estudio de mejores prácticas y lecciones aprendidas.
- Facilitar la información y recomendaciones recopiladas de la discusión de los modelos de planeación de diálogos entre expertos durante los talleres de focalización y validación.
- Documentar ejercicios prácticos de aplicación de modelos y herramientas para la evaluación de TER, con el fin de que los países de la región puedan fortalecer las capacidades de planeación ante el CC y tecnologías por medio del uso de dichos modelos y herramientas.
- Difundir los resultados del estudio en cuanto a modelos, herramientas, ejercicios de aplicación de modelos, barreras de la disponibilidad de datos para correr los modelos, resultados del diálogo entre expertos con la finalidad de generar capacidades y aumentar el número de países que apliquen metodologías y herramientas como apoyo a su proceso de planeación.

## Antecedentes

El Informe especial sobre los impactos del calentamiento global de 1.5 °C por encima de los niveles preindustriales y las vías globales relacionadas con las emisiones de GEI, publicado en octubre de 2018 por el IPCC, señala que los científicos estiman que las actividades humanas han provocado un aumento aproximado de 1.0 °C, con un rango probable de 0.8 °C a 1.2 °C. Por lo que es probable que se alcance un aumento de 1.5 °C entre 2030 y 2052, si continúa aumentando al ritmo actual.

Dadas las consecuencias que actualmente se presentan con 1 °C de aumento en la temperatura del planeta a través de un clima más extremo, el aumento del nivel del mar y la disminución del hielo marino en el Ártico, entre otros cambios, el IPCC llama a limitar el calentamiento global a 1.5 °C en comparación con los 2 °C, esto requeriría cambios rápidos, de gran alcance y sin precedentes en todos los aspectos de la sociedad, los cuales traerán claros beneficios para las personas y los ecosistemas naturales y garantizarán una sociedad más sostenible y equitativa (*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), 2018).

Si bien los países de Latinoamérica y el Caribe han ratificado sus NDC para reducir sus emisiones de GEI al 2025, a partir de 2018 se lleva cabo un proceso regular de toma de existencias para ayudar a comprender cómo se suman los NDC y aumentar la ambición con el tiempo. Esto implica que el diseño de las NDC y de los paquetes de políticas propuestas que lo acompañen deberán tener en cuenta dos factores clave: (i) la necesidad de cambios rápidos y profundos para encaminar sus economías hacia el cero emisiones a finales de siglo y (ii) la importancia de la política económica (BID, 2017).

Esto significará definir metas más ambiciosas y costosas en las NDC y establecer rutas de reducción de carbono que incorporen medidas de mitigación a largo plazo enfocadas hacia la meta de carbono neutro, a través de la Estrategia de Medio Siglo y emisiones netas cero carbono.

## Impactos del Cambio Climático

El periodo de 1983 a 2012, se considera el más cálido de los últimos 1,400 años. Esto se manifiesta en un aumento de la temperatura de la atmósfera a una tasa de 0.05 °C por decenio y en los océanos de 0.11 °C, en los cuales también se observó un incremento del 26 % en la acidez, como consecuencia de la absorción de CO<sub>2</sub>. El volumen de hielo y nieve se ha reducido en zonas como Groenlandia y la Antártida y el nivel del mar se elevó en promedio 0.19 m.

## Recuadro 2. Efectos de la actividad humana en el CC

“La influencia humana en el sistema climático es clara y las emisiones antropógenas recientes de gases y compuestos de efecto invernadero son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales. En cuanto mayor sea la perturbación de la actividad humana sobre el clima, mayores serán los riesgos de impactos graves, generalizados e irreversibles en las personas y los ecosistemas y más duraderos serán los cambios en todos los componentes del sistema climático” (IPCC, 2014).

Estos cambios amenazan, a nivel mundial, la seguridad alimentaria y la disponibilidad de agua potable, así como el incremento del riesgo de la población, los sistemas productivos, la infraestructura estratégica y el patrimonio natural, a los impactos por los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos como lo son huracanes de gran intensidad, ciclones tropicales, precipitaciones de gran intensidad, olas de calor y frentes fríos. Además de la ocurrencia de desastres como inundaciones, sequías intensas, incendios forestales, deslaves de laderas, así como al favorecimiento de enfermedades transmitidas por vectores como el dengue, la malaria, el paludismo, el chikunguña o la enfermedad de Chagas, entre otras.

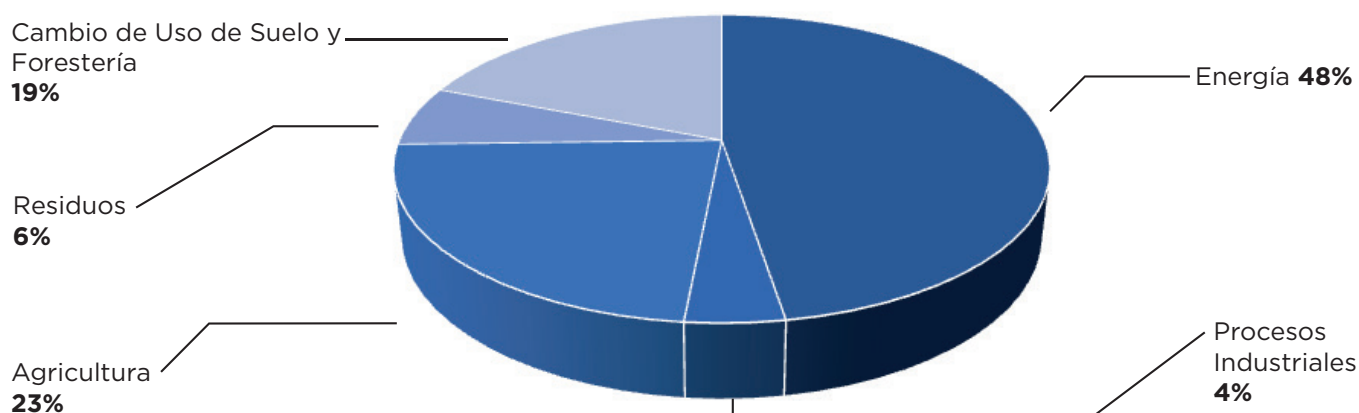
De acuerdo con el IPCC, esto pone de ma-

nifiesto la vulnerabilidad y la exposición de ecosistemas y sistemas humanos a la actual variabilidad climática, los cuales se podrían exacerbar en el futuro si no se limita y reduce la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, siendo este uno de los mayores desafíos que enfrentan todos los países alrededor del mundo.

De acuerdo con los **Indicadores para el Análisis Climático (Climate Analysis Indicators Tool) (CAIT-WRI, 2014)** del **World Resources Institute**, en el 2014 la región de Latinoamérica y el Caribe emitió **3 mil 940  $\text{MtCO}_2\text{e}$** , lo que representó el **4 % del total de las emisiones mundiales**, siendo las categorías de mayor contribución Energía, Agricultura y Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUISS) (**Gráfica 1**).

En el caso de las emisiones de energía, estas provienen principalmente de la quema de combustibles fósiles asociadas a la generación de electricidad, el transporte, la manufactura y la construcción, así como por emisiones fugitivas de la producción del sector energético; siendo los dos primeros, los de mayor contribución con el 34 % y el 35 %, respectivamente. De los 33 países de la Región LAC, son 10 los que aportan el 93 % de las emisiones, destacando Brasil, México, Argentina, Paraguay y Colombia.

**Gráfica 1. Emisiones de gases de efecto invernadero en Latinoamérica y el Caribe, 2014 ( $\text{MtCO}_2\text{e}$ )**



Fuente: Elaboración propia con información del CAIT, WRI.

Si bien la contribución en CyGEI de la región LAC no es significativa a nivel mundial con solo el 4 %, el calentamiento global ha desencadenado impactos importantes por eventos meteorológicos extremos como las gigantes cas sequías amazónicas de 2005 y 2010, el aumento en la frecuencia de huracanes en el Atlántico y la pérdida del 90 % de los glaciares tropicales.

El Reporte de Riesgos Globales 2016 (**Foro Económico Mundial, 2016**) señala al **CC como el riesgo con mayor impacto potencial mundial**. En el caso de Latinoamérica y el Caribe, aumentar las inversiones en infraestructura estimularía la economía y fortalecería la resiliencia a los riesgos que conlleva, toda vez que, de llegar a los 2 °C el aumento de la temperatura del planeta, la región podría verse seriamente afectada (**Banco Mundial, 2014**)/ (**Banco Mundial Press Release, 2014**), debido a que:

- El número de huracanes severos aumentaría en un 40 %, con el doble de energía respecto al promedio actual.
- Los cambios ecológicos supondrían una amenaza para la agricultura. Los rendimientos de los cultivos podrían reducirse hasta del 70 % de la soja y el 50 % del trigo brasileños y el 45 % del maíz mexicano.
- Aumentaría el número de eventos anuales de blanqueamiento del coral y el volumen de pesca del Caribe disminuiría de hasta 50 %.
- Las olas de calor extremo y patrones de lluvia cambiantes tendrán un efecto negativo mayor sobre la productividad agrícola, los regímenes hidrológicos y la biodiversidad.
- La acidificación de los océanos, el aumento del nivel del mar, los ciclones

tropicales y los cambios de temperatura, afectarán las formas de vida costera, el turismo, la salud, la seguridad alimentaria e hídrica, particularmente en el Caribe.

- El derretimiento de los glaciares supone un peligro para las ciudades andinas. Los efectos económicos, sin hablar del sufrimiento humano, podrían ser agudos.
- Reducciones de la precipitación atmosférica sobre el Caribe.
- La elevación del nivel del mar que se observa en el Caribe y a lo largo de las zonas costeras del Atlántico de Sudamérica, produce mayores inundaciones, erosión costera, intrusión marina y mayor susceptibilidad a mareas de tormenta.

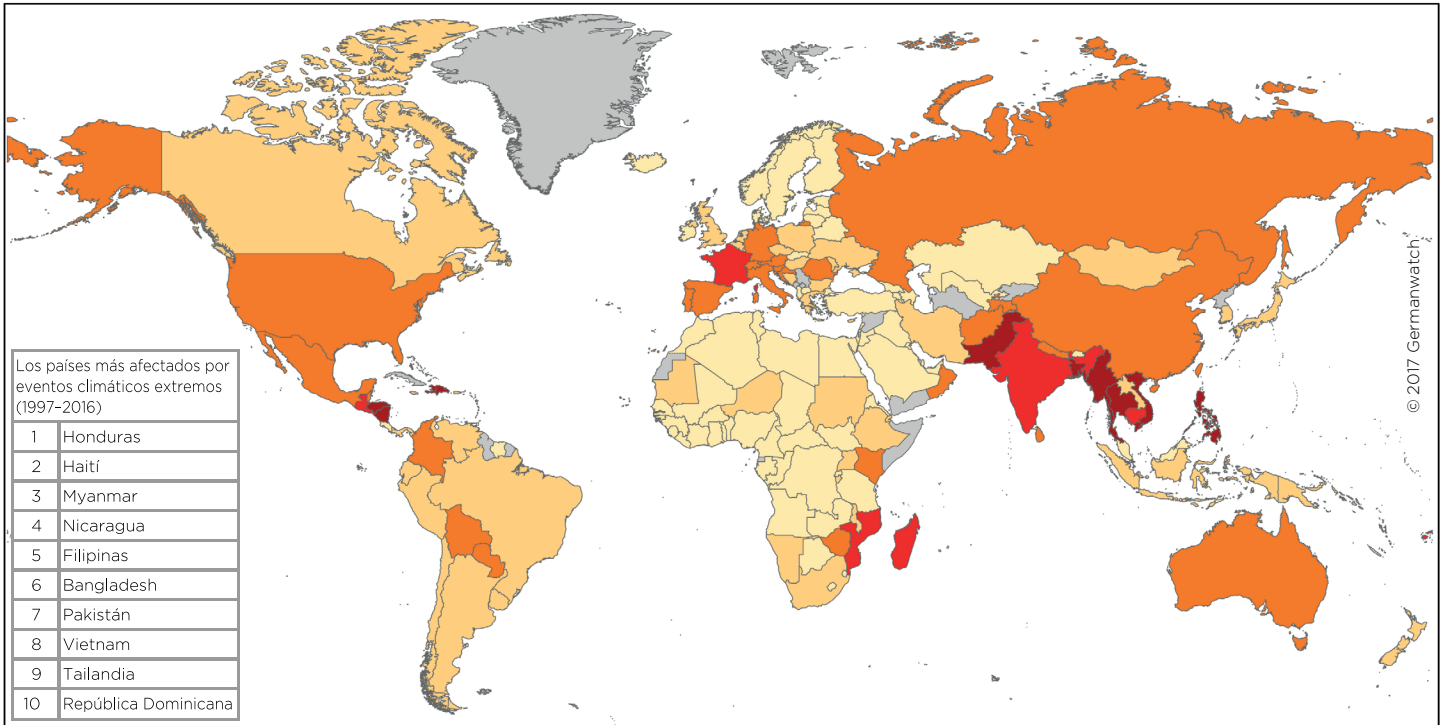
Con base en el **Índice de Riesgo Climático Global (IRC)** realizado por Germanwatch durante el periodo 1997–2016, cuatro países de la Región LAC se encontraron entre los 10 más afectados a nivel mundial por eventos climáticos extremos: Honduras (1), Haití (2), Nicaragua (4) y República Dominicana (10) (**Ilustración 2**). De manera puntual, en 2016 Haití encabezó esta clasificación, en tanto que Bolivia ocupó el lugar número 9 (**Germanwatch, 2018**).

### Recuadro 3. Índice de Riesgo Climático Global

Índice de Riesgo Climático Global (IRC)

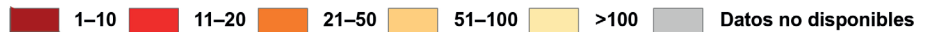
Indica el nivel de exposición y la vulnerabilidad a los fenómenos climáticos extremos que los países deben entender como una advertencia para estar preparados para eventos climáticos más frecuentes o más severos en el futuro.

## Ilustración 2. Índice de Riesgo Climático Global para los años 1997-2016



En cursiva: Los países en que 90% de las pérdidas / los casos mortales ocurrieron dentro de un año/ o un evento.

### Índice de Riesgo Climático Global: Ranking 1997-2016



Fuente: IRC Germanwatch, 2018

Asimismo, de acuerdo con el **índice de exposición** determinado por el CAF, todos los países de América Central y de Mesoamérica<sup>1</sup> se encuentran en **alto riesgo a eventos extremos relacionados con el clima**, siendo Haití, Honduras, El Salvador y Guatemala los de mayor riesgo por causa de inundaciones, sequías y deslizamientos de tierra, además de cambios significativos previstos de temperatura y precipitación (CAF, 2014). Estos países, sumados a Paraguay y Bolivia en Sudamérica y República Dominicana en el Caribe, presentan niveles de riesgo y vulnerabilidad extremos; circunstancia que afecta a:

- El 48 % de las capitales de los países de la región LAC, principalmente en sus zonas urbanas vitales.
- Alrededor del 50 % de los habitantes de la región.
- Cerca del 44 % PIB de la región.

Esto pone de manifiesto la complejidad y transversalidad que representa para cada país el afrontar el CC, de acuerdo con sus circunstancias nacionales (características socioeconómicas y ambientales), por lo que se recomienda que la planeación en torno al tema involucre una coordinación tanto vertical como horizontal. La coordinación vertical implica el involucramiento no solo de los gobiernos nacionales, también de los subnacio-



nales y de manera particular, de las instituciones sectoriales responsables de instrumentar las agendas en materia de mitigación y adaptación. En el sentido horizontal, la planeación debe considerar la coordinación intersectorial, como en el caso de los Planes Nacionales de Adaptación, que involucran la participación de diversos sectores como la agricultura, la silvicultura, el sector del agua, el ordenamiento territorial, la economía, la educación, entre otros, dado que las responsabilidades pertinentes se encuentran repartidas entre distintos departamentos (UNCCLEARN, 2018).

#### Recuadro 4. Ventajas de la planeación en el CC

La planeación ante el CC puede integrarse tanto a los procesos existentes, como lo es el ordenamiento territorial o la planeación económica, por ejemplo, o bien, referirse a procesos de planeación específicos como la formulación de una política nacional en materia de CC, que influya en la definición de acciones puntuales a nivel sectorial que actualicen o fortalezcan los procesos existentes y contribuyan a la instrumentación de las agendas de mitigación y adaptación prioritarias para cada país. Además de estar, idealmente, integrada en los procesos de planeación existentes, incluida la planeación nacional, mediante un proceso de planeación estratégica en todos los niveles gubernamentales como políticas comerciales, políticas de empleo, políticas industriales, políticas de desarrollo de competencias, políticas de protección social y políticas sectoriales para implementar las medidas de respuesta al CC. Ejemplo de lo anterior, es la integración de la política climática en la evaluación de nuevos proyectos de infraestructura, o en el propio plan de desarrollo de un país, en el cual se identifican los sectores económicos prioritarios y a los que se debería prestar atención con respecto a su vinculación hacia los impactos del CC (UNCCLEARN, 2018).

#### El Acuerdo de París: el camino hacia la estabilización de las emisiones

El **Acuerdo de París**, firmado en diciembre de 2015 durante la COP21 y en vigor desde el 4 de noviembre del 2016, se ha convertido en el **primer acuerdo vinculante mundial sobre el clima**. Este acuerdo señala un plan de acción mundial, en el que, conforme a lo señalado en el artículo 2 numeral 1 inciso a), los 197 países

firmantes se comprometieron a **(CMNUCC, 2015)**:

*“Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del CC.”*

Para lo que en el artículo 4, el Acuerdo señala que las partes deben lograr el punto máximo de emisiones mundiales de CyGEI lo antes posible; a partir del cual, se deberán reducir rápidamente dichas emisiones, de conformidad con la mejor información científica disponible y buscando alcanzar un equilibrio entre las emisiones y la absorción antropógena.

Fue a través de sus NDC que los países comprometieron metas para reducir sus emisiones de CyGEI entre el 2025 y el 2030, definiendo un plan detallado que forma parte de su política nacional climática. Este plan considera los objetivos, metas, medidas y acciones voluntariamente asumidas por cada país en materia de mitigación y adaptación al CC, así como las necesidades tecnológicas identificadas para reducir su emisión de CyGEI y el financiamiento requerido para lograrlo.

Estas metas por país deben contribuir a la meta global, por lo que se requiere dirigir esfuerzos a nivel sectorial, definiendo hojas de ruta de mitigación específicas con objetivos e indicadores que impulsen la instrumentación de **acciones “cero emisiones”** como lo son generación de electricidad con energías renovables, electrificación masiva del transporte (vehículos eléctricos) y la industria (calderas eléctricas), uso de biocombustibles y materiales de menor intensidad de carbono (madera en lugar de cemento), mejora de la eficiencia energética y reducción de los desperdicios en todos los sectores de la economía, así como reducción del consumo de carne en la dieta de la población y la preservación y aumento de los sumideros de carbono naturales, a través de una mejor gestión de bosques y suelos (Vogt-Schilb & Halgatte, 2017).

Algunos países como Canadá, Estados Unidos, la Unión Europea y México presentaron durante la COP22 en 2016 su **Estrategia de Medio Siglo** (MCS, por sus siglas en inglés) como parte de los esfuerzos para detener el aumento de la temperatura del planeta por debajo de los 1.5 °C. Estas estrategias, muestran una visión a largo plazo para lograr una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutral en el 2050 (**European Commission, 2018**), lo que conlleva a invertir en tecnologías, desarrollo de capacidades y la alineación con las acciones en áreas clave como la política industrial, las finanzas o la investigación, proponiendo rutas de mitigación que incluyan una cartera de tecnologías existentes y emergentes bajas en carbono bajo políticas climáticas flexibles que permitan cambios en el curso a medida que las tecnologías evolucionan con el tiempo (**US Government, 2016**).

### Artículo 10 y el Mecanismo tecnológico de la CMNUCC

Uno de los elementos clave para lograr estos objetivos a largo plazo es el **desarrollo y la transferencia de tecnología** para mejorar la resiliencia al CC y reducir las emisiones de GEI, así como la **difusión y despliegue de tecnología** que se utiliza y el **fortalecimiento de la acción cooperativa** en el desarrollo y transferencia de tecnología, lo cual queda de manifiesto en el artículo 10 del Acuerdo de París, al dar continuidad al **Mecanismo tecnológico** previamente establecido por la Convención Marco para promover y facilitar acciones para la transferencia de tecnología mediante la investigación, el desarrollo y demostración de tecnologías y el desarrollo y mejora de capacidades endógenas (**CMNUCC, 2018**).

Se identifica como indispensable el posibilitar, alentar y acelerar la innovación para dar respuesta de manera eficaz al CC, promover el crecimiento económico y el desarrollo sostenible. Este esfuerzo será respaldado por el Mecanismo Tecnológico y con recursos otorgados por el Mecanismo Financiero de la Convención, a fin de impulsar los esfuerzos de los países para acelerar y mejorar su acción sobre el CC, así como para desarrollar y transferir **tecnologías climáticas** que les permitan reducir efectivamente las emisiones de CYGEI y adaptarse a los efectos adversos del CC (**Technology Need Assessment, 2018**).

En el marco de esta Guía es considerado como una buena práctica que las tecnologías climáticas sean **Tecnologías Ecológicamente Racionales (TER)**, ver **Recuadro 6** para mayor referencia.

Para los países en desarrollo, un paso previo a la identificación de las tecnologías climáticas es la **Evaluación de las Necesidades Tecnológicas (TNA, por sus siglas en inglés)**, a través de la cual es posible identificar y priorizar las tecnologías climáticas que pueden contribuir a la reducción de CYGEI y a la adaptación y fortalecimiento de su resiliencia ante los impactos del CC, así como a la mejora de la instrumentación de la acción tecnológica que favorezca el desarrollo nacional sustentable, la construcción de capacidades nacionales y que facilite la instrumentación de las tecnologías climáticas priorizadas. De acuerdo con los informes del TNA, 80 países en desarrollo las han realizado, de los cuales 20 son de la región LAC<sup>2</sup>

### Recuadro 5. Mecanismo tecnológico

Fue constituido en 2010 durante la COP16 realizada en Cancún, México. Está integrado por un Comité Ejecutivo de Tecnología (TEC, por sus siglas en inglés) y un Centro y Red de Tecnología del Clima denominado (CTNC, por sus siglas en inglés), los cuales trabajan de manera conjunta para alcanzar el objetivo por el que fue creado.

## Recuadro 6. Tecnologías Ecológicamente Racionales

Son aquellas que protegen al medioambiente, son menos contaminantes, utilizan todos los recursos en forma más sostenible, reciclan una mayor porción de sus desechos y productos y tratan los desechos residuales en forma más aceptable que las tecnologías que han venido a sustituir. En el contexto de la contaminación, las tecnologías ecológicamente racionales son “tecnologías de procesos y productos” que no generan residuos o generan pocos, a fin de prevenir la contaminación y que comprenden tecnologías de “etapa final” para el tratamiento de la contaminación, luego de que esta se ha producido. Las TER no son meramente tecnologías aisladas, sino sistemas totales que incluyen conocimientos técnicos, procedimientos, bienes y servicios y equipo, al igual que procedimientos de organización y gestión. Esto implica ocuparse de los aspectos de las opciones tecnológicas relativos al desarrollo de los recursos humanos y el aumento de la capacidad local, así como de los aspectos que guardan relación con los intereses propios del hombre y la mujer. Las TER deberían ser compatibles con las prioridades socioeconómicas, culturales y ambientales que se determinasen en el plano nacional.

Fuente: Naciones Unidas, 2019.

Como parte del proceso de la TNA, se requiere elaborar un **Plan de Acción de Tecnología (TAP, por sus siglas en inglés)**, el cual es un plan conciso para la adopción y difusión de tecnologías prioritarias que contribuirán al desarrollo social, ambiental y económico del país y a la mitigación y adaptación al CC. A través de los TAP es posible cerrar la brecha entre la planeación y la implementación tecnológica, contribuyendo a la mejora de la implementación de las NDC y de los Planes de Adaptación. Esta es la razón por la cual muchos países han incluido sus necesidades tecnológicas detectadas a través de esta evaluación como parte de sus Contribuciones Nacionales. Esto, con el fin de señalar sus requerimientos para lograr las metas de mitigación y adaptación comprometidas.

### Transferencia de las TER

Las TER no son solo tecnologías modernas que se aplican en países desarrollados, también existen conocimientos locales que pueden ser ecológicamente racionales. Este contexto permite afirmar que, para la adecuada introducción de las TER, se requiere un intenso proceso de Transferencia Tecnológica (TT) y de recuperación de conocimientos.

## Recuadro 7. Transferencia de Tecnología

Es un conjunto amplio de procesos que abarcan las corrientes de conocimientos técnicos, experiencia y equipo para la mitigación de los efectos del CC y la adaptación y que tienen lugar entre las distintas partes interesadas, como los Gobiernos, las entidades del sector privado, las instituciones financieras, las organizaciones no gubernamentales y las instituciones educacionales y de investigación.

El término “transferencia”, que tiene un carácter amplio y general, abarca la difusión de tecnologías y la cooperación tecnológica entre países y en el seno de estos. Abarca también los procesos de transferencia de tecnología entre países desarrollados, países en desarrollo y países de economías en transición. Asimismo, el proceso de aprendizaje necesario para comprender, utilizar y replicar la tecnología, incluida la capacidad de elegirla, y adaptarla a las condiciones locales y de integrarla a las tecnologías indígenas (Metz, 2001).

En la COP14 realizada en Poznan, Polonia en diciembre de 2008 se adoptó el Programa Estratégico de Poznan sobre Transferencia de Tecnología, con lo cual se consolidó un paso hacia adelante ampliando la escala del nivel de inversión en transferencia de tecnología a fin de ayudar a los países en desarrollo a hacer frente a sus necesidades de tecnologías que no dañen el medioambiente.

Este plan contiene cinco elementos: 1) apoyo a los centros de tecnología climática y una red de tecnología climática, 2) pilotaje de proyectos tecnológicos prioritarios para fomentar la innovación y las inversiones, 3) asociación público-privada para la transferencia de tecnología, 4) TNA y 5) el GEF como institución de apoyo catalítica para la transferencia de tecnología (UNFCCC - TT: Clear, s.f.).

El ciclo de un proceso de TT involucra una serie de etapas que van desde la evaluación de la tecnología, su adquisición, su asimilación (i.e. imitación, adaptación, innovación), gestión y aplicación que en el caso de las TER requiere condiciones específicas como:

- Contar con una sólida Cooperación Tecnológica (CT) entre los actores involucrados (por ejemplo, gobierno, sector privado e instituciones de investigación y desarrollo) para la adecuada transferencia de conocimientos.
- La CT debe mejorar el acceso a la información técnica necesaria para que los países puedan iniciar un proceso de TT, de conocimientos o de hibridación de tecnologías modernas con conocimientos ancestrales. Dado que muchas tecnologías están patentadas o restringidas de cierta forma, es necesario promover la CT en forma de

acuerdos, asociaciones y otros mecanismos que faciliten la TT.

- Crear o aumentar la capacidad nacional para evaluar las necesidades sectoriales respecto a la tecnología, compatible con trayectorias de crecimiento económico de bajo carbono.
- Crear o aumentar la capacidad local para evaluar las necesidades tecnológicas sectoriales.
- Desarrollar los recursos humanos suficientes para promover la aplicación de TER.

Contar, crear o desarrollar mecanismos de acceso a recursos financieros, de asistencia técnica y administrativa para la adecuada aplicación y gestión de las TER.

### **Proceso del GEF para la Transferencia de Tecnología**

El proceso consta de 4 pasos (GEF, 2018):

- I. Evaluación de las Necesidades Tecnológicas (TNA).** Identificación de las necesidades de nuevas tecnologías, equipos, conocimientos y habilidades para la mitigación de emisiones de GEI y la reducción de la vulnerabilidad ante el CC, para desarrollar un Plan de Acción de Tecnología a nivel nacional, el cual propicie la difusión de las tecnologías priorizadas e identificación de las acciones necesarias para reducir o eliminar las barreras que impiden su implementación.
- II. Proyectos piloto para la Transferencia de Tecnología.** Es el paso a la implementación de las tecnologías, para lo cual el GEF creó una ventana de financiamiento para este tipo de proyectos con el fin de apoyar el despliegue, la difusión y la transferencia de TER. Además de los beneficios, el GEF explora formas de fortalecer los vínculos entre el desarrollo de

proyectos, las necesidades tecnológicas y los ejercicios de identificación de prioridades, a fin de facilitar la adopción tecnológica en el futuro.

- III. Disseminación y Experiencia.** Este paso tiene como objetivos: a) proporcionar una comprensión mejor y más profunda del proceso de Transferencia de Tecnología y la función del GEF en el desarrollo de estudios de casos para tecnologías específicas y b) difundir con éxito las TER demostradas a un mayor número de países y de audiencias, a través de difusión de experiencia, lecciones aprendidas y el potencial de la aplicación de tecnología.

- IV. Instrumentación de Largo Plazo.** Se busca apoyar a los países en desarrollo hacia un camino con bajas emisiones de carbono, basado en la Transferencia de Tecnología. Para lo cual, el GEF ha establecido e instrumentado cinco elementos para aumentar la inversión en Ciencia y Tecnología Ambiental, los cuales se señalan en el **Recuadro 7**.

En el **“Anexo A. Marco Analítico se describe como realizar un diagnóstico de mapeo de tecnologías viables”**, se muestra con mayor detalle lo correspondiente al Acuerdo de París y el Mecanismo Tecnológico.

### **Proceso de evaluación de políticas y planeación ante el CC**

El uso recurrente de modelos y herramientas cualitativas, como parte esencial de la evaluación de políticas, la construcción de escenarios con alta penetración de tecnologías y la planeación climática, permitirá a los tomadores de decisiones responder preguntas tales como ¿cuáles son las tecnologías más apropiadas que pueden ser incorporadas para evitar o reducir las emisiones de CyGEI en el sector identificado como clave?, ¿cuáles son las posibles rutas para su incorporación?, ¿cuál es el costo-beneficio/

efectividad de incorporar dicha tecnología?

Esto permitirá generar y delimitar soluciones, aprovechar conocimiento relevante en el análisis de escenarios y prospectivas, tanto sectoriales como integrales y comprender el impacto económico, social y ambiental de las políticas en estudio sobre los propios países, la región y el resto del mundo, para la transformación de la economía actual a una baja en carbono.

La Guía se estructura siguiendo un proceso estratégico, integral, cíclico, participativo y orientado a las metas climáticas, que promueve el uso de modelos y herramientas analíticas como apoyo para la evaluación cualitativa y el análisis de escenarios para la inclusión de TER. Esta Guía vincula los procesos estratégicos de planeación con los procesos operativos de modelación y utilización de herramientas computacionales, de tal forma que estos se retroalimenten y relacionen entre sí de forma iterativa. La Guía dota de una secuencia de pasos y actividades indicativas, que se alinean de manera directa a través de conectores que se describen a lo largo del documento y a través de procesos de ejecución y soporte, que fomentan la interacción y el diálogo abierto y continuo entre los actores relevantes y los grupos de interés, tal como se describe a continuación:

**a) Procesos estratégicos.-** Son los procesos de toma de decisión sistemática, transparente y objetiva para determinar prioridades, identificar el problema, **tomar decisiones inteligentes** y distribuir recursos, incluyendo tiempo, dinero y capacidades humanas. Estos procesos, deben identificar las problemáticas, fijar los objetivos estratégicos y delimitar las alternativas de solución que serán analizadas y evaluadas a detalle mediante la modelación misma que seguirá un procedimiento orientado, a través de la coordinación y el control operativo. Los procesos estratégicos abarcan las dos primeras etapas del proceso de planeación que son la **Etapa 1. Situación de partida** y la **Etapa 2. Actores, coordinación y diálogo**.

**b) Procesos operativos.-** Corresponden a los pasos y actividades de selección y ejecución de la modelación y del uso de herramientas computacionales para el análisis de escenarios para la mitigación, a partir de la definición de alternativas de solución a la problemática identificada en la **Etapa 1. Situación de partida** y de conformidad con los objetivos y alcances establecidos por los planeadores. Estos procesos corresponden a la **Etapa 3. Utilización de modelos y herramientas para la planeación climática**.

**c) Procesos de ejecución.-** Es el proceso durante el cual se lleva a cabo la instrumentación y seguimiento de las alternativas tecnológicas identificadas como más efectivas para mitigar las emisiones de CyGEI en los sectores de eficiencia energética, energías renovables y transporte, el cual se describe en la **Etapa 4. De los resultados de la modelación a la implementación** del proceso de planeación.

**d) Procesos de soporte.-** Son procesos transversales que tienen como objetivo coadyuvar a la interacción entre los actores relevantes y grupos de interés involucrados a lo largo del propio proceso de la planeación climática, así como en la generación de información para la toma de decisiones. Estos procesos se describen con detalle en la **Etapa 2. Actores, coordinación y diálogo**.

En la **Ilustración 3** se muestra la secuencia de **pasos y actividades sugeridos para la planeación ante el CC**, indicando a los actores responsables e involucrados, como se señala en las columnas a la derecha, así como la vinculación (entradas y salidas) entre los procesos liderados por los planeadores y aquellos ejecutados por los modeladores. De manera global, los principales actores participantes a lo largo del proceso son los siguientes:


**Agentes de interés:** representantes clave de los gobiernos nacionales, subnacionales, el sector privado y grupos de interés, incluyendo la academia y la sociedad civil (ver más detalles en la ***Etapa 2. Actores, coordinación y diálogo***).

**Planeadores:** actores involucrados en el proceso de planeación o **tomadores de decisiones**, responsables de la formulación de políticas públicas, el diseño y la evaluación de las intervenciones en los sectores de estudio, tales como eficiencia energética, energías renovables y transporte para la mitigación y adaptación al CC.

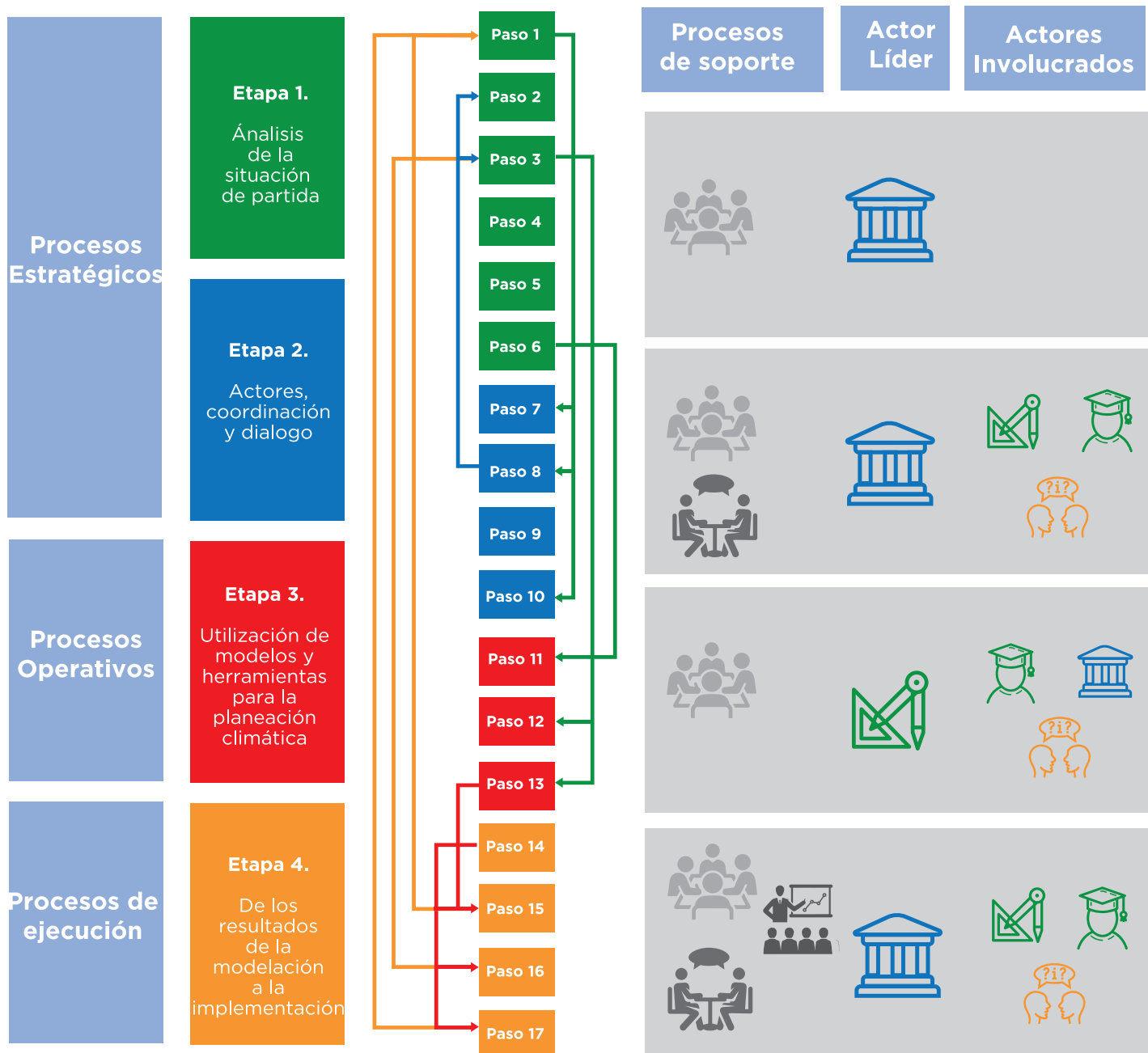
**Modeladores:** grupo de modeladores o equipos de apoyo dedicados al análisis, evaluación y generación de escenarios posibles de inclusión de tecnología a través de modelos o herramientas analíticas para la definición de políticas públicas en la materia.

**Equipo impulsor:** equipo técnico integrado por planeadores y modeladores, liderados por estos últimos, responsables del desarrollo, ejecución y seguimiento de la modelación.

## Iconografía utilizada en los pasos de la Guía

Actores que lideran cada paso	
	Paso liderado por los planeadores o tomadores de decisión
	Paso liderado por expertos en modelación
	Paso liderado o con alta participación de algún otro actor o grupo de interés
	Paso liderado o con alta participación de actores académicos o especialistas científicos.
Procesos de Soporte	
	Taller o reunión de consenso o deliberación (nacional o sectorial) entre tomadores de decisión y el equipo impulsor.
	Reunión o deliberación del equipo impulsor, integrado por los modeladores y planeadores responsables del ejercicio de modelación.
	Presentación de resultados a un público amplio, generalmente utilizado para socializar información y generar un diálogo participativo y abierto.

**Ilustración 3. Etapas, pasos y responsables en el proceso de evaluación de políticas y planeación ante el CC.**



Fuente: Elaboración propia

## Etapa 1. Situación de partida

El análisis de la situación de partida permite conocer los instrumentos de política pública y de planeación ante el CC con los que cuenta el país; las prospectivas de crecimiento y desarrollo hacia el mediano y largo plazo en todos los sectores, incluyendo los de **eficiencia energética, energías renovables y transporte**, con lo que se pueden:

- Estimar las emisiones de CyGEI que se generarán durante un periodo determinado,
- Determinar las áreas de oportunidad de reducción de emisiones costo-efectiva.
- Determinar las áreas de oportunidad con impacto en los sectores de la economía.

Esta etapa es fundamental en cualquier proceso exitoso de planeación. La mayoría de los proyectos o ejercicios de planeación que incorporan el uso de modelos o herramientas analíticas.

## Principales resultados esperados

- Análisis del estado actual del marco regulatorio y de los instrumentos de planeación y política pública que se han implementado en el país.
- Identificación del problema a resolver en el sector de estudio.
- Identificación de la calidad, cantidad y disponibilidad de datos para la modelación.
- Posibles alternativas tecnológicas a implementar para su solución.
- Definición de los objetivos estratégicos y las metas de la planeación climática.
- Informe de Situación de partida que describa el marco regulatorio, el problema en el sector de estudio y la propuesta tecnológica a evaluarse; así como los actores y arreglos institucionales existentes.

**Tabla 1. Pasos sugeridos y tareas indicativas para la Etapa 1.**

<b>Etapa 1</b> <b>Situación de partida</b>
<b>Paso 1.</b> Identificación y análisis de instrumentos de política pública
<b>Paso 2.</b> Identificación y análisis de instrumentos de planeación climática
<b>Paso 3.</b> Identificación del problema y las posibles medidas de mitigación para su solución
<b>Paso 4.</b> Proyección de objetivos estratégicos para la modelación
<b>Paso 5.</b> Financiamiento para enfrentar el CC
<b>Paso 6.</b> Informe de Situación de Partida



## Etapa 1. Situación de Partida

No.	Paso	Actividades sugeridas/indicativas
1	Identificación y análisis de instrumentos de política pública	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Identificación y análisis del marco regulatorio vigente</li> <li>1.2 Identificación y análisis de los acuerdos internacionales en materia de cambio climático</li> </ul>
2	Identificación y análisis de instrumentos de planeación climática	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Inventario Nacional de Emisiones CyGEI (INECyGEI)</li> <li>2.2 Balance Nacional de Energía</li> <li>2.3 Diagnóstico sectorial</li> </ul>
3	Identificación del problema y las posibles medidas de mitigación para su solución	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Identificación de sectores clave</li> <li>3.2 Propuesta de medidas de mitigación en los sectores prioritarios, con la identificación, análisis y priorización de TER</li> <li>3.3 Definición de indicadores</li> </ul>
4	Proyección de objetivos estratégicos para la modelación	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Definición de objetivos estratégicos</li> <li>4.2 Definición del propósito</li> </ul>
5	Financiamiento para enfrentar el Cambio Climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 Acceso al financiamiento disponible</li> </ul>
6	Informe de Situación de Partida	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.1 Diagnóstico y análisis de la situación del país en materia climática</li> <li>6.2 Identificación de insumos disponibles para la modelación</li> </ul>

## Paso 1. Identificación y análisis de instrumentos de política pública



Salida pasos 7, 8 y 10

Entrada pasos 15 y 17

Los acuerdos internacionales, que los países pertenecientes a la CMNUCC han firmado y ratificado, han redituado en el impulso al desarrollo de instrumentos y mecanismos de política pública en materia de CC como leyes, comisiones, programas, planes y prospectivas que han coadyuvado a encaminar sus esfuerzos hacia una economía verde y más competitiva. Los temas centrales alrededor de los cuales esta política se ha desarrollado, son la mitigación y adaptación al CC, el impulso al desarrollo sostenible, mayor aprovechamiento de las energías renovables y la eficiencia energética en sectores estratégicos de su economía para cumplir la reducción de GEI, con proyección al corto, mediano y largo plazo.

### Recuadro 8. Gestión de contaminantes climáticos de vida corta

Las políticas climáticas, preferentemente, deben incluir la gestión de los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) dentro de las acciones que a corto y mediano plazo se requiere instrumentar para lograr el cumplimiento de las metas de mitigación comprometidas en los NDC; mismas que coadyuvarán a mejorar la calidad del aire y la calidad de vida de la población expuesta a contaminantes atmosféricos como el carbono negro y el metano.

### Preguntas Clave

- ¿Se cuenta con una evaluación, priorización o plan de implementación para alcanzar las metas climáticas con tecnologías TER?
- ¿Se ha evaluado el desarrollo o despliegue de las tecnologías prioritarias y su impacto en el desarrollo del país?
- ¿Qué regulaciones existen que impulsen la inclusión de tecnologías para la mitigación de GEI y lograr la meta climáticas comprometidas?
- ¿La política pública es revisada y actualizada con determinada frecuencia? ¿Se cuenta con recursos para actualizarla?
- ¿Se cuenta con una Estrategia de Medio Siglo y emisiones netas cero carbono?

### Actividad 1.1 Identificación y análisis del marco regulatorio vigente

Un esfuerzo importante para impulsar las políticas climáticas es el reconocimiento o establecimiento de un marco regulatorio que sustente las disposiciones reglamentarias para enfrentar el CC y sus impactos, por lo que el país debe identificar y analizar a detalle el marco normativo-administrativo (leyes, reglamentos, normas técnicas de aplicación general y otros instrumentos técnico-administrativos de menor nivel), así como planes de gobierno, estrategias, programas nacionales, sectoriales o específicos existentes que definen una temporalidad para el logro de metas o la ejecución de acciones en materia climática.

### Recuadro 9. Marco regulatorio en materia de CC, energía y transporte

Algunos países han definido dentro de su marco regulatorio en CC o de energía, metas y plazos para la reducción de gases de efecto invernadero, la incorporación de energías renovables, tecnologías bajas en carbono y el diseño de hojas de ruta para la mejora de la eficiencia energética en sectores estratégicos de su economía, como son el eléctrico y el transporte. En el caso de la región LAC, países como Bahamas, Barbados, Belice, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Jamaica, México, Perú, Santa Lucía y Uruguay cuentan con una política energética que promueven la energía sustentable, el uso eficiente de la energía o fomentan la incorporación de energías renovables en la matriz energética. México por su parte, desde el 2012 cuenta con una Ley General de CC y países como Belice, Chile, Guyana y Paraguay han establecido políticas y estrategias específicas para promover el transporte sustentable.

### Instituciones, arreglos institucionales e institucionalidad de la información

Se sugiere identificar los mecanismos institucionales de coordinación y sus características, que estén definidos dentro del marco jurídico de cada país como comisiones, concejos, instituciones de apoyo al diálogo interinstitucional e intrainstitucional; así como aquellos que se hayan construido como resultado de la colaboración de diferentes instituciones y organizaciones y que apoyen la toma de decisiones. La coordinación interinstitucional es un elemento clave para la planeación climática.

ca y la generación, actualización y acceso a la información. En la **Etapa 2. Actores, coordinación y diálogo** se describe con mayor detalle los mecanismos de coordinación.

Además, es esencial identificar al líder institucional o la propia institución responsable del diseño e instrumentación de las políticas climáticas que facilite las acciones de comunicación y colaboración intra e interinstitucional. Otro de los actores clave para mantener la generación, actualización y difusión de información, a través de producción y uso de estadísticas, indicadores y contabilidad, es el Sistema Estadístico Nacional de cada país. (CEPAL, 2017).

### Actividad 1.2 Identificación y análisis de los acuerdos internacionales en materia de CC

El país debe identificar, analizar y verificar la actualidad de los documentos que dan cumplimiento al Acuerdo de París de la CMNUCC, que se mencionan a continuación:

- **NDC**, como principal plan climático que establece las metas climáticas al 2025-2030 (Art. 4 del Acuerdo de París).
- **Comunicaciones Nacionales**, presenta los avances del país sobre sus esfuerzos para hacer frente al CC. (Art. 7 y 13 del Acuerdo de París).
- **Informe Bienal de Actualización** (BUR, por sus siglas en inglés), comunica avances que guarda la instrumentación de su política climática y actualización del **Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero**. (Art. 13 del Acuerdo de París).
- Además, se deben considerar los esfuerzos realizados por cada país en la definición de una **Estrategia de Medio Siglo y emisiones netas cero carbono**.

Se sugiere a los países de Latinoamérica y el Caribe participar también en la reciente **Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta** (SNAP, por sus siglas en inglés) de la Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC, por sus siglas en

inglés) para integrar los (CCVC) dentro de su planeación nacional, así como identificar e implementar las vías más rentables de su mitigación, lo que reduciría el calentamiento en el corto plazo y mejoraría la calidad del aire, la salud humana y el rendimiento de los cultivos (CCAC, s.f.).

### Recuadro 10. Contribuciones Nacionalmente Determinadas

Las NDC son planes de acción climática en los que los países, de acuerdo con sus circunstancias nacionales y con base en su Inventario Nacional de GEI, han identificado los sectores a incluir en la meta de intensidad de carbono para un periodo determinado, así como la estrategia sistematizada para el fortalecimiento de capacidades nacionales e internacionales en materia de CC, desarrollo y transferencia de tecnologías y financiamiento.

### Paso 2. Identificación y análisis de instrumentos de planeación climática



Entrada paso 8

Los países deben identificar aquellos planes de gobierno, estrategias, programas nacionales, sectoriales o específicos existentes que definen la planeación ante el CC y la implementación de tecnologías en una cierta temporalidad para el logro de metas. Así como analizar las herramientas, metodologías, datos y análisis útiles que delinean una estrategia de políticas públicas en CC, tales como las siguientes dos herramientas fundamentales en la planeación climática:

- El Inventario Nacional de Emisiones de Compuestos y Gases de Efecto Invernadero (INECyGEI)
- El Balance Nacional de Energía (BNE).

## Recuadro 11. Instrumentos de planeación climática

Se sugiere utilizar la mejor información disponible y más actualizada en el país o región, así como analizar si estos instrumentos consideran como parte de los diagnósticos de mitigación y adaptación a otros documentos tales como ordenamientos ecológicos, ordenamientos territoriales, programas de protección civil o desarrollo urbano, estrategias de biodiversidad, programas de CC previos y cualquier otro instrumento local aplicable, con el fin de establecer un marco jurídico y programático armónico, congruente y alineado con la política nacional.

### Preguntas clave:

- ¿Qué objetivos, metas y políticas para la reducción de emisiones pueden identificarse a partir del INECyGEI?
- ¿Las estrategias y alternativas tecnológicas son incluidas en las NDC?
- ¿Son las NDC consistentes con la Estrategia de Medio Siglo y emisiones netas cero?
- ¿Qué métodos de cálculo y fuentes de información se utilizan para evaluar la reducción de CyGEI de la introducción tecnológica?
- ¿Qué otras nuevas oportunidades de reducción de emisiones de CyGEI y sustitución tecnológica deben de ser consideradas en la planeación ante el CC?
- ¿Consideran los instrumentos de planeación los recursos necesarios de inversión para la implementación de medidas en eficiencia energética, energía renovable y transporte?

El análisis por realizar de los diversos instrumentos y herramientas existentes tiene como finalidad identificar los datos disponibles que describen la situación actual de los sectores, las actividades y las tecnologías utilizadas. Esta información generará los insumos para la modelación.

### Actividad 2.1 Inventario Nacional de Emisiones de CyGEI (INECyGEI)

Los países deben tomar en cuenta el inventario, presentando a través de las Comunicaciones Nacionales e informes BUR, como un instrumento para diseñar las políticas de reducción de emisiones, entendiendo las principales fuentes emisoras y el papel que juegan los ecosistemas capturando parte de estas emisiones (INECC, 2018).

Los inventarios nacionales de CyGEI siempre

deberán elaborarse de acuerdo a las **Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI** y definir:

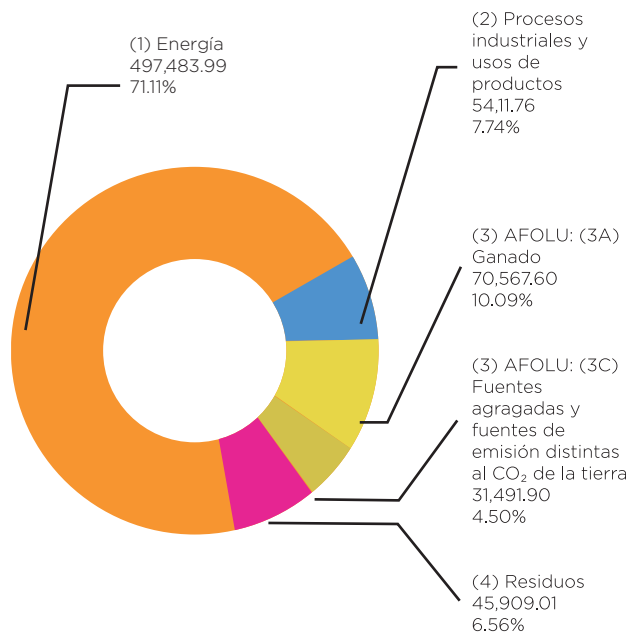
- Las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los C y GEI no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que promoverá y aprobará la Conferencia de las Partes (CMNUCC, 1992).
- Año base y serie temporal (la secuencia de estimaciones anuales de los inventarios de GEI; por ejemplo, cada año desde 1990 a 2000).
- Cobertura geográfica para la cuantificación de las emisiones y absorciones.
- Categorías para la cuantificación de las emisiones (análisis de categorías clave).
- Metodología para la cuantificación (IPCC 2006) (se encuentra disponible el Software de IPCC - Versión 2.54).

### El inventario como parte de la planeación ante el CC y TER

A partir de sus inventarios, los países identifican los sectores y subsectores que mayormente contribuyen al CC, con la finalidad de priorizar las posibles medidas de mitigación y variaciones (aumento o disminución) de las emisiones.

En la Ilustración 4 se muestra el ejemplo del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de México (año base 2015) y la identificación de sectores y subsectores con mayores emisiones, donde la introducción de tecnologías proporcionaría una ventaja en la reducción de emisiones en el corto, mediano y largo plazo.

## Ilustración 4. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de México, 2015



Total: 699,564.3 Gg de CO<sub>2</sub>e

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. (INECC, 2018)

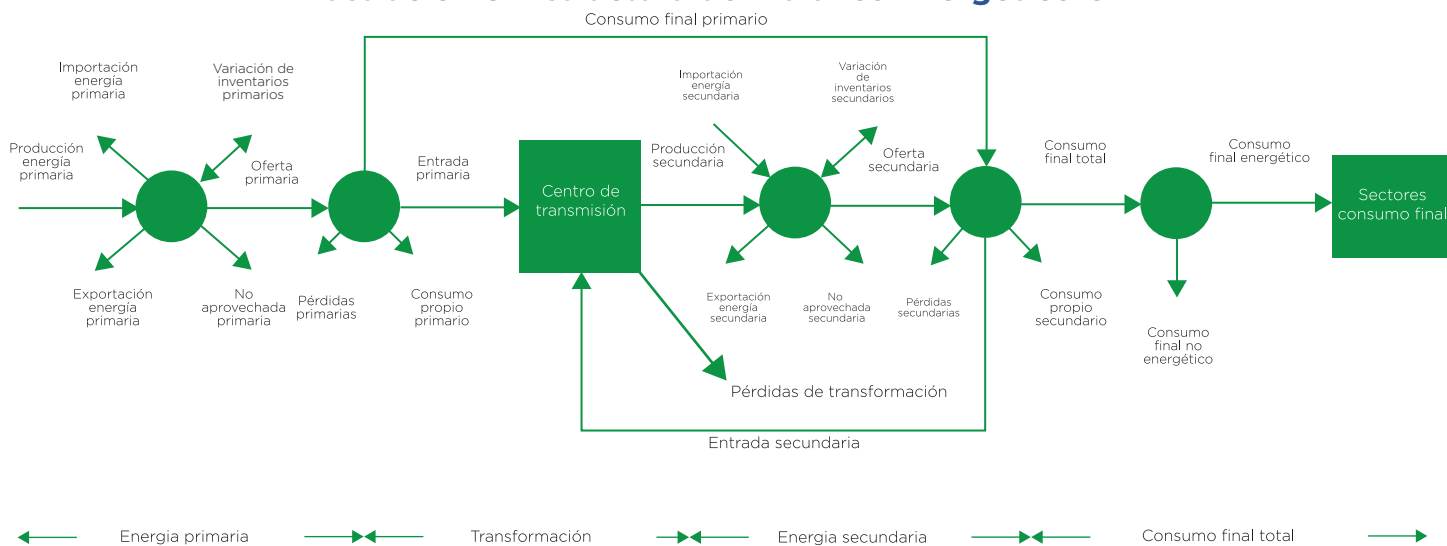
## Actividad 2.2 Balance Nacional de Energía (BNE)

El balance de energía de un país permite evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con su economía, determinando las principales relaciones económico-energéticas entre los diferentes sectores de la economía nacional. Esto lo convierte en un instrumento que facilita la planeación energética y climática, en conjunto con variables económicas, ambientales y sociales, toda vez que se muestre de manera detallada la estructura del sector energético nacional. En la Ilustración 5 se muestra la estructura general de un Balance, el cual se expresa en unidades de energía como el joule o la caloría.

El BNE permite conocer:

- La **oferta interna bruta de disponibilidad de la energía** en el territorio, destinada a los procesos de transformación, distribución y consumo.
- La **demand**a derivada de la suma del consumo de los distintos sectores.
- La **oferta total** de los energéticos (energía fósil, de biocombustibles y de energía renovable).
- Importaciones y variación de inventarios (productos almacenados).

## Ilustración 5. Estructura del Balance Energético OLADE



Fuente: Guía metodológica para la elaboración de los balances energéticos. (OLADE, 1991)

## El Balance Nacional de Energía como parte de la planeación ante el CC y TER

Los países deben construir un BNE como parte de su política energética y climática, considerando los costos ambientales y sociales para la toma de decisiones, ya que el uso de la energía está estrechamente vinculado con las emisiones de los diversos sectores y sus impactos ante el CC.

En materia climática el BNE provee al país de:

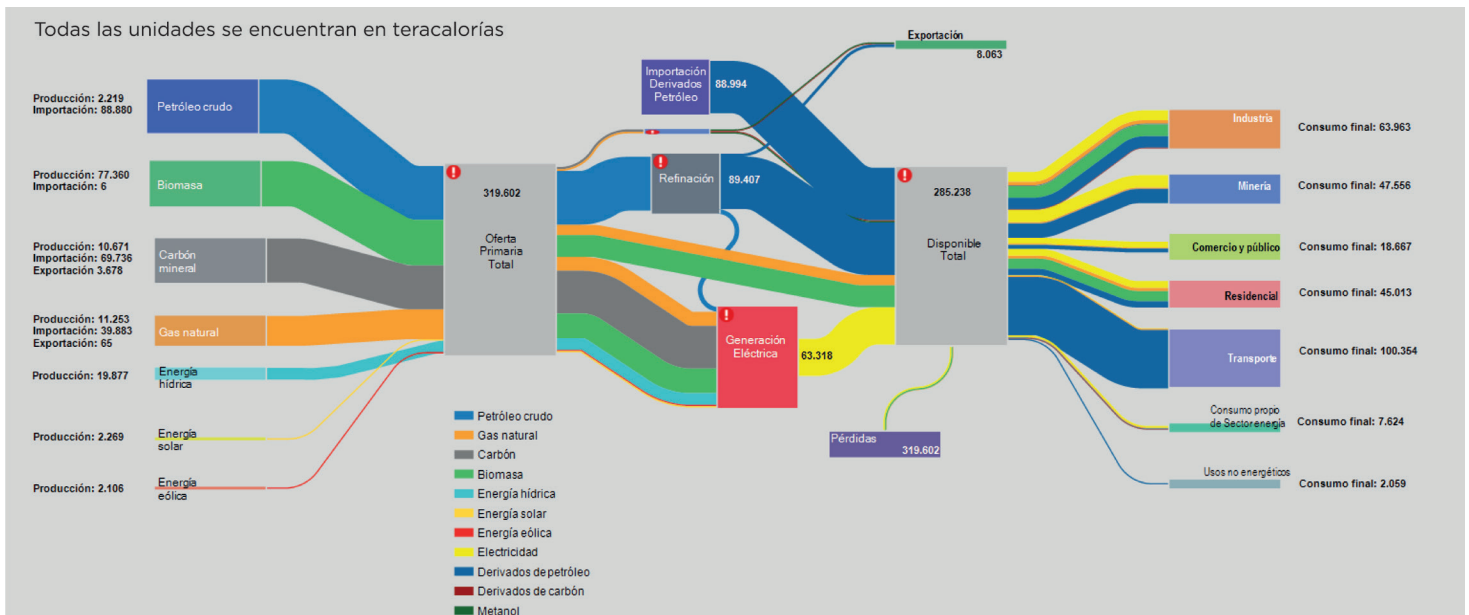
- Información sobre la estructura de energía primaria, la cual servirá de línea base para generar prospectivas de mitigación a través de la introducción

de tecnologías energéticas de bajas emisiones.

- Información sobre el consumo final energético por sector, subsector y tipo de energético e información clave para priorizar tecnologías en términos de costo-beneficio.

Se debe considerar que las fuerzas del mercado, los impuestos, subsidios y regulaciones, intervienen en los precios de las energías y forman parte de un proceso para beneficiar una u otra decisión energética y, por ende, tendencias de tecnologías en eficiencia energética, energía renovable y los distintos usos de energía en el sector transporte.

**Ilustración 6. Balance Nacional de Energía de Chile, 2017 (TCal)**



Fuente: Energía Abierta. (Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile, 2017)

### Actividad 2.3 Diagnóstico sectorial

Los países deben elaborar o revisar diagnósticos que permitan conocer las características actuales de cada sector y subsector prioritario; así como los problemas a los que se enfrentan, sus necesidades, demandas, tendencias, expectativas y recursos disponibles. Si bien un diagnóstico no determina acciones, sí permite identificar situaciones factibles en las que es o no posible la intervención o transformación, a través de una acción concreta (ARTEAGA Carlos, 2001).

Es recomendable que los diagnósticos sectoriales consideren la **gestión del conocimiento como un factor de análisis** en dicho sector, incluyendo el desarrollo y aprovechamiento de oportunidades de competitividad e innovación, la **transferencia de tecnología** y detectando habilidades, experiencias y capacidades de desarrollo tecnológico.

#### Recuadro 12. Diagnósticos sectoriales previos

Es importante considerar los diagnósticos o estudios que se hayan elaborado en el país o región, a fin de tener los antecedentes y comprender de mejor manera su evolución en el tiempo, identificar las barreras que han limitado su transición hacia un sector más eficiente y de bajo carbono, así como los actores que han estado involucrados en la instrumentación medida

#### Diagnóstico en eficiencia energética

En este caso, el objetivo del diagnóstico es conocer el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía en el país. Consiste en el análisis y estudio de todas las formas y fuentes de energía que se utilizan por instalación o unidad consumidora de energía. Este análisis se hace de manera crítica para establecer el punto de partida y el potencial de implementar medidas de ahorro de energía.

Generalmente se toma como base el BNE, a partir del cual se:

- Identifican los **sectores del consumo final de energía**: residencial, servicios, industrial, transporte de mercancías y pasajeros y otros.
- **Analizan** todas las **formas y fuentes de**

**energía** empleados en cada sector.

- Establecen **indicadores energéticos** de referencia y análisis entre el consumo de energía y la actividad económica-humana, como por ejemplo:
- Consumo energético unitario, ejemplo en relación al PIB, per cápita, hogar, etc.
- Intensidad energética por sector o subsector.
- Intensidad de usos de energía final por tecnología.
- Elaboración de un **diagnóstico energético**, que determine el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía y el potencial de ahorro por medida de implementación.

#### Diagnóstico en energías renovables

Las **fuentes renovables** se definen como la energía disponible a partir de procesos permanentes y naturales, con posibilidades técnicas de ser explotadas económicamente. Estas energías se obtienen de los flujos continuos o repetitivos de energía que se producen en el entorno natural y comprenden tecnologías de baja emisión de carbono como las listadas en el **Recuadro 13**. Estas energías se aprovechan principalmente en la generación de energía eléctrica, entre otras aplicaciones menos comunes se encuentran el calentamiento de agua y la generación de vapor.

#### Recuadro 13. Lista de energías renovables

Hidráulica, minihidráulica · Geotérmica · Eólica · Solar · Biomasa (bagazo de caña, leña o alguna otra de interés en el país) · Biogás · Oceánica (mareomotriz, maremotérmica, del oleaje, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal).

Se recomienda que el diagnóstico parta de una caracterización de las energías renovables potenciales en el país, a partir del cual se analice el potencial probado, probable y posible; este último considerando **factibilidad técnica** de ser **aprovechado económicamente** para la generación de energía eléctrica u otras aplica-

ciones. Además, es indispensable considerar los impactos **tecnológicos, socioeconómicos y ambientales** para el país, de las energías renovables en estudio.

### Diagnóstico en Transporte

El servicio de transporte es una actividad que se puede analizar desde múltiples ángulos. Para realizar su diagnóstico es importante identificar los subsectores de interés, por ejemplo, carretero, aéreo, ferroviario, marítimo o fluvial, público o privado, o por tipo de transporte, como carga o de pasajeros, e incluso por tipo de combustible que utiliza. Se sugiere realizar diagnósticos de transporte multimodal, incluyendo distintas formas de transporte utilizadas de manera combinada para llevar un producto desde un origen hasta su destino (Flores Romero, 2014).

En un diagnóstico de este sector, se recomienda incluir como mínimo la siguiente información:

- **Tipo de transporte a analizar.**
- **Uso del transporte:** carga o pasajeros.
- **Combustible y consumo anual:** diésel, gasolina, gas natural, gas LP, electricidad.
- Datos de **actividad** (kilómetros recorridos por vehículo, número de pasajeros transportados por kilómetro recorrido, toneladas transportadas por kilómetro recorrido).
- **Rendimiento de combustible** (kilómetros por litro, km/l).
- **Indicadores socioeconómicos y demográficos** del alcance en estudio.

### Paso 3. Identificación del problema y las posibles medidas de mitigación para su solución



Salida pasos  
12 y 13

Entrada paso 16

Se sugiere a los países realizar un proceso participativo de planeación continua con la identificación del problema y de las posibles alternativas para resolverlo; en este caso, para mitigar o evitar las emisiones de CyGEI, las cuales serán analizadas con el soporte de ejercicios de modelación, con el fin de tomar decisiones informadas.

#### Preguntas clave:

- ¿Qué sectores y subsectores son prioritarios para el país en la definición de acciones para la mitigación de CyGEI?
- ¿Dichas acciones son de corto, mediano o largo plazo?
- ¿Se han identificado medidas de mitigación en los diagnósticos sectoriales? ¿Se evaluó su potencial de mitigación? ¿Se identificaron los costos de instrumentación?
- ¿Fueron las medidas instrumentadas y se cuenta con resultados?
- ¿Se han identificado barreras para su instrumentación? ¿Existe alguna recomendación para la eliminación de las barreras?

Para la identificación del problema, y de las posibles soluciones, se recomienda a los países realizar Talleres de Trabajo, liderados por los planeadores, donde se incluya la participación de modeladores y académicos. En estos talleres se recomienda utilizar la **Metodología de Marco Lógico** para identificar el problema y las posibles alternativas de solución. La descripción de dicha metodología, como herramienta para diseñar y planificar proyecto se describe en el **“Anexo A. Marco Analítico, se describe cómo realizar un diagnóstico de mapeo de tecnologías viables.”**



### Actividad 3.1 Identificación de sectores clave

Para la identificación del problema, el **balance de energía, el inventario de emisiones de CyGEI y los diagnósticos sectoriales en eficiencia energética, energías renovables y transporte**, preferentemente de manera conjunta, permiten identificar aquellos sectores y subsectores clave donde los países tienen una mayor contribución de emisiones o alto potencial de mitigación.

Una vez identificadas las áreas de oportunidad para la incorporación de tecnologías, es importante definir su prioridad, para lo que se sugiere utilizar la metodología de **análisis multicriterio**.

En específico se sugiere utilizar el **Método de Análisis Jerárquico** (AHP, por sus siglas en

inglés), como proceso de priorización para tomar criterios múltiples, este se encuentra descrito en el **“Anexo B . Modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TER”** y también es utilizado en el **Paso 12. Selección de modelos y herramientas**.

De manera general, se debe construir una matriz multicriterio siguiendo los siguientes pasos: a) elaborar una lista con las opciones, b) seleccionar criterios, c) diseñar la matriz señalando las opciones y los criterios, d) establecer una escala para evaluar las diferentes opciones, e) otorgar a cada opción un valor, con base en las calificaciones de cada criterio y f) valorar los resultados (Asociación Española para la Calidad, 2018).

**Tabla 2. Ejemplo matriz multicriterio**

Criterios	Ponderación (Global)	Ponderación	Puntaje ponderado
<b>Proyecto A</b>			
Reducción de emisiones	30	0.8	24
Costos de inversión (requiere menos inversión)	20	0.7	14
Costos de mantenimiento (requiere menos gastos de mantenimiento)	35	0.3	10.5
Cambio de uso de suelo (no requiere cambio de uso)	15	0.5	7.5
Puntaje del proyecto	100		56
<b>Proyecto B</b>			
Reducción de emisiones	30	0.4	12
Costos de inversión (requiere menos inversión)	20	1	20
Costos de mantenimiento (requiere menos gastos de mantenimiento)	35	0.9	31.5
Cambio de uso de suelo (no requiere cambio de uso)	15	1	15
Puntaje del proyecto	100		78.5

Fuente: Elaboración propia.

### **Actividad 3.2 Propuesta de medidas de mitigación en los sectores prioritarios: identificación, análisis y priorización de TER mediante herramientas de apoyo para la toma de decisiones**

Los países deben identificar medidas para **contribuir con el cumplimiento de las metas de mitigación**, proponiendo la inclusión de TER que presenten mayor viabilidad técnica y económica e impacto social, ambiental y climático. Las medidas deberán reflejar su contribución en términos de:

- El desacoplamiento energético (consumo de energía/PIB).
- La descarbonización de las actividades económicas del país ( $tCO_2e$ /consumo de energía).
- La desvinculación de las emisiones con el crecimiento económico ( $tCO_2e$ /PIB).

Para priorizar las TER a ser promovidas en el marco de la planeación climática, se alienta la aplicación de modelos y herramientas de planificación sectorial e integral, cuyo objetivo será, entre otros, definir trayectorias óptimas (escenarios) de penetración de las TER, en el corto, mediano y el largo plazo, junto con metas de crecimiento económico. Dicha actividad se describe a más detalle en la “**Etapas 3. Utilización de modelos y herramientas para la planeación climática**”.

Como insumo fundamental para la aplicación de modelos y herramientas, se debe hacer un diagnóstico ex ante, liderado por un equipo de planeadores responsables de priorizar las TER que deben ser promovidas en el marco de la planeación climática. Esta priorización orienta la selección de modelos y su respectiva construcción de escenarios.

Para elaborar esta primera propuesta de inclusión de TER, es fundamental contar con un ejercicio de **identificación, análisis y priorización de TER**, a través de una tarea de cierto nivel técnico, que se recomienda realizar en dos etapas diferenciadas:

1. **Mapeo y priorización de tecnologías por área de incidencia** (i.e. energías renovables, eficiencia energética, transporte). En el **Anexo A. Marco Analítico**, se describe cómo realizar un diagnóstico de mapeo de tecnologías viables”, se explica cómo realizar un diagnóstico tecnológico a detalle que contempla desde condiciones de acceso hasta el impacto potencial de cada TER.
2. **Análisis de las necesidades integradas**. Como resultado de esta actividad se obtendrá una primera priorización de TER, insumo para un ejercicio de modelación que guiará de manera robusta, con argumentos cuantitativos, la toma de decisión en la construcción de una estrategia de inclusión de las tecnologías a lo largo del tiempo.

En la **Tabla 3. Ejemplo de evaluación de TER** se muestran ilustrativamente los aspectos del estado de la tecnología en análisis.

**Tabla 3. Ejemplo de evaluación de TER – contenido instructivo**

Nombre de la tecnología y su tipología Descripción técnica de la tecnología					
Disponibilidad de la tecnología		Impacto de la TER	Grado de avance del ciclo tecnológico	Grado de desarrollo del marco político y regulatorio	
Acceso a información técnica especializada	Se cuenta con redes, centros de investigación, empresas, asociaciones, Intercambio de experiencia, estudios locales.	Protección al medioambiente	Transferencia	Marco legal	Existen un marco legal y su orientación dentro de la planeación nacional.
Acceso a la tecnología	La tecnología es patentada, libre acceso. Existen oportunidades de asociación. Con qué países se podría gestionar una TT.	Menos contaminante	Adaptación	Marco regulatorio	Existe un marco regulatorio y cuál es su grado de desarrollo y aplicación.
Acceso a recursos humano	Existen recursos humanos locales, especialistas nacionales, extranjeros para la aplicación de la tecnología. Se requieren asistencias técnicas, programas de educación y formación.	Uso sostenible de recursos	Innovación	Estrategias	Existen estrategias de corto plazo, largo plazo.
Acceso a recursos financieros	Con qué instrumentos de fomento financiero se cuenta. Es necesario crearlos, en qué condiciones.	Adecuado sistema de reciclaje	Recuperación de conocimientos	Programas / Proyectos	Se tiene acceso local, nacional, regional, mundial a programas marco. Existen proyectos específicos en el país.
Acceso a instituciones	Cuál es el grado de vinculación entre gobierno, sector privado, centros de investigación, tanto a nivel nacional como internacional. Existen instituciones con la capacidad de realizar transferencia tecnológica.	Otro impacto	Gestión de tecnología	Instrumentos de fomento	Existen instrumentos de fomento, por ejemplo, subsidios, incentivos fiscales, otros

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

### Experiencias previas del uso de herramientas para la priorización de TER

Los países pueden contar con resultados de la aplicación de otras metodologías, que les permiten priorizar las tecnologías para la mitigación de CyGEI en los sectores de eficiencia energética, energías renovables y transporte, algunas de estas se describen a continuación:

- **Análisis de Ciclo de Vida (ACV).** Es un marco metodológico para estimar y evaluar los impactos medioambientales atribuibles a un producto o servicio durante todas las etapas de su vida, por lo que permite tomar decisiones sobre aquellas alternativas con mínimos impactos al ambiente, consumo de recursos, emisión de sustancias al medioambiente, impacto en la capa de ozono o contribución al CC (Ecointeligencia, 2013), (ISO, 2006).
- La Ilustración 7 muestra, de manera genérica, los pasos involucrados en la evaluación del ciclo de vida, para mayor información consultar las referencias del Paso 3.

### Ilustración 7. Diagrama de ciclo de vida

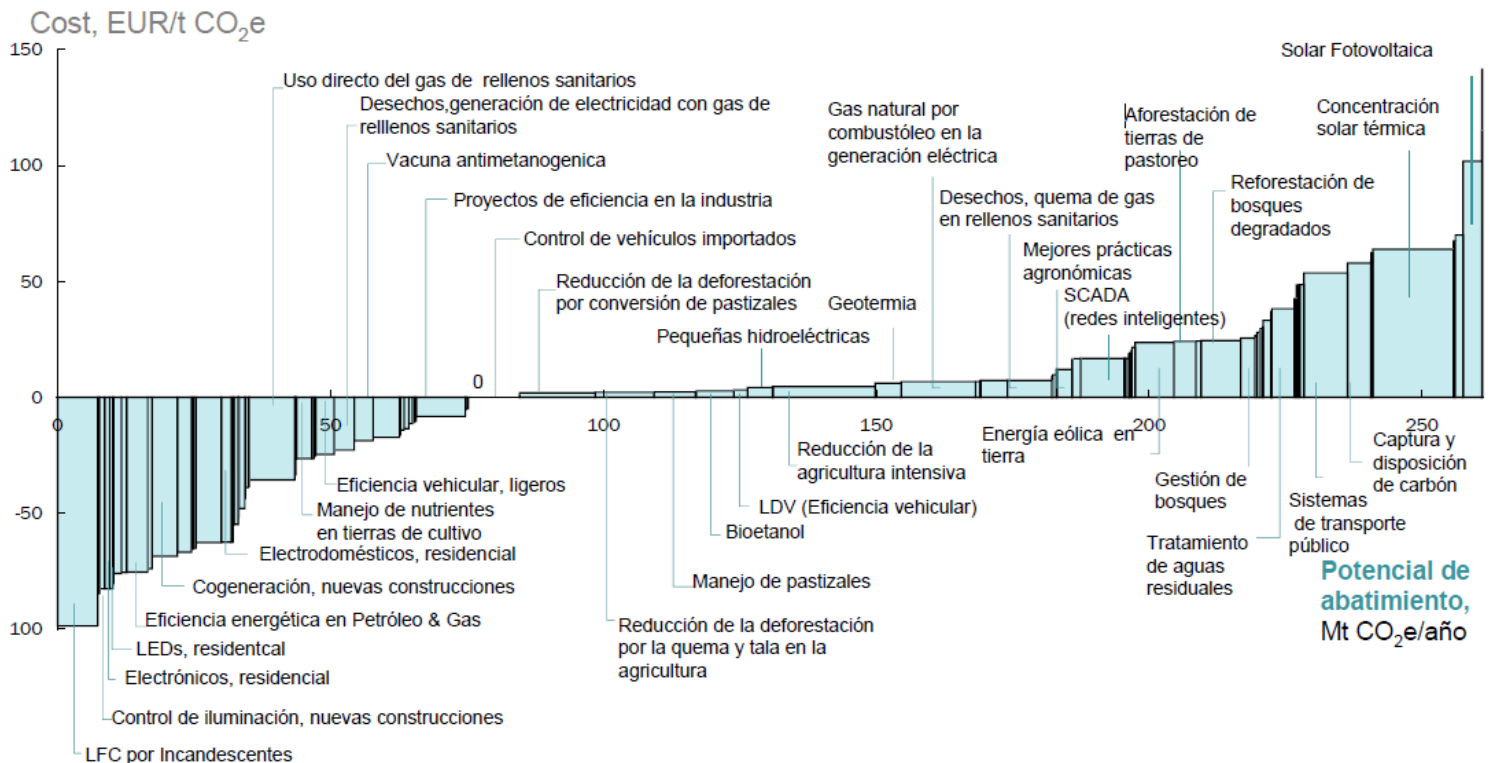


Fuente: Ecointeligencia, 2013

- **Curvas de costo marginal de abatimiento de emisiones de GEI (MACC).** - Son una representación gráfica de los costos de abatimiento de una cartera de opciones de mitigación ordenada según sus potenciales de mitigación, de acuerdo con el costo unitario de abatimiento ( $\$/tCO_2$  mitigada con respecto al escenario BAU - *“business-as-usual”* o caso de referencia).

Cada barra representa una medida. El ancho de esta, se interpreta como el potencial de reducción de emisiones asociadas; la altura de cada barra representa el costo promedio de evitar una tonelada métrica de  $tCO_2e$  en el año de análisis para cada medida. En la **Ilustración 8** se muestra un ejemplo para el sector energético en México hacia el 2020.

**Ilustración 8. Ejemplo de curva de costos de abatimiento de GEI para México hacia 2020**



Fuente: (Instituto Nacional de Ecología (INE), SEMARNAT , 2010)

## Recuadro 14. Desventajas de las curvas MACC

Si bien las curvas de costo marginal de abatimiento permiten ordenar las medidas de mitigación disponibles, según su costo y su potencial de reducción en un año determinado, se ha demostrado que las MACC arrojan información insuficiente para diseñar estrategias a largo plazo. Por ejemplo, para lograr el objetivo europeo de reducir el 75 % para 2050 puede requerir la implementación de opciones más costosas, de alto potencial y a largo plazo, que para cumplir el objetivo de reducción del 20 % para el 2020. Es decir, economizar para alcanzar las metas del 2020, puede crear un bloque y elevar el costo a largo plazo de alcanzar las de 2050. El diseño de políticas de mitigación, requiere información sobre la temporalidad a la que se pueden implementar diversas medidas para reducir las emisiones de GEI, además de la información sobre los costos y el potencial de dichas medidas proporcionadas por las curvas de costos de reducción marginal. (Vogt-Schilb & Halgatte, 2017)

### Actividad 3.3 Definición de indicadores

Es relevante que los países formulen un conjunto de indicadores que permitan describir y comunicar efectivamente los resultados de la evaluación de las medidas a instrumentarse.

Los indicadores deben representar el estado o tendencia de ciertos aspectos de los sectores en un área determinada y un período específico de tiempo, con objeto de entender mejor el impacto en la reducción de emisiones derivado de la adopción de tecnologías.

Los indicadores deben ser útiles para comunicar efectivamente a los ciudadanos, analistas, científicos, gobernantes e investigadores sobre las tendencias y efectos de las medidas; así como contribuir a la integración de un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).

Los indicadores que se sugiere tener en consideración se enlistan a continuación:

- Socioeconómicos.
- Intensidad energética (consumo de energía/PIB).
- Intensidad de carbono (emisiones generadas tCO<sub>2</sub>e/PIB).
- Consumo energético por sector (emisiones generadas tCO<sub>2</sub>e/consumo de energía).

## Paso 4. Proyección de objetivos estratégicos para la modelación



En este paso se recomienda a los países, como parte de un proceso cíclico de mejora continua de la planeación, definir o plantear los objetivos estratégicos y el propósito que darán directrices al ejercicio de modelación brindando un marco general bajo el cual se establecerán objetivos operacionales de la modelación, que permitan generar la información necesaria y suficiente para que los tomadores de decisión puedan establecer la ruta tecnológica más efectiva para la mitigación.

### Preguntas clave:

- ¿Cuáles son las preguntas clave que se desean responder a través de la aplicación de modelos y herramientas?
- ¿Existen hipótesis específicas sobre el impacto de las TER que se requieran estudiar o evaluar?

### Actividad 4.1 Definición de objetivos estratégicos

Los objetivos que los países formulen, como parte de la elaboración del **Informe de Situación de partida** deben ser claros, precisos y comprensibles; así como orientados a obtener las respuestas clave requeridas para la planeación climática. En este sentido, se deben considerar ciertas características mínimas:

- 1. Medibles y cuantificables.** Que puedan ser cuantificados o expresados en cifras.
- 2. Alcanzables.** Que sean factibles de lograr de acuerdo con las condiciones actuales.
- 3. Específicos.** Que estén especialmente destinados a un fin sectorial y tecnológico.
- 4. Apropriados.** Que resulten convenientes para lograr las metas de mitigación.
- 5. Comprensibles.** No deben ser abstractos.
- 6. Temporales.** Deben ubicarse en cierto hori-

zonte de tiempo.

7. **Transformables.** En tareas específicas.
8. **Eficaces.** En lo posible que permitan o promuevan la concentración de recursos y esfuerzo.

### Actividad 4.2 Definición del propósito

Como punto de partida, se deben tomar las metas de mitigación comprometidas ante la CMNUCC planteadas en los NDCs o en la Estrategia de Medio Siglo, hacia el horizonte de emisiones netas. A través de la evaluación de las medidas de mitigación propuestas con modelos y herramientas se busca que dichas metas sean más ambiciosas, conforme se logren los resultados esperados de las acciones o medidas de mitigación que se han planteado instrumentar (INIA Uruguay, 2018).

Así, en consonancia con la planeación ante el CC, los modelos energéticos, de transporte y económicos, pueden servir para distintos propósitos y los distintos tipos de modelos son un apoyo que pueden responder preguntas específicas dentro del proceso de formulación de políticas públicas y la inclusión de tecnologías, pero pocas veces arrojan soluciones definitivas. Conocer y delimitar el propósito del uso de modelos facilita la correcta elección, uso e interpretación de los resultados.

Para definir el propósito del ejercicio de modelación se recomienda consultar el **“Anexo B. Modelación para la planeación climática y la inclusión de TER”**, el cual contiene más información sobre los distintos propósitos de los modelos y herramientas disponibles; así como su implicación en el uso e interpretación de resultados.

## Paso 5. Financiamiento para enfrentar el CC



A este nivel, se recomienda a los tomadores de decisiones identificar el flujo de los recur-

sos requeridos para los proyectos o líneas de acción prioritizadas, planificar el acceso y la secuencia relacionada a la gestión de estos flujos. Para acceder a financiamiento, los países deben fortalecer sus capacidades en cuanto al diseño y propuesta de proyectos e iniciativas relevantes, así como a la gestión de los fondos, idealmente a través de la institución que a nivel nacional movilice y coordine el financiamiento climático.

### Preguntas clave:

- ¿Cuál es el presupuesto estimado de las actividades que se desean realizar? ¿Cuál es el costo beneficio de su implementación?
- ¿Se cuenta con financiamiento nacional o internacional disponible para estas actividades?
- ¿Se han identificado fuentes de financiamiento potenciales que podrían accederse? Por ejemplo, ¿son las actividades o proyectos susceptibles de ser financiados por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM, o GEF por sus siglas en inglés) o el Fondo Verde Climático (GCF por sus siglas en inglés)?

### Actividad 5.1 Identificar requerimientos y fuentes de financiamiento adecuadas

Los países deben identificar, como paso preliminar para acceder a financiamiento, los procedimientos actuales de aplicación de recursos climáticos a nivel nacional, para esto se recomienda utilizar las siguientes herramientas:

- Una evaluación de inversión y flujos financieros (I&FF) que cree una línea de base de los gastos existentes en la escala sectorial y los mapee dentro de las actividades prioritarias relacionadas con acciones climáticas.
- Un informe del gasto público y las instituciones financieras que analice los gastos presupuestados en CC para diversos sectores. Esta herramienta puede incluir los siguientes elementos:
  - Definición de gastos en CC, así como un sistema de seguimiento.
  - Identificación de la integración del CC en el proceso presupuestario.

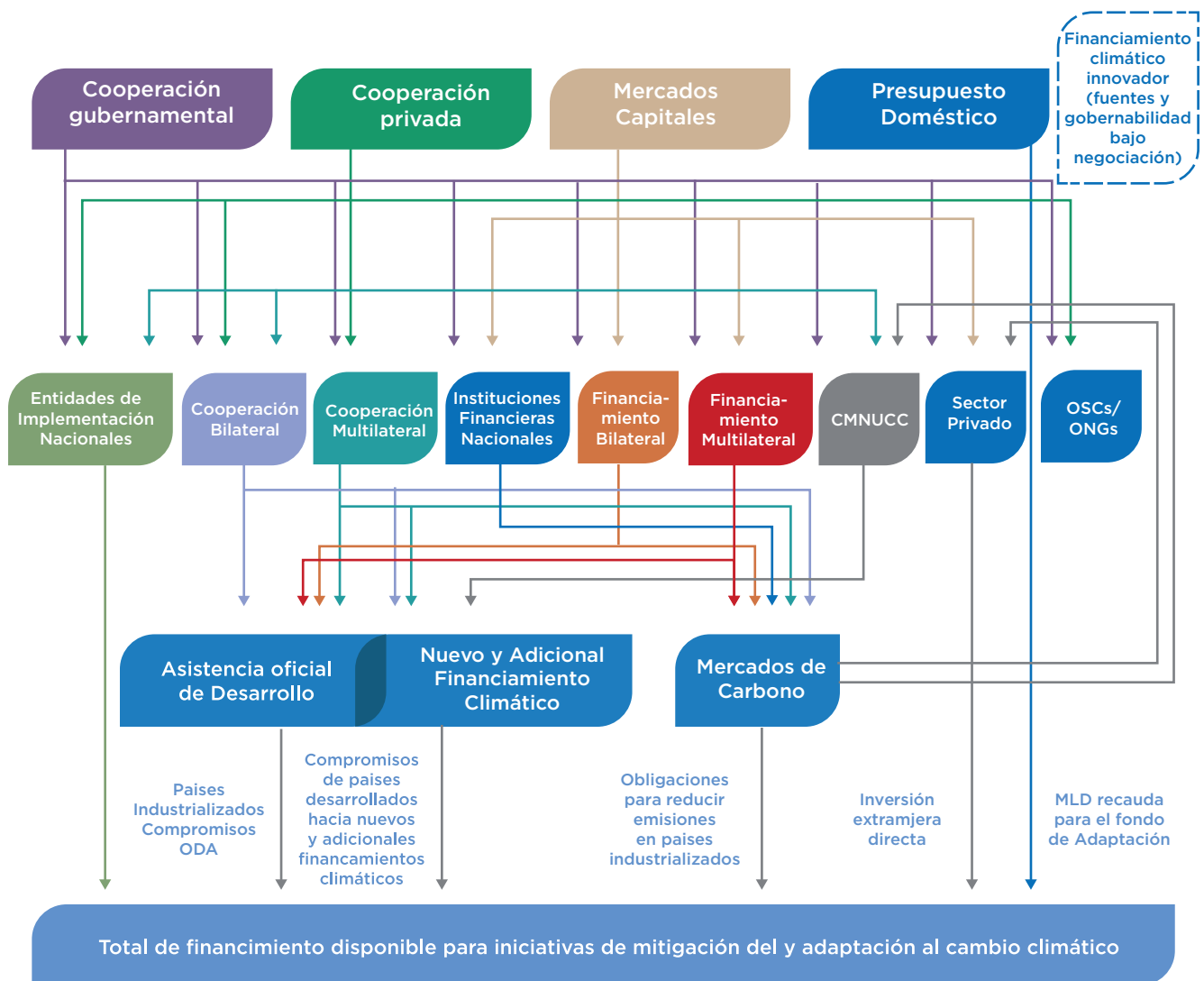
- Montos presupuestarios asignados.

Posteriormente, se busca identificar las fuentes apropiadas para el financiamiento de los proyectos o líneas de acción prioritizadas; para ello, es necesario analizar diversas fuentes, nacionales e internacionales y articular los requerimientos financieros necesarios.

Las fuentes de financiamiento climático se di-

viden en cuatro grandes categorías según su principal fuente donante: la cooperación gubernamental, la cooperación privada, el mercado de capitales y los presupuestos nacionales. En la Ilustración 9, se muestra el flujo de dichas fuentes de financiamiento existentes, el cual cuenta con más de 50 fondos públicos internacionales, 60 mercados de carbono y 6 mil fondos de inversión privada, que otorgan financiamiento climático o movilizan recursos externos en consonancia con los sistemas y prioridades nacionales.

**Ilustración 9. Flujos existentes de financiamiento climático**



Fuente: Preparación para Financiamiento Climático. (PNUD, 2011)

A continuación, se describen las fuentes más relevantes de financiamiento, que se sugiere considerar para la planeación ante el CC:

### **Instituciones de financiamiento climático a nivel nacional**

Estas entidades son el mecanismo que permite a los gobiernos fortalecer su política y sistema fiscal al acceder directamente a la financiación que necesitan para implementar su política y estrategia nacional frente al CC. Su función principal es gestionar el financiamiento doméstico climático, o bien implementar financiamiento externo canalizado a instituciones nacionales. Sus procesos de decisión y de funcionamiento dependen de las prioridades políticas, del presupuesto nacional disponible y de otros factores macro y microeconómicos.

#### ***Financiamiento a partir de recursos fiscales***

A nivel nacional, el financiamiento también puede provenir de recursos obtenidos a partir de diferentes mecanismos fiscales. En México, por ejemplo, se utilizan varios esquemas de estos instrumentos como medida de financiamiento nacional (CEPAL-PNUD, 2002). Algunos de estos ejemplos se enlistan a continuación:

- **Sobrecargos a los combustibles fósiles impuestos en zonas metropolitanas:** este sobrecargo en el precio, es pequeño en relación al precio de las gasolinas y apoya la ejecución de acciones a favor de la preservación del medio ambiente.
- **Aranceles tasa cero para importaciones de tecnología y equipo de bajas emisiones de GEI:** consiste en un incentivo a la inversión al otorgar una tasa cero arancelaria a todo equipo o tecnología anticontaminante. Es necesario tener claridad acerca del equipo sujeto al beneficio fiscal y coordinación entre las autoridades ambientales y de comercio.
- **Depreciación acelerada o deducción**

**inmediata:** prevista en la Ley del Impuesto sobre la renta, la depreciación acelerada es un sistema de amortización que consiste en recuperar la inversión original de los activos fijo y diferido, vía fiscal, mediante un porcentaje mayor en los primeros años a partir de la adquisición.

- **Ajustes al impuesto (tenencia) de vehículos:** los gobiernos subnacionales tienen la atribución para ajustar el impuesto (tenencia) de los automóviles; para ello se recomienda reducir el impuesto en la adquisición de vehículos nuevos y modificar el impuesto en proporción al nivel de emisiones de los vehículos.
- **Impuesto sobre las emisiones de carbono:** es un impuesto sobre la emisión de dióxido de carbono que pretende reducir su expulsión a la atmósfera, desalentando las emisiones de contaminantes y haciendo pagar a los contaminadores en proporción a sus emisiones.

### **Bancos Nacionales de Desarrollo**

Los países en desarrollo y emergentes han establecido sus propios bancos nacionales de desarrollo, con el objetivo de proveer financiamiento para proyectos en su país y para canalizar y gestionar recursos financieros de fuentes internacionales. Estas instituciones son clave para la inversión en infraestructura.

En la siguiente tabla se enlistan algunas instituciones en LAC:



**Tabla 4. Bancos Nacionales de Desarrollo en países en desarrollo**

Instituciones Financieras de Desarrollo Nacional	Oficina Principal	Liga Web
Corporación Financiera de Desarrollo (Cofide),	San Isidro, Perú	<a href="http://www.cofide.com.pe">www.cofide.com.pe</a>
Banco de Desarrollo Brasileño (BNDES)	Río de Janeiro, Brasil	<a href="http://www.bndes.gov.br">www.bndes.gov.br</a>
Banco de desarrollo de El Salvador (BANDESAL)	El Salvador	<a href="http://www.bandesal.gob.sv">www.bandesal.gob.sv</a>
El Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C. (Banobras)	México	<a href="https://www.gob.mx/banobras">https://www.gob.mx/banobras</a>

Fuente: Elaboración propia con información pública.

### Financiamiento climático internacional

A nivel internacional, diversos tipos de instituciones operan financiamiento climático.

Entre las más relevantes se encuentran las listadas a continuación:

- **Instituciones Multilaterales de Financiamiento al Desarrollo:** Operan a gran escala para proveer beneficios climáticos significativos y apoyo económico al desarrollo sustentable y a instrumentos climáticos financieros de economías emergentes. Estos bancos tienen también la función de apoyar a los países en desarrollo a generar una estructura financiera que facilite e impulse la movilización de financiamiento privado.

**Tabla 5. Principales Bancos de Desarrollo Multilateral.**

Banco de desarrollo Multilateral	Oficina Principal	Liga Web
Banco Mundial	Washington D.C., EUA	<a href="http://www.worldbank.org">www.worldbank.org</a>
Banco de Inversiones Europeo	Luxemburgo	<a href="http://www.eib.org">www.eib.org</a>
Banco de Desarrollo y Reconstrucción Europeo	Londres, Reino Unido	<a href="http://www.ebrd.com/pages/homepage.shtml">www.ebrd.com/pages/homepage.shtml</a>
Banco de Desarrollo Europeo	Costa de Marfil	<a href="http://www.afdb.org">www.afdb.org</a>
Banco de Desarrollo Interamericano	Washington D.C., EUA	<a href="http://www.iadb.org">www.iadb.org</a>

fuentes: Elaboración propia con información pública.

**Fondos multilaterales climáticos establecidos a nivel internacional:** a los que contribuyen varios donantes, tienen la finalidad de apoyar la acción climática con distintas fuentes de recursos y alcances; por ejemplo, se pueden mencionar: Climate Investment Fund (CIF), NAMA Facility, Japan's Fast Start Finance Fund, USA Global Climate Change Initiative e International Climate Forest Initiative.

- **Financiamiento bilateral:** representa una fuente importante de asistencia al desarrollo en la que los gobiernos donantes canalizan sus fondos de cooperación directamente a los receptores, sean estos los gobiernos de los países u otras organizaciones, y su objetivo principal es proveer financiamiento para inversiones que promuevan la transición a economías bajas en carbono. Son respaldadas por gobiernos de países desarrollados.

**Tabla 6. Instituciones de Financiamiento al Desarrollo que proveen financiamiento bilateral (no limitativa)**

Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Fráncfort, Alemania	<a href="http://www.kfw.de">www.kfw.de</a>
Agencia Francesa de Desarrollo (AFD)	París, Francia	<a href="http://www.afd.fr">www.afd.fr</a>
Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional (JICA)	Tokio, Japón	<a href="http://www.jica.go.jp">www.jica.go.jp</a>
Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID)	East Kilbride, Reino Unido	<a href="http://www.gov.uk">www.gov.uk</a>

Fuente: Elaboración propia con información pública.

**Otras iniciativas de financiamiento climático:** además de las instituciones y mecanismos mencionados, se destaca la existencia de los siguientes programas de cooperación gubernamental internacional:

- **Iniciativas nacionales de financiación climática en países desarrollados**, que destinan una parte de su presupuesto para la cooperación climática internacional.
- **Los mecanismos desarrollados en el marco de la CMNUCC**, dirigidos a los países miembros, cuyo objetivo es financiar las acciones de mitigación y adaptación ante CC: el Fondo Verde (**Green Climate Fund** - GCF), el Fondo de Adaptación (**Adaptation Fund**) y el FMAM (GEF por sus siglas en inglés).

### **Actividad 5.2 Fortalecimiento de capacidades y formulación de proyectos para el acceso a financiamiento**

El nivel de “preparación” en cuanto a financiamiento climático (o **readiness** en inglés) es un término comúnmente utilizado en los procedimientos de acceso a distintas fuentes de financiamiento climático. Una definición clara es **la capacidad de los países de planear, acceder, implementar, monitorear y reportar financiamiento climático, internacional y doméstico, de una manera catalítica y completamente integrada a las prioridades nacionales de desarrollo y los objetivos climáticos y de desarrollo sostenible.** (PNUD, 2011)

En esta etapa de la Guía se recomienda abordar la planeación y preparación para acceder a financiamiento para las actividades requeridas en el Informe de Situación de partida; ya en las etapas posteriores, se abordará un enfoque en la implementación, monitoreo y

reporte de los proyectos y actividades, incluyendo la gestión de financiamiento.

## Paso 6. Informe de Situación de partida

Salida paso 11

Este paso consiste en la integración de un documento que plasme el análisis detallado que el país ha elaborado sobre los instrumentos de política y planeación, las medidas de mitigación propuestas, los objetivos estratégicos y el propósito, como punto de partida de un ejercicio de modelación que apoye la elaboración robusta y participativa de una estrategia de inclusión de tecnologías para enfrentar el CC.

Del informe se debe obtener la información disponible y los datos relevantes que, en combinación con las medidas de mitigación propuestas para la atención de los sectores de mayor contribución de emisiones, serán los insumos a partir de los cuales el **equipo impulsor para el desarrollo, ejecución y seguimiento de la modelación** definirá el modelo(s) o herramienta(s) que permitan generar, evaluar y analizar escenarios y alternativas tecnológicas para la mitigación de los CyGEI.

### Recuadro 15. Actualización y mejora continua de la información

La información generada a lo largo del análisis de la Situación de partida se debe revisar, retroalimentar y actualizar como parte de un proceso de mejora continua, de forma tal que permita construir un sistema de información más robusto y consistente de los sectores y emisiones de CyGEI y reducir su incertidumbre.

### Actividad 6.1 Diagnóstico y análisis de la situación del país en materia climática

El Informe de Situación de partida es, por tanto, un diagnóstico en el que los países deben señalar las directrices que el país ha emprendido a nivel nacional ante el CC, los objetivos a corto, mediano y largo plazo que busca alcanzar, las metas comprometidas ante la CMNUCC y las acciones que se encuentren ya definidas para lograrlo. La información debe integrar lo siguiente:

- Identificación del marco jurídico.
  - Incluyendo la identificación de las figuras legales y las relaciones institucionales en el tema de CC establecidas en el marco jurídico.
- Identificación de los instrumentos de planeación disponibles y relevantes
  - Objetivos estratégicos y metas de la planeación climática que definirán las directrices de la modelación.
- Identificación de los diagnósticos sectoriales existentes.
- Análisis del desarrollo del sector
  - Identificación de las barreras que impiden un desarrollo bajo en carbono.
  - Identificación del “problema” o situación que se requiera analizar.
- Identificación de la contribución de emisiones GEI de las actividades del sector, así como las acciones que han realizado para reducirlas.
- Identificación de datos de flujos de financiamiento existentes en los sectores estratégicos.

## Recuadro 16. Contenido mínimo sugerido del Informe de Situación de partida

1. Resumen ejecutivo
2. Introducción
3. Objetivos y alcance (corto, mediano y largo plazo)
  - a. General y específicos
  - b. Propósito para el ejercicio de la modelación
4. Marco de referencia
5. Metodología
6. Análisis de los instrumentos de política pública y planeación
  - a. Política pública
    - i. Marco regulatorio
    - ii. Acuerdos internacionales
  - b. Planeación
    - i. Inventario Nacional de Emisiones de CyGEI
    - ii. Balance Nacional de Energía
    - iii. Diagnóstico sectorial
  - c. Actores y coordinación (incluyendo figuras legales y relaciones institucionales)
7. Principales problemáticas identificadas
  - a. Principales sectores o subsectores con mayor contribución de emisiones
  - b. Indicadores iniciales: ambientales, económicos, sociales y tecnológicos
8. Medidas de mitigación propuestas (incluyendo TER)
9. Conclusiones y recomendaciones

## Recuadro 17. Ejemplo caso: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico de Perú

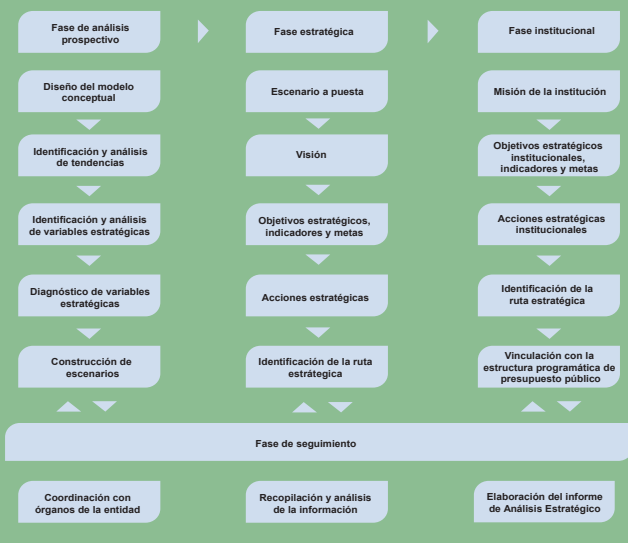
En Perú, el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN), bajo la Presidencia del Consejo de Ministros, tiene la responsabilidad de incorporar el pensamiento prospectivo y estratégico en los principios, normas e instrumentos aplicables para brindar asistencia técnica a todas las entidades públicas que forman parte del Sistema Nacional de Planeamiento Estratégico, incluyendo a los Ministerios de Ambiente, Transportes y Comunicaciones y Energía y Minas. Lo anterior, para procurar articulación entre las políticas de gobierno, el planeamiento estratégico y la asignación presupuestal entre los distintos ministerios. Para ello, se emplea el desarrollo de distintas fases para la planeación estratégica (CEPLAN Perú, 2018):

- Fase de Análisis prospectivo: es la fase destinada a la exploración del futuro.

- Fase estratégica: se construye el escenario “apuesta” con base en el análisis prospectivo y articulado con los objetivos del Plan Estratégico de Desarrollo Nacional.

- Fase institucional: determina la misión institucional, los objetivos estratégicos institucionales, indicadores y metas.

- Fase de seguimiento: se hace un control y evaluación continua de las metas con el fin de retroalimentar y mejorar el proceso de planeamiento estratégico, seguimiento a los riesgos y oportunidades identificados en la Fase de Análisis Prospectivo.



Fuente: Elaboración propia con información del Centro Nacional de Planeamiento Estratégico de Perú, (CEPLAN Perú, 2018).

## Actividad 6.2 Identificación de insumos disponibles para la modelación

Como parte del informe se recomienda que los países generen una base de datos de calidad y consistente, a partir de la revisión y análisis de los documentos de política pública y planeación climática, con la información existente y disponible con la que se cuente,

así como de los actores involucrados en su generación. Esta base se utilizará en los ejercicios de modelación como principal insumo. En la Tabla 7, se muestra un listado de los datos mínimos que se deben identificar durante la revisión y el análisis de los documentos e instrumentos que el país ha generado. Dicho listado es indicativo más no limitativo.

**Tabla 7. Insumos mínimos necesarios identificados para la modelación**

Instrumento	Documento	Insumos mínimos que se deben identificar
Marco Jurídico  (en materia de cambio climático, energía, energías renovables, eficiencia energética, transporte o desarrollo economía sostenible)	Documentos de política nacional, leyes, reglamentos, normas y otros instrumentos normativos	Objetivos del Plan Nacional de Desarrollo  Lineamientos o metas para la incorporación de energías renovables en la matriz energética, electrificación del transporte o mejora de la eficiencia energética, por ejemplo:
	Estrategias nacionales	Metas de mitigación Alternativas de financiamiento
	Programas nacionales, sectoriales o específicos	Ejes rectores de la política nacional en el mediano y largo plazo Líneas de acción y medidas de mitigación para impulsar el desarrollo bajo en carbono
	Compromisos ante la CMNUCC:	Metas de mitigación comprometida al 2025-2030-2050.
	- NDC	Medidas de mitigación comprometidas
Acuerdos internacionales	- Comunicaciones Nacionales	Actualización de Inventarios de Emisiones de CyGEI
	- BUR	
	Estrategias y metas globales de bajo carbono al 2050	
Emisión de CyGEI	Inventario Nacional de CyGEI	Categorías y subcategorías de mayor emisión de CyGEI Año base de referencia Metodología de cálculo empleada Datos de referencia para su elaboración Línea base de emisión de CyGEI
Producción y consumo de energía	Balance Nacional de Energía	Producción o importación de combustibles en el país (histórica y anual)  Consumo total por tipo de combustible (histórica y anual)  Consumo total por tipo de combustible y por sector (histórica y anual)
Diagnóstico sectorial (eficiencia energética, energías renovables y transporte)	Diagnóstico sectorial	Comportamiento histórico y prospectivas (en caso de existir)  Datos de actividad del sector  Áreas de oportunidad para mejorar su operación o desempeño  Barreras identificadas que limiten su sustentabilidad  Tecnologías utilizadas por sector

Fuente: Elaboración propia a partir de los Talleres de Diálogo con expertos.

## Etapa 2. Actores, coordinación y diálogo

Esta Guía plantea que los países tengan buenas intervenciones de los actores relevantes para la construcción y puesta en marcha de una planeación climática efectiva. Debido a la complejidad del CC y sus impactos, las colaboraciones suelen ser entre muy diversas instituciones, órdenes y niveles de gobierno y otros actores clave en la toma de decisiones. Los acuerdos institucionales de distintos tipos son clave para dar solidez y formalización a la participación en la planeación climática.

Para hacer frente al CC y dar cumplimiento a los compromisos internacionales realizados ante la CMNUCC, los gobiernos, la academia, el sector privado y la sociedad civil requieren colaborar de manera conjunta desde una etapa temprana de la planeación para lograr, en escala y tiempo, la incorporación de mejoras tecnológicas que demanda el desarrollo económico sostenible. Los esfuerzos de coordinación y diálogo deben ser estructurados y debidamente proyectados, ya que la planeación climática requiere de una combinación entre desarrollo tecnológico, mecanismos de mercado y políticas gubernamentales.

La Guía propone las pautas principales para establecer una coordinación y diálogo efectivos e incluyentes entre los distintos actores y etapas de la planeación, se organiza en torno a tres principales esferas: 1) mapa de actores y estructuras de gobernanza adecuadas, incluyendo arreglos institucionales; 2) mecanismos de coordinación y vinculación con grupo de interés y 3) diálogos participativos. Adicionalmente, se incluye un paso relacionado con la integración del equipo impulsor para el desarrollo, ejecución y seguimiento del ejercicio de modelación.

## Recuadro 18. Relevancia de la Etapa 2

La Etapa 2 pretende ser recurrente, cuando sea necesario, durante del proceso cíclico de planeación. Se recomienda que sus actividades se establezcan de manera institucional y estandarizada para construir un proceso de planeación sostenible dentro de un sistema nacional robusto que mejore sus resultados y perdure a través del tiempo.



### Principales resultados esperados

- Contar con recomendaciones de una estructura confiable de coordinación y herramientas de diálogo durante el proceso de planeación.
- Contar con instituciones y personas designadas con roles y responsabilidades específicas a lo largo del proceso de planeación.
- Garantizar que las distintas actividades del proceso de planeación cuenten con las instituciones y los expertos adecuados.
- Garantizar que el proceso de planeación sea coherente, participativo, coordinado, estructurado e incluyente hacia el cumplimiento de sus objetivos y la mejora continua.

**Tabla 8. Pasos sugeridos y actividades indicativas para la Etapa 2.**

Etapa 2 Actores, coordinación y diálogo			
Paso 7. Identificación de actores y la estructura de gobernanza	Paso 8. Mecanismos de coordinación: intra e intergubernamental y de vinculación entre grupo de interés	Paso 9. Visión conjunta para alcanzar metas y	Paso 10. Integración del equipo impulsor para el desarrollo, ejecución y seguimiento de la modelación



### Etapa 2. Actores, coordinación y diálogo

No	Paso	Actividades sugeridas/indicativas
7	Identificación de actores y la estructura de gobernanza	Actividad 7.1 Mapeo de actores y organismos clave Actividad 7.2 Estructura de gobernanza vigente
8	Mecanismos de coordinación	Actividad 8.1 Identificar mejores arreglos institucionales Actividad 8.2 Acuerdos de colaboración institucional Actividad 8.3 Vinculación de la cuádruple hélice a través de los sistemas nacionales de innovación Actividad 8.4 Vinculación con el sector privado Actividad 8.5 Interesados directos y sociedad civil
9	Visión conjunta para alcanzar metas y objetivos	Actividad 9.1 Integración de grupos de interés Actividad 9.2 Diálogo participativo Actividad 9.3 Consolidación de la visión conjunta
10	Integración del equipo impulsor para el desarrollo, ejecución y seguimiento de la modelación	Actividad 10.1 Análisis de la capacidad institucional disponible a nivel nacional e internacional Actividad 10.2 Costos y recursos disponibles para su contratación

Fuente: Elaboración propia a partir de los Talleres de Diálogo con expertos.

## Paso 7. Identificación de actores y la estructura de gobernanza



Entrada paso 1

La experiencia demuestra que es más probable obtener resultados positivos en la planeación ante el CC si se establece un sistema efectivo de gobernanza (Recuadro 19).

Desde el marco jurídico y las instituciones que formulan y ponen en práctica las políticas climáticas hasta los interesados directos que participan en su instrumentación, ponen de manifiesto que la gobernanza de las acciones climáticas es compleja y crucial para lograr las metas de mitigación establecidas en los NDC, así como para diseñar la Estrategia de Medio Siglo y emisiones netas cero carbono. En la región LAC, se ha encontrado una atención y operación limitada a los arreglos institucionales y los mecanismos de gobernanza, así como la falta de involucramiento de todos los actores beneficiados o afectados en el intento de alcanzar el potencial tecnológico en las acciones de mitigación que se emprenden.

### Recuadro 19. Gobernanza en la planeación climática

El IPCC define la gobernanza como “Determinados mecanismos y medidas que tienen el objetivo de direccionar los sistemas sociales hacia la prevención, la mitigación o la adaptación de los riesgos planteados por el CC” (IPCC, 2014).

Es la combinación de marcos legales, arreglos institucionales y mecanismos de financiamiento y de coordinación que operan en forma conjunta para apoyar la ejecución de estrategias, políticas y programas ante el CC. La CM-NUCC refleja un nuevo modelo internacional de gobernanza que busca balancear la ambición, la rendición de cuentas y la transparencia de los compromisos con los objetivos de desarrollo en prosperidad, equidad, justicia y sostenibilidad.

## Preguntas clave:

- ¿Se tienen identificados e involucrados a todos los actores relevantes en el proceso de formulación de política pública? ¿Es este proceso abierto?
- ¿Existe una estructura de gobernanza establecida y adecuada?
- ¿Qué tipo de organización deberá crearse y dónde deberá ubicarse? ¿Cómo se financiará la institución y sus actividades? ¿Quién se encargará de la supervisión y la rendición de cuentas?
- ¿Qué capacidades y aptitudes se requerirán en el equipo responsable de planeación?

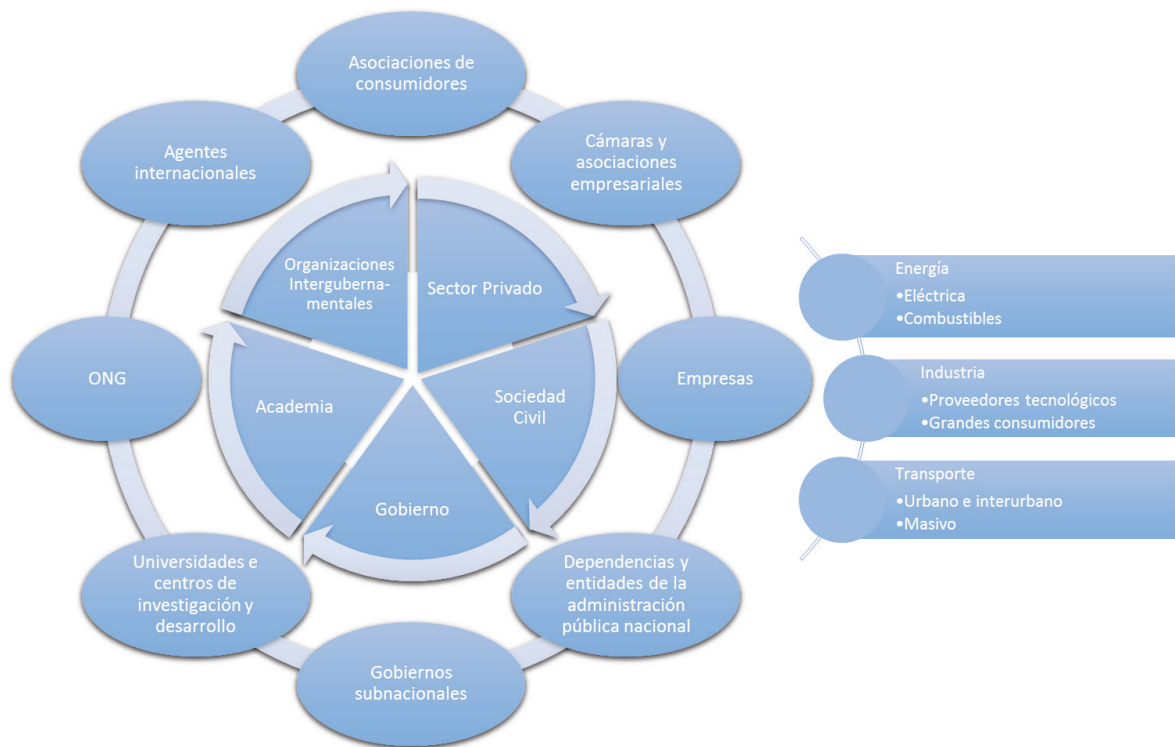
### Actividad 7.1 Mapeo de actores y organismos clave

Se requiere identificar a los actores relevantes e involucrados o implicados en la planeación, ejecución y seguimiento de acciones asociados al objetivo estratégico. Es importante detectar y documentar también su nivel de injerencia y su rol en el ecosistema. En el **Anexo A. Marco Analítico**, se muestra una propuesta para la integración de una Base de datos de actores.

Los cinco grupos de actores del ecosistema en la gobernanza del CC son gobierno, academia, sector privado, , sociedad civil y organizaciones intergubernamentales, tanto nacionales como internacionales con actividad en el país.



## Ilustración 10. Ejemplo de mapa de actores del ecosistema



Fuente: Elaboración propia.

### Actividad 7.2 Estructura de gobernanza vigente

Además de identificar la estructura de gobernanza vigente en la Situación de partida de la Etapa 1, **se plantean las siguientes directrices para analizar si la estructura es efectiva** para promover una planeación integral, una toma de decisiones robusta, la participación de actores clave y la efectiva y coordinada entre los actores, para la inclusión de TER:

- Contar con una **base legal** de las instituciones que confiera rango y permanencia.
- Contar con un **modelo organizativo intra e intergubernamental**, para lo que se requiere identificar la institución líder. Existen cinco tipos de organizaciones con liderazgo en la planeación nacional climática: (i) entidades de medioambiente y recursos naturales del gobierno, (ii) entidades o unidades de planeación de gobierno, (iii) instituciones técnicas de gobierno especializadas en CC, (iv) instituciones o empresas paraestatales independientes especializadas y (v) asociaciones multilaterales (regionales).
- Facilitar la coordinación entre las instituciones participantes a través del **diseño de la estructura institucional**, acorde con las necesidades identificadas de la política climática.
- Garantizar la **coherencia política e integral** en las instituciones, es decir, que reflejen su integración de manera transversal en los distintos sectores de la economía y la sociedad.
- **Asegurar la transparencia en la información y participación abierta e incluyente**. El marco legal debe disponer de los mecanismos para favorecer la participación de los interesados tanto directos como diversos de la sociedad civil;

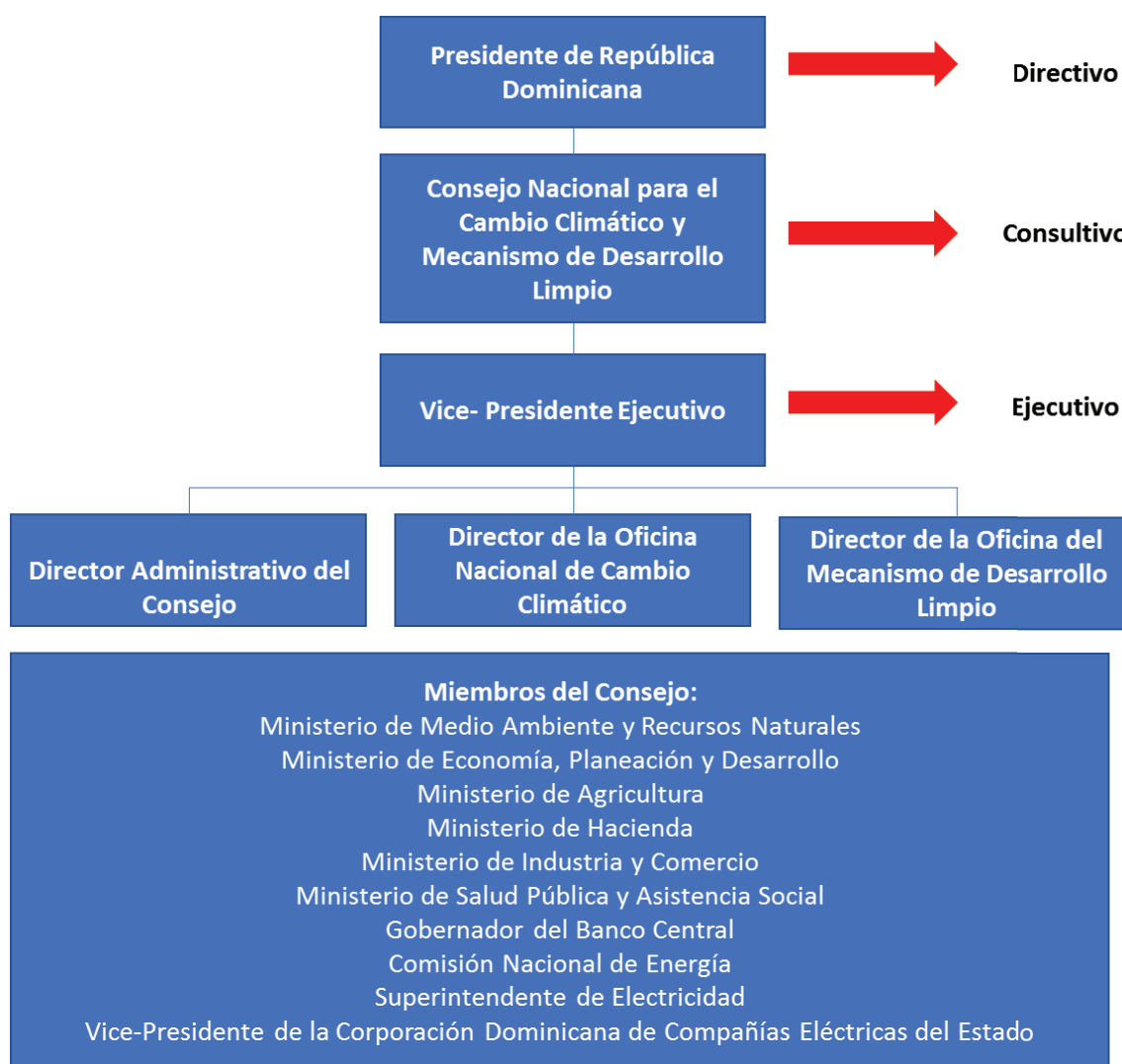
además de establecer herramientas de comunicación y publicación de la información clara y oportunamente.

### Recuadro 20. La participación y apertura en las políticas de Cambio Climático

La participación y apertura toman relevancia al existir diversos intereses de por medio, por lo que se ha llegado a considerar como el centro de las políticas de CC. Por lo que deben considerarse tanto en una dimensión de diseño institucional como de operación, con el fin de evaluar la presencia y calidad de la participación en la política de CC. (PNUD México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2018)

- **Incluir perspectiva de género.** Los impactos del CC se presentan de manera diferenciada por género (EIGE, 2012). Se recomienda, identificar si la perspectiva de género está siendo transversalmente incorporada en la elaboración de políticas públicas y en la instrumentación de acciones. De no ser así, es importante abordar el tema para asegurar la equidad de género.

### Ilustración 11. Estructura de Gobernanza Climática en República Dominicana



Fuente: Institutional and Coordination Mechanisms. (UNDP, 2017)

## Recuadro 21. Consejo de Cambio Climático de México

En 2012, se promulgó la Ley General del CC que brinda certeza y continuidad a la política climática y un marco legal hacia una economía baja en carbono, incluyendo metas de reducción de emisiones. La Ley mandata el reporte de emisiones de los distintos sectores y crea un registro público. Establece una Comisión Interministerial (CICC) y fondo para recolectar y canalizar fondos, el Instituto Nacional de Ecología y CC, los legisladores federales y representantes de los gobiernos estatales y municipales en el Sistema Nacional de CC.

Algunas de las recomendaciones del PNUD para mejorar el arreglo institucional en México son realizar reformas para una mayor institucionalización del consejo, desconcentrar la toma de decisiones, definir una agenda para las instancias participantes, designar responsabilidades para la rendición de cuentas y transparentar la información y articulación e inclusión de actores de distintos sectores. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015)

## Paso 8. Mecanismos de coordinación



Entrada paso 1

Salida paso 2

Es necesario que los países cuenten con mecanismos, autoridades o liderazgos que ayuden a articular la toma de decisiones para minimizar inconsistencias, maximizar el alineamiento de los objetivos sectoriales y reducir el potencial de conflictos (Banco Mundial, 2017).

La puesta en marcha de políticas y programas que promuevan el uso de TER implica la coordinación de los trabajos en los diferentes niveles de gobierno, por lo que es fundamental la creación de un comité de gabinete en CC, la designación de un líder del gobierno y el establecimiento de un comité de coordinación intra e intergubernamental que reúna a los representantes de la administración (Banco Mundial, 2009).

De acuerdo con el Banco Mundial y la Plataforma LEDS LAC, 16 países en la región cuentan con, al menos, un mecanismo de coordinación, entre los que se encuentran Antigua y Barbuda, Argentina, Belice, Guatemala, Jamaica, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay, Chile, Colombia, Costa

Rica, El Salvador, Honduras y México.

En la Tabla 9, se listan los criterios que deben cumplir los mecanismos de coordinación interinstitucional para asegurar una colaboración exitosa. En el Recuadro 22 se muestra el caso de México.

**Tabla 9. Criterios para los mecanismos de coordinación interinstitucional**

Criterios de Institucionalidad	Criterios de Representatividad
Mandato claramente establecido (oficializado)	Diversidad de actores gubernamentales
Secretaría técnica (si es un comité permanente)	Participación de sectores más relevantes para la mitigación y la adaptación
Permanencia (antigüedad y permanencia)	Participación del sector privado
Alcance (nacional, multisectorial, subnacional)	Participación de la sociedad civil
Nivel (político, técnico)	Participación de investigación, academia o ciencia
Criterios de Operatividad	Tipos de Funciones
Términos de referencia definidos	Consulta
Presupuesto asignado	Coordinación
Periodicidad de reuniones	Decisiones vinculantes
Nivel promedio de asistencia a las reuniones	
Documentación de discusiones	
Utilización de documentación técnica o científica como insumo	
Tipo de Articulación	Criterios de Monitoreo y Evaluación
Entre instancias nacionales y sectoriales	Mecanismos de seguimiento establecidos
Entre niveles de gobierno	Periodicidad de mediciones/evaluaciones
Con iniciativas no gubernamentales o entre Programas de cooperación	Reporte de avance (si se hacen/a quién se Reportan los avances)

Fuente: Criterios fundamentales de mecanismos de coordinación y arreglos institucionales (Banco Mundial, 2017)

## Recuadro 22. Sistema Nacional de CC en México (SINACC)



Fuente: Elaboración propia con base en información pública.

### Preguntas clave:

- ¿Cuál es el papel de la coordinación en un sistema general de gobernanza climática?
- ¿Qué mecanismos de coordinación existen y son eficaces?
- ¿Cómo mejorar la coordinación gubernamental en la planeación climática?
- ¿Qué ministerios, grupos de interés o expertos deben de estar involucrados y de qué forma?
- ¿En qué instituciones reside la información o la experiencia clave?

## Actividad 8.1 Identificar y mejorar arreglos institucionales

Se recomienda a los países revisar los arreglos institucionales incluyendo acuerdos formales o informales, legales o de procedimiento entre la agencia o institución líder y otros involucrados, tanto al interior de las dependencias como con actores externos.

La CMNUCC describe arreglos institucionales respecto a mitigación y adaptación ante el CC como “estructuras, lineamientos, prácticas, o reglamentos, establecidos por actores involucrados de todos los niveles para conducir las acciones ante el CC, incluyendo: elaboración y monitoreo del inventario, evaluación del impacto ambiental, la vulnerabilidad y los riesgos, planeación de la mitigación y la adaptación, implementación de acciones o medidas, monitoreo y evaluación”<sup>3</sup>.

Los arreglos institucionales conforman una estructura institucional fiable, confiable y adecuada que asegura efectividad en la planeación climática, coordinación, priorización, capacidad de respuesta, recolección de información, manejo e implementación de regulaciones, programas y políticas de manera específica de acuerdo con las circunstancias de cada nación.

### Factores clave que deben abordar los arreglos institucionales:

- La especificación de los recursos financieros y humanos.
- Mandatos claros de las instituciones.
- Incluir la definición de sus roles y capacidades
- Incentivos alineados a las expectativas.
- Liderazgo, supervisión y evaluación periódica.

### Actividades de soporte de un arreglo institucional efectivo:

- Documentar a los actores involucrados y sus roles específicos.
- Archivar contactos clave y poseedores de información por sector o tema.
- Establecer cronograma y periodicidad

de actividades .

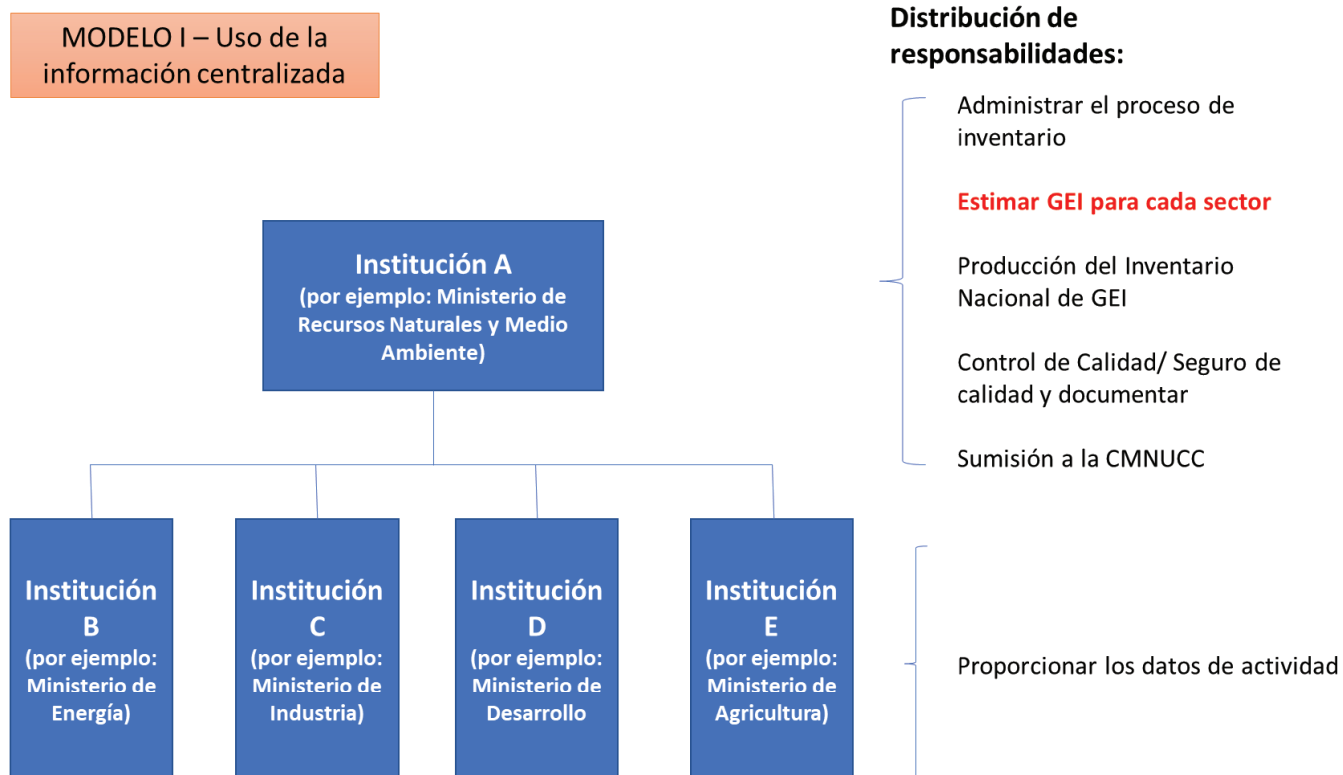
- Identificar brechas de coordinación y propuesta de soluciones.
- Arreglos de comunicación coordinada a actores de otro orden, sector, o nivel.
- Facilitar y agilizar la integración de nuevos miembros.
- Facilitar la coordinación para futuros o distintos ejercicios similares.
- Asegurar a largo plazo la continuidad y preserva de los esfuerzos.

**Nota: Es importante tener en cuenta los conflictos de interés entre actores y las responsabilidades no asignadas.**

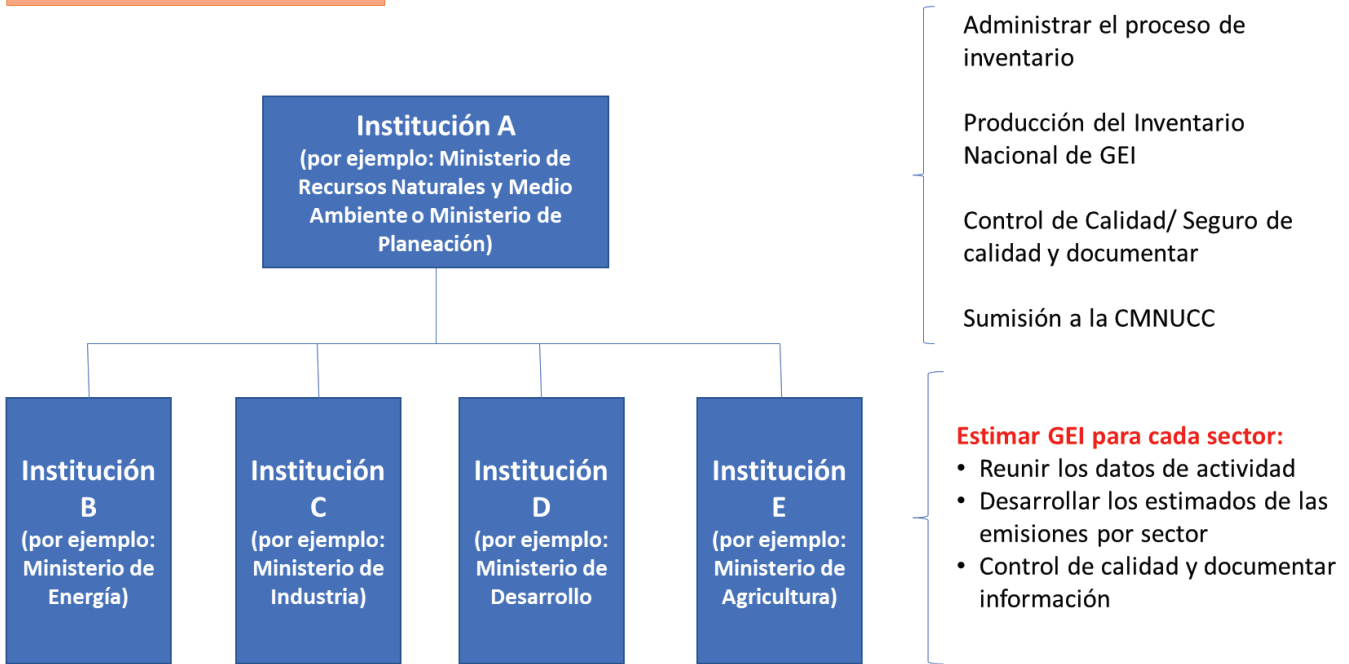
En cuanto a la planeación ante el CC y la utilización de modelos y herra-

mientas se recomiendan arreglos institucionales para conformar sistemas de información como los que se muestran en la Ilustración 12, donde se esquematizan para el ejemplo de estimación de GEI dos tipos de modelos: el Modelo I que centraliza el uso de la información en alguna dependencia y el Modelo II para distribuir la responsabilidad de recopilación, cálculo y reporte de información a las distintas dependencias. El modelo de arreglos institucionales que se elija para fines del ejercicio de modelación, dependerá del marco regulatorio e institucional vigente y la estructura de gobernanza. Como ejemplo de lineamientos para el uso de la información y la planeación, se recomienda consultar el **Recuadro 17**.

### Ilustración 12. Modelos de arreglos institucionales, ejemplificativos



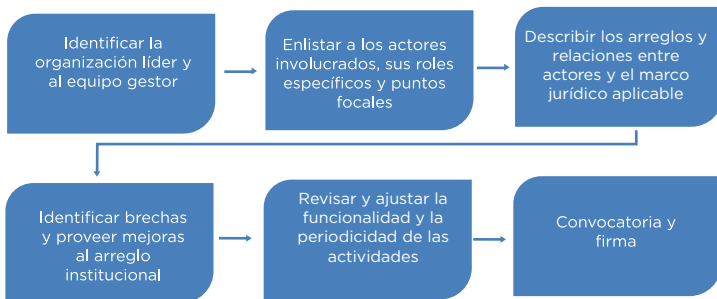
**MODELO II – Uso de la información descentralizada**



Fuente: Elaboración propia con base en Institutional and Coordination Mechanisms. (UNDP, 2017)

Si en el país todavía no existe un arreglo apro-piado o efectivo para el ejercicio de planeación deseado entre las instituciones establecidas, se sugieren los siguientes pasos para establecerlo o mejorarlo.

**Ilustración 13. Pasos sugeridos para los arreglos institucionales**



Fuente: Elaboración propia

**Preguntas clave:**

- ¿Existe algún instrumento legal, arreglo formal o informal entre las organizaciones?
- ¿Existe financiamiento para la ejecución de este trabajo?
- ¿A qué nivel de las organizaciones deberían realizarse el acuerdo y las comunicaciones?
- ¿Ha involucrado a los expertos, poseedores de información y otros contribuyentes?
- ¿Cuál es la motivación de formar parte del arreglo institucional?

A continuación, se muestran algunos ejemplos y arreglos institucionales comúnmente establecidos en la región LAC para la planeación ante el CC:

**Intergubernamentales:**

- *Secretariat of the Pacific Community.*
- *Regional Climate Change Observatory.*
- El Sistema de la Integración Centroamericana.

- *Regional Network for Climate Change Research.*
- RED eléctrica del Caribe.
- Alianza Verde del Pacífico.

**Intragubernamentales o Interinstitucionales (por ejemplo, ministeriales o intersecretariales):**

- Sistemas nacionales de inventario de CyGEI (proceso de información y estimación).
- Sistema de preparación ante desastres.
- Sistema de protección a la biodiversidad o zonas protegidas.

**Actividad 8.2 Acuerdos de colaboración institucional**

Con el fin de formalizar la colaboración institucional, que es clave para dar solidez y capacidad de reacción ante el CC, se sugiere que los países establezcan **acuerdos de colaboración**.

Estos acuerdos se formalizan mediante un **Convenio de Colaboración**, el cual se firma entre las partes interesadas, donde se especifiquen los antecedentes, el objeto de la colaboración, ya sea técnica, política, programática, asignar responsabilidades y ofrecer tanto recursos humanos como económicos a los gobiernos subnacionales.

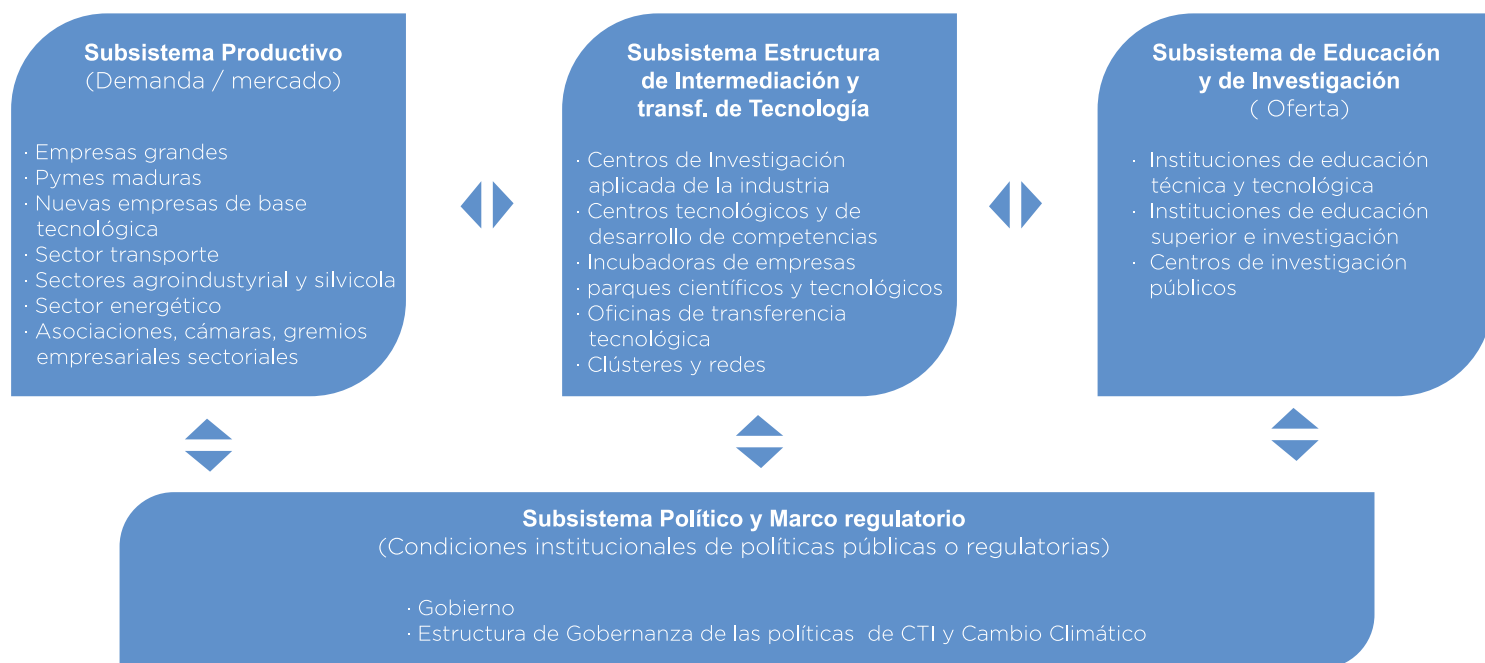
**Actividad 8.3 Vinculación de la cuádruple hélice a través de los sistemas nacionales de innovación**

Los países tendrán disponible el documento denominado “Recomendación de políticas para la integración de (TER) en los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI)”, el cual busca el fortalecimiento de los **Sistemas Nacionales de Innovación**, para garantizar contar los recursos humanos, técnicos y tecnológicos para incorporar el uso de TER al logro de las metas climáticas. Así mismo, conlleva la interconexión y la interdependencia entre los actores que los integran: los gobiernos, la academia,

las empresas y las organizaciones de la sociedad civil (cuádruple hélice). La **Ilustración 14** muestra los componentes y actores, así como sus interacciones.



## Ilustración 14. Componentes de los SNI y sus actores



Fuente: INECC

### Las recomendaciones de políticas horizontales

Las recomendaciones de **políticas horizontales** que involucran la interacción del subsistema político con el resto de los subsistemas consisten en:

- **Construir una visión** al más alto nivel del desarrollo de los SNI que permita emprender un cambio tecnológico hacia las TER, basada en una estrategia “orientada por misión” que integre desafíos económicos, sociales y ambientales de los países.
- **Desarrollar capacidades institucionales estratégicas** para desempeñar funciones, resolver problemas, fijar y lograr objetivos que contribuyan a las metas nacionales para la acción climática.
- **Crear un marco regulatorio propicio** para el desarrollo e implantación de las TER, así como contribuir a eliminar las barreras para la transferencia de tecnología al

mercado y a las comunidades.

- **Mejorar el financiamiento de Innovación en TER** en los temas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en LAC y, especialmente, dirigir su utilización de manera estratégica para impulsar y apalancar la inversión del sector privado.

### Las recomendaciones de políticas verticales

Las **políticas verticales** deben basarse en un **proceso de selección y priorización de sectores y áreas tecnológicas**. Se agrupan las recomendaciones en tres subsistemas, los cuales se describen a continuación:



**Subsistema de educación e investigación:** desarrollar la oferta mediante el fortalecimiento de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación para la integración de las TER a los SNI en sectores priorizados, tales como programas de apoyo directo a la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico y la innovación.

**Subsistema productivo:** estimular la demanda y el desarrollo del mercado de las TER, **a través de:**

- Promover entre el empresariado una cultura de innovación.
- Establecer regímenes de compras públicas que estimulen el uso de TER.
- Incentivar la demanda de TER mediante programas de difusión sobre los beneficios ambientales, sociales y económicos asociados a su uso.
- Crear programas de verificación de tecnologías ambientales que estimulen la aceptación de las tecnologías innovadoras en el mercado.
- Promover la formación de mano de obra calificada en el sector productivo para la administración de las nuevas tecnologías energéticas y de transporte.
- Otorgar incentivos normativos y fiscales, dirigidos, por ejemplo, a promover la inversión privada en I+D+i y la participación de la academia.

**Subsistema estructuras de intermediación y de transferencia de tecnología:** para facilitar el intercambio de conocimiento para el desarrollo y difusión de las TER entre los actores del subsistema de educación e investigación y el subsistema productivo, se deben incluir las siguientes funciones:

- Promover la articulación universidad-empresa mediante la creación y fortalecimiento de oficinas de transferencia de tecnología (OTT).
- Apoyar a las empresas en la búsqueda

de soluciones técnicas y gestionar la propiedad intelectual generada por la academia y el sector privado.

- Fomentar la creación y fortalecimiento de centros investigación, transferencia de tecnología y extensión tecnológica. Su naturaleza puede ser pública, privada o mixta.
- Desarrollar “clústeres industriales verdes” como instrumento para la promoción de transferencia de tecnología.
- Implementar plataformas de información de acceso abierto que ofrezcan servicios de vigilancia tecnológica en el campo de las TER.
- Crear mecanismos de financiación específicos para promover la formación de capacidades de absorción de las TER por parte de empresas.

#### **Actividad 8.4 Vinculación con el sector privado**

La cooperación entre los sectores público y privado en la elaboración de políticas beneficia a ambos sectores, en los siguientes rubros:

- a) Las políticas públicas se vinculan con las capacidades y tendencias tecnológicas del sector privado.
- b) Permite el apalancamiento de los fondos públicos mediante la inversión privada.
- c) Es esencial para las estrategias de transformación del mercado.

El rol de alianzas de vinculación público-privadas:

- **Coordinación tecnológica:** Es la cooperación que permite la transferencia de los conocimientos tecnológicos especializados necesarios, así como la generación de la capacidad económica, técnica y administrativa para el empleo eficiente y el desarrollo de la tecnología que se utilice o transfiera.
- **Coordinación con proveedores de energía o energéticos:** Los proveedores de energía

o energéticos, son participantes activos en la ejecución de políticas y programas de energía; principalmente, suministran información sobre las tecnologías, colaboran con el sector privado en la ejecución de políticas y programas para la adopción de las mismas, promueven el desarrollo e inversión del sector al corto, mediano y largo plazo.

### Recuadro 23. Participación de las empresas paraestatales en la planeación

Las empresas paraestatales deben fungir como empresas productoras más que planeadoras o definidoras de políticas. Debe existir una división clara entre política y empresa, sobre todo en temas como tarifas eléctricas justas, condiciones de precios de red y calidad.

### Acuerdos y asociaciones voluntarias

Este modelo de vinculación, alinea esfuerzos de manera voluntaria y se recomienda para fomentar las asociaciones tecnológicas de larga duración entre los propietarios de tecnologías y los posibles usuarios o interesados. Algunos ejemplos:

- o Eficiencia Energética:
  - Asociación de Eficiencia Energética Argentina.
  - Asociación Peruana de Eficiencia Energética (APEFI).
  - Programa para América Latina y el Caribe de Eficiencia Energética (PALCEE).
- o Energía Renovable
  - Asociación Chilena de Energías Renovables (ACERA Ag).
  - Asociación Hondureña de Productores de Energía Renovable (AHPER).
  - Asociación Mexicana de Energía Solar (ASOLMEX).
- o Transporte:
  - Asociación Latinoamericana y del Caribe de Transporte Aéreo – ALTA.
  - Asociación de Transportistas de Carga

del Uruguay.

- Federación Nacional de Cooperativas de Transporte Público de Pasajeros del Ecuador (Fenacotip).

### • Programas Público-Privados

Programas de cooperación, asistencia, apoyo y fomento del acceso a la transferencia de tecnología:

- Programa ENERGY STAR Building America de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés).
- Alianza Público-Privada ante el CC de Chile.

### Preguntas clave:

- ¿Existen buenos ejemplos de cooperación entre los sectores público y privado?
- ¿Cómo se puede movilizar al sector privado en la ejecución de las políticas?

### Recuadro 24. Acceso a la información científica y tecnológica

La asequibilidad de la información científica<sup>4</sup> y tecnológica y el acceso a las TER permiten que se hagan elecciones de tecnologías basadas en la información, los riesgos y el acceso; así como el fortalecimiento de la capacidad endógena de los países.

Se pueden promover las siguientes actividades:

- Promover, facilitar y financiar el acceso a las TER y su transferencia, así como los conocimientos técnicos especializados.
- Generar la capacidad endógena, para la evaluación, adopción y gestión de TER.
- Establecer redes de información internacionales que vinculen los sistemas subnacionales, nacionales e internacionales.
- Desarrollar y vincular los sistemas de información.
- Crear condiciones favorables para alentar al sector privado y al sector público a que innoven, comercialicen y utilicen TER.

## Preguntas clave:

- ¿Existen las condiciones propicias que permitan a los proveedores de tecnologías climáticas participar en las políticas públicas del país?
- ¿Cuál ha sido la experiencia de coordinación con los proveedores de energía o tecnología? ¿Se les considera como órganos ejecutores o participantes de programas en el país?

## Cómo fomentar la participación de los proveedores de energía y tecnología

Los puntos que a continuación se enlistan apoyan a fomentar la participación de los proveedores de energía y tecnología en la formulación de políticas públicas:

- Aplicar criterios claros para considerar si los proveedores de energía y tecnología deberán actuar o no como ejecutores o participantes de medidas.
- El gobierno o las autoridades de regulación deben establecer las condiciones que permitan la implementación a los proveedores de energía y tecnología.
- Evitar complejidades y simplificar los procedimientos de inclusión tecnológica.
- Aprovechar la visión comercial de las empresas.
- Mantener los mecanismos de supervisión para garantizar la eficacia de la participación de proveedores y un mercado competitivo.
- Asignar responsabilidades institucionales a los agentes gubernamentales y reguladores.

## Actividad 8.5 Interesados directos y sociedad civil

Salida Pasos  
4, 5, 16 y 17

Los países deberán considerar incluir la participación de los interesados directos y la sociedad civil como parte del sistema general de gobernanza. Esto, ayuda a generar consenso público y a que la toma de decisiones sea transparente.

## Preguntas clave

- ¿Qué experiencia existe en la participación de los interesados directos y sociedad civil?
- ¿Cómo generar la participación de los interesados directos en el marco de gobernanza climática?

**Para fomentar la participación de los interesados directos y la sociedad civil, esta Guía propone:**

- El marco legislativo debe disponer la apertura a la participación de los interesados directos y la sociedad civil.
- Promover la diversidad de partes interesadas y la equidad de género.
- Promover los instrumentos que permiten trabajar de manera constante con las partes interesadas.
- Dar plena autonomía a la participación ciudadana y de cualquier órgano para la toma de decisiones.
- Incentivar y definir las responsabilidades para los participantes, de manera que se pueda hacer efectiva la rendición de cuentas.

## Recuadro 25. Programa Eficiencia Energética de Chile

En Chile, las políticas en materia de eficiencia energética surgen en el 2005 con la creación del Programa País de Eficiencia Energética, de la Comisión Nacional de Energía (CNE), del Ministerio de Economía. A partir de este esfuerzo, surgió también la Asociación Nacional de Empresas de Eficiencia Energética (ANESCO) y el Ministerio de Energía. Se establece la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), cuya misión es promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía.

A partir de la colaboración con los interesados directos y asociaciones (ANESCO y la AChEE), surge el Plan de Acción de Eficiencia Energética, el cual tiene como meta alcanzar un 12 % de reducción de la demanda energética proyectada hacia el año 2020. Para ello, propone una serie de medidas en los sectores industrial y minero, transporte, edificación, uso final de artefactos y uso de la leña. La coordinación entre distintos sectores de la iniciativa privada y el sector público ha logrado establecer mesas de fomento público y privado en el mercado de la Eficiencia Energética. (ANESCO, 2018)

Existen numerosas técnicas de participación, que abarcan desde encuestas de opinión a grupos focales, jurados de ciudadanos hasta conferencias de consenso. Por ejemplo, esta Guía muestra en el Paso 9 cómo establecer una visión conjunta; sin embargo, los gobiernos que deseen ahondar en establecer una participación efectiva de los interesados directos pueden referirse a “*Citizens as Partners*” OECD (2001).

### Recuadro 26. Caso. El conflicto entre las partes interesadas en Brasil

Brasil ha resuelto sus necesidades energéticas por medio de distintas energías renovables, basadas en hidroelectricidad y etanol, que surten 45 % de la energía demandada. A pesar de contar con los recursos para explotar la energía eólica y solar, esto no ha sido posible, ya que sus promotores han encontrado adversarios en los productores de energía hidroeléctrica y a base de etanol, demostrando que la dinámica política es más compleja que el simple hecho de comparar los beneficios de los recursos de bajas y altas emisiones de carbón. En 2007, se descubrieron reservas de petróleo en alta mar que han sido aprovechadas desde 2011, creando más presión a su uso y dejando menos espacio para las energías renovables. La alianza de NDC de Brasil, ha exigido que las energías renovables no hidroeléctricas aumenten al 23 % su suministro de energía para 2030; sin embargo, su objetivo para ese año es de 45 %, el cual ya se ha alcanzado (GS-DRC Applied Knowledge Services, 2017).

Esta experiencia deja clara la importancia de incluir a las partes interesadas en el proceso participativo para la construcción de las políticas en CC. No hacerlo, puede polarizar a los actores principales desde un inicio, creando un conflicto político con costos económicos y ambientales crecientes (Santos, Antunes, Baptista, Mateus, & Madruga, 2006).

## Paso 9. Visión conjunta para alcanzar metas y objetivos



Este paso tiene como objetivo, brindar herramientas a los países para guiar el consenso de todos los actores relevantes hacia una visión conjunta a lo largo de distintos momentos del proceso de planeación. Se incluyen además, métodos y metodologías sugeridas de convivencia para lograr el entendimiento e involucramiento de los actores en la convergencia de los resultados, como por ejemplo, la priorización de tecnologías, la selección de esce-

narios o modelos a partir de la priorización de criterios, entre otros.

### Recuadro 27. Importancia de la participación en la elaboración de los modelos

Los modelos son tan buenos como los supuestos y los datos con los que se alimentan. Por lo tanto, sin el involucramiento de los tomadores de decisión, expertos adecuados, poseedores de la información y grupos de interés clave, es muy probable que no logren su objetivo. Además, una participación adecuada reduce el riesgo de éxito de políticas y ejecución de programas de cambios tecnológicos, prevé errores en la investigación y genera aceptación en los procesos de toma de decisiones.

### Actividad 9.1 Integración de grupos de interés

La integración y compromiso de grupos de interés es la práctica de interactuar e influir en los participantes del proyecto o iniciativa en estudio, para su beneficio general y promoción. La finalización exitosa de un proyecto de análisis o formulación de política pública generalmente depende fuertemente de cómo lo vean estos grupos de interés. Sus requerimientos, expectativas, percepciones, agendas particulares y preocupaciones influirán en el proyecto, determinarán cómo se verá el éxito, e impactarán en los resultados que se puedan lograr con su implementación. El compromiso activo y armonioso de los grupos de interés es, por lo tanto, un requisito vital para una gestión exitosa y alcanzar las metas y objetivos estratégicos y operativos fijados.

Se sugieren los siguientes pasos para asegurar y lograr la adecuada integración y participación de los grupos de interés:

- 1. Mapeo de actores y organismos clave (Actividad 7.1 Mapeo de actores y organismos clave).** Integrar un listado preliminar de los posibles actores que estarán involucrados, directa o indirectamente en la planeación climática; tanto nacionales como extranjeros, considerando además, la participación del sector público, de actores relevantes entre los que se encuentran la academia, organizaciones o asociaciones empresariales, industriales y de la sociedad civil, así como expertos independientes

en los temas de interés.

Se recomienda que este listado sea revisado y complementado con algún grupo técnico especializado y considerar las siguientes categorías:

- Grupos de interés con experiencia en CC, incluyendo regionales y subnacionales en los sectores clave.
- Grupos de interés que puedan impulsar estudios de la estrategia de incorporación de TER y la política de CC, como lo son universidades, instituciones de investigación, proveedores de energía, organizaciones sin fines de lucro o agencias de financiamiento.
- Grupos de interés que sean impactados por la instrumentación del plan estratégico para la mitigación de Cy-GEI y la estrategia de incorporación de las TER, como industria, transporte, operadores de agua y residuos, o asociaciones de la sociedad civil.

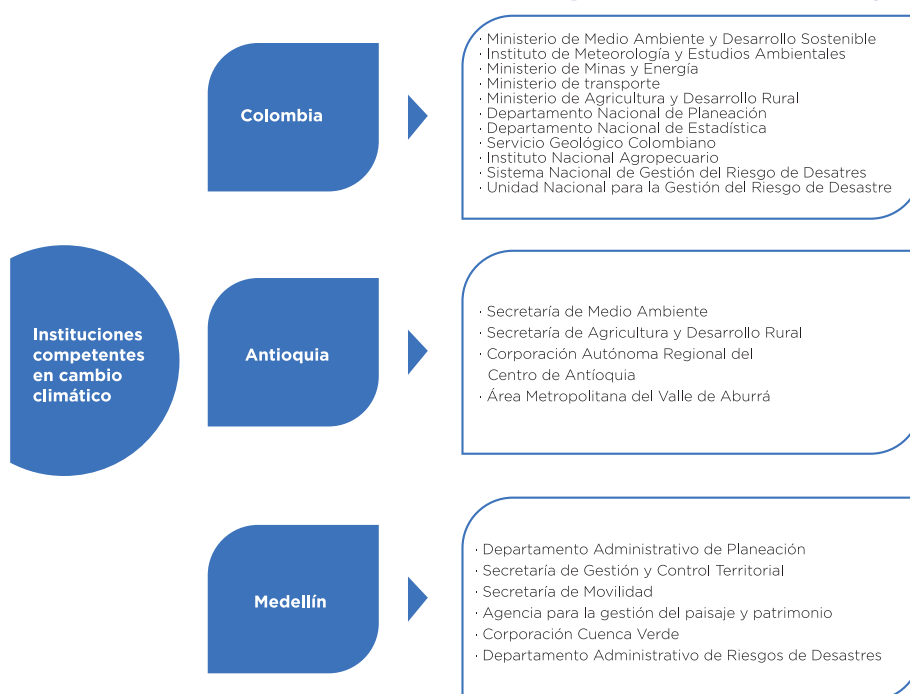
**2. Integración de una base de datos de los grupos de interés.** Elaborar una base de datos que incluya, al menos, nombre, institución en la que participa, sector al que pertenece, área de especialización, datos de contacto y relevancia de su participación.

**3. Análisis de los grupos de interés.** Identificar la perspectiva, incidencia e intereses de cada grupo para definir la relevancia y representación que ofrecen.

**4. Desarrollo de actividades de vinculación de los grupos de interés.** Llevar a cabo actividades entre sí, para ello, es factible realizar talleres, reuniones, foros o algún otro tipo de participación. En la **Actividad 9.2 Diálogo participativo** y la **Actividad 9.3 Consolidación de la visión conjunta**, se recomiendan metodologías para llevar a cabo, incorporar y llegar a los grupos de interés dentro del proceso de planeación que sugiere esta Guía.

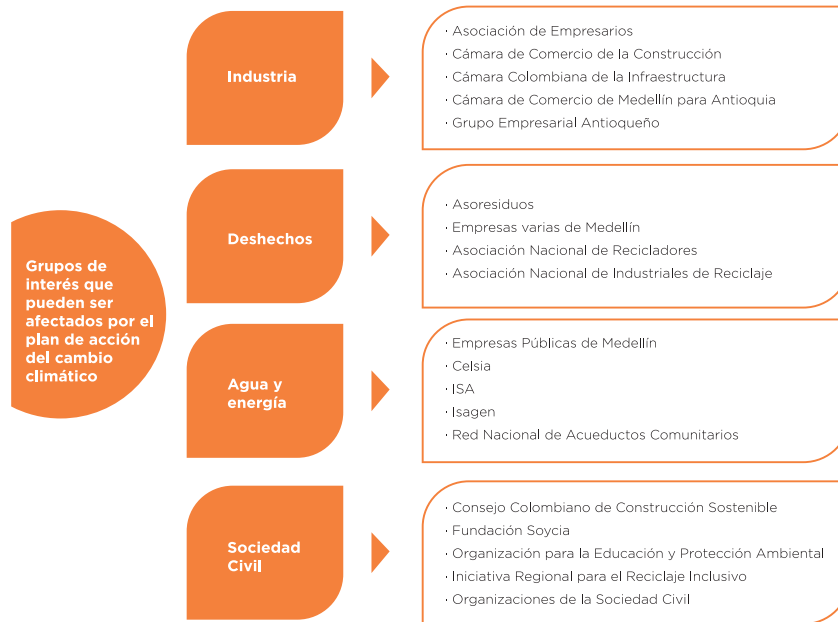
En las siguientes ilustraciones, se muestran ejemplos para identificar y analizar a los grupos de interés, tomando como referencia el caso de Colombia.

### Ilustración 15. Instituciones Gubernamentales Competentes en CC – Ejemplo: Colombia



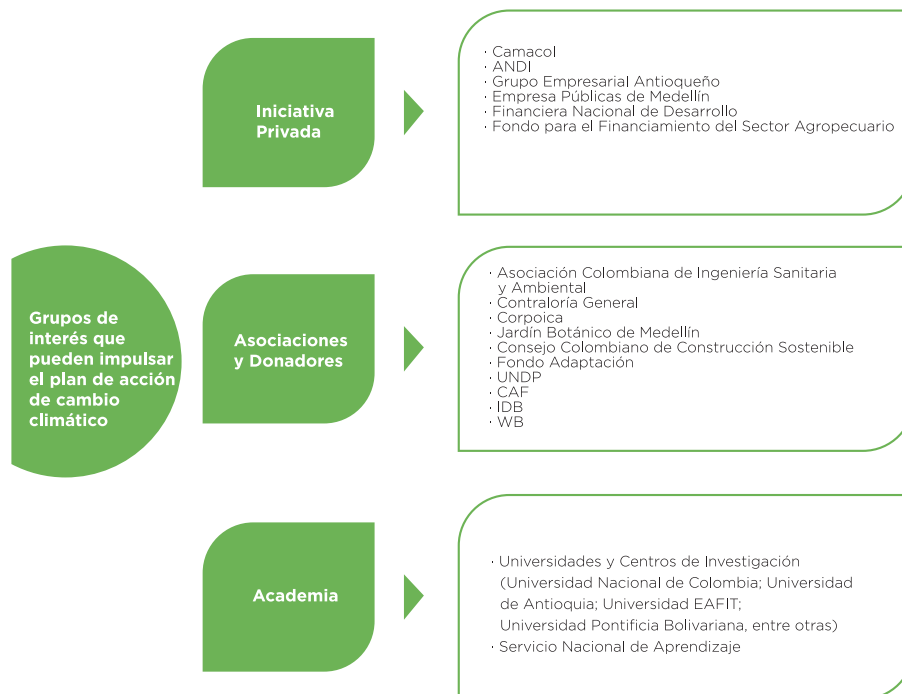
Fuente: Elaboración propia.

## Ilustración 16. Grupos de interés de instituciones privadas - Ejemplo: Colombia



Fuente: Elaboración propia.

## Ilustración 17. Grupos de interés propulsores de una política ante el CC - Ejemplo: Colombia



Fuente: Elaboración propia.

## Recuadro 28. Caso. La Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono de Colombia

Esta estrategia de planeación de desarrollo busca desligar el crecimiento económico del crecimiento de las emisiones de GEI. Dentro de los resultados de la estrategia, se encuentran el mapeo de escenarios a largo plazo, la identificación de medidas y potenciales de mitigación, 8 planes sectoriales de mitigación, la creación de un sistema de MRV de medidas de CC y el fortalecimiento de los actores públicos y privados a nivel nacional y local.

El uso de las metodologías empleadas para incorporar diversos actores y grupos de interés que ayudaron a enriquecer, validar y complementar la estrategia y sus resultados (Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional. Universidad de los Andes, 2014).

## Actividad 9.2 Diálogo participativo

Los diálogos participativos son la base de la coordinación y la generación de una visión conjunta, donde los distintos actores se involucran en la toma de decisiones, comparten responsabilidades y enriquecen las políticas a instrumentar. Una de las metodologías sugeridas para fomentar una participación efectiva es **Open Space**, la cual se describe en el Anexo B. Sin embargo, la **Tabla 10**, describe otras metodologías específicas para cada una de las actividades y espacios de participación.

## Ilustración 18. Diálogos Participativos - Ejemplo: Chile



Fuente: Guía metodológica de Diálogos Participativos 2015. (Gobierno de Chile, 2015)

## Actividad 9.3 Consolidación de la visión conjunta

A lo largo de la Guía se sugieren varias actividades que pretenden reunir actores, consolidar una visión conjunta, generar sinergias o colaboración en algún aspecto en específico.

Para lograr todas estas actividades en la planeación, en la siguiente tabla se sugieren metodologías específicas para cada una de las actividades y espacios de participación.

**Tabla 10. Metodologías sugeridas para las actividades de coordinación y diálogo**

Definición y actividad dentro del proceso de planeación	Principal objetivo y características	Propuesta de método o metodología
<p><b>Talleres de Trabajo</b></p> <p>Paso 3. Identificación del problema y las posibles medidas de mitigación para su solución.</p>	<p>Identificar el problema y las posibles alternativas de solución, para, posteriormente, realizar la priorización de estas a través de alguna metodología de evaluación multicriterio.</p>	<p><b>Participantes:</b> Reunión convocada por los responsables de la planeación, incluyendo a los modeladores.</p> <p><b>Metodología:</b> Metodología de Marco Lógico (ver en Anexo A) y Análisis de Priorización con base en el Método AHP (Analytic Hierarchy Process).</p> <p>Otras metodologías que pueden ser útiles son Árbol de problemas y Metaplan<sup>5</sup>.</p>
<p><b>Reunión Estratégica</b></p> <p>Paso 6. Informe de Situación de Partida</p>	<p>Presentación del Informe de Situación de Partida.</p>	<p><b>Participantes:</b> Equipo responsable de la planeación y la toma de decisión y el equipo impulsor.</p> <p><b>Metodología:</b> Diálogo de partida. Los planeadores presentan los principales hallazgos que el país tiene como parte de su planeación climática, así como los datos disponibles para la modelación de los escenarios de mitigación.</p>
<p><b>Taller con Expertos Sectoriales</b></p> <p>Actividad 11.1 Definir e interpretar el propósito de modelación y las preguntas a resolver.</p>	<p>Definir y elegir el conjunto de variables más adecuadas para el ejercicio de modelación y la representación del sistema en estudio.</p>	<p><b>Participantes:</b> Expertos de modelación y planeación de acuerdo con el sector en estudio, incluyendo agentes con conocimientos sobre las tecnologías.</p> <p><b>Metodología:</b> Ejercicio de definición. El equipo impulsor propone una serie de variables, las cuales serán discutidas, ampliadas, complementadas o descartadas durante el taller.</p>
<p><b>Reunión del equipo impulsor y responsables del ejercicio de modelación.</b></p> <p>Actividad 11.4 Elaboración del Reporte de Línea de Base de la Modelación. Basarse en Matriz de Contexto y Prospectiva disponible en Anexo B.</p>	<p>Realizar una priorización final de variables según el contexto y la lista larga de variables, previamente sistematizada. Esta actividad es realizada por el equipo impulsor responsable de la modelación planeación en estudio.</p>	<p><b>Participantes:</b> Grupo pequeño de los modeladores y planeadores responsables directamente del ejercicio (ver Paso 10).</p> <p><b>Metodología:</b> Análisis de priorización y Revisión de Literatura: por medio de una reunión de trabajo, hacer una revisión de literatura, de datos disponibles y planes sectoriales.</p>

<sup>5</sup> La metodología Metaplan fue utilizada durante los Talleres de Trabajo llevados a cabo para la construcción de esta Guía (ver Anexo A. Marco Analítico).0020



Definición y actividad dentro del proceso de planeación	Principal objetivo y características	Propuesta de método o metodología
<p><b>Convocatoria y firma de acuerdos y alianzas.</b></p> <p>Actividad 11.4 Elaboración del Reporte de Línea de Base de la Modelación. Basarse en Matriz de Contexto y Prospectiva disponible en Anexo B.</p>	<p>Realizar una reunión ejecutiva para compartir los objetivos estratégicos y operativos, crear acuerdos de cooperación, alianzas, establecer canales de información requerida (petición) y niveles de involucramiento.</p> <p>Establecer mecanismos e instrumentos de comunicación y captura de la información, plantear necesidades de información futura y crear alianzas estratégicas con instituciones clave.</p>	<p><b>Participantes:</b> Reunión de alto nivel entre las instituciones involucradas, con la presencia de actores técnicos de modelación.</p> <p><b>Metodología:</b> Construcción de alianzas estratégicas: siguiendo los mecanismos de comunicación ya establecidos entre las instituciones y presentar la exposición del estudio de modelación y planeación en curso, información sobre las TER, aspectos relevantes del marco regulatorio y la petición de información requerida.</p>
<p><b>Reunión o Proceso de Validación del Reporte Final de LBM</b></p> <p>Actividad 11.5 Elaboración de Reporte de LBM.</p>	<p>El Reporte de LBM debe acotarse a los objetivos estratégicos definidos en Etapa 1 y se sugiere que cuente con una validación por parte de los planeadores principales.</p>	<p><b>Participantes:</b> Planeadores y tomadores de decisión, especialmente aquellos involucrados en la elaboración del Informe de Situación de Partida y la modelación.</p> <p><b>Metodología:</b> Diálogo de validación: se sugiere tener, por lo menos, una reunión presencial dentro de un proceso de intercambio de retroalimentación y validación del Reporte Final.</p>
<p><b>Talleres de especialistas en modelación</b></p> <p>Actividad 13.1 Alcance del Ejercicio de Modelación.</p>	<p>Establecer de manera participativa un conjunto de criterios de selección de modelos, enlistados en orden jerárquico y por categorías.</p> <p>Proponer alternativas de modelación para los criterios prioritarios y evaluar las alternativas para obtener una selección consensuada.</p>	<p><b>Participantes:</b> Taller de trabajo de un día con un grupo de 25 participantes máximo, especialistas en modelación y planeadores.</p> <p><b>Metodología:</b> Mesas de trabajo grupal: actividades de valoración (votación), discusión y consenso, basadas en el Método AHP (Analytic Hierarchy Process), ver Actividad 13.3 (ver Anexo B. para más detalle del proceso AHP). También se sugiere utilizar la metodología Metaplan.</p>
<p><b>Talleres con expertos, consultas externas, asesorías, entrevistas y encuestas.</b></p> <p>Paso 14. Construcción de escenarios prospectivos.</p>	<p>Contar con el aporte de expertos y grupo de interés en el sector de estudio para la construcción de escenarios. De esta manera se complementa el trabajo de modelación, con el fin de ampliar el nivel consultivo y académico, que muchas veces resulta insuficiente en el proceso de planeación y ejecución de medidas ante el CC.</p>	<p><b>Participantes:</b> Principalmente expertos en el sector de estudio. Aunque se sugiere realizar el Paso 7. Identificación de actores y la Actividad 9.1 Integración de grupos de interés, según el objetivo estratégico.</p> <p><b>Metodología:</b> Diálogo participativo (Open Space): Talleres, consultas externas, asesorías, entrevistas y encuestas, según se requiera.</p>
<p><b>Reunión de presentación y arranque del Plan de Trabajo</b></p> <p>Paso 13. Ver Anexo B para la elaboración del Plan de Trabajo.</p>	<p>Puesta en marcha del Plan de Trabajo por parte del líder del equipo impulsor.</p>	<p><b>Participantes:</b> Reunión abierta de retroalimentación del equipo impulsor al equipo de planeación y aquellas instituciones involucradas en la gestión de información.</p> <p><b>Metodología:</b> Diálogo participativo (Open Space): talleres, consultas externas, asesorías, entrevistas y encuestas, según se requiera.</p>

Definición y actividad dentro del proceso de planeación	Principal objetivo y características	Propuesta de método o metodología
<p><b>Talleres de Discusión</b></p> <p>Actividad 14.3 Definición y alcance de los escenarios.</p>	<p>Posterior a haber construido la Matriz de Contexto y Prospectiva por parte de expertos modeladores y sectoriales, se busca que sean los actores de los grupos de interés, los que validen, ajusten o modifiquen estos elementos epistemológicos, para depurar varios escenarios potenciales.</p> <p>Puede ser un mecanismo que ayude a unir los intereses entre el gobierno y otros actores, debe probar la aceptación de algunos supuestos o posibles decisiones de una manera estructurada. Esto puede establecer una plataforma de vinculación para la planeación a largo plazo.</p>	<p><b>Participantes:</b> Talleres de discusión con actores clave, como actividad principal.</p> <p><b>Metodología:</b> Diálogo participativo (Open Space): es muy probable que sea una actividad asincrónica, que puede derivar en la necesidad de entrevistas o estudios complementarios; retomar algún taller de discusión, por ejemplo, para acordar o acotar la estimación de algún parámetro u otro proceso de soporte que permita la definición cabal de los escenarios establecidos.</p>
<p><b>Taller de evaluación y selección</b></p> <p>Paso 14. Ver Anexo B para la priorización, evaluación y selección de escenarios.</p>	<p>A pesar de que la priorización de escenarios es una decisión eminentemente de política pública, se propone realizar una evaluación multicriterio participativa, similar a la Actividad 12.1, que brinde una estructura de priorización y ayude a encontrar las soluciones que mejor se ajusten a las necesidades y comprensión del problema.</p>	<p><b>Participantes:</b> Definir y convocar un grupo o comité de evaluación de máximo 15-20 personas.</p> <p><b>Metodología:</b> Diálogo participativo (Open Space): Actividades basadas en el Método AHP (Analytic Hierarchy Process) o similares, como Metaplan.</p> <p>Momento 1: reuniones individuales con los expertos para describir, priorizar y ponderar los criterios y subcriterios que los expertos consideren importantes.</p> <p>Momento 2: cada integrante procede a valorar los respectivos escenarios en una tabla de valoración.</p> <p>Finalmente, estos pasos permiten establecer una valoración grupal, consensuada, donde se definan los escenarios que serán utilizados.</p>
<p><b>Talleres de Trabajo</b></p> <p>Paso 16. Elaboración de un Plan estratégico para la mitigación de CyGEI.</p>	<p>Presentar y analizar los resultados de la modelación para definir la ruta de instrumentación de las medidas de mitigación evaluadas, la identificación de los responsables de su ejecución y seguimiento, así como los recursos necesarios para llevarlas a cabo.</p>	<p><b>Participantes:</b> Definir y convocar al equipo de planeación y al equipo impulsor, el cual será de 15-20 personas.</p> <p><b>Metodología:</b> Mesas de trabajo grupal: Integrar mesas de trabajo para definir problemas y proponer soluciones en el sector de estudio.</p>
<p><b>Evento de socialización del Plan</b></p> <p>Paso 16. Elaboración de un Plan estratégico para la mitigación de CyGEI</p>	<p>Presentar a la sociedad en general las acciones que el gobierno ha definido como parte de su planeación ante el CC.</p>	<p><b>Participantes:</b> Convocar a una presentación abierta a todos aquellos interesados en conocer el Plan estratégico.</p> <p><b>Metodología:</b> Socialización de resultados: Presentaciones en bloques temáticos relacionadas con el Plan y sesiones de preguntas y respuestas del público.</p>
<p><b>Taller de Trabajo</b></p> <p>Paso 17. Elaboración de un Plan de Acción de Tecnología (TAP).</p>	<p>Definir las TER que serán incluidas dentro de la planeación climática para mitigar CyGEI, con base en los resultados de la modelación</p>	<p><b>Participantes:</b> Definir y convocar un grupo o comité de evaluación de máximo 15-20 personas.</p> <p><b>Metodología:</b> Mesas de trabajo grupal: analizar los resultados de la modelación sobre las TER que resulten más factibles de instrumentar con apoyo de un facilitador</p>

Definición y actividad dentro del proceso de planeación	Principal objetivo y características	Propuesta de método o metodología
<p><b>Taller de Difusión</b></p> <p>Paso 18. Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).</p>	<p>Dar a conocer el Sistema MRV a todos los involucrados en la ejecución y seguimiento del Plan Estratégico de Mitigación de CyGEI.</p>	<p><b>Participantes:</b> Taller de presentación de resultados: convocar a las instituciones y organizaciones involucradas en la planeación climática, responsables de la instrumentación del Plan Estratégico (Aprox. 100 participantes).</p> <p><b>Metodología</b> Presentación del sistema MRV y de ejemplos para el llenado y validación de la información.</p>
<p><b>Curso de capacitación</b></p> <p>Paso 18. Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).</p>	<p>Explicar de manera detallada por áreas involucradas el proceso de llenado y validación de información del Sistema MRV, así como la verificación de la información por parte del Administrador del Sistema para garantizar su trazabilidad y confiabilidad.</p>	<p><b>Participantes:</b> Todos los involucrados en la instrumentación y seguimiento del Plan Estratégico de Mitigación de CyGEI.</p> <p>Integrar grupos de no más de 25 personas.</p> <p><b>Metodología</b> Taller de Trabajo: presentación de la información y ejercicios prácticos.</p>
<p><b>Reunión de consenso</b></p> <p>Paso 19. Retroalimentación, actualización, mejora o escalamiento de la modelación.</p>	<p>Identificar áreas de oportunidad para la actualización, mejora o generación de información para retroalimentar el proceso de modelación.</p>	<p><b>Participantes:</b> Equipo impulsor</p> <p><b>Metodología:</b> World Café</p>
<p><b>Talleres de trabajo</b></p> <p>Paso 20. Actualización o mejora del Plan estratégico y del de Acción de Tecnología.</p>	<p>Discutir y analizar los resultados obtenidos en la instrumentación del Plan Estratégico de Mitigación de CyGEI, así como del Plan de Acción de Tecnología para mejorar o replantear las rutas de mitigación e incrementar la ambición en la reducción de CyGEI hacia el 2050</p>	<p><b>Participantes:</b> Definir y convocar un grupo o comité de evaluación de máximo 20-30 personas.</p> <p><b>Metodología:</b> Integrar mesas de trabajo de 8-10 personas para evaluar los resultados por sector de estudio.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de los Talleres de Diálogo con expertos regionales.

## Recuadro 29. Trade-offs y costos de oportunidad en las políticas de CC

Los planeadores de políticas públicas tendrán que evaluar y negociar trade-offs y costo de oportunidad entre distintas tecnologías, o entre la mitigación y la adaptación entre políticas sectoriales y en decisiones económicas y ambientales. El nivel de la estructura de gobernanza al que esto se resuelva, dependerá del contexto de cada país (Asselt, Rayner, & Persson, 2015). Algunas herramientas y metodologías útiles para medir y evaluar trade-offs y cobeneficios, pueden ser el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), modelos de evaluación de ciclo de vida, modelos econométricos, modelos de servicios ecosistémicos, análisis de vulnerabilidad, integrated assessment models, mediciones, bases de datos e inventarios; bases de datos espaciales multicriterio, sistemas de indicadores y métricas, sistemas de certificación y mediciones de la participación de los actores de interés.

## Recuadro 30. Caso: Mesa de Geotermia de Chile

Con el fin de lograr un mayor aprovechamiento de la energía geotérmica, el Ministerio de Energía de Chile organizó la Mesa de Geotermia como una instancia multidisciplinaria, con el objetivo de analizar las actuales problemáticas, posibles beneficios futuros y eventuales políticas de incentivo a la inversión en este tipo de tecnología. Algunos resultados fueron la obtención de estimaciones de los costos de operación, la inversión necesaria para el desarrollo del proyecto, el mapeo de los cambios institucionales necesarios para el despliegue del sector geotérmico y un panorama de la entrada de energías renovables.

Para las mesas se empleó la metodología “Open Space” de diálogo participativo. Que reunió en un proceso de discusión a instituciones públicas, asociaciones empresariales, desarrolladores, proveedores de servicios de la industria, instituciones académicas y colegios profesionales (Ministerio de Energía. Gobierno de Chile, 2018).

## Paso 10. Integración del equipo impulsor para el desarrollo, ejecución y seguimiento de la modelación



El equipo impulsor se concibe como un **equipo técnico estratégico de enlace** integrado por planeadores y modeladores, el cual es li-

derado por estos últimos, quienes son responsables del desarrollo, ejecución y seguimiento de la modelación. Dada su naturaleza, se recomienda que esté integrado por no más de 5 participantes.

Los planeadores que participan en este equipo tienen dos roles principales: primero, facilitar la información y los datos obtenidos y analizados en la ***Etapas 1. Situación de partida***, que utilizarán para la modelación y, segundo, ser los responsables de la ejecución y de los resultados de la modelación, por lo que se requiere que sean capacitados en el modelo que se seleccione para colaborar de una forma más efectiva con los modeladores.

En cuanto a lo que a los modeladores se refiere, estos son los responsables de dirigir el proceso de modelación, el cual se describe en la ***Etapas 3. Utilización de modelos y herramientas para la planeación climática***.

## Recuadro 31. La colaboración de los grupos interesados en el proceso de modelación

La coordinación entre los elaboradores de política, academia, fondeadores, modeladores y otros grupos interesados toma gran importancia durante la ejecución de la modelación, ya que permite brindar una mejor visión en tiempo, enfoque, factibilidad y transparencia. Incluir la participación y colaboración, incluso entre distintos sectores, puede traer beneficios derivados de un ajuste temprano del desarrollo del modelo por cuestiones relevantes de contexto como factibilidad técnica, presupuesto disponible o ciclos de la política; así como incluir revisiones interdisciplinarias o externas de las partes interesadas que mejoran el control de calidad, reducen posibles iteraciones y mejoran las conclusiones (Stratchan, Fais, & Daly, 2016).

## Actividad 10.1 Análisis de la capacidad institucional disponible a nivel nacional e internacional

Para integrar al equipo impulsor se requiere identificar las capacidades internas tanto institucionales, técnicas y financieras con que cuentan el gobierno para el desarrollo, ejecución y seguimiento de la modelación; así como las principales instituciones académicas, que puedan apoyar esta actividad, o bien, ejecutarla.

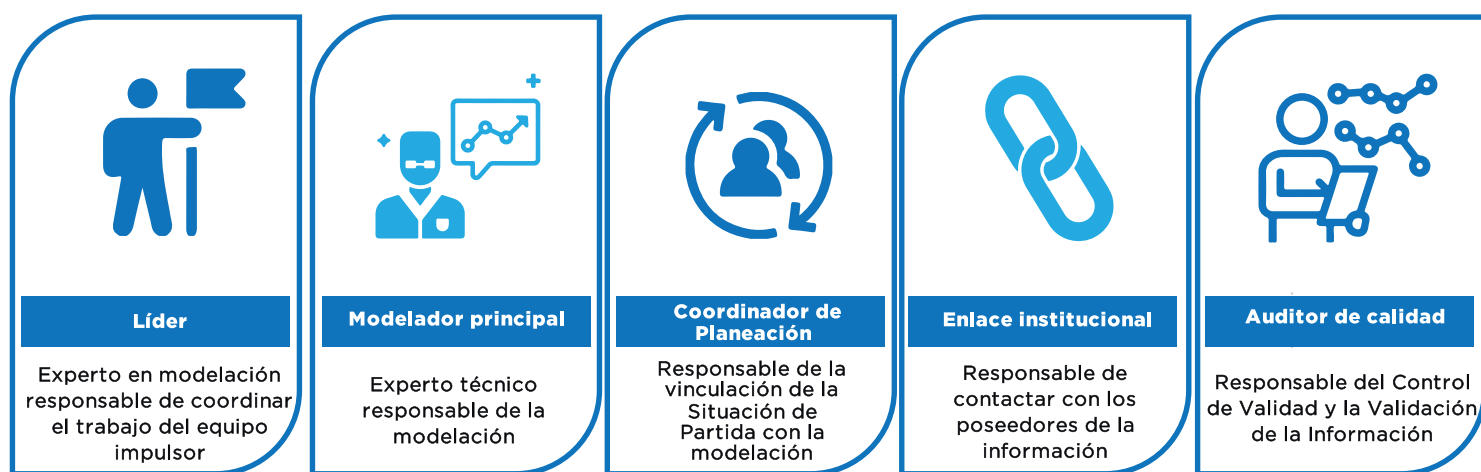
Estas capacidades se describen a continuación:

- La **capacidad institucional** con que cuentan las instituciones para realizar la modelación, es decir, si tienen un área técnica para ello y cuentan con personal capacitado.
- La **capacidad técnica**, habilidades o competencia que tiene un área técnica para ejecutar un modelo o herramienta específica.
- La **capacidad financiera** que tiene el gobierno para poder realizar el desarrollo

llo y ejecución de la modelación que se requiera.

De acuerdo con el análisis de dichas capacidades se seleccionan los integrantes que conformarán el equipo y se definen los roles para facilitar la colaboración y comunicación de este (Ilustración 19).

**Ilustración 19. Capacidades identificadas y roles del equipo impulsor**



### **Actividad 10.2 Costos y recursos disponibles para su contratación**

Como parte de las actividades de responsabilidad del equipo impulsor está la cuantificación de los costos asociados al desarrollo de la modelación, identificar las posibles fuentes de financiamiento a las que puede accederse (en caso de que el gobierno no cuente con un presupuesto específico para desarrollar esta actividad) así como el tiempo estimado para su ejecución.

Es esencial para las instituciones involucradas contar con una fuente de financiamiento estable y fiable y que se asegure de manera plurianual.

### **Etapas 3. Utilización de modelos y herramientas para la planeación climática**



El objetivo de esta etapa es guiar una adecuada utilización e integración de modelos y herramientas computacionales que sirvan como insumo en la toma de decisiones dentro del proceso de planeación climática e inclusión de TER en los países de la región. Es importante que la selección del modelo o herramientas, así como su ejercicio de aplicación, **genere conocimiento que permita resolver preguntas que los planeadores se planten en la toma de decisión sobre inclusión de TER.**

De igual forma, es necesario que brinden distintos escenarios de penetración de tecnología, considerando la protección del medioambiente, la mínima generación de contaminantes y la utilización de todos los recursos de forma sostenible; además de involucrar aspectos económicos, tecnológicos, sociales y financieros que requieran ser valorados.

La etapa vincula la situación de partida con el alcance del ejercicio de modelación a través de la construcción de un Reporte de Línea Base. Posteriormente, se concentra en revisar los criterios relevantes de selección de modelos y herramientas que cumplan con el objetivo estratégico, el propósito de la modelación y que apoyen a resolver las preguntas originadas en el proceso de planeación y evaluación de las tecnologías. A continuación, se construyen los escenarios, se revisan e interpretan los resultados y se recibe la retroalimentación por parte de los planeadores, tomando en cuenta las limitaciones de los modelos, los supuestos realizados y la utilidad de los resultados. Por último, se exponen las conclusiones y recomendaciones resultantes del ejercicio de modelación y la generación de escenarios.

Los países, dependiendo de su situación específica y su disponibilidad de información, decidirán utilizar ciertos modelos en lugar de otros y según las capacidades de las herramientas para abordar las situaciones o problemáticas relevantes de planeación climática. En la sección **Estudios de Caso** se mencionan experiencias útiles de modelación para la planeación climática de distintos países. Adicionalmente, en el **“Anexo B. Modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TER”**, se presenta un reservorio más amplio de experiencias de modelación en la región, así como los principales modelos disponibles, destacando la disponibilidad de información y su utilidad para ser aplicados en los sectores de estudio y en los contextos nacionales.

### **Preguntas clave:**

- ¿Qué preguntas originadas en el proceso de planeación y evaluación de las tecnologías se requiere responder? ¿Qué cuestionamiento se desea solucionar? ¿Son claras las preguntas?
- ¿El Informe de Situación de partida contiene la información mínima necesaria para el ejercicio de modelación? ¿Se cuenta con la información necesaria? ¿Qué hace falta?
- ¿Existe alguna experiencia previa similar de modelación o de estudio? ¿Se cuenta con un Reporte de Línea Base de Modelación (LBM) completo, actual y adecuado?

### **Principales resultados esperados:**

- Reporte de Línea Base de Modelación (LBM).
- Variables prioritarias y criterios de selección de modelo.
- Selección de modelos y herramientas más adecuadas.
- Escenarios prospectivos.
- Reporte de conclusiones y recomendaciones de política climática y tecnológica.

A continuación se describen los Pasos de planeación que componen esta etapa, sus principales actividades, procesos de soporte y actores involucrados:

**Tabla 11. Pasos de planeación sugeridos y actividades indicativas para la Etapa 3.**

<p style="text-align: center;"><b>Etapa 3</b>  <b>Utilización de modelos y herramientas para la planeación climática</b></p>			
<p><b>Paso 11</b>  <b>Reporte de Línea Base de Modelación (LBM)</b></p>	<p><b>Paso 12</b>  <b>Selección de modelos y herramientas</b></p>	<p><b>Paso 13</b>  <b>Construcción de escenarios prospectivos</b></p>	<p><b>Paso 14</b>  <b>Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones</b></p>

No.	Paso	Actividades sugeridas / indicativas
11	Reporte de Línea Base de Modelación	<p>Actividad 11.1 Definir e interpretar el propósito de modelación y las preguntas a resolver</p> <p>Actividad 11.2 Definir el alcance o marco de acción de modelación</p> <p>Actividad 11.3 Revisión e interpretación del Reporte de Situación de Partida</p> <p>Actividad 11.4 Elaboración del Reporte de Línea Base de Modelación</p>
12	Selección de modelos y herramientas	<p>Actividad 12.1 Definir y ordenar criterios de selección</p> <p>Actividad 12.2 Priorización y Selección de Modelos y Herramientas</p> <p>Actividad 12.3 Descripción del Modelo(s) Seleccionado(s) y Retroalimentación con Planeadores</p>
13	Construcción de escenarios prospectivos	<p>Actividad 13.1 Definición y alcance de los escenarios</p> <p>Actividad 13.2 Construcción de escenarios y análisis de factibilidad</p> <p>Actividad 13.3 Priorización, evaluación y selección de factibilidad</p> <p>Actividad 13.4 Informe de soluciones factibles</p>
14	Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones.	<p>Actividad 14.1 Representación y clasificación de los resultados</p> <p>Actividad 14.2 Construcción de Premisas Relevantes</p> <p>Actividad 14.3 Elaboración de conclusiones y recomendaciones de política climática y tecnológica</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de los Talleres de Diálogo con expertos regionales.

## Paso 11. Reporte de Línea Base de Modelación (LBM)



Entrada paso 6

La elaboración del reporte de LBM tiene como objetivo apoyar el diseño de un ejercicio de modelación que permita brindar información valiosa y respuestas a diferentes cuestiones de orden técnico y político, de manera alineada a las políticas públicas, las metas y los objetivos estratégicos definidos por el equipo de planeadores, según se indica en las Etapas 1 y 2.

### Preguntas clave:

- ¿Se cuenta con un propósito claro y las cuestiones a resolver o unas directrices estratégicas claras, a partir de un Informe de Situación de partida?
- ¿Qué variables son pertinentes o clave para describir y estudiar la situación?
- ¿Cuáles son sus hipótesis más plausibles y cuál es el contexto más relevante para estas variables?

### Principales resultados esperados

El desarrollo de las actividades en este paso define cómo construir un producto documental necesario para realizar un adecuado ejercicio de modelación: el Reporte de Línea Base. Este documento servirá de base para la selección de modelos y herramientas adecuados, la evaluación de las medidas de mitigación propuestas y la construcción de distintos escenarios. Dicho documento se describe a continuación:

**Reporte de Línea de Base de Modelación (LBM):** Este documento profundiza el **Informe de Situación de partida y alinear e interpretar el contexto de política pública a los criterios de modelación, para adecuar diferentes escenarios de proyección.** Es el instrumento que vincula la visión estratégica de planeadores y el alcance *a priori* de modelación, es decir, la concepción del ejercicio antes de entrar a estudio. Este alcance se perfeccionará y acotará conforme se vayan realizando los posteriores pasos de la Etapa 3. La LCM

debe estar orientada por una estrategia de alta penetración de TER.

### Actividad 11.1 Definir e interpretar el propósito de modelación y las preguntas a resolver

La modelación en torno de la planeación climática requiere iniciar con la comprensión de los objetivos estratégicos en cuanto a las decisiones de planeación y metas de mitigación, que lo originan. Como insumo de arranque, **se deben tomar los resultados del Informe de Situación de partida, la definición el propósito de modelación y las principales preguntas a resolver.**

De manera ilustrativa y no exhaustiva se muestran ejemplos de modelos que cumplen con ciertos propósitos de modelación y las preguntas específicas que apoyan a resolver en el “**Anexo B. Modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TER**”.

Algunos expertos modeladores construyen **directrices estratégicas** de modelación o direccionales operativas para acotar el ejercicio, es decir, el sector o sectores donde se aplicará la política o medida y sistematizar las variables de intervención. En caso de ser una directriz multisectorial, se requerirá un esquema integrado, por ejemplo, una política que abarque transversalmente a varios sectores, posiblemente requiera de modelación integral.

Es recomendable que se utilice una aproximación metodológica participativa en la definición de unas directrices estratégicas y sistematización de variables, incluyendo hipótesis de estas y un posible modelo o modelos de selección. En el Anexo B, se describe un proceso útil y un ejemplo de sistematización de variables.

### Actividad 11.2 Definir el alcance o marco de acción de modelación

El equipo impulsor responsable en el país, debe definir el alcance del ejercicio de modelación, que indica los límites de la actividad o estudio de modelación, es decir, qué hace y qué no hace el modelo dentro de un **marco de**



**acción**, a partir de la acción descrita en el propósito, en términos de variables e hipótesis.

Se debe asegurar siempre la correspondencia con la visión del país y los objetivos estratégicos de la planeación. En este sentido, es muy importante retomar siempre **las preguntas a resolver**, por ejemplo, comprender si se está buscando evaluar el cumplimiento de una meta a largo plazo o el impacto de una medida específica a corto y mediano plazo.

### Recuadro 32. Ejemplo de alcance o marco de acción.

El objetivo estratégico es descarbonizar la matriz de generación eléctrica de un país en el mediano y largo plazo.

La directriz estratégica es introducir al mínimo costo la mayor participación de TER en la matriz de generación eléctrica durante el próximo quinquenio.

El propósito es evaluar el impacto en términos de reducción de CO<sub>2</sub> entre un escenario BAU y uno de alta penetración de TER sujetos al plan de expansión eléctrico del país.

El objetivo, la directriz y el propósito, determinan el alcance o marco de acción del ejercicio.

El marco de acción ejercicio está circunscrito a un instrumento que:

- i) permita establecer la trayectoria de demanda eléctrica en el tiempo (ejemplo un quinquenio), por sectores finales de consumo,
- ii) permita evaluar la introducción de diversas tecnologías ecológicamente racionales en la mezcla de generación, bajo diversos criterios de optimización, por ejemplo, mínimo costo de generación y
- iii) permita establecer trayectorias de CO<sub>2</sub> en el tiempo.

El alcance o marco de acción debe estar también alineado con el marco regulatorio vigente y los instrumentos de planeación analizados en la Etapa I. Estos originan, orientan y delimitan el ejercicio de modelación brindando al ejercicio distintos enfoques, según se requiera.

- **Enfoque normativo:** se centra en los mecanismos e instrumentos que deben ser aplicados para alcanzar un objetivo de política, sin un análisis profundo de viabilidad o flexibilidad.
- **Enfoque indicativo:** establece la trayec-

toría deseada de un sistema o de una parte de este, a nivel agregado, sectorial o subsectorial.

- **Enfoque estratégico:** es un enfoque donde se formulan escenarios y se evalúan sus respectivos resultados para comprender su alineación con respecto a estrategias o medidas.
- **Enfoque estratégico integrado:** este enfoque es el de mayor potencia e instrumentación, y consiste en la integración de sectores, a través de distintos modelos. Por ejemplo, para evaluar una trayectoria de descarbonización de la economía que involucra al sector energético, forestal y agrícola, se podría usar la integración de varios modelos.

La Actividad 11.2 permite establecer de manera temprana la dirección del ejercicio de modelación, es decir, si se busca evaluar el impacto de una política o una intervención, o el grado de cumplimiento de un objetivo a través de distintas medidas, entre otros. También permite anticipar el tipo de alternativa del modelo o herramienta requerida, es decir, optimización, simulación, contable, entre otros – ver Anexo B para más información sobre las tipologías y enfoques de modelos y herramientas computacionales.

### **Actividad 11.3 Revisión e interpretación del Reporte de Situación de partida.**

Esta actividad incorpora y refuerza el Reporte de Situación de partida, con una orientación específica de inclusión de TER; es decir, medidas concretas, establecidas en un programa o plan sectorial y su correspondiente alcance. Los países deben realizar una revisión profunda de los instrumentos de planeación existentes para el alcance o marco de acción definido, como los planes sectoriales y la información primaria y secundaria, con el fin específico de dotar la LBM de un mayor contexto e información.

### **Análisis de Planes Energéticos y Sectoriales**

A partir de este análisis se debe determinar

los siguientes aspectos: características del sector, a la luz del modelo o modelos susceptibles de su estimación, medidas tecnológicas potenciales a aplicar y la necesidad de integración con otros sectores a través de modelos o datos, entre otros aspectos que se exijan según el propósito de modelación.

### **Matriz de Contexto y Prospectiva**

Para fines de sistematización y priorización de variables, algunos expertos modeladores recomiendan completar una **Matriz de Contexto y Prospectiva (MCP)** y realizar una **priorización de variables según el contexto, a través de un proceso participativo con el equipo de planeadores responsables**. Es importante que las variables que se consideren clave para dar respuestas a las preguntas de planeación sean incorporadas en los modelos que se seleccionen.

Una parte fundamental de la MCP son los **criterios de proyección** —definición de las posibilidades futuras de las variables— y aquellos parámetros que definen sus líneas prospectivas, como elasticidades, tasas de crecimiento, etc. La matriz también incorpora las posibles causalidades y correlaciones entre las variables prioritarias. En el Anexo B, se ilustra el proceso de elaboración de Matriz de Contexto y Prospectiva, así como preguntas útiles para la investigación y estudio de las variables, que se pueden plantear durante esta actividad y ejemplos útiles.

Comúnmente en esta actividad, se detecta una primera aproximación sobre la información inexistente o necesaria sobre cada variable, para alimentar el modelo de manera pertinente. Por lo que es el momento idóneo para identificar aquellos instrumentos de captura de información primaria y secundaria, generar alianzas estratégicas con instituciones poseedoras o generadoras de la información e incluso iniciar el planteamiento de generación futura de información.

### **Actividad 11.4 Elaboración del Reporte de Línea de Base de la Modelación**

Una vez reunidos los antecedentes cualitativos y cuantitativos de las actividades anterio-

res del Paso 11, se deberá elaborar un reporte de **Línea de Base de Modelación (LBM)**, documento técnico e instrumental. La información contenida en el mismo, será utilizada para realizar el ejercicio de modelación, por lo que se debe ser explícito en su redacción e incluir la **formulación de los aspectos y criterios preliminares del modelo potencial a utilizar**.

De forma indicativa y no limitativa, se sugiere que el reporte de LBM contenga las siguientes secciones:

- a. Antecedentes (Informe de Situación de Partida e instrumentos o diagnósticos sectoriales de mayor relevancia).
- b. El propósito y las directrices estratégicas de modelación.
- c. Alcance o marco de acción de modelación.
- d. Sistematización de variables adecuadas.
- e. Hipótesis sobre variables priorizadas.
- f. Contexto de las variables priorizadas.
- g. Criterios prospectivos de las variables priorizadas.
- h. Valoración final, incluyendo la Matriz de Contexto y Prospectiva.
- i. Conclusiones, incluyendo indicadores de monitoreo y aspectos o criterios preliminares de modelación.

Por último, es altamente recomendado validar el Reporte Final de LBM con el grupo de planeadores relevantes a través de una reunión o proceso de validación (ver Tabla 10).

## Paso 12. Selección de modelos y herramientas



Entrada paso 6

Este paso comprende un proceso robusto y sistematizado de selección de modelos y herramientas que sean adecuadas al propósito de modelación, las preguntas a resolver, el alcance o marco de acción y las directrices estratégicas, a partir de los insumos obtenidos de la elaboración del **Paso 11. Reporte de Línea Base de Modelación (LBM)**.

La serie de actividades de este paso pueden tomarse como indicativas, es decir, de la secuencia completa de actividades es posible simplificar algunas, cuando el alcance del ejercicio de modelación es sencillo o el modelo ya se encuentra predeterminado por ejercicios de modelación anteriores u otra razón.

### Preguntas clave:

- ¿Cuáles son los criterios clave para la selección del modelo?
- ¿Se alinean con los criterios relevantes de los tomadores de decisión y planeadores?
- ¿Se toma en cuenta la flexibilidad de estudiar distintos supuestos e integrar distintos intereses de grupos o sectores?
- ¿Se brindará información requerida para informar y conectar tanto las distintas posiciones en desacuerdo político, como a los grupos de interés que tienen una lógica institucional o profesional distinta?
- ¿Se reconoce al modelo(s) o herramientas seleccionadas con capacidad de planeación a largo plazo?
- ¿Existe una fuente de financiamiento y una responsabilidad de mantener el modelo o la herramienta en el futuro?
- ¿Se ha realizado una revisión presupuestaria?
- ¿Los resultados mantienen la relevancia para la planeación?

### Principales resultados esperados

- Categorías de criterios priorizadas, y criterios en orden jerárquico.
- Una lista priorizada de modelo(s) y herramienta(s) seleccionadas y adecuadas

para el ejercicio de modelación.

- Un proceso de selección participativo, justificado y robusto que sea efectivo en los objetivos de planeación y promoción de la alta penetración de TER.
- Los principales pasos de la selección de modelo(s) y herramientas.

### Actividad 12.1 Definir y ordenar criterios de selección

El **equipo impulsor de modelación** debe elaborar una matriz de criterios, la cual tiene como objetivo apoyar la priorización de criterios para la selección de modelos, con base en su capacidad de atender el propósito y las preguntas planteadas.

Algunos modeladores sugieren elaborar de manera preliminar un **Mapa Mental**, con el objetivo de contar con una base conceptual de la situación que se desea modelar. Formular un Mapa Mental permite concebir claramente los conceptos y supuestos que estructuran cadenas lógicas y las correlaciones entre sí. En el Anexo B, se describe a detalle el proceso de elaboración de Mapa Mental para la modelación, con un ejemplo ilustrativo para el sector energético, donde además se propone y ejemplifica, cuestionar la validez de los conceptos, posibles implicaciones o proposiciones y la fortaleza de los supuestos; como una forma de mejorar la comprensión, validar la consistencia y plantear premisas de las variables de modelación. El Mapa Mental, es capaz de guiar la definición de criterios jerárquicos para la adecuada selección de modelos y escenarios que respondan las preguntas formuladas y orientar más adelante la selección del modelo cualitativo.

A continuación se debe elaborar una matriz de criterios de selección, que los clasifique y ordene jerárquicamente y con estos evaluar aquellos modelos y herramientas identificados como potenciales.

**Tabla 12. Ejemplo de criterios de selección de modelos**

Nivel jerárquico - de menor a mayor importancia →

Categoría	Análisis de Política	Aspectos Técnicos o Tecnológicos	Accesibilidad	Institucionales
Criterios (capacidades de modelos y herramientas)	Sobre los objetivos estratégicos	Potencia del modelo o nivel de certidumbre	Acceso abierto a la herramienta computacional	Fortaleza institucional (capacidades humanas)
	Metas específicas	Demográficos	Acceso a la información requerida	Presupuestarios
	Metas sectoriales	Espaciotemporales	Acceso a TER	Cronograma de implementación
	Metas multisectoriales	Integración de modelos o sectores	Nivel de complejidad	Coordinación interinstitucional

Fuente: Elaboración propia a partir de los Talleres de Diálogo con expertos regionales.

Algunos modeladores sugieren utilizar un método matemático robusto para realizar una evaluación multicriterio de selección de modelos y ayudar al tomador de decisiones a escoger la mejor alternativa consistente, dentro de un rango de alternativas que presentan criterios que pueden estar en competencia o conflicto, como el **método AHP (Analytic Hierarchy Process)**, que incluye la participación y opinión de varios expertos bajo un consenso sobre los criterios.

**Recuadro 33. Método AHP (Analytic Hierarchy Process)**

El método AHP es un método matemático que sintetiza todos los pasos de un proceso consistente de toma de decisiones: ordena el problema a través de una estructura jerárquica, utiliza una escala de prioridades basada en la preferencia de un elemento sobre otro por pares (de este modo combina la multiplicidad de escalas correspondientes a los diferentes criterios, incluyendo cuantitativos y cualitativos), resume los juicios emitidos bajo consenso, verifica la consistencia y entrega un ranking o lista priorizada de las alternativas de acuerdo a su peso prioritario obtenido. Esta metodología propone una manera de ordenar el pensamiento de distintos actores sobre varios criterios de manera analítica, de la cual destacan tres principios básicos:

Principio de la construcción de jerarquías.

Principio del establecimiento de prioridades.

Principio de la consistencia lógica.

La identificación de los criterios quizás sea lo que más tiempo requiera en un AHP, debido a la necesidad de incorporar las distintas opiniones de los expertos.

En el **Anexo B** se describe e ilustra cómo utilizar este método desde su planteamiento hasta la priorización de un modelo, utilizando un ejemplo hipotético y tablas de cálculo.

**Actividad 12.2 Priorización y selección de modelos y herramientas**

Una vez que se obtienen los resultados de la priorización de criterios y una selección preliminar de las alternativas de modelación más adecuadas, se debe realizar una tabla de los distintos modelos y herramientas disponibles, donde deberá integrar los resultados de un mapeo de capacidades, la revisión presupuestaria y cualquier otra observación relevante para selección de modelos (ver Tabla 13).

**Tabla 13. Modelos disponibles para la(s) alternativa(s) seleccionada(s)**

Ranking	Modelo	Acceso	Aproximación	Observación	
1	LEAP	Licencia pagada	Contable de equilibrio parcial	Simulación	Se cuenta con personal capacitado en el país y es de fácil implementación.
2	ENPEP	Se tiene la versión de prueba	Equilibrio parcial	Simulación	No se cuenta con suficiente experiencia en el modelo, solo una persona lo maneja de forma básica. Se recomienda capacitar al personal al ser un modelo potente.
3	Balmorel	Abierto	Equilibrio parcial	Optimización	Se cuenta con conocimiento del modelo, pero es un ejercicio demandante en tiempo.
4	GCE	Modelo del Ministerio de Economía	Equilibrio general	Simulación	Se requiere abrir y actualizar la SAM del modelo.
5	Econometría de series de tiempo/panel	Se cuenta con varios softwares	Equilibrio parcial	Simulación	Puede ser útil para controlar la parsimonia de otros modelos y estimar elasticidades.

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

Se recomienda que la lista de modelos de las alternativas seleccionadas sea revisada por un grupo de expertos, a través de un **Taller de Modeladores**, con el objetivo de realizar la selección final.

### Recuadro 34. Recomendaciones para la modelación

A continuación, se presentan algunas recomendaciones para aumentar la credibilidad y mantener la relevancia de los resultados del ejercicio, así como para considerarse en la selección de modelo(s) y herramienta(s):

Incorporar métodos de evaluación de incertidumbre. Por ejemplo, análisis de sensibilidad global, programación estocástica, modelación para generar alternativas, robust decision making.

Colaboración y retroalimentación entre grupos impulsores de modelación, nacional o internacionalmente (ver Actividad 9.3).

Preparación y flexibilidad para reorientar la investigación a los requerimientos reales.

Incorporar actores relevantes en el proceso de análisis de conceptos y priorización de criterios.

Considerar también el lado de la demanda, tanto en el sector de energía como en transporte, las conexiones regionales, los costos de oportunidad y los cobeneficios.

Asegurar un financiamiento principal y a largo plazo, para asegurar todo lo anterior.

### Actividad 12.3 Descripción del modelo(s) seleccionado y retroalimentación con planeadores

Es altamente recomendable que se describan las conclusiones del proceso de selección, así como los aspectos más relevantes del modelo seleccionado tanto en relación con el ejercicio de modelación, como con el objetivo estratégico de planeación. Se sugiere abordar dichos temas en un reporte formal que incluya los siguientes aspectos técnicos:

- Características sobre la construcción, simulación o evaluación de escenarios, incluyendo parámetros que puedan ser modificados y variables clave.
- Aspectos sobre la información requerida de insumo al modelo y la necesidad de calibración del modelo de acuerdo al año base seleccionado.
- Los aspectos que el modelo puede evaluar. Por ejemplo, el impacto de políticas energéticas sobre el PIB.
- El tipo y forma de resultados que el modelo identifica y arroja. Por ejemplo, escenarios de mínimo costo.
- El grado de detalle tecnológico del modelo seleccionado. Por ejemplo, en el sector residencial se puede llegar a desagregar la tecnología de consumo eléctrico hasta nivel de equipos como refrigeradores y cocinas.
- Incluir otros aspectos relevantes al ejercicio considerando los aspectos técnicos, tecnológicos, de accesibilidad, institucionales o incluso sobre financiamiento.
- Un diagrama preliminar del proceso de utilización del modelos y herramientas, incluyendo una aproximación del tiempo estimado.

### Paso 13. Construcción de escenarios prospectivos



Entrada paso 3

Salida paso 15

La construcción de un escenario es un paso altamente participativo, donde se requiere tanto del aporte de un grupo de expertos sectoriales, como de actores involucrados o de interés. En muchas ocasiones la construcción de los escenarios se realiza a nivel de escritorio y desde la perspectiva de un modelador o grupo de modeladores, este tipo de ejercicio es válido a nivel consultivo o académico, pero resulta insuficiente dentro de un proceso de planeación.

Es importante tomar en cuenta que la construcción de un escenario demanda varios procesos de soporte, desde talleres con expertos, hasta consultorías externas, asesorías, entrevistas o encuestas para la estimación de parámetros o la clarificación de aspectos técnicos y tecnológicos. Por este motivo, se sugiere elaborar un **Plan de Trabajo** (ver Anexo B) que dimensione el tiempo y el presupuesto necesarios para dichos procesos de soporte al inicio del Paso 14.

#### Recuadro 35. Selección del modelo previo a la formulación de escenarios

Es común que se construya un escenario y posteriormente se realice la selección de un modelo computacional (ver Paso 13). Cuando se trata de un escenario sencillo, es posible que esta hermenéutica no ocasione mayor complicación. Sin embargo, para fines de esta Guía, se sugiere que la selección de un modelo o modelos constituya un paso previo a la formulación del escenario, principalmente porque resulta muy costoso construir un escenario para el cual no se tenga un modelo adecuado, limitando en su potencia predictiva, o que se tenga que reestructurar el escenario para poder adecuarlo al modelo; sin embargo, el orden de los pasos es indicativo y podrían variarse según el ejercicio o la preferencia del equipo modelador.

#### Actividad 13.1 Definición y alcance de los escenarios

Como inicio de la construcción de escenarios prospectivos, el **equipo impulsor debe limitar el alcance del escenario, de manera que sea consistente:** (1) con la estructura matemática del modelo, es decir, con sus supuestos y método de resolución y (2) con la línea prospectiva de acción o el sector en estudio. Aun-

que el escenario puede variar respecto a la línea de base original, este no debería alejarse sustancialmente de las perspectivas iniciales, debido a que existe un contexto y enfoques económico, tecnológico, de política pública, regulatorio, etc., ya definidos.

Es recomendable que el equipo de modelación tome en cuenta al menos los siguientes aspectos:

- Consistencia instrumental de variables e hipótesis.
- Precisar y justificar el horizonte temporal y espacial del ejercicio.
- Plantear y justificar posibles escenarios, con el aporte de expertos.
- Plantear y ponderar posibles riesgos económicos, sociales, ambientales, tecnologías, etc., que pueden provocar un cambio sustancial en los escenarios planteados.

El planteamiento de escenarios es una actividad clave en la toma de decisiones de los planeadores, donde se establecen los **elementos comunes y disímiles entre escenarios**, los cuales servirán más adelante para evaluar los objetivos o impactos de una política o medida.

### Recuadro 36. Comparación de escenarios

Ejemplo: Comparación entre un escenario BAU (por sus siglas en inglés Business as Usual) o tendencial, con un escenario NDC que contiene una meta de descarbonización, o con un escenario de alta penetración de TER.

Un escenario BAU plantea la continuidad de condiciones, mientras que un escenario NDC plantea una meta de reducción de emisiones sin ninguna priorización de tecnologías y este último puede ser relevado con un escenario de alta penetración de TER. La comparación de estos escenarios busca evaluar la medida en que estos escenarios dan cumplimiento a las metas establecidas y son consistentes con trayectorias de corta plazo y largo plazo, por ejemplo, en términos de crecimiento económico, si este fuera el propósito o cuestión del ejercicio.

Posteriormente, se profundiza en los escenarios planteados y se redefinen con el consenso entre expertos en planeación, actores sectoriales, modeladores y otros grupos de interés,

a través de Talleres de Discusión. Conviene recordar que es necesario **definir varios escenarios potenciales** a partir de las variables, su correlación, hipótesis, supuestos y criterios de prospección, previamente elaborados, pero procurar que estos sean **los mínimos requeridos** para el análisis que se busque. Se sugiere que los escenarios se vayan depurando sucesivamente durante los Talleres de Discusión o sesiones con grupos de interés, quienes validarán, ajustarán o modificarán.

### Recuadro 37. Definición adecuada de los escenarios

La definición de escenarios no es una actividad que se limita a la participación de actores clave en un taller de discusión y la posterior sistematización de resultados. Es una actividad asincrónica, que puede derivar en la necesidad de entrevistas, estudios complementarios, retomar algún taller de discusión, por ejemplo, para acordar o acotar la estimación de algún parámetro u otro proceso de soporte que permita la definición adecuada de los escenarios establecidos.

En toda perspectiva de planeación es necesaria una mirada sistémica. Por ejemplo, el sistema de producción de energía y su interacción con el sistema de consumo presenta diversas interrelaciones; los expertos deben validar, ajustar o modificar las variables e hipótesis formuladas, en relación con estas interacciones y el alcance que se desee.

En general conviene especificar:

- El sistema económico y su escala espacial (local, nacional, regional, o global).
- Las características sociales de contorno, sobre todo, en cuanto al acceso y distribución como es el consumo de energía.
- Analizar las relaciones de causalidad y correlación entre variables establecidas en la MCP, tanto a nivel exógeno como endógeno.
- Analizar la interdependencia con otros sistemas, así como la posibilidad de integración con otros sectores y con otros modelos.

Como resultado de esta actividad se deben redefinir las **hipótesis** de los aspectos de orden técnico de forma enunciativa:

- Grado de integración energética.
- Cambios tecnológicos, adopción de TER.
- Evolución de los costos de inversión y operativos, etc.
- Trayectorias de crecimiento económico y poblacional.
- Mecanismos de financiación para diferentes estructuras energéticas.
- Aspectos sectoriales específicos.
- Aspectos ambientales o sociales puntuales.

De la validación o reformulación de hipótesis y variables se desprenden nuevos supuestos, los cuales pueden ser ratificatorios, o bien, ser ajustados o modificados, por lo que en este caso se deberán revisar para verificar que estos cambios sigan siendo **consistentes con la estructura del modelo seleccionado**. En caso de que se produzca alguna inconsistencia y previa evaluación, es posible regresar al Paso 12. Selección de modelos y herramientas.

### **Actividad 13.2 Construcción de escenarios y análisis de factibilidad**



Primeramente, se debe construir el escenario tendencial o BAU, que muestra la **línea base de emisiones** a partir de la cual se heredan algunas hipótesis y otros elementos para estructurar los escenarios de política o mitigación que se pueden construir como se sugiere a continuación:

- **Escenario tendencial o BAU:** En la construcción de este escenario se asume la continuidad del comportamiento actual de los sistemas y subsistemas analizados, tanto en su desempeño como en su emisión de CyGEI y se proyecta o extrapola hacia un periodo futuro determinado. Esto implica el análisis del comportamiento histórico de dicho sector, teniendo en cuenta su crecimiento económico nacional y sectorial, la demanda

del servicio, los niveles de consumo eléctrico en diversos sectores o la proyección del crecimiento poblacional o de otros parámetros socioeconómicos que el país considere como parte de su planeación nacional de desarrollo.

- **Escenario de política o mitigación:** Este escenario asume un cambio en el comportamiento de un sistema o subsistema en respuesta a la introducción de una política o una medida para reducir las emisiones de CyGEI. Estos escenarios pueden ser:

- **Escenario NDC:** este escenario evalúa el grado de avance e impacto de las medidas de mitigación definidas por cada país ante la CMNUCC para el periodo 2025-2030. Este escenario puede abarcar acciones en todas las categorías del inventario.

- **Escenario de eficiencia energética:** este escenario plantea la introducción de medidas que favorezcan el ahorro y uso eficiente de la energía como una alternativa para evitar la emisión de CyGEI. Por ejemplo, el uso de iluminación led en el sector residencial o de tecnologías más eficientes en el consumo de combustible en el sector transporte.

- **Escenario carbono neutro:** este escenario refleja las medidas de la Estrategia de Medio Siglo y emisiones netas cero carbono; es decir, plantea estabilizar las emisiones de carbono al año 2050 bajo una estrategia de incorporación de TER en el corto, mediano y largo plazo. La construcción de este escenario involucra un proceso previo de evaluación y priorización de TER. Por ejemplo, en qué medida la incorporación de energías renovables dentro del plan de expansión del sector eléctrico contribuye con metas puntuales de descarbonización.

- **Escenario de quiebre:** este escenario no es común, por lo que debe ser



justificado, dado que supone una rotura estructural en el sistema, que puede llevar a un comportamiento atípico. Por ejemplo, un cambio en el marco regulatorio del sector hidrocarburos o un desastre natural que modifica el acervo de un recurso natural.

En la mayoría de los casos resulta útil establecer una **ficha técnica** de cada escenario como parte documental del subproceso. Los resultados obtenidos por parte del **equipo impulsor** y de otros actores dependerá de los supuestos utilizados en cada escenario, por lo que es conveniente explicarlos de forma adecuada en cualquier momento.

Si bien los pasos que hasta aquí sugiere la Guía, representan un análisis que debería lograr que se construyan escenarios factibles desde un inicio y con alta certeza al éxito, es común que el **equipo impulsor** deba valorar si existe algún conflicto en la factibilidad de las soluciones propuestas. Por ello, es necesario profundizar en las siguientes actividades:

- Realizar entrevistas en profundidad con expertos en diversas temáticas económicas, sectoriales o tecnológicas. Especialmente, cuando no quedan claras las correlaciones y causalidades entre variables o se tiene incertidumbre de la información.
- Estimar de forma directa algún dato o parámetro faltante dentro del modelo. Por ejemplo, la necesidad de estimar la elasticidad de sustitución entre fuentes energéticas dentro de un modelo de equilibrio general computable.
- Actualizar algún parámetro cuestionado por los especialistas, utilizando algún modelo o herramienta satelital.
- Redefinir o actualizar un modelo, para adecuarlo a los fines del ejercicio. Por ejemplo, modificar la programación en GAMS de un modelo de despacho eléctrico.
- Integrar nuevas rutinas adicionales de programación para la ejecución de un modelo previamente seleccionado. Por ejemplo, introducir una nueva rutina del

modelo TIMES de optimización con la aplicación del software VEDA-FE.

A partir de realizar alguna de estas actividades adicionales de construcción de escenarios, y en caso de que se aborde alguna de ellas con éxito, se denominará a este como un **escenario factible**, ya que fue basado en **evidencia empírica**.

### *Actividad 13.3 Priorización, evaluación y selección de escenarios*



Esta actividad corresponde a la priorización de los escenarios finales por parte de los tomadores de decisión a partir de los escenarios factibles, que serán posteriormente utilizados en el ejercicio de modelación.

#### **Recuadro 38. Recomendaciones en priorización de escenarios**

Es altamente recomendable priorizar no más de tres o cuatro escenarios y que su estructura especifique claramente los criterios de identificación y comparación. Por ejemplo, no sería factible comparar un escenario BAU completamente diferente a uno de política, es decir, sin supuestos heredados. Además, se recomienda que durante las actividades propuestas de análisis y priorización se siga el principio de razonamiento ético reconociendo como atributos fundamentales (Lempert, Groves, & Fischbach, 2013):

- La diversidad de prioridades, metas sectoriales o subsectoriales y valores individuales.
- Incertidumbre irreducible de las consecuencias de la toma de decisiones.
- Buscar acuerdos bajo un razonamiento relacional no trascendental, es decir la búsqueda de una visión probablemente no ideal a nivel individual o anterior al reconocimiento del impacto global.
- Utilizar la deliberación y el consenso participativo como proceso central de decisión, facilitando las reuniones y talleres sugeridos, incluso de manera iterativa, demandando explicaciones claras, con razonamiento, lógica e información que lo sustente, reconociendo la imparcialidad abierta que acepte la legitimidad y relevancia de los puntos de vista de todos los actores en el proceso.

Se recomienda que la priorización, evaluación y selección de escenarios se consideren como un grupo de actividades, que se realizan bajo una misma metodología. A pesar de que la priorización de escenarios es una decisión de

política pública, se recomienda por su complejidad contar con el apoyo de un grupo o comité de evaluación y selección, y utilizar algún instrumento de evaluación multicriterio que brinde una estructura y ayude a encontrar las soluciones que mejor se ajustan a las necesidades y a la comprensión del problema; un ejemplo de este es el **Método AHP** (*Analytic Hierarchy Process*), utilizado también para priorizar los criterios de selección de modelos en el Paso 13 (Recuadro 33).

Se sugiere realizar una reunión o **Taller de Evaluación y Selección**, ver Tabla 10, donde se explica a los expertos la metodología AHP y se prosigue a tres momentos clave:

- Momento 1: describir, priorizar y ponderar mecánicamente los criterios y sub-criterios que los expertos consideren importantes.
- Momento 2: generar un consenso de jerarquías, es decir, conocer la opinión calificada y su grado de pertinencia, para la selección de un escenario. Existen criterios cuyas ponderaciones pueden ser muy sensibles, estos deben ser detectados y se recomienda asignarles pesos prudentes a manera de evitar que se seleccionen escenarios erráticos.
- Momento 3: dados los criterios, sub-criterios y ponderaciones jerárquicas, cada integrante procede a valorar los respectivos escenarios, mediante una tabla de valoración individual.

La agregación de los resultados permite establecer una valoración grupal, que será la que defina los escenarios prioritarios a ser utilizados (ver Anexo B, para más detalle del proceso AHP para la priorización participativa de escenarios).

Finalmente, se seleccionan los escenarios que serán estimados, conviene recordar que la selección de estos debe ser justificada, tanto por los resultados del proceso analítico de evaluación AHP, como por su pertinencia para enfrentar un abanico de situaciones posibles, dotando con respuestas racionales. Es decir, que pueda abordar medidas factibles de reali-

zarse o previsibles de intervención.

### Actividad 13.4 Informe de soluciones factibles

Esta actividad pretende formalizar los resultados de todo el Paso 14 en un documento de síntesis, donde se presenten las actividades realizadas y los elementos de cada escenario seleccionado. Denominaremos al conjunto de escenarios seleccionados como **soluciones factibles** y están relacionadas a posibles cambios en criterios y parámetros sensibles (riesgo). Cuando los escenarios y sus previsiones han sido bien establecidas, se espera que las decisiones que emerjan de la cuantificación de estos escenarios sean robustas. Se recomienda que este informe contenga las siguientes secciones:

- Descripción general del modelo.
- Variables de entrada y salida del modelo.
- Proceso y resultados de priorización de criterios para la selección de escenarios.
- Proceso y resultados de jerarquización de escenarios.
- Espacio de soluciones factibles, perfiles de salida.

### Paso 14. Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones



Salida Pasos 15, 16 y 17

El análisis e interpretación de resultados y la elaboración de conclusiones de calidad constituye un paso clave para la toma de decisiones de los planeadores que, suponiendo que se estimó adecuadamente el modelo seleccionado, dependerá directamente con las capacidades de análisis y experiencia previa para interpretar los resultados.

Las siguientes actividades indicativas pretenden robustecer estas capacidades de forma metódica, con la finalidad de reportar de forma clara y robusta los resultados encontrados, atender el propósito original y las preguntas formulados por el proceso de planeación.

## Preguntas clave:

- ¿Las proposiciones establecidas son realistas?
- ¿Existen datos o evidencia empírica que vaya en la misma dirección de las proposiciones?
- ¿Las proposiciones son contradictorias con alguna teoría?
- ¿Se ha logrado responder las preguntas planteadas en el Informe de Situación de partida y cumplir con el propósito de modelación?

### Actividad 14.1 Representación y clasificación de los resultados

El valor de un modelo reside en su capacidad transformadora en información valiosa, que origina un nuevo conocimiento y que idealmente responde con la mayor claridad posible una interrogante de política pública (planeación), sobre futuros posibles.

Los resultados de un ejercicio de modelación, se obtienen como una combinación de información codificada. Es por ello que la primera actividad para representar los resultados, consiste en rastrear y descodificar todos los datos que en conjunto generen resultados y conclusiones prioritarias.

Por ejemplo: al consumo se le asigna un código X3 que se relaciona en el modelo con la generación eléctrica por hora que es el código X4, el cual lo transforma en carga horaria de consumo. Por lo que, para no perder la idea de donde se genera este resultado, se rastrean los códigos X3 y X4, a lo largo del tiempo y espacio dentro del alcance del ejercicio.

Además de rastrear los resultados o salidas del modelo, que consisten en solo datos descriptivos, un especialista debe interpretar su comportamiento con base en ciertas hipótesis esperadas y comenzar a representar y clasificar los resultados y formular explicaciones para aquellas variables prioritarias, sin olvidar, que el fin último es que los resultados obtenidos del ejercicio permitan responder a las interrogantes de política pública planteadas a partir de los objetivos estratégicos del Reporte de Línea Base.

En el Anexo B, se pueden encontrar tablas úti-

les para representar y clasificar los resultados del modelo y las explicaciones sobre el contraste o alineamiento de los comportamientos esperados y observados.

### Actividad 14.2 Construcción de premisas relevantes

Para ordenar y priorizar un resultado se sugiere determinar en qué medida el mismo contribuye a dar respuesta a la interrogante de planeación o política pública. Para este fin se puede usar una escala de Likert<sup>6</sup>. Generalmente un modelo puede arrojar muchos resultados, y cada resultado constituye una proposición, que puede no ser coherente o contributiva al objetivo estratégico. En este sentido, el **equipo impulsor** debe enfocarse solo en la construcción de premisas relevantes, como se observa en la Tabla 14. Este paso está orientado por la capacidad de una proposición para dar respuesta a una pregunta de política pública.

Tabla 14. Priorización de premisas

Grado de alineamiento				
Resultados	Descripción	Premisas	Resultados esperados	Preguntas de política pública
1				
2				
n				

Fuente: Elaboración propia.

Para valorar si una premisa responde a la pregunta de planeación o política pública, se sugiere seguir las siguientes directrices:

- Valorar si los resultados son atípicos en relación con lo que se esperaba y se formuló hipotéticamente.
- Valorar si existen variaciones entre los sectores de análisis y sus magnitudes.
- Valorar cómo están distribuidos geográficamente los resultados.

<sup>6</sup>La escala Likert es una escala psicométrica comúnmente utilizada en cuestionarios y es la escala de uso más amplio en encuestas para la investigación, principalmente en ciencias sociales.

- Valorar la relación existente entre dos o más variables clave previamente codificadas.
- Valorar las diferencias existentes entre sectores, comparando la(s) variable(s) en común entre ambos.
- Comparar los resultados con otros ejercicios de modelación.

La valoración debe limitarse al sistema de variables considerado para cada pregunta hecha y su respectiva hipótesis. Al respecto es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cuando los resultados obtenidos permiten la verificación de las hipótesis, se debe cuidar que la interpretación no exceda la información que aportan los datos.
- Es importante considerar las exigencias de validez interna (con referencia a los supuestos del ejercicio mismo) y las limitaciones que se han presentado durante todo el proceso.
- Es necesario señalar los factores que no fueron controlados y que pudieron afectar los resultados.
- También, es conveniente relacionar los resultados obtenidos, con los logrados en otros estudios.

### ***Actividad 14.3 Elaboración de conclusiones y recomendaciones de política climática y tecnológica***

El **equipo impulsor de modelación** debe dotar de un significado más amplio a los resultados obtenidos, mediante su combinación y contextualización. Existen tantas conclusiones como combinaciones posibles de consultas. .

Sin embargo, no todas son relevantes a los objetivos, por lo que deben utilizarse las premisas que respondan al propósito del ejercicio y sean fundamentales de acotar en la elaboración de conclusiones y recomendaciones relevantes de política climática y tecnológica.

La redacción de conclusiones debe aportar una conclusión general o de primer orden, que es la interpretación del conjunto de conclusiones priorizadas que atienden directamente a las cuestiones planteadas en el Informe de Situación de Partida. En esta sección también se debe detallar la secuencia de desarrollo de conclusiones de segundo orden, que hacen a la conclusión principal. Más información y recomendaciones sobre la elaboración deductiva e inductiva de conclusiones y su redacción, se pueden encontrar en el Anexo B.

## Recuadro 39. Caso: modelos y herramientas para la construcción de escenarios de mitigación de Brasil

Durante los últimos 20 años, especialistas de modelación han apoyado estudiar instrumentos de políticas públicas para alcanzar las metas climáticas y energéticas brasileñas, elaborando trayectorias de mitigación, a través de la adecuación y desarrollo de modelos y herramientas computacionales. El esfuerzo de los modeladores, ha apoyado la respuesta a preguntas complejas de los planeadores brasileños en paralelo al aumento de la ambición por frenar el CC, reducir el impacto ambiental y continuar el desarrollo sostenible; detonando una evolución, especialización y sofisticación del trabajo de investigación de cientos de expertos académicos, quienes han elaborado casi 100 publicaciones científicas sobre modelación energética y conformado colaboraciones estrechas entre el ecosistema, academia, agencias de desarrollo, gobierno, sector privado y gran apoyo de instituciones como IAEA (International Atomic Energy Agency), IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) y CDKN (Climate and Development Knowledge Network), así como distintos proyectos de investigación conjunta entre el Instituto Alberto Luiz Coimbra de Postgrado e Investigación de Ingeniería y la Universidad Federal de Río de Janeiro (COPPE/UFRJ, por sus siglas en portugués) (Pereira, 2018) (Rochedo, y otros, 2018) (IES-BRASIL PROJECT TEAM, 2013).

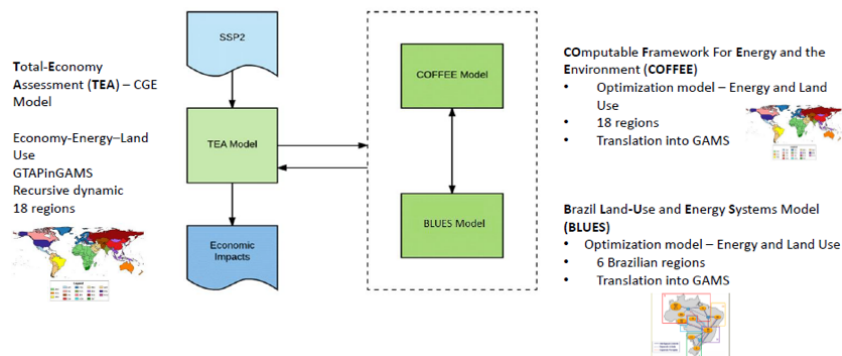
En 1999, se inició una colaboración entre Naciones Unidas y el IAEA para desarrollar e implementar un IAM (Integrated Assessment Model), solo para el sector energético, bajo un rango de alcance nacional, con uso de la plataforma de modelación de IIASA: MESSAGE (modelo MSG). Desde este punto, se han elaborado más de 15 versiones del modelo MESSAGE donde se ha mejorado su resolución espacial y temporal, se han ampliado las fuentes energéticas y la representación de tecnologías (de 300 a 8,000 tecnologías en la versión de macrorregiones) y se ha utilizado para distintas aplicaciones de estudio. Por ejemplo, en los siguientes casos:

- Para la “Secretaría de Asuntos Estratégicos da Presidencia da República (SAE, por sus siglas en portugués)”.
- Escenarios de Mix energético de Brasil para distintos precios a las emisiones de carbono.
- Brasil 2040 – Adaptación al CC: escenario y alternativas, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI, por sus siglas en portugués).
- Proyecto “Mitigation Options of Greenhouse Gas (GHG) Emissions in Key Sectors in Brazil”, evaluación completa de un modelo integral para apoyar la elaboración de las NDC.

Bajo el apoyo del Programa MAPS<sup>8</sup>, se desarrolló el modelo híbrido de equilibrio general computable IMACIM-Brasil, que describe la economía nacional, a través de 19 sectores productivos (con un enfoque especial en el Balance Energético) y acopla modelos sectoriales para combinar perspectivas de modelación top-down y bottom-up, evaluando así implicaciones macroeconómicas y sociales de los escenarios en detalle.

En noviembre de 2016, se logra tener la primera versión operacional del COFFEE (Computable Framework For Energy and the Environment), modelo de alcance global compatible con el modelo nacional BLUES<sup>9</sup>, sistema de uso de suelo y el sector energía, que utiliza 7,000 tecnologías disponibles. Más recientemente, se incorporó la evaluación de recursos hídricos y de emisiones de contaminantes atmosféricos locales a la potencia del modelo.

En cuanto a los últimos progresos de modelación en Brasil, se encuentra la vinculación de COFFEE con TEA (Total-Economy Assessment), un modelo global más reciente, de equilibrio general computable 100 % compatible, que tiene la capacidad de apoyar el estudio de las estrategias de Medio Siglo de mitigación de emisiones de CyGEI del país, e incluso tiene la capacidad de apoyar a la región. Según los resultados recientes arrojados por el modelo, se realizó la construcción de tres escenarios: (1) Políticas globales actuales (2) Global 2 °C y (3) Global 1.5 °C, incluyendo, el “presupuesto de carbono” global y nacional y las implicaciones económicas y sociales, para los distintos sectores en Brasil.



Fuente: *Brazilian Mitigation Scenarios - Modelling and Methodologies* (Schaeffer & Rochedo, 2018)

<sup>8</sup>MAPS: Mitigation Action Plans & Scenario, financiado por CDKN.

<sup>9</sup>BLUES: Brazil Land-Use and Energy System, nuevo IAM nacional

## Etapa 4. De los resultados de la modelación a la implementación

Esta última etapa, describe un proceso que permite a los planeadores tomar decisiones de la adopción de tecnologías a partir de los resultados obtenidos de:

- El análisis de situación de partida (Etapa 1),
- resultados del proceso del involucramiento de actores, coordinación y diálogo para la construcción del plan (Etapa 2),
- proceso de modelación de las alternativas tecnológicas para atender los retos de cumplimiento de las metas climáticas a corto, mediano y largo plazo (Etapa 3).

## Principales resultados esperados

- Elaboración de un documento en el que se establezcan los objetivos, las estrategias, las líneas de acción, las actividades y las metas a lograr en un periodo determinado, para hacer frente al CC en los sectores de eficiencia energética, energías renovables y transporte. Este documento, debe establecer prioridades en materia de adaptación, mitigación e investigación; así como la asignación de responsabilidades, tiempos de ejecución, coordinación de acciones y de resultados, así como la estimación de costos para la instrumentación de las actividades.
- Alineación de este programa con los programas nacionales y sectoriales que contribuyan a enfrentar el CC.

**Tabla 15. Pasos sugeridos y tareas indicativas para la Etapa 4**

Etapa 4. De los resultados de la modelación a la Implementación		
Paso 15.	Paso 16.	Paso 17.
Elaboración de un plan climático e inclusión de TER	Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)	Actualización y mejora de plan climático e inclusión de TER

No	Paso	Actividades sugeridas/indicativas
15	Elaboración de un Plan Climático e Inclusión de TER	Actividad 15.1 Plan de Acción Tecnológica (TAP por sus siglas en inglés)
16	Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)	Actividad 16.1 Establecer un Sistema MRV
17	Actualización y mejora del plan climático e inclusión de TER	Actividad 17.1 Actualización en la modelación Actividad 17.2 Evaluación de la política y plan climático Actividad 17.3 Actualización del plan climático e inclusión de TER

Fuente: Elaboración propia a partir de los Talleres de Diálogo con expertos regionales.

Esta etapa requiere de la participación conjunta y activa de los planeadores y los modeladores, así como de los grupos de interés para establecer consensos que faciliten la instrumentación de los planes estratégicos y la incorporación de TER, tanto en el corto como en el mediano y largo plazo, para sumar a la meta de Medio Siglo de emisiones netas cero carbono.

## Paso 15. Elaboración de un plan climático e inclusión de TER



Entrada Pasos 13 y 14

Salida paso 1

Los países deberán concentrar sus esfuerzos en generar un **plan climático** estratégico como documento de política pública, que dirigirá los esfuerzos al cumplimiento de las metas climáticas, considerando los resultados de la modelación para la inclusión de tecnologías.

Este documento debe ser dirigido por la **entidad gubernamental responsable**, que se asume como aquella institución reconocida como la representante de cada una de las partes ante la CMNUCC.

La estructura sugerida para este plan estratégico de mitigación, el cual deberá definir un periodo específico, es la siguiente:

1. Presentación o mensaje del presidente y del ministro de Medioambiente o del representante de la entidad gubernamental responsable ante la CMNUCC.
2. Resumen ejecutivo.
3. Siglas y acrónimos.
4. Antecedentes.
  - a. El CC (sustento científico).
  - b. Situación actual del país ante el CC (diagnóstico de los impactos y consecuencias que el país ha enfrentado por este fenómeno).
  - c. Institucionalidad del CC (gobernanza).
  - d. Avances del país en materia de CC :
    - i. mitigación,
    - ii. adaptación,
    - iii. creación y fomento de capacidades

5. Marco Normativo.
6. Orientación estratégica.
  - a. Alineación a las metas nacionales (en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo, los objetivos de desarrollo sustentable y los compromisos firmados ante la CMNUCC; así como la Estrategia de Medio Siglo y Emisiones Netas Cero).
  - b. Visión y misión.
  - c. Principios rectores
  - d. Objetivos estratégicos (general y específicos)
7. Ejes estratégicos y líneas de acción (en concordancia con resultados obtenidos de la modelación para resolver el (los) problema(s) identificados en la Etapa 1. Situación de partida)
8. Implementación de TER y escenarios de mitigación (los países podrán incluir un Plan de Acción Tecnológica (TAP por sus siglas en inglés))
9. Financiamiento
10. Monitoreo, evaluación y actualización del plan (Sistema MRV)
11. Indicadores y Anexo Metodológico
12. Transparencia
13. Glosario
14. Referencias

Para la integración de este plan climático, es importante la vinculación de los planeadores con el equipo de modelación y la realización de Talleres de trabajo, para definir la ruta de instrumentación de la inclusión de TER. Este documento, debe ser presentado y socializado por los tomadores de decisión a la sociedad en general.

### Actividad 15.1 Plan de Acción Tecnológica (TAP por sus siglas en inglés)

Los países podrán diseñar y desarrollar una estrategia para la penetración de TER a partir de la modelación sectorial o multisectorial y la evaluación de necesidades tecnológicas. Este instrumento debe establecer: metas, objetivos, programas de formación y concientización, programas de fomento de la I+D+i, escenarios de penetración de TER, cronogramas y presupuestos de implementación de corto, mediano y largo plazo.

En el marco del Mecanismo Tecnológico del CMNUCC, se establecen las bases para in-

tegrar un TAP, con el objetivo de adoptar y transferir tecnologías prioritarias (identificadas en el proceso de modelación) que coadyuven al cumplimiento de los compromisos de las NDC y Estrategia de Medio Siglo.

#### Recuadro 40. Componentes del TAP

El TAP es un plan conciso que se diseña como parte de la evaluación de necesidades tecnológicas, en el marco del Mecanismo Tecnológico, con el objetivo de adoptar y transferir tecnologías prioritarias para contribuir al desarrollo social, ambiental y económico del país, así como a la mitigación y adaptación al CC y el cual, cierra la brecha entre la planeación y la implementación tecnológica (UNFCC-TEC & UNEP-DTU, 2016).

El **Comité Ejecutivo de Tecnología** (TEC, por sus siglas en inglés), **en colaboración con PNUMA y la Secretaría de la CMNUCC**, elaboró el documento denominado **Mejora de la implementación de evaluaciones de necesidades tecnológicas. Guía para la preparación de un plan de acción de tecnología (UNFCC-TEC & UNEP-DTU, 2017)**. Esta Guía permite identificar las acciones concretas necesarias para la implementación exitosa de la tecnología y ayuda a los países a desarrollar una propuesta de inversión indicativa para cada tecnología, que puede ser considerada para financiamiento por potenciales financiadores públicos y privados, a través de los siguientes 7 pasos que se describen a continuación:

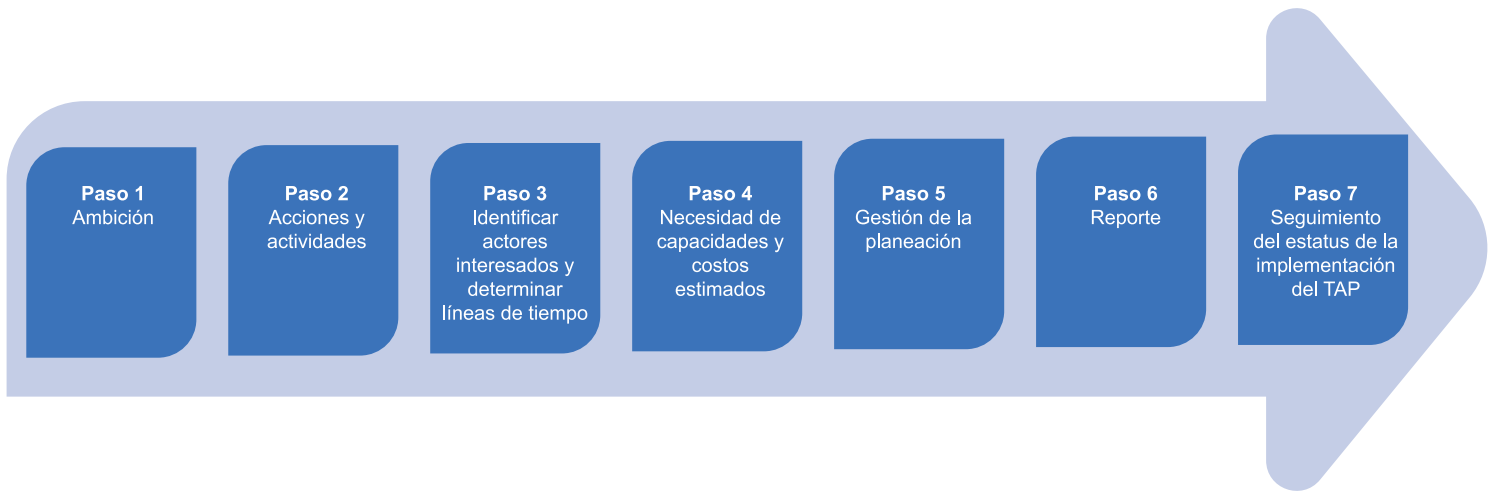
- **Paso 1. Ambición:** describe la escala y el contexto para el despliegue y la difusión de la tecnología.
- **Paso 2. Acciones y actividades:** presenta una lista de acciones que se derivan de las medidas previamente identificadas en la TNA, las mismas de las que se derivan un conjunto de actividades específicas que se deben realizar para cada acción. Asimismo, resume las barreras para el despliegue y la difusión de cada tecnología, como también las posibles medidas para abordarlas.
- **Paso 3. Identificar actores interesados y determinar líneas de tiempo:** identificar las partes interesadas más relevantes en función de las actividades

definidas, es decir, aquellos actores que estarán directamente involucrados en la implementación del TAP; así como estimar el tiempo necesario para llevar a cabo cada actividad.

- **Paso 4. Capacidades necesarias y costos estimados:** estimar los recursos humanos y financieros necesarios para cada actividad, incluido el tipo de financiamiento requerido y las posibles fuentes de financiamiento.
- **Paso 5. Gestión de la planeación:** incluir un Plan de gestión de informes, gestión de riesgos, medidas correctivas y planes de contingencia.
- **Paso 6. Reporte:** presentación de informes.
- **Paso 7. Seguimiento del estatus de la implementación del TAP:** revisar y registrar el avance de la implementación de tecnologías.



## Ilustración 20. Proceso de preparación de un TAP



Fuente: TEC-UNEP-DTU

Para la integración final de este plan es importante llevar a cabo un Taller de Trabajo entre los planeadores y el equipo impulsor, el cual alimente la ruta de implementación que se define en el plan, conforme a la evaluación de las necesidades tecnológicas elaborada.

### Paso 16. Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)



Entrada paso 14

Salida paso 1

Los países requieren establecer una contabilidad de las NDC y definir criterios que se estructuran en un marco de transparencia con base al Acuerdo de París (Art 4.13). El propósito de un sistema MRV, es medir el impacto de las medidas implementadas, con la visión de evaluar su contribución a los objetivos nacionales e internacionales de energía y de política climática. Por lo que debe permitir:

1. Medir el nivel de esfuerzo que el país realiza para la reducción de emisiones de CyGEI.
2. Evaluar la efectividad del plan climático de una manera exacta, coherente,
3. transparente, exhaustiva y pertinente.
4. Monitorear las emisiones de CyGEI y los cobeneficios asociados al plan.
5. Institucionalizar los mecanismos para el funcionamiento óptimo del sistema.
6. Generar información para la toma de decisiones a nivel político en el contexto nacional e internacional.

## Recuadro 41. Medición, Reporte y Verificación (MRV)

Un sistema de MRV de planeación climática está definido por sus componentes de la siguiente manera (CMNUCC, 2014):

**Medición:** se miden los esfuerzos para combatir el CC y su impacto, incluyendo el nivel de emisiones de GEI por fuentes y eliminaciones por sumideros, reducciones de emisiones y otros beneficios colaterales.

**Reporte:** se reporta a través de las comunicaciones nacionales y el BUR. Las partes deben generar información sobre sus acciones para abordar el CC para sus comunicaciones nacionales, sobre los inventarios de GEI, la adaptación, acciones de mitigación y sus efectos, limitaciones y brechas, apoyo necesario y recibido, entre otra información que se considere relevante para el logro del objetivo de la CMUNCC.

**Verificación:** se aborda a nivel internacional a través de Consulta y Análisis Internacional (ICA) de BUR, proceso para aumentar la transparencia de las acciones de mitigación y sus efectos y el apoyo necesario y recibido.

Según la CMNUCC, los elementos clave del sistema de MRV a nivel internacional son los siguientes:

- Las comunicaciones nacionales: mediciones e inventario de los GEI y los pasos para implementar los acuerdos a la Convención.
- Informe Bienal de Actualización (BUR): Reporte del inventario de GEI, mediciones de las acciones de mitigación y sus efectos, informes sobre el sistema nacional de MRV, las necesidades y apoyo recibido.
- ICA: análisis técnico del BUR y facilitar el intercambio de opiniones.

A nivel nacional, estos son los elementos necesarios:

- Determinar los arreglos que conforman el MRV nacional con base en las acciones de mitigación, las estrategias sectoriales y de inclusión de tecnologías.
- Proceso de elaboración del reporte del MRV nacional en el BUR.

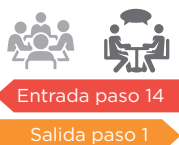
Es recomendable que el Sistema MRV se coordine mediante una plataforma en línea, que facilite el acceso a la información y el oportuno seguimiento de los avances o acciones correctivas que eviten desvíos en los objetivos del plan climático y asegurar que las acciones de mitigación se vean reflejadas en una posible contabilización de los resultados.

Se recomienda que el Sistema MRV sea utilizado para la evaluación y actualización de los indicadores propuestos en la Etapa 1. Situación de partida, ya que es necesario establecer indicadores cuantitativos o cualitativos para cada medida de mitigación. También se puede utilizar para evaluar políticas y programas que fomenten la inclusión de TER.

El Sistema MRV debe permitir conocer de manera actualizada el estatus de los programas o las medidas implementadas, la instancia encargada de su ejecución y el responsable directo de su seguimiento, con lo que se garantiza la trazabilidad de la información. Además, debe facilitar la generación de información sobre el avance e impacto de dichas

medidas, la cual puede ser utilizada para la elaboración de informes públicos y la realización de estudios, ejercicios de modelación, análisis y ajustes externos, para cumplir con la meta de mitigación definida a nivel nacional y comprometida ante la CMNUCC. Es importante señalar, que los países que han ratificado el Acuerdo de París y cuentan con una meta de mitigación comprometida al 2025-2030, requieren revisar el avance alcanzado cada cinco años, lo que facilitará ajustar la meta e incrementar el compromiso de reducción o bien, realizar las acciones necesarias para lograr la meta originalmente comprometida. Bajo esta premisa, se recomienda a los países alinear el diseño de sus Sistema MRV de planes climáticos para dar cumplimiento a los avances.

## Paso 17. Actualización y mejora del plan climático e inclusión de TER



Se recomienda que los países actualicen y propicien una mejora continua del plan climático e inclusión de las TER con base a nuevas necesidades tecnológicas y la actualización de las NDC de acuerdo al artículo 4, párrafo 2 del Acuerdo de París. Este paso se puede ejecutar mediante tres actividades:

- Mejora continua del uso de modelos, actualización de la información, calibración de modelos e incorporación de nuevas TER.
- Evaluación del avance de la política nacional de CC e inclusión de TER.
- Actualización del plan climático hacia el cumplimiento de la actualización de las NDC, la Estrategia de Medio Siglo y emisiones netas cero.

## Actividad 17.1 Actualización en la modelación

Se sugiere que los países actualicen sus ejercicios de modelación con el fin de proporcionar escenarios actualizados o más adecuados, resultantes de nuevos o mejores datos, cambios de actividad, ajuste de año base, actualización de tecnologías, costos y otros resultados obtenidos mediante el Sistema MRV.

Adicionalmente, existen medidas identificadas, principalmente aquellas que involucran la incorporación de tecnologías, para este caso las TER, en las que su escalamiento es pertinente. Por ejemplo, proyectos piloto, experimentales o demostrativos, o aquellas que son resultado de la introducción inicial de una tecnología en un determinado lugar de ámbito local, por lo que se requiere escalar para definir los elementos que permitan fomentar el desarrollo de políticas y programas a largo plazo. Dicho escalamiento también requerirá de una actualización en la modelación, siendo recomendable que esté alineada a los objetivos y metas de la planeación climática.

Durante este paso se sugiere tener en cuenta las preguntas de la Tabla 16.

**Tabla 16. Preguntas clave para la retroalimentación o actualización de modelos**

Atributo	Preguntas clave
Relevancia	<ul style="list-style-type: none"> <li>· De acuerdo con los resultados de la modelación ¿la respuesta identificada es pertinente para dar respuesta a un problema persistente o a una prioridad de políticas públicas a través de la inclusión de TER en los sectores eficiencia energética, energías renovables o transporte?</li> </ul>
Ventaja relativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿La respuesta identificada tiene una ventaja relativa sobre las prácticas existentes?</li> <li>· ¿Es más costo-efectiva que las prácticas o alternativas existentes?</li> </ul>

Atributo	Preguntas clave
Facilidad de transferencia/instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿Qué cambios implica la incorporación de TER con respecto a la normatividad, prácticas y recursos actuales?</li> <li>· ¿Qué nivel de complejidad técnica se necesita para introducir las TER?</li> <li>· ¿La incorporación de TER tienen el potencial de crear conflictos en la organización usuaria?</li> <li>· ¿Para introducir las TER, ¿se requiere incrementar los recursos humanos y financieros o los insumos?</li> </ul>
Compatibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿Las TER seleccionadas son compatibles con las capacidades técnicas y operativas del sector en el que se pretenden introducir?</li> <li>· ¿Qué tan complejo será ampliar a escala la utilización de las TER seleccionadas?</li> <li>· ¿Se requerirán cambios logísticos para incluir las TER?</li> <li>· ¿Qué componentes deberán ser adaptados para ser relevantes para el contexto local?</li> </ul>
Demostrabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿Pueden los diferentes usuarios de las TER realizar proyectos piloto para evaluar su desempeño?</li> </ul>
Necesidad percibida	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿Existe una necesidad percibida de la tecnología? ¿Responde a una prioridad de políticas públicas?</li> <li>· ¿Hay individuos dentro de la institución que sean estén a favor o promuevan el uso de las TER?</li> </ul>
Capacidad de ejecución	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿Tiene la organización usuaria capacidad en: <ul style="list-style-type: none"> <li>- habilidades técnicas</li> <li>- capacitación/formación</li> <li>- logística/insumos</li> <li>- supervisión</li> <li>- liderazgo/coordiación</li> <li>- monitoreo/evaluación</li> <li>- instalaciones físicas y equipamiento</li> <li>- valores que apoyen la innovación</li> <li>- recursos humanos</li> <li>- la política y el marco legal necesario para introducir las TER</li> </ul> </li> <li>· ¿Se ha realizado un proyecto piloto previo?</li> <li>· ¿Se han identificado formas para fortalecer la capacidad de la institución ejecutora?</li> <li>· ¿La adopción de TER tendrá algún impacto negativo sobre otros programas y servicios?</li> </ul>
Momento y circunstancias	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿Hay cambios inminentes dentro del gobierno/institución ejecutora que afectarán la inclusión de TER?</li> <li>· Estos cambios ¿brindan oportunidades o crean restricciones?</li> </ul>
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿Se dispone de recursos?</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia a partir de los Talleres de Diálogo con expertos regionales.

## Actividad 17.2 Evaluación de la política y plan climático

Los países deben sentar las bases para evaluar el avance de la política nacional y subnacional de CC e inclusión de TER, así como el logro de los objetivos de adaptación y mitigación previstos como parte de sus compromisos a corto, mediano y largo plazo.

Para facilitar la evaluación en la instrumentación y efectividad de las medidas de mitigación se definen dos fases:

- El **seguimiento o monitoreo**: se debe efectuar de forma continua a lo largo de la instrumentación del Plan, por lo que permitirá “controlar” y “medir” en tiempo real la evolución y el desarrollo de las estrategias, pudiendo corregir y subsanar posibles carencias en su implementación aprobando nuevas metas a partir de los resultados obtenidos.
- La **evaluación**: es el proceso que permite medir los resultados y ver como estos van cumpliendo los objetivos específicos y líneas de acción planteados, con lo que es factible hacer un “corte” en un tiempo determinado y comparar los resultados de la instrumentación con el objetivo planteado.

### Recuadro 42. Evaluación efectiva de las políticas y programas

Para establecer una evaluación efectiva de políticas y programas se requiere:

- Crear una cultura de evaluación.
- Ajustar el enfoque de la evaluación a los objetivos de la política y el diseño del programa.
- Recopilar estadísticas exactas del avance hacia el logro de las metas.
- Asignar financiamiento adecuado, consignar un porcentaje específico.
- Crear la capacidad necesaria para la evaluación.
- Establecer métodos o lineamientos claros de evaluación que aseguren la coherencia, la sistematización y continuidad del Sistema MRV.

Fuente: (BID-EIA, 2010)

## Actividad 17.3 Actualización del plan climático e inclusión de TER

El artículo 4, párrafo 2 del Acuerdo requiere que cada país describa, comunique y mantenga actualizadas sus acciones climáticas (NDC) posteriores a 2020. Por lo que, como parte de esta actualización o mejora se recomienda:

- Revisar los resultados obtenidos de la instrumentación de las medidas de mitigación, identificando en el caso de aquellas acciones cuyo desempeño o funcionalidad haya sido mermado, los factores o barreras que impidieron su óptimo cumplimiento.
- Evaluar el entorno y planificar medidas que incrementen la posibilidad de éxito de su instrumentación.
- En el caso de las acciones exitosas que involucren la instrumentación de TER, evaluar la factibilidad de ampliar la escala de instrumentación de las medidas.
- Evaluar el aumento de la capacidad de la dependencia/institución responsable de instrumentar la medida.
- Asignar recursos para su instrumentación.
- Tomar decisiones estratégicas para lograr la institucionalización de la medida.
- Tomar decisiones estratégicas para su expansión a otras aplicaciones dentro del sector o subsector.
- Definir indicadores para evaluar el proceso, los resultados y el impacto de la ampliación a escala, los cuales deberán actualizarse en el Sistema MRV.

### Casos de Estudio

Como parte de la Guía de planeación, se presentan a continuación valiosos casos de estudio de experiencias de países de la región LAC en los sectores planteados como prioritarios en este documento: eficiencia energética, energía renovable y transporte; con el objetivo de brindar ejemplos prácticos en la aplicación de modelos para la planeación ante el CC, se incluyen situaciones favorables de instrumentos de política y otras intervencio-

nes que contribuyeron al éxito en la adopción de tecnologías.

Los casos de estudio presentados han generado evidencia adecuada, datos cualitativos basados en la comprensión de la modelación y recomendaciones de planeación en la dirección para apoyar decisiones de futura implementación tecnológica con potencial de brindar mejores resultados y mayores impactos.

Los casos fueron seleccionados, no por ser una situación perfecta, sino por su carácter de prácticas “prometedoras”, que en su mayoría se encuentran en fase de ser probados, mejorados y replicados; incluyen estructuras epistemológicas integrales en la formulación y aplicación de modelos para la planeación y contribuyen con lecciones aprendidas en el establecimiento de un robusto proceso de planeación.

Las experiencias de los casos de estudio, además de ser técnica, legal y económicamente viables y replicables, cumplieron con, al menos, alguno de los siguientes criterios considerados como de una buena práctica: efectividad y éxito, sustentable, sensibilización de los actores involucrados, viabilidad técnica, participativo en su validación y toma de decisiones, replicabilidad y adaptabilidad y manejo de riesgos.

Por definición una buena práctica, por su impacto y replicabilidad, tiene el potencial de convertirse en parte de un marco normativo (por ejemplo: un principio, norma, lineamiento, mandato, entre otros).

En el **Anexo B**, se incluyen fichas más exhaustivas de estos casos de estudio, así como de otros y una matriz de experiencias de la región en distintos modelos y herramientas.

## Caso 1. Costa Rica - Energías Renovables

**Caso:** Proceso de planeación del desarrollo eléctrico y elaboración de Plan de Expansión de la Generación 2016-2035

Sector: **Electricidad**



País: **Costa Rica**



### Institución(es) responsable(s)

- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) de la Dirección de Planificación y Desarrollo Eléctrico
- Dirección Corporativa de Electricidad
- Unidad de Sostenibilidad

### Objetivos y resultados de la Modelación



- Desarrollo de un sistema de generación de energía eléctrica a largo plazo: Plan de la expansión de largo plazo de la generación (PEG) 2016 - 2035

- Construcción de cuatro escenarios: (1) hidroeléctrica Diquis, (2) estrategia GNL, (3) estrategia mixta y (4) escenario de desarrollo geotérmico acelerado.

### Modelos utilizados



- Redes neuronales: utilizado para la estimación de las ventas a clientes finales en cada sector de consumo
- SUPER OLADE 6.0: para transformar la proyección de la demanda anual a datos mensuales
- OPTGEN 7.2.7: utilizado para generar planes de expansión de mínimo costo
- SDDP: simula el comportamiento de un sistema interconectado

### Descripción del trabajo



- Para garantizar el suministro eléctrico nacional en el corto y largo plazo se debe lograr el equilibrio de la oferta y la demanda, por lo que periódicamente se deben realizar planes de expansión de generación de energía con estimaciones y proyecciones
- El propósito del PEG es plantear una estrategia de desarrollo del sistema de generación del país en el largo plazo que sirva de referencia para la toma de decisiones de los diferentes actores que participan en el desarrollo eléctrico del país.
- El PEG define un plan de largo plazo, focalizado en las decisiones críticas y estratégicas de la expansión de la generación. Estas decisiones deben cumplir con criterios económicos y ambientales, así como enmarcarse en las políticas nacionales e institucionales en materia energética.

### Lecciones aprendidas y conclusiones



- La calidad de los datos y de las bases de datos son indispensables.
- Las herramientas de modelación se deben ajustar a la realidad del país
- La experiencia en planificación y modelación facilita el desarrollo de los sistemas eléctricos.
- El trabajo en equipos interdisciplinarios enriquece el proyecto

## Caso 2. Chile – Energías Renovables

**Caso:** Desarrollo del Sector Geotérmico en Chile  
Mesa Redonda de Geotermia, Gestión del Sector Energía

### Sector: Energías Renovables y Mercado Eléctrico



País: **Chile**



#### Institución(es) responsable(s)

- Banco Mundial
- Ministerio de Energía

#### Objetivos y resultados de la Modelación

- Determinación del impacto y costo de la entrada masiva de la energía geotérmica en el sistema eléctrico chileno hasta el año 2050
- Determinar la brecha económica para hacer competitiva a la energía geotérmica
- Establecimiento de primeros lineamientos para políticas de incentivo a la energía geotérmica y otras energías renovables.

#### Modelos utilizados

- Modelo PET: utilizado para optimizar la expansión de la generación y transmisión de energía eléctrica
- Modelo PLP: utilizado para minimizar los costos de operación de sistemas eléctricos a largo plazo
- Modelo PCP: utilizado para resolver la operación de sistemas eléctricos de corto plazo con resolución horaria.

#### Descripción del trabajo

- Dado el potencial de la explotación de energía geotérmica, se instala la Mesa de Geotermia, instancia multidisciplinaria con el objetivo de analizar las actuales problemáticas que ha tenido la geotermia en Chile y posibles beneficios futuros y eventuales políticas de incentivo a la inversión en este tipo de tecnología.

#### Lecciones aprendidas y conclusiones

- La Mesa de Geotermia ha servido para establecer una hoja de ruta para incorporar a la energía geotérmica y otras energías renovables, de modo que se ha instalado en la agenda política nacional la descarbonización de la matriz eléctrica chilena y la necesidad de tecnologías de acumulación flexibles.
- La validación del proceso por parte de los participantes (academia, gobierno, iniciativa privada, modeladores, etc.) es principal para lograr acuerdo y continuidad en el trabajo.
- La continuidad de políticas de Estado que trasciendan a las administraciones es esencial para que estos trabajos logren resultados en el largo plazo.
- Es de gran importancia establecer objetivos y alcances de la Mesa de Geotermia para no perderlos de vista durante el proceso de diálogo.



### Caso 3. Chile - Transporte

**Caso:** Evolución de la movilidad en Santiago de Chile: El rol de las herramientas de modelación y lecciones de la interfaz ciencia-política

Sector:  
**Energía y Transporte**



País: **Chile**



#### Institución(es) responsable(s)

- Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT)

#### Objetivos y resultados de la Modelación



- Modernización y expansión del sistema de transporte público de Santiago para transitar a una economía baja en carbono. Además, mejoras en la operación del Sistema Transantiago.
- Programa de Vialidad y Transporte Urbano para planificar y evaluar las iniciativas de inversión en infraestructura y gestión de los sistemas de transporte a nivel nacional, regional y local.
- Estrategias nacionales para la descarbonización, como la Estrategia de Electro Movilidad en Chile

#### Modelos utilizados



- ESTRAUS: utilizado para simular el equilibrio entre oferta y demanda en el mercado de transporte urbano.
- MODEM: utilizado para inventariar las emisiones de vehículos motorizados en las principales ciudades del país.
- MODEC: utilizado para simular las emisiones de autobuses, hacer una evaluación económica ambiental y de exposición a contaminantes.

#### Descripción del trabajo



- Se estudia y se actualiza una política pública para un uso eficiente de la energía en el sector transporte para reducir los efectos en el medioambiente y disminuir la dependencia de combustibles.

#### Lecciones aprendidas y conclusiones



- Contar con datos actualizados y robustos de la calidad del aire y emisiones de carbono es un aspecto clave para la creación de políticas públicas que promuevan las tecnologías ecológicamente racionales.
- Los organismos gubernamentales de carácter técnico especializados en planificación de transporte son de gran ayuda en el proceso de planeación de la política pública. Es decir, contar con institucionalidad en procesos, acuerdos y metodologías.

## Caso 4. México - Hoja de Ruta en Eficiencia Energética

Caso: Hoja de Ruta en Eficiencia Energética. Potencial y aprovechamiento de la eficiencia energética en México

Sector:  
**eficiencia energética**



País: **México**



### Institución(es) responsable(s)

- Secretaría de Energía (SENER), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)

### Objetivos y resultados de la Modelación



-Evaluar las 50 principales medidas de eficiencia energética en el sector industrial de México, utilizando la herramienta LEAP-IBC (por sus siglas en inglés Long-range Energy Alternatives Planning system - Integrated Benefits Calculator) para diseñar la Hoja de Ruta para alcanzar la meta nacional de eficiencia energética.

### Modelos utilizados



-LEAP-IBC: permite analizar a mediano y largo plazo el impacto de las medidas de eficiencia energética en la reducción de emisiones de GEI y Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC); así como sus cobeneficios, por ejemplo, en la salud de la población.

### Descripción del trabajo



- La Ley de Transición Energética, publicada a finales de 2015, define tres instrumentos de planeación para la política nacional energética en materia de energías limpias y eficiencia energética: 1) la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios (Estrategia); 2) el Programa Especial de la Transición Energética (PETE), y; 3) el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE).
- Estos instrumentos establecen como meta de eficiencia energética a nivel nacional, una tasa anual promedio de 1.9% de reducción de la intensidad de consumo final de energía hasta 2030 y de 3.7% promedio anual hasta 2050. La NDC de México pretende reducir las emisiones del país en un 22% para el 2030 - incluyendo una reducción del 5% en el sector industrial.
- Por lo tanto, la Hoja de Ruta es un elemento clave para alcanzar las metas nacionales sobre el uso racional de la energía. El propósito principal de la Hoja de Ruta es identificar a los actores relevantes, tiempos y la naturaleza de los recursos requeridos para desarrollar las 50 acciones prioritarias de eficiencia energética en el sector industrial manufacturero y las pequeñas y medianas empresas (PyMEs).

### Lecciones aprendidas y conclusiones



Para diseñar una ruta eficaz hacia la meta nacional, se identificaron los siguientes puntos y actividades clave:

- Establecimiento de metas a largo plazo, con base a simulación sectorial de las 50 principales medidas
- Diálogos sectoriales de validación de medidas
- Evaluación y validación de diagnósticos actuales y los escenarios de transición, específicos de las medidas
- Diagnóstico de los principales retos enfrentados en años recientes.
- Identificación de actores claves en todos los órdenes de gobierno
- Estimación de tiempos de ejecución y recursos necesarios

## Vinculación LAC para fortalecer los temas de planeación ante el cambio climático y de tecnologías.

Es importante para la región de Latino América y el Caribe (LAC) unir sus esfuerzos y aprovechar sus capacidades técnicas y tecnológicas existentes para apoyar la planeación climática y la inclusión de TER, de cada país. Actualmente se detectan cuatro iniciativas clave de vinculación, creación de capacidades e intercambio de experiencias en modelación que fortalecen la planeación climática en la región: (1) Proyecto DDPP-LAC (por sus siglas en inglés *Deep Decarbonization Pathways*) liderado por la organización IDDRI, (2) Red de Modelación Energética para la colaboración liderada por Iniciativa Climática de México (ICM), (3) Programa de Cooperación del OIEA en LAC: “Apoyo en la Formulación de Planes de Desarrollo Energético Sostenible” y (4) Programa Planificación Energética de OLADE.

Además, existen esfuerzos previos que han creado importantes resultados como el Programa MAPS (*Mitigation Action Plans & Scenarios*) (2010-2015), donde participaron Brasil, Colombia, Chile y Perú, y como se describe en el **Anexo B**, existe un reservorio de alrededor de 150 experiencias en el uso de más de 49 modelos y herramientas cualitativas para la planeación climática en la región, cuatro de los cuales han sido de desarrollo propio. También en este anexo, se describen 10 casos de estudio relevantes de modelación para la planeación climática en países de LAC.

## Conclusiones y recomendaciones de los expertos

La **Guía para la planeación ante el cambio climático y tecnologías ecológicamente racionales** surge como iniciativa del Proyecto “Mecanismos y Redes de Transferencia de Tecnologías de Cambio Climático en Latinoamérica y el Caribe (LAC)” de apoyar a la región de LAC en el desarrollo de políticas nacionales y capacidades institucionales en el trazo de las trayectorias de largo plazo de desarrollo sostenible, de acuerdo con las metas

climáticas NDC y con su Estrategia de Medio Siglo y emisiones netas cero carbono.

A partir de la contribución y sugerencia de expertos, de modelación y planeación climática, esta Guía presenta una estructura basada en dos principios fundamentales: i) un ciclo continuo de planeación altamente participativo y ii) la utilización modelos y herramientas computacionales para informar la toma de decisión y la selección de escenarios tecnológicos.

Este documento técnico conduce al lector a lo largo de un proceso robusto de planeación ante el CC de 17 pasos ordenados en 4 etapas: (1) situación de partida, (2) actores, coordinación y diálogo, (3) utilización de modelos y herramientas y (4) de los resultados de la modelación a la implementación.

El documento sugiere, de manera ilustrativa no limitativa, actividades, criterios y directrices en cada uno de sus pasos, orientados a la toma de decisión efectiva, en cuanto a la elaboración de trayectorias tecnologías, así como ejemplos seleccionados o referencias de consulta sugeridas. Se consideran como pasos centrales de la Guía y críticos en el proceso de planeación, los siguientes:

### *Paso 3 Identificación del problema y las posibles medidas de mitigación para su solución*

Es importante conocer bien la situación de partida y considerar a las acciones de corto plazo como base para lograr las metas de mediano y largo plazo. Para esto se requiere debatir y analizar, a partir de la situación actual, alternativas tecnológicas y de política pública que darán forma a al siguiente milenio y considerar sistemáticamente la multiplicidad de futuros plausibles de una manera que aumente nuestra habilidad de tomar buenas decisiones hoy frente a grandes incertidumbres. Este paso, naturalmente bajo la responsabilidad de los planeadores, guía a través de sus actividades al lector, a formular los objetivos estratégicos, utilizando métodos cuantitativos en lo necesario para cada sector y plasmando la información necesaria en un Informe robusto de Situación de Partida. Este informe debe brindar la información

suficiente y el propósito u objetivo operacional/instrumental para la utilización de modelos y herramientas computacionales.

### *Paso 12 Selección de modelo(s) y herramienta(s)*

Es fundamental elegir los modelos y herramientas a utilizar de manera adecuada y consensuada, que cumpla con los objetivos estratégicos, represente las características del sistema en estudio adecuadamente y sea además matemáticamente congruente. Se debe también considerar la visión a largo plazo tanto estratégica como operativa, ya que es siempre sugerido que el ciclo de planeación ante el CC con modelos y herramientas computacionales sea continuo y permanezca en las actividades de planeación de los gobiernos.

Esta compleja tarea involucra varias aristas, englobadas en cuatro categorías de criterios para la selección de modelos: de política, técnicos, de accesibilidad e institucionales.

### *Paso 13 Construcción de Escenarios*

La construcción de un escenario es un proceso que debe ser altamente participativo, es decir, para su adecuada elaboración, es necesario contar con el aporte de un grupo de expertos sectoriales y actores o grupos de interés. Muchas veces la construcción de los escenarios se realiza a nivel de escritorio y desde la perspectiva de un modelador o grupo de modeladores, este tipo de ejercicio es válido a nivel consultivo o académico, pero resulta insuficiente en el marco de un proceso de planificación. Se propone bajo las actividades de este paso una forma efectiva de colaboración y análisis para la construcción de escenarios tecnológicos.

También es común que se construya un escenario y posteriormente se realice la selección de un modelo computacional. Es posible que esto no resulte en mayor complicación, cuando se trata del escenario de un caso sencillo. Sin embargo, para fines de esta Guía y la planeación robusta de situaciones complejas, proponemos que la selección de un modelo o modelos constituya un paso previo a la formulación de un escenario. Ya que

resulta muy costoso construir un escenario para el cual no se tenga un modelo adecuado, limitado en su potencia predictiva, o que se tenga que reestructurar dicho escenario para poder adecuarlo al modelo y esto no resulte útil en cuanto a los objetivos estratégicos.

Se propone que los escenarios emerjan de un análisis robusto, cuidando la interface modeladores-planeadores a través de un plan de trabajo y un proceso participativo y estructurado de priorización de escenarios, donde se definen las alternativas y su alcance, se construyan los escenarios mínimos requeridos y se evalúen, pudiendo utilizar métodos como el AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para un análisis multi criterio, que deberá acompañarse de la redacción de conclusiones y sugerencias, directamente relacionadas al objetivo estratégico.

Es importante que las conclusiones de este paso utilicen mecanismos cognitivos para sobrepasar las típicas barreras de la planeación y la utilización de modelos, como:

- Presentar los escenarios como futuros posibles y factibles, no predicciones. Esto facilita la discusión e interpretación frente a distintos puntos de vista.
- Los escenarios deben facilitar el aprendizaje, proveer de un marco de información para estudiar, actualizar y comprender cómo se podrían desarrollar los sectores en el futuro.
- Las narrativas deben involucrar, informar e influir a los actores con distintos puntos de vista
- Los escenarios tienen el poder de cambiar las posturas de los tomadores de decisión, por lo que es importante que estos comprendan los supuestos, las implicaciones y cómo funciona la representación del mundo real en el ejercicio de modelación, de una manera persuasiva que los haga reorganizar adecuadamente sus modelos mentales de la realidad.

## Glosario

*Este glosario se toma del documento Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis, elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014).*

**Acceso a la energía.** Acceso a servicios energéticos limpios, fiables y asequibles para cocinar y para la calefacción, la iluminación, las comunicaciones y usos productivos (Grupo asesor sobre energía y cambio climático, 2010). {GTIII}

**Adaptación.** Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos. {GTII, III}

**Acidificación del océano.** Disminución del pH del océano durante un periodo prolongado, normalmente decenios o periodos más largos, causado primordialmente por la incorporación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación antropógena del océano hace referencia a la proporción de la disminución del pH causada por la actividad humana (IPCC, 2011, pág. 37). {GTI, II}

**Base/referencia.** Estado respecto del cual se mide un cambio. Un periodo de referencia es el periodo relativo al cual se computan las anomalías. En el contexto de las vías de transformación, los escenarios de referencia o escenario sin políticas denotan escenarios que están basados en la hipótesis de que no se aplicará ninguna política o medida de mitigación más allá de las que están ya en vigor, se han promulgado o está previsto que se aprueben. Son construcciones hipotéticas que pueden servir para poner de relieve el nivel de emisiones al que se llegaría sin aplicar otras políticas. {GTI, II, III}

**Bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS).** Aplicación de la tecnología de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) a los procesos de conversión

de bioenergía. Dependiendo de las emisiones en todo el ciclo de vida, incluidos los efectos indirectos marginales totales (debidos al cambio indirecto de uso del suelo y otros procesos), la bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono presenta posibilidades de remoción neta de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera. Véase también secuestro. {GTIII}

**Calentamiento global.** Denota el aumento gradual, observado o proyectado, de la temperatura global en superficie, como una de las consecuencias del forzamiento radiativo provocado por las emisiones antropógenas. {GTIII}

**Clima.** El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante periodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El periodo de promedio habitual es de 30 años, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado, incluida una descripción estadística, del sistema climático. {GTI, II, III}

**Cobeneficios.** Efectos positivos que una política o medida destinada a un objetivo podrían tener en otros objetivos, independientemente del efecto neto sobre el bienestar social general. Los cobeneficios están a menudo supeditados a la incertidumbre y dependen, entre otros factores, de las circunstancias locales y las prácticas de aplicación. Los cobeneficios a menudo se denominan beneficios secundarios. {GTII, III}

**Concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente (CO<sub>2</sub>-eq).** Concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que produciría el mismo forzamiento radiativo que una mezcla dada de CO<sub>2</sub> y otros componentes de forzamiento. Esos valores pueden tener en cuenta únicamente los gases de efecto invernadero (GEI) o una combinación de GEI, aerosoles y cambio del albedo de la superficie. La concentración de CO<sub>2</sub> equivalente es un parámetro para comparar el forzamiento radiativo de una mezcla de diferen-

tes componentes de forzamiento en un momento determinado, aunque no implica una equivalencia en las respuestas correspondientes por lo que se refiere al cambio climático ni al futuro forzamiento. Generalmente no existe ninguna relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente y las concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente resultantes. {GTI, III}

**Costo-efectividad.** Una política es más costo-efectiva si consigue un determinado objetivo de las políticas a un costo menor. Los modelos integrados hacen aproximaciones de soluciones costo-efectivas, a menos que su comportamiento se limite específicamente de otro modo. Los escenarios de mitigación costo-efectivos son los que se basan en un enfoque de ejecución estilizado en el que se aplica un precio único sobre el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero (GEI) en todo el mundo en todos los sectores de todos los países, precio que aumenta con el tiempo de modo que se logren los precios de descuento más bajos a nivel mundial. {GTIII}

**Desarrollo sostenible.** Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial sobre el Medioambiente y el Desarrollo, 1987). {GTII, III}

**Desastre.** Alteración grave del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a fenómenos físicos peligrosos que interactúan con las condiciones sociales vulnerables, dando lugar a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta inmediata a la emergencia para satisfacer las necesidades humanas esenciales y que puede requerir apoyo externo para la recuperación. {GTII}

**Descarbonización.** Proceso mediante el cual los países u otras entidades tratan de lograr una economía con bajas emisiones de carbono o mediante el cual las personas tratan de reducir su consumo de carbono. {GTII, III}

**Emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente (CO<sub>2</sub>-eq).** Cuantía de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que causarían el mismo forzamiento radiativo integrado,

en un horizonte temporal 132 II Anexo II Glosario determinado, que cierta cantidad emitida de un gas de efecto invernadero (GEI) o de una mezcla de GEI. La emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente se calcula multiplicando la emisión de un GEI por su potencial de calentamiento global (PCG) en el horizonte temporal determinado (véanse GTI capítulo 8, cuadro 8.A.1 y GTIII anexo II.9.1 para consultar los valores del PCG de los distintos GEI). En el caso de las mezclas de GEI, se suman las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente correspondientes a cada gas. La emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente constituye una escala común para comparar las emisiones de diferentes GEI, aunque no implica una equivalencia exacta de las respuestas correspondientes en relación con el cambio climático. Generalmente no existe ninguna relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente y las concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente resultantes. {GTI, III}

**Emisiones indirectas.** Emisiones que son consecuencia de las actividades que se realizan dentro de límites bien definidos, por ejemplo, una región, un sector económico, una empresa o un proceso, pero ocurren fuera de los límites especificados. Por ejemplo, las emisiones se califican de indirectas si se derivan del uso de calor, pero físicamente tienen lugar fuera de los límites del usuario del calor, o bien se derivan de la producción de electricidad, pero físicamente tienen lugar fuera de los límites del sector de suministro de energía. {GTIII}

**Escenario de mitigación.** Descripción plausible del futuro, que describe la respuesta del sistema (estudiado) a la ejecución de políticas y medidas de mitigación. Véanse también base/referencia, escenario de emisiones, trayectorias de concentración representativas (RCP), escenarios del IEE y trayectoria de transformación. {GTIII}

**Fenómeno meteorológico extremo.** Fenómeno meteorológico excepcional en un determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de excepcional son diversas, la excepcionalidad habitual de un fenómeno meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 10 o 90 de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un fenómeno meteorológico extremo pueden variar de un lugar a otro en sentido abso-

luto. Una configuración extrema del tiempo puede clasificarse como fenómeno meteorológico extremo cuando persiste durante cierto tiempo (por ejemplo, una estación), especialmente si sus valores promediados o totales son extremos (por ejemplo, sequía o precipitación intensa a lo largo de una temporada). {GTI, II}

**Financiación climática.** No existe ninguna definición convenida de financiación climática. El término financiación climática se aplica tanto a los recursos financieros dedicados a afrontar el cambio climático a nivel mundial como a los flujos financieros hacia los países en desarrollo para ayudarlos a afrontar el cambio climático. {GTIII}

**Forzamiento radiativo.** La potencia de los elementos impulsores se cuantifica como forzamiento radiativo en unidades de vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ), como figura en anteriores evaluaciones del IPCC. El forzamiento radiativo es el cambio en el flujo de energía causado por un elemento impulsor y se calcula en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera. {GTI}

**Impactos (consecuencias, resultados).** Efectos en los sistemas naturales y humanos. En el presente informe, el término impactos se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las crecidas, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos. {GTII}

**Intensidad de carbono.** Cantidad de emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) liberado por unidad de otra variable como el producto interno bruto (PIB), el uso de energía final o el transporte. {GTI-II}

**Intensidad energética.** Relación entre el consumo de energía y la producción física o económica. {GTIII}

**Mitigación (del cambio climático).** Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero. En este informe también se analizan las intervenciones humanas dirigidas a reducir las fuentes de otras sustancias que pueden contribuir directa o indirectamente a la limitación del cambio climático, entre ellas, por ejemplo, la reducción de las emisiones de partículas en suspensión que pueden alterar de forma directa el balance de radiación (por ejemplo, el carbono negro) o las medidas de control de las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes que pueden alterar la concentración de ozono troposférico, el cual tiene un efecto indirecto en el clima. {GTI, II, III}

**Modelos integrados.** Los modelos integrados estudian las interacciones entre diversos sectores de la economía o los componentes de determinados sistemas, como el sistema energético. En el contexto de las trayectorias de transformación, hacen referencia a modelos que, como mínimo, comprenden representaciones completas y desagregadas del sistema energético y su vinculación con la economía general que permitirá considerar las interacciones entre distintos elementos de ese sistema. Estos modelos también pueden abarcar representaciones de toda la economía, el uso del suelo y cambio de uso del suelo, así como del sistema climático. {GTIII}

**Potencial de calentamiento global (PCG).** Índice que mide el forzamiento radiativo tras una emisión de una unidad de masa de cierta sustancia, acumulada durante un horizonte temporal determinado, en comparación con el causado por la sustancia de referencia, el dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Por consiguiente, el PCG representa el

efecto conjunto del diferente período de permanencia de esas sustancias en la atmósfera y de su eficacia relativa como causantes de forzamiento radiativo. {GTI, III}

**Proyección.** Evolución futura que podría seguir una magnitud o un conjunto de magnitudes, generalmente calculada mediante un modelo. A diferencia de las predicciones, las proyecciones están condicionadas por supuestos relativos, por ejemplo, eventualidades socioeconómicas y tecnológicas futuras que podrían o no hacerse realidad. {GTI, II}

**Seguridad energética.** Objetivo de un país determinado, o de la comunidad mundial en su conjunto, de mantener un abastecimiento de energía suficiente, estable y predecible. Las medidas necesarias para ello consisten en proteger la suficiencia de recursos energéticos para satisfacer la demanda de energía nacional a precios competitivos y estables y salvaguardar la resiliencia del suministro de energía, permitir el desarrollo y la aplicación de las tecnologías, construir suficientes infraestructuras para generar, almacenar y transmitir la energía y garantizar contratos de suministro de cumplimiento obligatorio. {GTIII}

**Sistema climático.** Sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares y de forzamientos antropógenos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo. {GTI, II, III}

**Sostenibilidad.** Proceso dinámico que garantiza la persistencia de los sistemas naturales y humanos de forma equitativa. {GTII, III}

**Sumidero.** Todo proceso, actividad o mecanismo que remueve de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de cualquiera de ellos. {GTI, II, III}

**Transformación.** Cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos.

{GTII}

## Referencias bibliográficas

ANESCO. (2018). Eficiencia Energética en Chile. Obtenido de <http://www.anescochile.cl/eficiencia-energetica-chile/>

ARTEAGA Carlos, G. M. (2001). Diagnóstico. Obtenido de <http://mail.udgvirtual.udg.mx/biblioteca/bitstream/123456789/1612/1/Diagnostico.pdf>

Asociación Española para la Calidad. (2018). Matriz de priorización. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/matriz-de-priorizacion>

Asselt, H. v., Rayner, T., & Persson, A. (2015). Climate policy integration. En K. Bäckstrand, Research handbook on climate governance. Cheltenham: Edward Elgar.

Bajo en Carbono. (16 de Octubre de 2013). Desarrollo de un portafolio de inversión en infraestructura y servicios de bajas emisiones en ciudades: herramientas y enfoques. Obtenido de <https://es.slideshare.net/bajoencarbono/congreso-investigacion-cambio-climtico>

Banco Mundial. (05 de 2009). Climate Change Governance. Background Paper to the 2010. Climate Change Governance. Background Paper to the 2010. Obtenido de <http://documents.worldbank.org/curated/en/210731468332049368/pdf/WPS4941.pdf>

Banco Mundial. (2014). Impacto del Cambio Climático en América Latina y el Caribe: cómo hacer frente a la nueva realidad climática. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/news/speech/2014/12/02/climate-change-impacts-in-latin-america-and-the-caribbea>

Banco Mundial. (02 de 06 de 2017). Mecanismos de Coordinación Interinstitucional para una Política Climática Efectiva en Latinoamérica y el Caribe. Obtenido de LEADS LAC: <http://leads-lac.org/wp-content/uploads/2017/06/02-Mecanismos-Coordinaci%C3%B3n-Interinsti->



tucional.-Working-Paper\_final.pdf

Banco Mundial Press Release. (2014). Nueva normalidad climática” plantea riesgos significativos para el desarrollo de América Latina y el Caribe. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2014/12/02/new-climate-normal-poses-severe-risks-to-developm>

BID. (2017). Deep Decarbonization Pathways in Latin-American. Obtenido de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZS-HARE-600781248-10>

BID-EIA. (2010). Gobernanza de la Eficiencia Energética. Manual regional para América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/3341/Gobernanza%20de%20la%20Eficiencia%20Energetica%20-%20Manual%20Regional%20America%20Latina%20y%20Caribe.pdf?sequence=2>

CAF. (2014). Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe. Obtenido de <http://www20.iadb.org/intal/catalogo/PE/2014/15019es.pdf>

CAIT-WRI. (2014). Emisiones GEI. Obtenido de <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>

CCAC. (s.f.). Supporting National Action and Planning on Short-Lived Climate Pollutants. Obtenido de <http://ccacoalition.org/en/initiatives/snap>

CEPAL. (05 de 12 de 2017). Arreglos Institucionales: Algunas recomendaciones. Obtenido de [https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/2017-12-5.3\\_arreglos-institucionales-recomendaciones.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/2017-12-5.3_arreglos-institucionales-recomendaciones.pdf)

CEPAL-PNUD. (11 de 2002). Gasto, inversión y financiamiento para el desarrollo sostenible en México. Obtenido de División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5758/1/S0211879\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5758/1/S0211879_es.pdf)

CEPLAN Perú. (2018). Centro Nacional de Planeamiento Estratégico | CEPLAN. Obtenido de

<https://www.ceplan.gob.pe/>

CMNUCC. (1992). Obtenido de [https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf).

CMNUCC. (2014). Handbook on MEASUREMENT, REPORTING AND VERIFICATION FOR DEVELOPING COUNTRY PARTIES. Obtenido de [https://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_national/application/pdf/non-annex\\_i\\_mrv\\_handbook.pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_national/application/pdf/non-annex_i_mrv_handbook.pdf)

CMNUCC. (12 de 12 de 2015). Acuerdo de París. Obtenido de [https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_spanish\\_.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf)

CMNUCC. (2018). Mecanismo tecnológico. Obtenido de <http://unfccc.int/ttclear/support/technology-mechanism.html>

Ecointeligencia. (2013). El análisis del ciclo de vida. Obtenido de <https://www.ecointeligencia.com/2013/02/analisis-ciclo-vida-acv/>

EIGE. (05 de 06 de 2012). European Institute for Gender Equality. Obtenido de Review of the implementation in the EU of area K of the Beijing platform for action: women and the environment: Gender equality and climate change.: <https://eige.europa.eu/rdc/eige-publications/gender-equality-and-climate-change-report>

European Commission. (2018). 2050 long-term strategy. Obtenido de [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en)

Flores Romero, S. (2014). Análisis y diagnóstico del transporte urbano en el municipio de Toluca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/40440>

Foro Económico Mundial. (2016). Reporte Global de Riesgo. Obtenido de [http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF\\_GRR16.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf)

GEF. (2018). Technology Transfer Steps. Obtenido de <https://www.thegef.org/content/technology-transfer-steps>

Germanwatch. (2018). Índice de Riesgo Climático

Global. Obtenido de <https://germanwatch.org/de/download/20398.pdf>

Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional. Universidad de los Andes. (abril de 2014). Ministerio de Ambiente de Chile. Obtenido de Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono. Estudios de Costos de Abatimiento.: [http://www.minambiente.gov.co/images/cambio-climatico/pdf/estudios\\_de\\_costos\\_de\\_abatimiento/general/General\\_Anejos.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/cambio-climatico/pdf/estudios_de_costos_de_abatimiento/general/General_Anejos.pdf)

GSDRC Applied Knowledge Services. (enero de 2017). National Climate Change Governance. Obtenido de <http://www.gsdr.org/wp-content/uploads/2016/08/NatCCGov.pdf>

IES-BRASIL PROJECT TEAM. (2013). Economic and Social Implications of GHG Mitigation Scenarios in Brazil until 2030. Summary for decision makers.

INECC. (2018). Modelación económica del sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra (AFOLU) para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y compuestos climáticos de vida corta. Informe final. Ciudad de México.

INECC. (18 de Mayo de 2018). [www.inecc.gob.mx](http://www.inecc.gob.mx). Recuperado el Diciembre de 2018, de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

INIA Uruguay. (2018). OBJETIVOS ESTRATÉGICOS Y DIRECTRICES ESTRATÉGICAS. Obtenido de <http://www.inia.org.uy/online/site/19644411.php>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Global Warming of 1.5 °C. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15\\_SPM\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf)

IPCC. (2014). Cambio Climático. Informe de Síntesis 2014. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

ISO. (2006). UNE-EN ISO 14040. Gestión Am-

biental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia. Diciembre 2006. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

Lempert, D. G., Groves, D. G., & Fischbach, J. R. (mayo de 2013). Is it Ethical to Use a Single Probability Density Function? Obtenido de [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/working\\_papers/WR900/WR992/RAND\\_WR992.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/working_papers/WR900/WR992/RAND_WR992.pdf)

Metz, G. O. (2001). Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press for the IPCC.

Ministerio de Energía. Gobierno de Chile. (julio de 2018). Mesa de Geotermia. Rol de la geotermia en el desarrollo de la matriz eléctrica chilena. Obtenido de <http://www.minenergia.cl/mesa-geotermia/wp-content/uploads/2018/07/Informe-Final-Mesa-Geotermia.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. (2017). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. Obtenido de [http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan\\_nacional\\_climatico\\_2017\\_2.pdf](http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf)

OLADE. (1991). Guía metodológica para la elaboración de los balances energéticos. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0341.pdf>

Pereira, A. (2018). Brazilian Mitigation Scenarios Beyond 2020: Modelling and Methodologies, Energy Planning Program. CentroClima-COPPE/UFRJ.

PNUD México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). Consejo de Cambio Climático: una revisión al diseño y operación desde la perspectiva de la participación ciudadana. Ciudad de México: Proyecto 89477. Fortalecimiento de la participación ciudadana y gobernanza ambiental para la sustentabilidad .

Rochedo, P. R., Soares-Filho, B., Schaeffer, R., Viola, E., Szklo, A., Lucena, A. F., . . . Rathmann, R. (2018). The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change*,

Vol. 8, 695–698 .

Santos, R., Antunes, P., Baptista, G., Mateus, P., & Madruga, L. (2006). Stakeholder participation in the design of environmental policy mixes. *Ecological Economics*, 100-110.

Schaeffer, R., & Rochedo, P. (2018). La modelación como instrumento para la planeación climática y la inclusión de TER. Caso de Estudio: Brazilian Mitigation Scenarios - Modelling and Methodologies. CDMX, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1 de diciembre de 2015). Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/comision-intersecretarial-de-cambio-climatico-cicc>

Stratchan, N., Fais, B., & Daly, H. (2016). Reinventing the energy modelling-policy interface. *Nature Energy*.

Technology Need Assessment. (2018). Tecnologías climáticas. Obtenido de Disponible en: <http://www.database.tech-action.org/>

UNCCLEARN. (2018). Introducción a la Planificación para el Cambio Climático. Módulo 6. . [www.uncclearn.org/sites/default/files/modulo\\_6\\_introduccion\\_a\\_la\\_planificacion\\_para\\_el\\_cambio\\_climatico\\_revised.pdf](http://www.uncclearn.org/sites/default/files/modulo_6_introduccion_a_la_planificacion_para_el_cambio_climatico_revised.pdf).

UNFCCC. (2018). Technology mechanism enhancing climate technology development and transfer. Obtenido de [http://unfccc.int/ttclear/misc\\_/StaticFiles/gnwoerk\\_static/TEM/Oe7cc-25f3f9843ccb98399df4d47e219/174ad-939936746b6bfad76e30a324e78.pdf](http://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/TEM/Oe7cc-25f3f9843ccb98399df4d47e219/174ad-939936746b6bfad76e30a324e78.pdf)

UNFCC-TEC & UNEP-DTU. (2016). Enhancing Implementation of Technology Needs Assessments. Guidance for Preparing a Technology Action Plan. Obtenido de [https://unfccc.int/ttclear/misc\\_/StaticFiles/gnwoerk\\_static/TEC\\_column\\_M/33933c6ccb7744bc8fd643feb0f8032a/82af010d04f14a84b9d24c5379514053.pdf](https://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/TEC_column_M/33933c6ccb7744bc8fd643feb0f8032a/82af010d04f14a84b9d24c5379514053.pdf)

UNFCC-TEC & UNEP-DTU. (2017). Enhancing Implementation of Technology Needs Assess-

ments. Guidance for Preparing a Technology Action Plan. Obtenido de [http://unfccc.int/ttclear/misc\\_/StaticFiles/gnwoerk\\_static/TNR\\_HAB/33b283a23cec442abf8c04e734bc545a/bbd-4572425c84815834512ebddf13964.pdf](http://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/TNR_HAB/33b283a23cec442abf8c04e734bc545a/bbd-4572425c84815834512ebddf13964.pdf)

US Government. (Noviembre de 2016). United States Mid-Century Strategy for Deep Decarbonization. Obtenido de [https://unfccc.int/files/focus/long-term\\_strategies/application/pdf/mid\\_century\\_strategy\\_report-final\\_red.pdf](https://unfccc.int/files/focus/long-term_strategies/application/pdf/mid_century_strategy_report-final_red.pdf)

Vogt-Schilb & Halgatte. (2017). Climate policies and nationally determined contributions: reconciling the needed ambition with the political economy.

IPCC, 2014: Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Plattón y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.COM





Anexo A.  
Marco Analítico.



## ANEXO A. MARCO ANALÍTICO

### Contenido

I.	Antecedentes del Proyecto.....	109
II.	La planeación climática en América Latina y el Caribe .....	110
	Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) .....	110
	Instrumentos de política para la planeación climática .....	114
	Marcos jurídicos nacionales.....	116
III.	La transferencia de tecnologías ecológicamente racionales (TER) como acelerador para la mitigación de gases de efecto invernadero.....	117
	Mecanismo Financiero .....	117
	(a) Eficiencia energética.....	118
	(b) Energía renovable.....	118
	(c) Transporte urbano sostenible.....	118
	(d) Medidas de respuesta a corto plazo .....	118
	Proceso para la Transferencia de Tecnología del GEF (Estudio de casos).....	118
IV.	Financiamiento climático: Identificación de fuentes de financiamiento disponibles (nacionales e internacionales).....	121
V.	Talleres de trabajo: Diálogo de expertos.....	126
	Taller de Focalización.....	127
	(a) Objetivo general.....	127
	(b) Objetivos específicos.....	127
	(c) Enfoque metodológico .....	127
	(d) Participantes.....	128
	(e) Principales hallazgos y recomendaciones de los expertos .....	128
	Taller de Validación.....	130
	(a) Objetivo general.....	130
	(b) Objetivos específicos.....	130
	(c) Enfoque metodológico .....	131
	(d) Participantes.....	131
	(e) Principales hallazgos y recomendaciones de los expertos .....	131
	Taller de Difusión .....	136
	(a) Objetivo general.....	136
	(b) Objetivos específicos.....	136
	(c) Enfoque metodológico .....	136
	(d) Participantes.....	137
	(e) Principales hallazgos y recomendaciones de los expertos .....	137
	Metodología de Marco Lógico para Talleres de Trabajo .....	139
VI.	Fichas de países de la Región LAC.....	140
VII.	Formatos de Soporte .....	173
	Plan de Trabajo para la modelación, ejemplo de plantilla y llenado.....	174
	Formato de Base de datos de directorio de actores .....	175

VIII. Referencias Bibliográficas.....	176
---------------------------------------	-----

## Tablas

Tabla 1. Medidas de mitigación definidas para el sector energético en los NDC de la región LAC .....	113
Tabla 2. Proyectos apoyados por el GEF en el sector energético .....	119
Tabla 3. Principales Bancos de Desarrollo Multilateral .....	121
Tabla 4. Instituciones de Financiamiento al Desarrollo que proveen financiamiento bilateral .....	122
Tabla 5. Bancos Nacionales de Desarrollo en países en desarrollo.....	123
Tabla 6. Ejemplos de fondos e iniciativas climáticos internacionales .....	124
Tabla 7. Casos de Estudio en LAC: Modelo - País.....	129
Tabla 8. Casos de Estudio en LAC: Modelo - País presentados en Taller de Validación.....	132

## Ilustraciones

Ilustración 1. Compromisos de reducción de emisiones GEI en América Latina y el Caribe. ...	112
Ilustración 2. Participación de los países de LAC en las comunicaciones hacia la CMNUCC..	114
Ilustración 3. Número de países con Instrumentos de planeación en cambio climático en la Región LAC.....	115
Ilustración 4. Número de normas jurídicas identificadas en los países de la Región LAC .....	116
Ilustración 5. Objetivos de los Talleres de Trabajo .....	127
Ilustración 6. Actividades Taller de Focalización .....	130
Ilustración 7. Diagrama del proceso de planeación climática .....	133
Ilustración 8. Diagrama del proceso de modelación .....	134
Ilustración 9. Actividades Taller de Validación.....	135
Ilustración 10. Actividades Taller de Difusión .....	138



## Marco Analítico

### I. Antecedentes del Proyecto

El proyecto “Mecanismos y Redes de Transferencia de Tecnologías de Cambio Climático en Latinoamérica y el Caribe (LAC)” está integrado por 4 componentes que priorizan temas para la mitigación y adaptación al cambio climático en LAC en los sectores de: energía renovable, eficiencia energética, transporte, silvicultura y agricultura. Los componentes del proyecto son los siguientes:

Componente 1: Desarrollo de políticas nacionales y capacidades institucionales.

Componente 2: Fortalecimiento de redes de transferencia de tecnología.

Componente 3: Mecanismos de transferencia de tecnología.

Componente 4: Movilización de inversiones privadas y públicas.

El **Componente 1**, es ejecutado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México (INECC) y está integrado por dos áreas de estudio: (1) la promoción de las Tecnologías Ecológicamente Racionales (TER), a través de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), y (2) el desarrollo de la capacidad de las autoridades nacionales de planificación para integrar conceptos de TER en las políticas y la planificación nacional y sectorial de cambio climático.

Esta última área del Componente 1 comprende dos actividades estrechamente relacionadas entre sí: 1) el *diálogo de expertos* sobre los modelos que se requieren emplear para evaluar el impacto económico, ambiental y social de la adopción de las TER, a través de tres talleres denominados de: **Focalización, Validación y Difusión**, que servirán de base para la discusión temática, así como para orientar, validar y difundir los avances y resultados del estudio y; 2) la realización del estudio titulado **“Marco Analítico y Guías para la planeación ante el cambio climático y de TER”**.

El objetivo de este estudio es desarrollar una guía que pueda ser utilizada como base para que los países de Latinoamérica y el Caribe puedan adoptar políticas y/o regulaciones de planeación ante el cambio climático con enfoque en transferencia de TER. La guía recopilará y considerará las conclusiones de los diálogos de los talleres regionales.

## II. La planeación climática en América Latina y el Caribe

El cambio en el sistema climático de la Tierra, resultado del incremento de 0.85°C en su temperatura promedio a nivel global, ha obligado a todos los países miembros de la CMNUCC a planear y ejecutar acciones que les permita, por un lado, reducir sus emisiones de GEI y avanzar hacia economías bajas en carbono, al tiempo que también se preparan para hacer frente a los impactos del cambio climático de forma adecuada y atenuar con ello sus efectos sobre la población, la infraestructura estratégica, los sectores productivos y el patrimonio natural que hoy día les implican altos costos, tanto por las pérdidas que representan como por la recuperación de las mismas.

Así mismo, de acuerdo con el Reporte de Riesgos Globales 2016, cabe destacar que es la primera vez en 11 años desde su publicación, que cuatro de las cinco categorías (ambientales, geopolíticas, sociales y económicos) se encuentran en los 5 mayores riesgos, lo cual se atañe a una profunda inestabilidad social y al desempleo o subempleo en los distintos países, lo cual genera un panorama perfecto para los riesgos.

Esto pone de manifiesto la complejidad y transversalidad que representa para cada país el afrontar el cambio climático, de acuerdo con sus circunstancias nacionales, por lo que se recomienda que la planeación en torno al tema involucre una coordinación tanto “vertical” como “horizontal”. En cuanto a la coordinación vertical, la recomendación implica el involucramiento tanto de los países como de las instituciones sectoriales y los gobiernos locales. En el sentido horizontal, la planeación debe considerar la coordinación intersectorial, como en el caso de los Planes Nacionales de Adaptación. (UNCCLEARN, 2018).

### Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC)

Como parte de la planeación climática, y en cumplimiento al Acuerdo de París, las NDC constituyen un plan de acción climática que los países miembros de la CMNUCC habrán de instrumentar para cumplir con las metas comprometidas, en un primer plano, de manera no condicionada y, de darse el financiamiento y la transferencia de tecnología que requieren, con la condicionada también.

Las Contribuciones Nacionales reflejan las acciones que emprenderán los países firmantes, el cual refleja el principio de las responsabilidades comunes, pero diferenciadas, y las capacidades respectivas teniendo en cuenta las diferentes circunstancias nacionales, con el financiamiento de los países desarrollados a los menos favorecidos para lograr las metas establecidas.

Este compromiso, plasmado por las Partes en sus **Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés)**, que aborda de manera equilibrada la mitigación, la adaptación, el financiamiento, el desarrollo y la transferencia de tecnología y el fomento de la capacidad, así como la transparencia de las medidas y la prestación de apoyo, formula y comunica estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, cuyo progreso en conjunto, se evaluará a través de un inventario global que se elaborará cada 5 años.

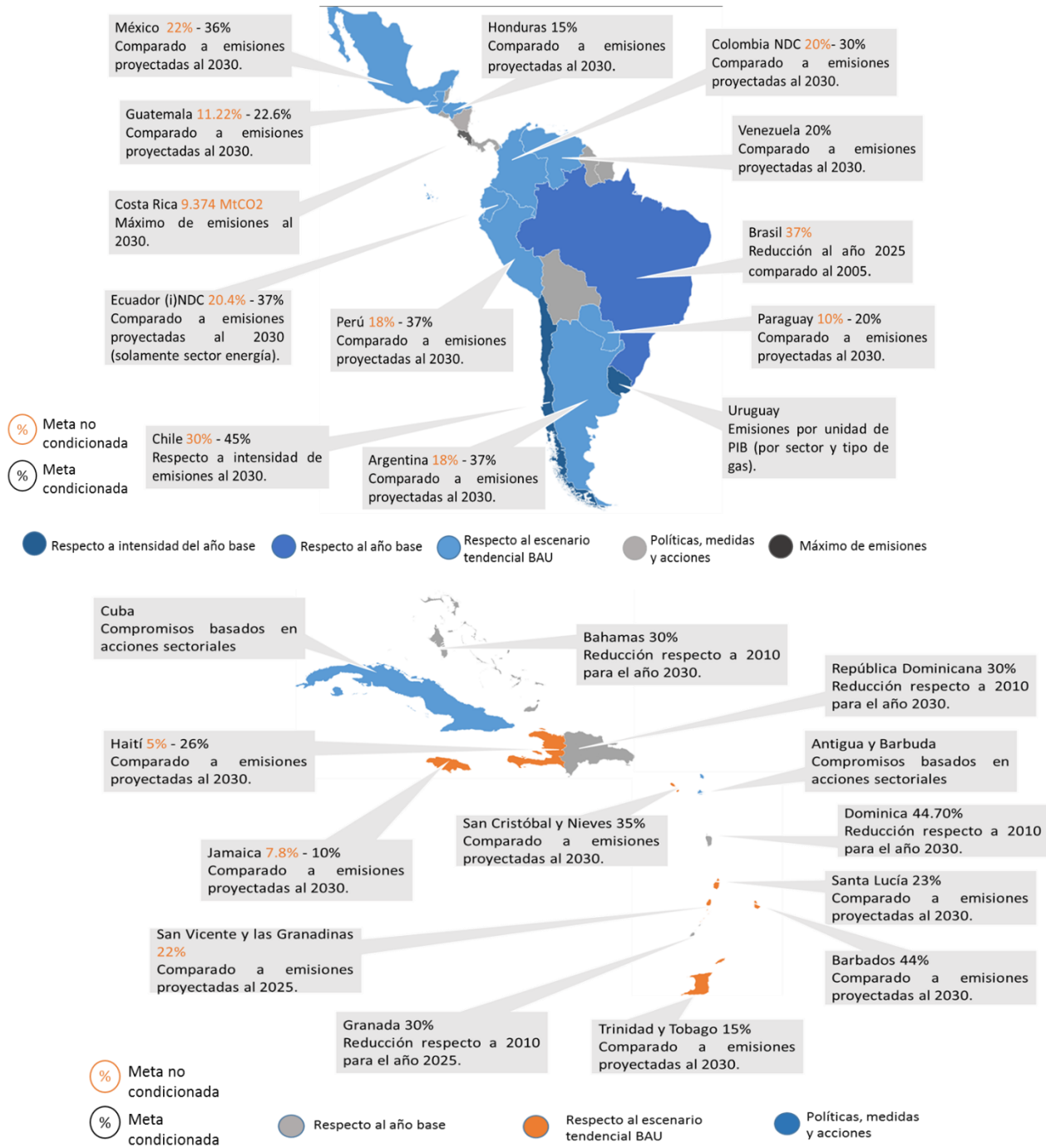
En el caso de Latinoamérica y el Caribe, a la fecha los 33 países de la Región firmaron su adhesión al Acuerdo de París, aunque está pendiente por parte de Ecuador, Surinam y Nicaragua, su ratificación y entrega al registro de la CMNUCC del NDC correspondiente.

En la Región LAC se han establecido 5 tipos de metas de reducción de GEI diferentes, predominando la meta respecto al escenario tendencial (*BAU, por sus siglas en inglés*) por el 50% de los países, seguido por reducción respecto al año-base, con 16%, y la reducción de intensidad con respecto al año-base, con el 6%. Cabe señalar que países como Antigua y Barbuda, Cuba, Belice, Bolivia, El Salvador, Guyana, Panamá y Surinam, que suman el 25%, establecieron metas basadas en estrategias, planes y medidas que buscan un desarrollo con bajas emisiones, bajo sus circunstancias particulares.

En concordancia con los Inventarios Nacionales de GEI, los NDC reflejan en la categoría de Energía medidas de mitigación donde un incremento en la participación de las energías

renovables y en proyectos para mejorar la eficiencia energética y el transporte, resultan estratégicos no solo para reducir las emisiones en el sector, sino también para fortalecer la seguridad energética, principalmente en países como los pequeños Estados insulares, que son importadores de combustibles.

Ilustración 1. Compromisos de reducción de emisiones GEI en América Latina y el Caribe.



Fuente: Elaboración propia a partir de las NDC o NDC entregadas a la CMNUCC a mayo de 2018.

Tabla 1. Medidas de mitigación definidas para el sector energético en los NDC de la región LAC

Energías renovables	Eficiencia energética	Transporte
- Mayor participación de energías renovables: solar, eólica, hídrica, geotérmica, biomasa (RSU), biocombustibles (etanol) y cogeneración.	- Desarrollo e instrumentación de sistemas de gestión de la demanda y conservación de la energía.	- Definición de estándares de eficiencia para vehículos en circulación e importados y su etiquetado.
- Optimización de los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad.	- Eficiencia energética en los sectores industrial, residencial y comercial.	- Introducción de vehículos híbridos y eléctricos (transporte público y privado).
- Generación distribuida con energía solar.	- Iluminación eficiente con focos ahorradores.	- Promover el transporte público y privado sustentable.
- Aprovechamiento térmico de la energía maremotriz.	- Mejora de la eficiencia energética en edificios, mediante tecnologías mejoradas y diseños constructivos.	- Desarrollo de Sistemas Integrados de Transporte (SIT) y Sistemas de Transporte Rápido (BRT).
- Desarrollo de mecanismos financieros y de mercado para las energías renovables.	- Estándares de rendimiento energético para la importación y venta de equipos de mayor consumo energético.	- Uso de gas natural comprimido (GNC) y de biocombustibles.
- Sustitución de combustibles pesados por gas natural, energías renovables y biomasa.	- Mejora de eficiencia energética en electrodomésticos y su etiquetado.	- Uso de gasolinas y diesel de ultra bajo azufre (UBA).
- Impulso a sistemas de interconexión nacionales e internacionales.	- Uso de estufas mejoradas de leña y mejora de eficiencia en hornos de carbón.	- Ampliación de redes de Metro.
	- Uso de calentadores solares.	- Impuestos para limitar la importación de vehículos usados.
- Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación ( <i>NAMA, por sus siglas en inglés</i> )		
- Promoción de ciudades sustentables y energéticamente eficientes.		

Fuente: Elaboración propia a partir de las iNDC o NDC entregadas a la CMNUCC a mayo de 2018.

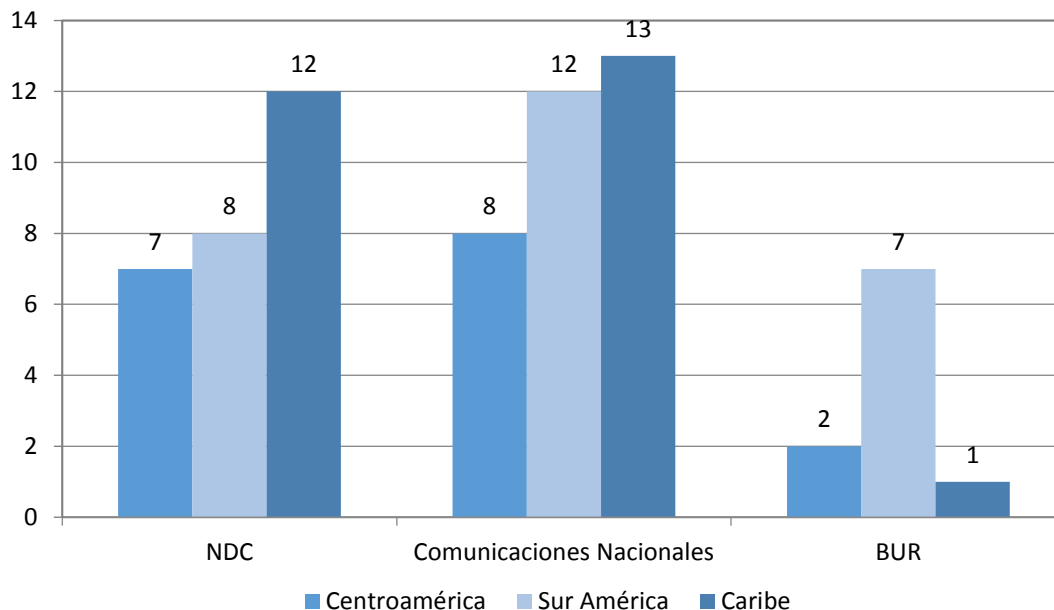
Los costos asociados a la instrumentación de estas medidas suman, de acuerdo con las cifras reportadas en los NDC, \$52.2 billones de dólares, de los cuales el 60% corresponde a la mitigación y el 40% restante, a temas de adaptación. Los países LAC que reportaron estos costos son Antigua & Barbuda, Argentina, Bahamas, Dominica, Granada, Guyana, Haití, República Dominicana, Santa Lucía, Belice y Panamá. En el caso de Antigua & Barbuda y República Dominicana estimaron costos para ambos tipos de medidas.

Los compromisos establecidos en los NDC se basan en las **Comunicaciones Nacionales**, una herramienta de la Convención Marco a través de las cuales las Partes informan sobre los esfuerzos que realizan para hacer frente al cambio climático, así como de las limitaciones, problemas y carencias que los países enfrentan al implementar los acuerdos de ésta.

Asimismo, como parte de los esfuerzos realizados por las Partes No-Anexo 1 de la Convención, se realiza el llamado **Informe Bienal de Actualización** (*BUR, por sus siglas en inglés*), mediante

el cual informan y proporcionan información a la comunidad internacional sobre el avance que guarda la instrumentación de su política climática, mismo que permite para tal fin, la actualización de los [Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero](#).

**Ilustración 2. Participación de los países de LAC en las comunicaciones hacia la CMNUCC**

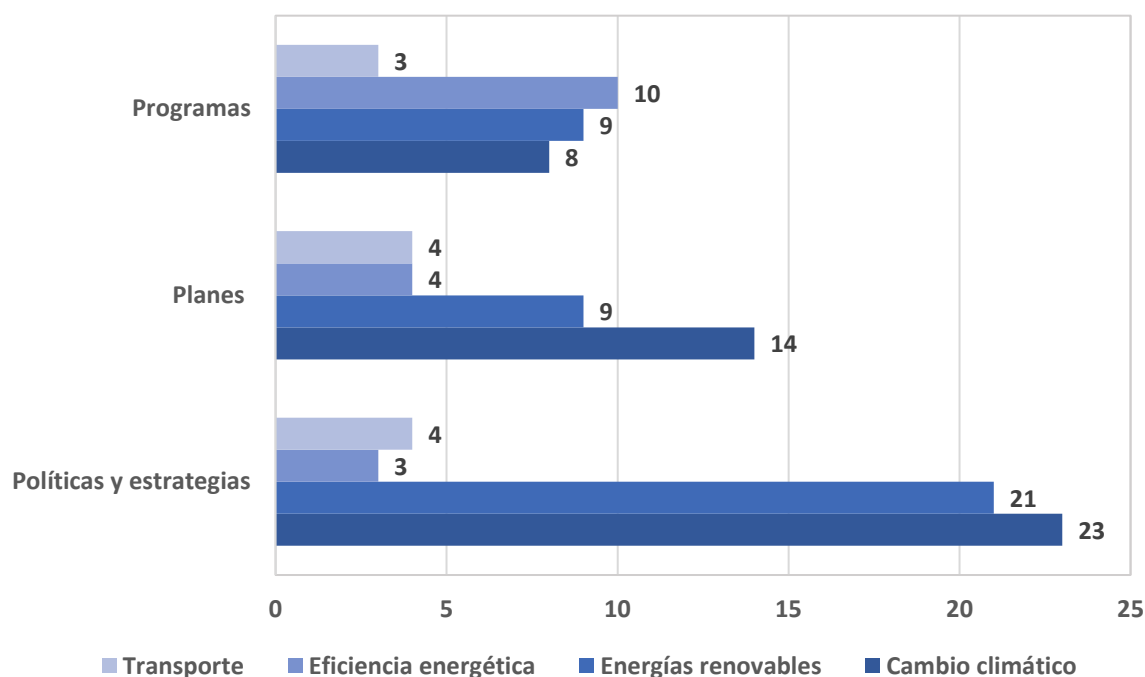


Fuente: Elaboración propia con información entregada a la CMNUCC.

### **Instrumentos de política para la planeación climática**

Si bien los NDC establecen acciones enfocadas a la mitigación y adaptación ante el cambio climático, América Latina y el Caribe, cuentan dentro de su planeación climática con diversos instrumentos de política que coadyuvan a encaminar sus esfuerzos hacia una economía verde y más competitiva. Poco más de la mitad de los países han definido políticas y estrategias nacionales frente al cambio climático, el impulso al desarrollo sustentable y un mayor aprovechamiento de las energías renovables como parte de su matriz energética, las cuales se complementan a través de planes y programas, observándose para el caso de los primeros, una tendencia similar en cuanto a los temas de cambio climático y energía. De manera particular, el mayor número de programas se centran en eficiencia energética, entre los que destacan el Programa para América Latina y el Caribe de Eficiencia Energética (PALCEE) y el SIDS Dock, además de otros asociados al uso racional y eficiente de la energía como en el caso de México y Argentina. Los 10 países con mayor número de instrumentos de planeación se encuentran México, Chile, Honduras, República Dominicana, Barbados, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Belice y Haití.

Ilustración 3. Número de países con Instrumentos de planeación en cambio climático en la Región LAC



Fuente: Elaboración propia con información entregada a la CMNUCC.

#### Organizaciones en las que participan los Estados Insulares de El Caribe

Dada su alta vulnerabilidad a los impactos del cambio climático, se han integrado en diferentes agrupaciones como la de Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (*SIDS, por sus siglas en inglés*), la Alianza de Pequeños Estados Insulares (*AOSIS, por sus siglas en inglés*) y la Comunidad del Caribe (*Caricom, por sus siglas en inglés*).

Los programas que se han impulsado en los países del Caribe son:

- a. **Programa para América Latina y el Caribe de Eficiencia Energética (PALCEE).** - Su objetivo clave es lograr la sostenibilidad en los programas nacionales de eficiencia energética, a través del desarrollo del marco institucional específico en cada uno de los países donde se propone implementarlo (Olade, 2013).
- b. **Tratado Support Program for Small Island Developing States (SIDS DOCK) para el aprovechamiento de energías renovables.** - Es una iniciativa entre los países miembros de la Alliance of Small Island States (AOSIS) para proporcionar a los SIDS un mecanismo institucional colectivo para ayudarlos a transformar sus sectores energéticos nacionales en un catalizador para el desarrollo económico sostenible y ayudar a generar recursos financieros para abordar la adaptación al cambio climático. Se denomina SIDS DOCK porque está diseñada como una "estación DOCKing" para conectar el sector energético con el mercado global de finanzas, tecnologías energéticas sostenibles y con los mercados de carbono de la Unión Europea (UE) y los Estados Unidos (EE. UU.), siendo capaz de comerciar las emisiones de carbono evitadas en esos mercados (SISD-DOCK, 2018) (CARICOM, 2018).
- c. **Iniciativa Global de Energía Sustentable para las Islas (GSEII). Visión 20/30.-** El Consorcio GSEII se formó en 2000 para acelerar la transición de hasta 20 naciones miembros de AOSIS hacia un uso de energía más limpio y sostenible. Se busca desarrollar marcos estratégicos para el desarrollo de energía sostenible en las islas, que

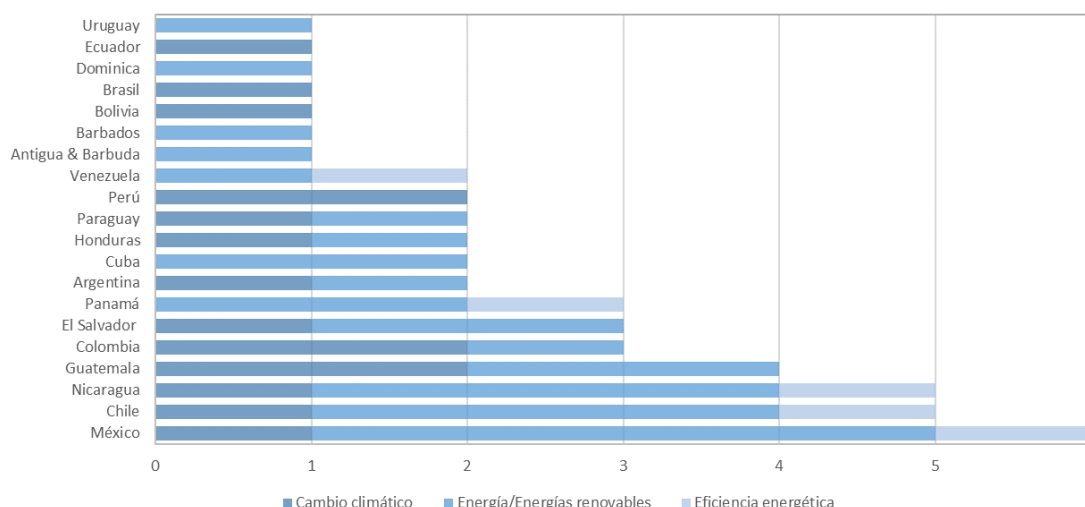
incluyen el entorno regulatorio y normativo necesario, la capacidad institucional, el alcance y la sensibilización, y el apoyo a proyectos con el fin de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, independencia energética segura, reducir los impactos negativos en los entornos locales, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, fomentar la inversión y el comercio privados, mejorar el desarrollo socioeconómico y presentar las rutas de energía sostenible de las naciones insulares como ejemplos para que los países más grandes (GSEII, 2018).

- d. **Japón-Caribe Alianza por el Cambio Climático.** - El Gobierno de Japón y el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) con una inversión de 15 millones de dólares, lanzó esta iniciativa, alineada al Acuerdo de París, para establecer una hoja de ruta para mitigar y adaptarse al cambio climático, en línea con las estrategias a largo plazo de los países. Esta iniciativa contribuye a poner en práctica las acciones y políticas de los países del Caribe para reducir las emisiones de efecto invernadero y adaptarse al cambio climático, tales como Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (*NAMAs, por sus siglas en inglés*) y Planes Nacionales de Adaptación (*PNA, por sus siglas en inglés*) e impulsar el acceso a la energía sostenible y reducir las importaciones y dependencia hacia combustibles fósiles, estableciendo en la región un camino de desarrollo con bajas emisiones (CINU, 2018).

### Marcos jurídicos nacionales

Un esfuerzo importante para impulsar las políticas en torno a la mitigación y adaptación al cambio climático es el establecimiento de un marco jurídico que sustente las disposiciones reglamentarias para enfrentar el cambio climático y sus impactos. En la Región LAC, 20 de los 33 países cuentan con legislación en el tema, destacando leyes generales y marco sobre cambio climático y eficiencia energética. En el caso de las energías renovables, las leyes existentes están relacionadas con el fomento a su participación en la generación eléctrica, la inversión extranjera y la creación de incentivos fiscales para impulsar el aprovechamiento de éstas. La Ilustración 4 muestra, de manera integrada, el número de normas jurídicas identificadas en cada uno de los países de la región en relación con cambio climático, energía/energías renovables y eficiencia energética. En lo que respecta al transporte, no existen leyes ni reglamentos que normen a este sector.

Ilustración 4. Número de normas jurídicas identificadas en los países de la Región LAC



Fuente: Elaboración propia con información de los NDC y del PNUMA (PNUMA, 2015)



### III. La transferencia de tecnologías ecológicamente racionales (TER) como acelerador para la mitigación de gases de efecto invernadero.

En 2007, durante la COP13 que se llevó a cabo en la ciudad de Bali, Indonesia, las Partes concluyeron que la innovación y las nuevas tecnologías desempeñarían un papel crucial en la forma de abordar el problema del cambio climático, y solicitaron al GEF el desarrollo de un programa para promover la inversión en transferencia de tecnología con la finalidad de ayudar a los países en desarrollo a adoptar tecnologías ambientalmente racionales. Durante la COP14 realizada en Poznan, Polonia, dio inicio el Programa Estratégico de Poznan para la Transferencia de Tecnología, el cual es apoyado por el Mecanismo Financiero para la implementación de las TER.

Lo anterior coadyuba al cumplimiento de lo estipulado en el artículo 4 de la CMNUCC en los puntos:

- 4.1. a). Promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia, de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos;
- 4.5 Las Partes que son países en desarrollo, y las demás Partes desarrolladas que figuran en el Anexo II, tomarán todas las medidas posibles para promover, facilitar y financiar, según proceda, la transferencia de tecnologías y conocimientos prácticos ambientalmente sanos, o el acceso a ellos, a otras Partes, especialmente las Partes que son países en desarrollo, a fin de que puedan aplicar las disposiciones de la Convención.

#### Mecanismo Financiero

La transferencia de tecnologías ecológicamente racionales (TER) es un tema central de la propia CMNUCC, convirtiéndose el Fondo Mundial para el Medio Ambiente Mundial (*GEF, por sus siglas en inglés*), en la entidad operativa de su mecanismo financiero, apoyando desde entonces la transferencia, desarrollo y uso de tecnologías inocuas para el clima y que contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático, acordes a las necesidades de cada país.

#### Transferencia de Tecnología (Metz, 2001)

“...un conjunto amplio de procesos que abarcan las corrientes de conocimientos técnicos, experiencia y equipo para la mitigación de los efectos del cambio climático y la adaptación y que tienen lugar entre las distintas partes interesadas, como los Gobiernos, las entidades del sector privado, las instituciones financieras, las organizaciones no gubernamentales y las instituciones educacionales y de investigación...”

El término “transferencia”, que tiene un carácter amplio y general, abarca la difusión de tecnologías y la cooperación tecnológica entre países y en el seno de éstos. Abarca también los procesos de transferencia de tecnología entre países desarrollados, países en desarrollo y países de economías en transición. Asimismo, el proceso de aprendizaje necesario para comprender, utilizar y replicar la tecnología, incluida la capacidad de elegirla, y adaptarla a las condiciones locales y de integrarla a las tecnologías indígenas.

Con respecto a la mitigación al cambio climático, el GEF cuenta con seis programas estratégicos que promueven 1) eficiencia energética en edificios y equipos eléctricos; 2) eficiencia energética industrial; 3) modelos de mercado para la energía renovable; 4) producción sostenible de energía a partir de la biomasa; 5) sistemas innovadores y sostenibles

para el transporte urbano, y; 6) gestión del uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura como medio de proteger las reservas de carbono y reducir las emisiones de GEI (GEF, 2018).

#### (a) Eficiencia energética

Para promover el uso eficiente de la energía se han promovido tecnologías entre las que se encuentra el alumbrado y artefactos eléctricos eficientes, enfriadores, calderas, motores y hornos de ladrillo; así como el diseño de las construcciones y los materiales de construcción, los sistemas de calefacción distritales, la generación y distribución de electricidad, la cogeneración y las tecnologías de eficiencia energética industrial.

#### (b) Energía renovable

Las tecnologías respaldadas en este rubro incluyen la energía solar (energía fotovoltaica), casas solares y calentadores solares de agua, turbinas eólicas, fuentes geotérmicas, pequeñas centrales hidroeléctricas, metano, y biomasa para la generación de calor y electricidad.

Asimismo, también se consideran **nuevas tecnologías de generación de energía de bajo nivel de emisión de GEI** con el propósito de reducir los costos de inicio de actividades y desarrollar los mercados. Por ejemplo, la combinación de la concentración de energía solar y las turbinas de gas.

#### (c) Transporte urbano sostenible

En este rubro, el GEF ha respaldado tecnologías y prácticas de promoción de la evolución a largo plazo hacia sistemas de transporte sostenibles y de bajo nivel de emisiones, incluidos el transporte público, la gestión del tránsito, el transporte no motorizado y la planificación del uso de la tierra.

Con respecto a las tecnologías que ha apoyado se encuentran autobuses que utilizan pilas de hidrógeno, autobuses híbridos que funcionan a gas y electricidad, vehículos eléctricos de tres ruedas, sistemas de transporte rápido por autobús (BRT), carriles confinados para los autobuses, gestión de la demanda de tránsito y sendas para bicicletas. El Fondo ha financiado más de 40 proyectos en más de 70 ciudades de Asia, América Latina, África, Medio Oriente y Europa oriental.

#### (d) Medidas de respuesta a corto plazo

Entre las oportunidades identificadas de reducción de emisiones de GEI a corto plazo, que consideran aquellas con un costo inferior a US\$10 por tonelada de emisiones de carbono evitadas, se encuentran la reducción y el uso del metano, incluidos proyectos de captura y uso de los escapes de metano de los yacimientos y las minas de carbón; utilización de gases de vertedero; conversión de carbón a gas; reparación de fugas de los sistemas de gas natural, y sustitución del gas licuado de petróleo (GLP).

#### Proceso para la Transferencia de Tecnología del GEF (Estudio de casos)

En el marco del Programa Estratégico de Poznan, el GEF ha respaldado 11 proyectos piloto sobre transferencia de tecnología que abarcan 13 países y cuentan con el respaldo de siete organismos del propio GEF (PNUMA, PNUD, ONUDI, FIDA, BID, Banco Mundial y BAFD). El financiamiento total asciende a \$52 millones de dólares, así como más de \$229 millones de dólares de cofinanciación (GEF, 2013).

En América Latina y el Caribe destaca el estudio de caso de *México: Desarrollo y expansión de la energía eólica*, a través del cual se impulsó la construcción de dos parques eólicos en el istmo de Tehuantepec en Oaxaca (La Venta III y la Venta II) con un total de 186.3 MW de capacidad; la puesta en marcha del Centro Regional de Tecnología Eólica y el Plan de acción para eliminar los obstáculos a la utilización de la energía eólica en gran escala en México. Las aportaciones del GEF suman US\$29.1 millones de dólares, además de US\$247.5 millones del Gobierno de México y US\$7.1 millones en cofinanciamiento.

En la Tabla 2 se muestran algunos estudios de caso que han sido apoyados por el GEF.

Tabla 2. Proyectos apoyados por el GEF en el sector energético

Estudio de caso		
Concentración de energía solar	Descripción de la tecnología	Inversión
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Proyecto de sistema integrado de energía solar con ciclo combinado en Al Kuraymat (Egipto), con el Banco Mundial.</li> <li>✓ Central híbrida termosolar en Agua Prieta (México), con el Banco Mundial.</li> <li>✓ Proyecto de sistema integrado de energía solar con ciclo combinado en Ain Beni Matar (Marruecos), con el Banco Mundial.</li> <li>✓ Concentración de energía solar para la generación de electricidad en Namibia, con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).</li> </ul>	<p>Las plantas de CES producen electricidad a partir de la radiación solar para calentar un fluido operante a fin de producir vapor, el cual impulsa motores o turbinas para generar electricidad. Existen 4 tecnologías: colectores parabólicos (como en el caso de Al Kuraymat), discos parabólicos con motor Stirling, reflectores lineales Fresnel, y torres solares. Todos producen energía térmica de alta temperatura.</p>	<p>La inversión del GEF en estos proyectos fue de US\$144 millones de dólares, más US\$314 millones en cofinanciamiento.</p>
Energía eólica	Descripción de la tecnología	Inversión
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costa Rica</li> <li>✓ Uruguay</li> <li>✓ Mauritania</li> <li>✓ Túnez</li> <li>✓ Sudáfrica</li> <li>✓ Eritrea</li> <li>✓ Jordania</li> <li>✓ Belarús</li> <li>✓ Kazajistán</li> <li>✓ Pakistán</li> <li>✓ Rusia</li> <li>✓ Corea del Norte</li> <li>✓ Timor</li> <li>✓ Indonesia</li> </ul>	<p>Ayudar a los países a comprender las exigencias operacionales y de planificación que supone la energía eólica, adquirir experiencia en la instalación e integración a la red eléctrica, y emplear opciones de política que promuevan su desarrollo, incluyendo incentivos para la transmisión</p>	<p>Los fondos del GEF y de cofinanciamiento para estos proyectos fueron de US\$50 millones y US\$262 millones, respectivamente; con lo que ha sido posible la instalación de casi 221 MW de energía eléctrica.</p>
Eficiencia energética	Descripción de la tecnología	Inversión
<p><b>Hornos de alto rendimiento energético para la fabricación de ladrillos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bangladesh</li> <li>✓ China</li> <li>✓ India</li> <li>✓ Viet Nam</li> </ul>	<p>Adopción de hornos de alto rendimiento energético y de prácticas de eficiencia energética en la fabricación de ladrillos, para disminuir el consumo de combustibles fósiles y de biomasa, a fin de reducir las emisiones de GEI y la contaminación atmosférica a nivel local.</p>	<p>De 1991 a 2012, el monto de financiamiento en eficiencia energética del GEF alcanzó US\$1216.5 millones de dólares.</p>

Estudio de caso		
Transporte	Descripción de la tecnología	Inversión
<b>Autobuses con pila de combustible</b> ✓ China: Pekin y Shangai	Estos representan una importante tecnología de energía limpia que está prácticamente lista para su comercialización, aunque requiere ser demostrada para verificar su rendimiento, evaluar su potencial y determinar las necesidades de suministro de hidrógeno e infraestructura para el suministro de combustible en los lugares necesarios.	Entre 1998 y 2012 la inversión en transporte urbano sostenible fue de US\$271 millones de dólares.

Fuente: Elaboración propia a partir de información pública del GEF.

## IV. Financiamiento climático: Identificación de fuentes de financiamiento disponibles (nacionales e internacionales)

Existen diversas fuentes de financiamiento, las cuales se clasifican en:

### 1. Instituciones de Financiamiento al Desarrollo

Estas están integradas por:

- **Bancos de Instituciones de desarrollo multilateral.** Operan a gran escala para proveer beneficios climáticos significativos y apoyo económico al desarrollo sustentable y a instrumentos climáticos financieros emergentes. Estos bancos tienen entre sus funciones cumplir con: estándares de rendimiento ambiental y social, evaluación de habilidades, implicación del sector público y de la comunidad, monitoreo y reporte del impacto de desarrollo, estructuración financiera y movilización de financiamiento privado.

La Tabla 3 muestra los principales bancos de desarrollo, los cuales son responsables de proponer y ser intermediarios de proyectos ante fondos climáticos internacionales (Fondos de Inversión en el Clima). Usando su propio capital, a través de inversiones gubernamentales y de donantes, los bancos funcionan como intermediarios de países en desarrollo para obtener fondos públicos de países desarrollados.

Tabla 3. Principales Bancos de Desarrollo Multilateral

Banco de desarrollo Multilateral	Oficina Principal	Liga Web
Banco Mundial	Washington, DC, EU	<a href="http://www.worldbank.org">www.worldbank.org</a>
Banco de Desarrollo de Asia	Manila, Filipinas	<a href="http://www.adb.org">www.adb.org</a>
Banco de Inversiones Europeo	Luxemburgo	<a href="http://www.eib.org">www.eib.org</a>
Banco de Desarrollo y Reconstrucción Europeo	Londres, Reino Unido	<a href="http://www.ebrd.com/pages/homepage.shtml">www.ebrd.com/pages/homepage.shtml</a>
Banco de Desarrollo Europeo	Costa de Marfil	<a href="http://www.afdb.org">www.afdb.org</a>
Banco de Desarrollo Interamericano	Washington, DC, EU	<a href="http://www.iadb.org">www.iadb.org</a>

Fuente: Elaboración propia a partir de información pública.

- **Financiamiento bilateral.** Representa una fuente importante de asistencia al desarrollo y se enfoca principalmente a través de instituciones financieras de desarrollo nacional. Son instituciones que proveen financiamiento al sector público y privado para inversiones que promueven (por ejemplo) la transición a economías bajas en carbono. Son respaldadas por gobiernos de uno (instituciones nacionales) o varios países desarrollados (instituciones multilaterales).

El financiamiento bilateral es encaminado principalmente a través de instituciones de financiamiento al desarrollo residentes en el país donante y que operan a larga escala en países en desarrollo y países de economías en transición. Tienen el mandato de sus gobiernos respectivos para proveer financiamiento a largo plazo a los sectores público y privado, con objetivos específicos de desarrollo de valor añadido, pero con una base comercial sustentable (Tabla 4).

Tabla 4. Instituciones de Financiamiento al Desarrollo que proveen financiamiento bilateral

Instituciones de financiamiento para el desarrollo bilateral	Oficina Principal	Liga Web
Agencia Australiana para el desarrollo Internacional (AusAid)	Barto, Australia	<a href="http://www.dfat.gov.au/aid">www.dfat.gov.au/aid</a>
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Frankfurt, Alemania	<a href="http://www.kfw.de">www.kfw.de</a>
Agencia Francesa de Desarrollo (AFD)	París, Francia	<a href="http://www.afd.fr">www.afd.fr</a>
Corporación de Inversión Privada en el Extranjero (OPIC)	Washington, DC, EU	<a href="http://www.opic.gov">www.opic.gov</a>
Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional (JICA)	Tokio, Japón	<a href="http://www.jica.go.jp">www.jica.go.jp</a>
Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID)	East Kilbride, Reino Unido	<a href="http://www.gov.uk">www.gov.uk</a>
Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)	Washington, DC, EU	<a href="http://www.usaid.gov">www.usaid.gov</a>

Fuente: Elaboración propia a partir de información pública.

## 2. Bancos Nacionales de Desarrollo

Los países en desarrollo y emergentes han establecido sus propios bancos nacionales de desarrollo, con el objetivo de proveer financiamiento para proyectos en su país o para canalizar los recursos financieros provenientes de fuentes internacionales.

Tabla 5. Bancos Nacionales de Desarrollo en países en desarrollo

Instituciones Financieras de Desarrollo Nacional	Oficina Principal	Liga Web
Banco de Desarrollo del Sur de África (DBSA)	Midrand, África del Sur	<a href="http://www.dbsa.org">www.dbsa.org</a>
Corporación Financiera de Desarrollo (Cofide), Perú	San Isidro, Perú	<a href="http://www.cofide.com.pe">www.cofide.com.pe</a>
Banco de Desarrollo Brasileño (BNDES)	Río de Janeiro, Brasil	<a href="http://www.bndes.gov.br">www.bndes.gov.br</a>
Banco de desarrollo de El Salvador (BANDESAL)	El Salvador	<a href="http://www.bandesal.gob.sv">www.bandesal.gob.sv</a>
Banco de desarrollo de Uganda	Kampala, Uganda	<a href="http://www.udbl.co.ug">www.udbl.co.ug</a>

Fuente: Elaboración propia a partir de información pública.

### 3. Otras Iniciativas de Financiamiento Climático

Además de las instituciones y mecanismos mencionados, se destaca la existencia de los siguientes programas (Tabla 6):

- **Iniciativas Nacionales de Financiación Climática en países desarrollados** que destinan una parte del presupuesto para la cooperación climática internacional. Su implementación permite a los gobiernos fortalecer sus sistemas nacionales para implementar estrategias propias frente al cambio climático.
- **Fondos Climáticos establecidos a nivel internacional a los que contribuyen varios donantes** con el fin de apoyar la acción climática, cada uno con distintas fuentes de recursos y objetivos (*Japan's Fast Start Finance Fund, USA Global Climate Change Initiative, UK's International Climate Fund, Norway's International Climate Forest Initiative, Germany's International Climate Initiative y Australia's International Forest Carbon Initiative*).
- **Los mecanismos desarrollados en el marco de la Convención de Naciones Unidas para el Cambio Climático** (UNFCCC por sus siglas en inglés): el Fondo de Implementación Conjunta y el Mecanismo de desarrollo limpio, así como tres mecanismos de financiación que incluyen el Fondo Verde del Clima (*Green Climate Fund*), el Fondo de Adaptación (*Adaptation Fund*), y el Fondo Global medioambiental (*Global Environmental Facility*).
- **Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés)**: Los países miembros de la CMNUCC cuentan con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, el cual fue creado por la propia Convención desde la primera Conferencia de las Partes en la Convención celebrada en Berlín, Alemania en 1995, como la entidad operativa de su mecanismo financiero, apoyando desde entonces la transferencia, desarrollo y uso de tecnologías inocuas para el clima y que contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático, acordes a las necesidades de cada país.

Tabla 6. Ejemplos de fondos e iniciativas climáticos internacionales

Fondo/Iniciativa	Tipo	Administrado por	Área de Concentración
Fondo de Tecnología Limpia	Fondo Multilateral	Fondo de Tecnología Limpia	Mitigación - General
Programa UN-REDD	Fondo Multilateral	UNDP	Mitigación - REDD
Iniciativa Climática Internacional de Alemania	Fondo Bilateral	Gobierno de Alemania	Adaptación, Mitigación - general, Mitigación - REDD
Fondo Climático Internacional del Reino Unido	Fondo Bilateral	Gobierno de Reino Unido	Adaptación, Mitigación - general, Mitigación - REDD

Fuente: Elaboración propia a partir de información pública.

#### 4. Instituciones de Financiamiento Climático A Nivel Nacional

Estas entidades de financiamiento climático nacional son los mecanismos que permiten a los gobiernos fortalecer su política y sistema fiscal accediendo directamente a la financiación que necesitan para implementar su política y estrategia nacional frente al cambio climático. Su función principal es gestionar el financiamiento climático, o bien que integre esta función en una institución ya existente (ministerios, agencias públicas).

Este enfoque es liderado por cada país y contribuye a fortalecer a las instituciones nacionales, el desarrollo sostenible y la efectividad de la ayuda. Se trata de una práctica relativamente nueva, por lo cual es comprensible que estas entidades de reciente creación no cuenten con los mismos mecanismos y capacidades que tienen las entidades multilaterales o bilaterales. Además, sus procesos de decisión y de funcionamiento dependen de las prioridades políticas, del presupuesto nacional disponible y de otros factores macro y microeconómicos. Su fuente de recursos suele ser el financiamiento multilateral combinado con el nacional.

##### *Financiamiento a partir de recursos fiscales*

A nivel nacional, el financiamiento también puede provenir de recursos obtenidos a partir de diferentes mecanismos fiscales. En México, por ejemplo, se utilizan varios esquemas de estos instrumentos como medida de financiamiento nacional (CEPAL-PNUD, 2002). Algunos de estos se describen a continuación:

- ***Sobrecargos impuestos en zonas metropolitanas:*** Este sobrecargo en el precio es pequeño en relación al precio por litro de las gasolinas, por lo que no es muy visible para los contribuyentes y probablemente no contribuya a reducir el consumo de gasolina dado que se trata de un bien con demanda altamente inelástica.
- ***Aranceles tasa cero para importaciones de tecnología y equipo anticontaminantes:*** Consiste en un incentivo a la inversión al otorgar una tasa cero arancelaria a todo equipo o tecnología anticontaminante. Las lecciones aprendidas de este caso se resumen en tener claridad del equipo sujeto al beneficio fiscal y coordinación entre las autoridades ambientales y de comercio en el momento del trámite.
- ***Depreciación acelerada o deducción inmediata:*** Prevista en la Ley del Impuesto sobre la Renta, la depreciación acelerada es un sistema de amortización que consiste en recuperar la inversión original de los activos fijo y diferido, vía fiscal, mediante un porcentaje mayor en los primeros años a partir de la adquisición. En este caso también es necesaria la claridad en los equipos sujetos a este beneficio.
- ***Ajustes al impuesto por tenencia de vehículos:*** Los gobiernos subnacionales tienen la atribución para ajustar la tenencia de los automóviles más antiguos a un año específico con el objeto de alentar la renovación del parque vehicular. Para un mayor éxito se



recomienda reducir el impuesto en la adquisición de vehículos nuevos, así como modificar la tenencia y sujetar el gravamen en proporción al nivel de emisiones que el modelo emita.

- ***Incentivos adversos a la protección ambiental derivados de políticas ambientales, también conocidos como impuestos sobre el carbono:*** El impuesto sobre el carbono es un impuesto sobre la emisión de dióxido de carbono que pretende reducir su expulsión a la atmósfera desalentando las emisiones de contaminantes y haciendo pagar a los contaminadores en proporción a sus emisiones.

Para poder acceder al financiamiento, los países beneficiarios deben fortalecer sus capacidades en cuanto a la propuesta de proyectos e iniciativas relevantes, así como a la gestión de los fondos a los que accedan. El cambio climático requiere de políticas integrales y de, idealmente, una institución que a nivel nacional movilice, gestione, y coordine el financiamiento climático.

El desarrollo a nivel local es el punto central para el establecimiento de prioridades, para lo cual se debe realizar una identificación de acciones nacionales en cambio climático con base en escenarios de cambio climático y líneas de base de emisiones, planes de desarrollo, proyecciones de impacto de las acciones y una revisión de las soluciones innovadoras y prácticas disponibles. En un nivel macro, lo recomendado es articular acciones de mitigación adecuadas al país (NAMA), planes de adaptación nacionales (NAP), y planes de acción de tecnologías (TPA).

Los tomadores de decisión deben ser capaces de identificar el flujo de los recursos requeridos para actividades prioritarias y planificar la secuencia relacionada con estos flujos. Para identificar los procedimientos actuales de la aplicación de recursos se pueden usar varias herramientas:

- Una evaluación de inversión y flujos financieros (I&FF)
- Un informe del gasto público e instituciones en clima (CPEIR), esta herramienta incluye las siguientes actividades:
  - Definición de gastos en cambio climático, así como un sistema de seguimiento.
  - Identificación de la integración del cambio climático en el proceso presupuestario.
  - Asignación presupuestaria.

Para identificar las fuentes para el financiamiento de los proyectos es necesario analizar diversas fuentes que pueden caer dentro de canales privados para armonizar la oferta con la demanda, articular los requerimientos financieros en el contexto de actividades específicas dependiendo de la fuente de financiamiento.

## V. Talleres de trabajo: Diálogo de expertos.

Como parte de la construcción de las Guías para la planeación ante el cambio climático y la inclusión de tecnologías ecológicamente racionales (TER's) para los sectores de energías renovables, eficiencia energética y transporte, a la fecha se han realizado tres talleres de trabajo: el primero denominado **de Focalización** se realizó en la ciudad de México, México los días 5 y 6 de junio de 2018 y el segundo, **de Validación**, los días 10 y 11 de septiembre de 2018 en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. El último taller denominado como **Diálogo de Expertos: Evento de Difusión**, se llevó a cabo el 24 y 25 octubre de 2018 en la Ciudad de México, México. En estos talleres se contó con la participación de expertos en el tema de modelación y planeación climática, incentivando un diálogo abierto entre los participantes.

Entre los participantes se encuentran actores clave del sector público, academia, sector privado y organizaciones de la sociedad civil involucrados en el desarrollo y ejecución de modelos y herramientas para la planificación energética y del cambio climático, así como para la evaluación y priorización de TER's.

La composición del grupo de expertos fue diversa, de forma que sus aportaciones, desde sus distintas áreas de experiencia, enriquecieron la comprensión de las distintas realidades de los países de Latinoamérica y el Caribe, compartiendo casos de éxito, así como barreras o situaciones a las que se han enfrentado al llevar a cabo diferentes proyectos, construyendo un importante acervo de lecciones aprendidas.

Los expertos en modelación en América Latina y el Caribe fueron identificados a partir de los trabajos que ellos o sus instituciones han publicado y que están disponibles en la internet. En el caso de los planeadores, se identificaron a través de los Ministerios de Medio Ambiente o Energía de los países de la Región.

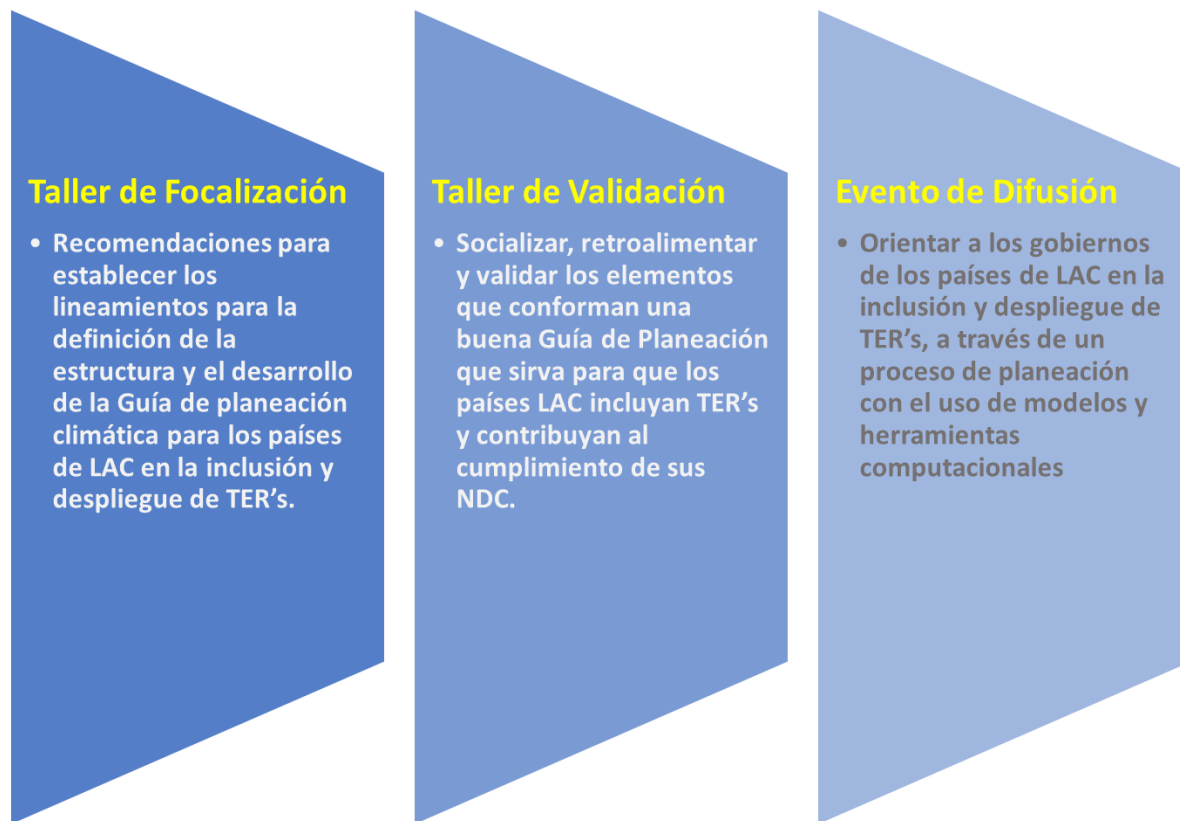
En cada uno de los Talleres se contó con presentaciones del propio estudio, que permitieron poner en contexto a los participantes sobre los objetivos y alcances que se persiguen con la Guía de planeación ante el cambio climático; así como, los avances logrados a la fecha de cada taller, mismo que permitieron desarrollar dinámicas participativas, incluyentes, estructuradas en cada una de las sesiones de trabajo, con el fin de hacerlas eficientes y productivas, al mismo tiempo que motivaran la participación dinámica de los asistentes.

Las aportaciones vertidas durante los Talleres de Focalización (CDMX, México - junio 2018) y Validación (Santo Domingo, RD - septiembre 2018) enriquecieron la propuesta inicial de estructura de la Guía, misma que fue analizada y discutida en República Dominicana, dando como resultado a una estructura de la Guía retroalimentada, misma que se presentó y retroalimentó en el Evento de Difusión (CDMX, México - septiembre 2018).

A lo largo de estos talleres se contó con la participación de 144 participantes representantes de 17 países de la región: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay; así como representantes de Estados Unidos, Francia y España.

En la Ilustración 5 se muestra la vinculación existente entre los tres talleres para la definición y construcción de la Guía de Planeación.

Ilustración 5. Objetivos de los Talleres de Trabajo



Fuente: Elaboración propia a partir de información pública.

### Taller de Focalización

Este taller tuvo como:

#### (a) Objetivo general

Facilitar un diálogo abierto entre expertos en modelos de planificación energética, cambio climático y evaluación de tecnologías, que de **elementos y recomendaciones y permita establecer los lineamientos para el desarrollo de la Guía de planeación que apoye a los países de LAC en la inclusión y despliegue de TER's**, en concordancia con el cumplimiento de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (*NDC por sus siglas en inglés*)".

#### (b) Objetivos específicos

- Conocer el **proceso de planeación que los países de LAC** han seguido para la integración de sus NDC.
- Compartir y socializar los avances del estudio de **identificación de los modelos o herramientas que actualmente utilizan los países de LAC para la planificación del cambio climático y evaluación de alternativas tecnológicas**.
- **Recomendar los modelos a utilizar para la elaboración de la Guías de aplicación con base en el binomio país-sector**, acorde a la disponibilidad y capacidad técnica existente en los países de LAC en tres sectores prioritarios: energías renovables, eficiencia energética y transporte, con base en la experiencia y buenas prácticas existentes en la región.
- Reflexionar sobre los **retos y limitaciones para mejorar la planeación del cambio climático** considerando el impacto económico, ambiental y social de las TER's en LAC.

#### (c) Enfoque metodológico

El taller constó de dos momentos generales: el primero se dedicó a crear un espacio de integración entre los participantes, así como su alineación sobre la concepción y objetivos del

Taller de Focalización, contextualizando el estatus que guarda la planeación en cambio climático en la región LAC con respecto al uso de modelos y herramientas metodológicas para la definición de sus metas de mitigación establecidas en sus NDC, experiencias vividas y lecciones aprendidas.

El segundo momento propició un espacio de diálogo creativo y colaborativo para sacar provecho del conocimiento experto de cada uno de los participantes y de la propuesta en común de los principales aspectos de los modelos o herramientas, que permita la búsqueda y priorización del modelo(s)-país-sector para promover la integración de las TER como estrategia de mitigación y adaptación contra el cambio climático en los sectores de energía renovable, eficiencia energética, transporte, silvicultura y agricultura; así como la formulación de recomendaciones para afrontar los retos y limitantes que existen para los países de LAC en el uso de los modelos como parte de su planeación climática y para la adopción de TER.

#### (d) Participantes

En este taller se contó con la participación de 31 participantes representantes de seis países de la región: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y México.

#### (e) Principales hallazgos y recomendaciones de los expertos

En este primer taller los expertos expresaron su opinión sobre la relevancia que guarda el uso de la modelación en la planeación climática, haciendo hincapié en la necesidad de identificar la pregunta que se quiere resolver para así elegir entre los diversos modelos y herramientas que se tienen disponibles.

De manera específica, en el *Panel 1: La experiencia de LAC en la aplicación de modelos para su planeación climática* se habló sobre las ventajas y desventajas del uso de modelos y se insistió sobre la importancia de entender que un modelo es solamente una herramienta de apoyo para identificar tendencias de futuro en algún aspecto de la realidad que apoye la mejor toma de decisiones.

Durante la presentación de los “Criterios de selección de modelos por OLADE” se mencionó sobre el papel y de la clasificación de los modelos de planificación energética y de la forma en que éstos son un apoyo al proceso de toma de decisiones; una herramienta para representar organizadamente una realidad compleja; haciendo énfasis en que no existe un “modelo prodigioso” o perfecto, y que los modelos solamente son una herramienta de apoyo.

En términos de las recomendaciones que hace para Latinoamérica y el Caribe, mencionó que “un modelo debe servir como plataforma o canal de diálogo entre los diversos actores, además de permitir discutir sobre el valor de parámetros técnicos y debe ser de fácil manejo y accesibilidad, centralizar la información y desarrollar un modelo integrado. Por tanto, un modelo debe ser un canal de diálogo entre los actores.

Algunas observaciones que se hicieron son:

- No hay modelos perfectos, los modelos vienen de supuestos, los supuestos tienen limitaciones.
- El arte de los modelos es saber qué sacar, no necesariamente los resultados numéricos que salen son parsimoniosos con la realidad.
- Los modelos son solo herramientas, es más importante en los datos y en la decisión
- Se pueden utilizar varios modelos para evaluar la proximidad de las corridas.
- Los modelos deben ser comparados, contrastados y criticados.
- Los modelos son tan buenos como los datos con los que se alimentan.
- El propósito es fundamental para la decisión de los modelos.

De manera general, se mencionó que:

- El uso de modelos tiene distintas ventajas y desventajas y se insistió sobre la importancia de entender que un modelo es solamente una herramienta de apoyo para

identificar tendencias de futuro en algún aspecto de la realidad, que apoya y fundamenta la mejor toma de decisiones.

- Los modelos están diseñados con distintas finalidades, se debe comprender bien la relevancia del propósito específico en la planeación para formular las bases conceptuales del problema y aplicar criterios de selección para elegir entre la gran gama de modelos disponibles para la planeación energética y en transporte.
- Los modelos son tan buenos como los datos con los que se alimentan, es por lo tanto indispensable considerar la disponibilidad y la calidad de los datos como punto crítico en el proceso de la utilización de modelos y de la selección de estos.
- La aplicación de modelos para la planeación debe servir como plataforma o canal de diálogo entre los diversos actores. Debe obtener y brindar información entre los actores relevantes, que permita discutir sobre los parámetros técnicos. Los modelos deben ser comparados, contrastados y criticados. Por lo tanto, se recomienda que el proceso sea altamente participativo.
- El modelo debe ser de fácil modificación, comprensión y accesibilidad. Debe centralizar información y desarrollar en lo posible un modelo integrado con otros sectores y con la modelación macroeconómica. También, se recomienda utilizar varios modelos para evaluar la proximidad de las corridas.
- Se requiere un “ejército” de personal para la modelación y capacidades específicas. Por lo tanto, se recomienda que sea un trabajo continuo para desarrollar y alimentar el modelo de cada país periódicamente y no perder esfuerzos ni capacidades obtenidas.

Finalmente, como conclusión de este Taller, los expertos seleccionaron **tres Casos de Estudio: Modelo-País**, que podrían ser documentados para mostrar cómo la modelación contribuye en la planeación contra el cambio climático (Tabla 7), señalando reiteradamente la importancia del fomento al diálogo y trabajo colaborativo y participativo entre los actores de la cuádruple hélice: gobierno, iniciativa privada, academia y sociedad civil.

Tabla 7. Casos de Estudio en LAC: Modelo - País

No.	Sector	País	Caso - Modelo
1	Transporte	Chile	Evaluación de las mejoras ambientales en el transporte público de Santiago, 2007-2010. <b>Modelación:</b> ESTRAUS, MODEM, MODEC.
2	Energía Renovable	Costa Rica	El meta de Costa Rica por generar una matriz eléctrica 100% renovable y diversificada. <b>Modelación:</b> OPTGEN, SDDP y SUPEROLADE.
3	Eficiencia Energética	México	Hoja de Ruta: potencial y aprovechamiento de la eficiencia energética en México. <b>Modelación:</b> LEAP

Fuente: Elaboración propia a partir de información pública.

Dado estas recomendaciones de los expertos en modelación, el *Ejercicio de aplicación de modelos de planificación de cambio climático y TER* se decidió, en conjunto con el INECC, **documentar ejercicios prácticos y casos de éxito en la aplicación de modelos** que integren conceptos de tecnologías ecológicamente racionales en las políticas de planeación nacionales y sectoriales, con el fin de que los países puedan fortalecer sus procesos y capacidades de planificación por medio de del uso de dichos modelos y herramientas.

A continuación, se describen a mayor detalle los tres casos de estudio sector-país, que están alineados a los objetivos de la Guía de Planeación y específicamente se describe como los países utilizan los modelos para representar la situación actual y futuros escenarios de dichas nacionales para su planeación climática y toma de decisiones. Es importante mencionar, que los casos no son una situación perfecta y han tenido también distintas lecciones aprendidas de gran valor para generar recomendaciones en cuanto al proceso de planeación de otros países.

Ilustración 6. Actividades Taller de Focalización



### Taller de Validación

Este taller tuvo como:

#### (a) Objetivo general

Facilitar un diálogo abierto entre expertos en modelos de planeación energética, cambio climático y evaluación de tecnologías para **validar los elementos que conforman una buena Guía de Planeación** que sirva para que los países LAC incluyan TER's y contribuyan al cumplimiento de sus NDC.

#### (b) Objetivos específicos

- Validar la información y el avance de los trabajos, que a la fecha presente el consultor.
- **Socializar y retroalimentar** los resultados del Taller de Focalización.

- **Conocer y validar la propuesta** de estructura y de contenido de la Guía de Planeación para los sectores de energías renovables, eficiencia energética y transporte, para su implementación.
- **Reflexionar sobre los retos y limitaciones** para implementar herramientas y modelos considerando el impacto económico, ambiental y social de las TER's en LAC.
- **Validar la información** de los ejercicios prácticos del uso de modelos para la definición de políticas en los temas seleccionados.

#### (c) Enfoque metodológico

El Taller de Validación del proyecto, tuvo por objetivo ser un espacio de trabajo que motivara el análisis, la discusión y la generación de insumos y resultados que enriquecieran y validaran la estructura, el contenido y la visión de la Guía de Planeación. Por esta razón, todas las metodologías que constituyeron este Taller fueron participativas, incluyentes y estructuradas, de modo que permitieron que las sesiones de trabajo fueran eficientes, productivas, y que al mismo tiempo incentivaran la participación dinámica de los asistentes.

Se utilizaron presentaciones PowerPoint; paneles de discusión; sesiones plenarias; mesas de trabajo sectoriales en las que se observó la metodología Metaplan; sistematización de comentarios en rotafolios; insumos impresos en las mesas de trabajo; entre otros, para recibir y documentar las aportaciones de todos los participantes.

Se buscó crear un espacio de integración entre los participantes y el diálogo creativo y colaborativo para sacar provecho del conocimiento colectivo de los asistentes para reflejar su experiencia en el enriquecimiento de la propuesta de Guía de Planeación, y así promover la adopción de una política de planeación, el uso de modelos e integración de TER en los sectores de energía renovable, eficiencia energética y transporte en LAC.

#### (d) Participantes

En este taller se contó con la participación de 33 participantes representantes de 10 países de la región: Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, México, República Dominicana y Uruguay.

#### (e) Principales hallazgos y recomendaciones de los expertos

En seguimiento a los hallazgos obtenidos en el Taller de Focalización, este segundo Taller buscó conocer las opiniones, sugerencias y recomendaciones de los expertos tanto en planeación como en modelación con respecto a tres temas centrales:

- a. La estructura de las Guías de planeación ante el cambio climático y la inclusión de TER.
- b. Los contenidos definidos en el capitulo de las Guías.
- c. La incorporación de la modelación en los procesos de planeación ante el cambio climático y la ruta crítica para la planeación de la modelación.

Asimismo, se invitó a representantes de los países de América Latina y el Caribe que se identificaron con casos de éxito sobre la incorporación de modelos para la planeación climática durante el Taller de Focalización, a compartir su experiencia con el resto de los asistentes. Los casos presentados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Casos de Estudio en LAC: Modelo – País presentados en Taller de Validación

No.	Sector	Caso – Modelo
1	Transporte	Presentación sobre la Evaluación de las mejoras ambientales en el transporte público de Santiago, 2007-2010. (Transantiago). Modelación: ESTRAUS, MODEM, MODEC.
2	Energía Renovable	Presentación sobre la experiencia de la definición de La meta de Costa Rica por generar una matriz eléctrica 100% renovable y diversificada. Modelación: OPTGEN, SDDP y SUPEROLADE.
3	Eficiencia Energética	Presentación sobre la Hoja de Ruta: potencial y aprovechamiento de la eficiencia energética en México. Modelación: LEAP.
4	Transporte	Presentación “Integración de Modelos en el proceso de planificación para la movilidad urbana sostenible” en Uruguay. Modelación: VISUM, VISSIM y VISTRO.

Fuente: Elaboración propia a partir de información pública.

En este taller se trabajó en forma simultánea con dos grupos. El primero de planeadores y el segundo de modeladores. A continuación, se describen los principales hallazgos y recomendaciones de cada grupo.

#### Grupo de planeación

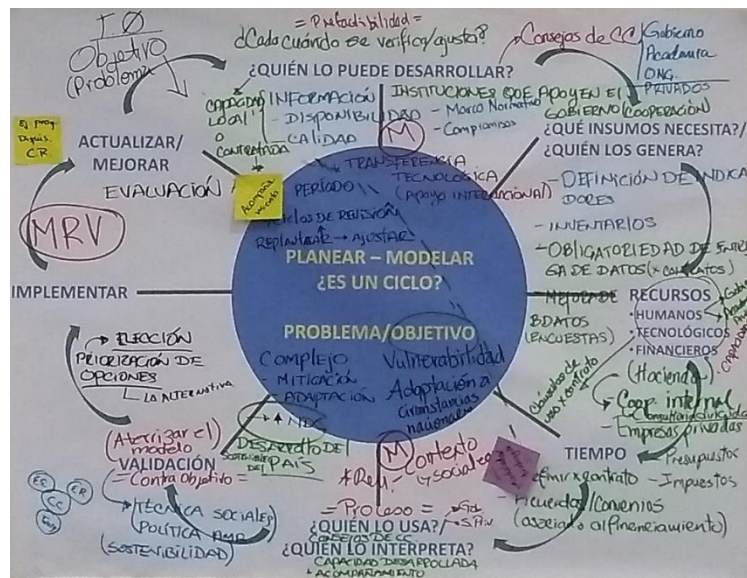
En este grupo de planeación se presentó un diagrama con los pasos propuestos para la planeación ante el cambio climático, el cual incluye la incorporación de la modelación como herramienta para la toma de decisiones. Este diagrama, mismo que se muestra a continuación, se retroalimentó, destacando los resultados siguientes:

- La planeación inicia con la identificación de un problema y la definición de un objetivo a alcanzar.
- El proceso de planeación y modelación es cíclico y favorece la retroalimentación y mejora de las acciones ejecutadas ante el cambio climático.
- Los plazos de la planeación pueden estar alineada a los compromisos de los países ante la CMNUCC; siendo corto plazo el año 2020, el mediano el año 2025 y el largo plazo, el 2050.
- Es recomendable que las metas se evalúen cada dos años, para conocer el avance que se va teniendo en la implementación de las acciones para alcanzar las metas establecidas, o bien, para hacer los ajustes necesarios que se requirieran.
- Es importante que en las mesas de diálogo se encuentren representantes de los ministerios de Energía y Medio Ambiente (Cambio Climático), además de Finanzas, Hacienda, de los Parlamentos Nacionales y los Institutos responsables de la recopilación y sistematización de la información, con el fin de contar con información disponible y de calidad.
- El liderazgo y coordinación de estas mesas de Diálogo debe ser claro, para evitar traslapes entre las funciones.
- Los planeadores deben comprender el lenguaje de los modeladores. Aunque es recomendable que los modeladores sean independientes de los tomadores de decisión, para evitar ser juez y parte en el proceso.
- En la definición de las medidas de mitigación también es recomendable integrar el tema de vulnerabilidad y adaptación, ya que en el caso del aprovechamiento de las energías renovables como lo es la hídrica, los cambios de temperatura y precipitación juegan un punto relevante en la disponibilidad de agua para la generación eléctrica.



- Es importante enfatizar que en todos aquellos estudios que contrate el gobierno sea obligatorio la entrega de todos los datos utilizados para éste.
- Los planeadores y modeladores deben acordar los tiempos de realización, mismos que dependen del origen de los recursos o bien, del objetivo para el cual está siendo realizado.
- Los resultados de los modelos deben ser evaluados contra el objetivo definido al inicio del proceso, por lo que habrá un acompañamiento en su ejecución por parte de los planeadores para evitar desviaciones.
- Los resultados de los modelos serán analizados en conjunto con los planeadores para definir las acciones a seguir, mismas que serán monitoreadas y evaluadas como parte del seguimiento y mejora de las decisiones tomadas y las acciones ejecutadas. Por lo que se recomienda establecer un Sistema MRV.

Ilustración 7. Diagrama del proceso de planeación climática



Se hizo énfasis en los siguientes **criterios para la formulación del plan:**

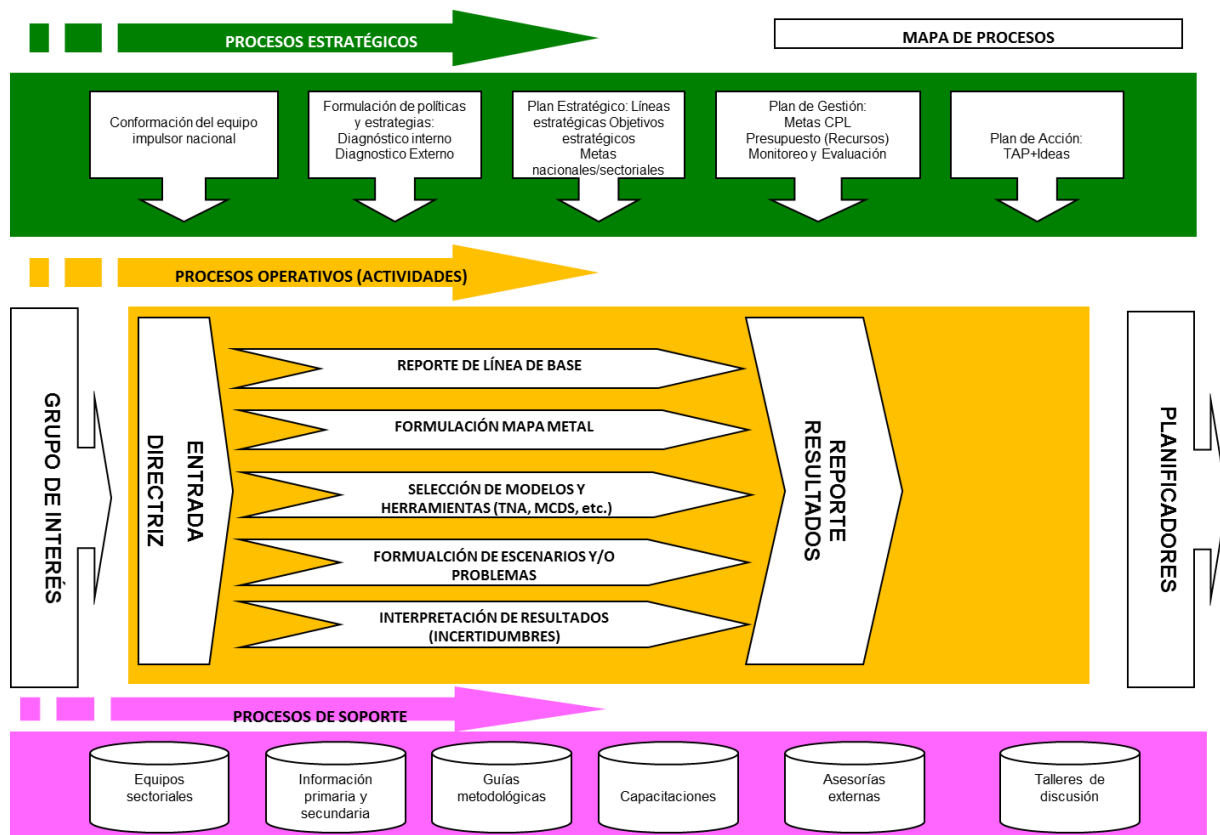
- Política energética
- Horizonte de planeamiento
- Entorno centroamericano
- Criterio ambiental
- Criterio de confiabilidad
- Criterio de óptimo económico
- Otros parámetros económicos
- Cambio climático y vulnerabilidad
- Diversificación de fuentes de energía eléctrica

### Grupo de modelación

El grupo de modelación trabajó sobre el siguiente diagrama, detallando los pasos de “Formulación de Mapa Mental” y “Selección de Modelos y Herramientas (TNA, MCDs, etc.)”. Además, se tuvieron recomendaciones generales que se enlistan a continuación:

- Hacer un inventario de capacidades locales en modelación y herramientas cualitativas.
- Recomendaciones para la selección de un modelo:
  - o Accesible, flexible, integrador/integrable.
  - o Local, datos abiertos (*open source*).
  - o Que cree capacidades y perdure.
- Recomendaciones de mejora como, por ejemplo: siguientes estudios recomendables, mejoras etc.
- Validación de información y bases de partida con varias fuentes y actores, sobre todo con privados.
- ¿Simulación u optimización? Salir de esa pregunta trivial, mejor plantear la integración con otros modelos, sectores y niveles geográficos.
- Buena práctica: Departamento de Planeación de Colombia otorga datos para todos los estudios a otras secretarías.
- Hay un propósito estratégico (desde los planeadores y la visión del país) que se debe aterrizar en un propósito del ejercicio de modelación.

Ilustración 8. Diagrama del proceso de modelación



Fuente: Elaboración propia a partir de talleres con expertos de modelación..

## Ilustración 9. Actividades Taller de Validación



## Taller de Difusión

Este taller tuvo como:

### (a) Objetivo general

Familiarizar a los participantes con la metodología de la guía, elaborada para **orientar a los gobiernos de los países de LAC en la inclusión y despliegue de TER's, a través de un proceso de planeación con el uso de modelos y herramientas computacionales**, en concordancia con el cumplimiento de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (*NDC por sus siglas en inglés*).

### (b) Objetivos específicos

- Dar a conocer el proceso de planeación que integra el uso de modelos que los países de LAC pueden seguir como guía de una buena práctica.
- Compartir los modelos y herramientas disponibles y que actualmente utilizan los países de LAC para la planificación del cambio climático y evaluación de alternativas tecnológicas.
- Presentar los casos prácticos y las más altas recomendaciones de los modelos documentados en la Guías con base en el binomio país-sector, en los tres sectores prioritarios: energías renovables, eficiencia energética y transporte.
- Reflexionar sobre los retos y limitaciones para mejorar la planeación del cambio climático considerando el impacto económico, ambiental y social de las TER's en LAC.
- Brindar sesiones técnicas con los equipos modeladores para crear conocimiento, generar sinergias y compartir experiencias.

El **Evento de Difusión** realizado en la ciudad de México, México, los días 24 y 25 de octubre de 2018 fue el último de tres talleres que se llevaron a cabo en el marco del estudio con el objetivo de definir, con expertos en planeación y modelación en cambio climático de América Latina y el Caribe, a través de un diálogo abierto entre los participantes, el enfoque y los elementos esenciales para la construcción de las Guías para la planeación ante el cambio climático y la inclusión de tecnologías ecológicamente racionales (TER's) para los sectores de energías renovables, eficiencia energética y transporte.

Entre los participantes se encuentran actores clave del sector público, academia, sector privado y organizaciones de la sociedad civil involucrados en el desarrollo y ejecución de modelos y herramientas para la planificación energética y del cambio climático, así como para la evaluación y priorización de TER's. La experiencia adquirida de estos participantes durante los procesos de la planeación ante el cambio climático en sus propios países, han contribuido a entender las distintas circunstancias de los países de la región, los casos cuya implementación ha sido exitosa, así como las barreras que se presentaron en la realización de diferentes proyectos, y cómo fueron superadas.

Las aportaciones vertidas durante los Talleres de Focalización (CDMX, México - junio 2018) y Validación (Santo Domingo, RD - septiembre 2018) enriquecieron la propuesta inicial de estructura de la Guía, misma que fue analizada y discutida en República Dominicana, dando como resultado a una estructura de la Guía retroalimentada, misma que se discute en el Apartado 3.

Durante el taller se contó con presentaciones en las que se mostró el Marco Analítico sobre el cual se construyó la estructura de la Guía de Planeación, así como cada una de las cuatro etapas que la integran, detallando los pasos y tareas involucradas en cada una. Posterior a la presentación de cada etapa, se presentaron casos de éxito de la región LAC, que mostraron cómo cada etapa fue realizada de manera exitosa.

### (c) Enfoque metodológico

El evento constó de dos momentos generales:

(i) Durante el primer día se presentó de manera esquemática la Guía de Planeación, profundizando en cada una de las etapas que la conforman, para permitir la retroalimentación y el enriquecimiento del documento.

Asimismo, se trabajó con casos de estudio hipotéticos para motivar el análisis y la definición de acciones que permitan llevar la Guía de Planeación del nivel teórico al nivel práctico.

(ii) Durante el segundo día se creó un espacio de interacción con los equipos modeladores referente a los casos de éxito en cada uno de los sectores analizados: energías renovables, eficiencia energética y transporte. Para ello, se llevaron a cabo sesiones técnicas en las que se mostró cómo se analiza la información en cada uno de los modelos seleccionados y los resultados que se arrojan. Seguirá un espacio para preguntas y respuestas y una sesión simultánea sobre los trabajos de elaboración y coordinación de las Comunicaciones Nacionales ante la CMNUCC.

(iii) Durante todo el Taller se realizaron actividades en grupos de trabajo, exposiciones plenarias, paneles de discusión y conferencias magistrales moderadas por un facilitador.

#### **(d) Participantes**

En este taller se contó con la participación de 75 participantes representantes de 15 países de la región: Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay; así como representantes de Estados Unidos, Francia y España.

#### **(e) Principales hallazgos y recomendaciones de los expertos**

Dado que el IPCC ha señalado la urgencia de reducir las emisiones de GEI para mantener la temperatura por debajo del 1.5°C, es importante definir rutas tecnológicas, como eficiencia energética, la bioenergía y la captura de carbono, que puedan ayudar a reducir las emisiones de GEI u otras alternativas que ayuden a los países a aproximarse a esa meta, incluyendo acciones que permitan reducir las emisiones de metano, carbono negro y óxido nitroso.

Por lo que, haciendo valer el principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, América Latina y el Caribe puede impulsar políticas que acompañen el uso de Tecnologías Ecológicamente Racionales (TER) en la mitigación, alineando estas acciones con los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS).

Los expertos mencionan que para no rebasar la meta del aumento de la temperatura del planeta por encima de los 1.5°C habrá que reducir el 100% de las emisiones de CO<sub>2e</sub> y lograr emisiones negativas, por lo cual será necesario utilizar bioenergía como la biomasa.

Para lograrlo, la modelación es una herramienta que permite evaluar las rutas tecnológicas de bajo carbono, a través de 4 pilares para transitar hacia un mundo de cero emisiones:

- Electricidad cero emisiones
- Vehículos Eléctricos
- Eficiencia energética
- Forestación

Ilustración 10. Actividades Taller de Difusión



## Metodología de Marco Lógico para Talleres de Trabajo

Para la identificación del problema y de las posibles soluciones se recomienda a los países realizar Talleres de Trabajo, lideradas por los planeadores, donde se incluya la participación de modeladores y académicos. En estos talleres se recomienda utilizar la **Metodología de Marco Lógico** para identificar el problema y las posibles alternativas de solución. Esta metodología es una de las herramientas principales que se utiliza para diseñar y planificar proyectos o programas, a fin de modificar la situación actual insatisfactoria hacia una situación futura deseada, a través de una intervención (proyecto o programa) que se ejecute en el corto o mediano plazo.

Según la (CEPAL, 2004), el diagnóstico de la situación actual, es decir, de la identificación del problema y se realiza mediante: el análisis de involucrados y el análisis de problemas. En tanto que, la situación deseada, es decir, la identificación de la intervención, se definen considerando el análisis de objetivos y el análisis de alternativas.

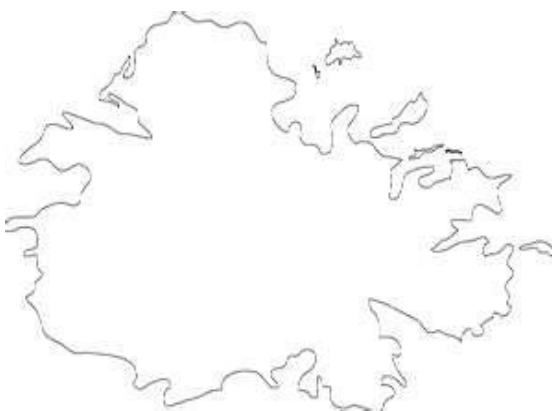
Esta metodología sigue una secuencia de 5 pasos:

1. **Análisis de Involucrados:** Identificación de los grupos y organizaciones directa o indirectamente implicados en el problema que quiere resolver, así como sus intereses, su potencial y sus limitaciones.
2. **Análisis de Problemas:** Identificación de la interrelación del problema con la situación actual, es decir, de las relaciones causa-efecto que existen entre ellos.
3. **Análisis de Objetivos:** Descripción de la situación que podría existir después de resolver los problemas e Identificación de las relaciones medio-fin entre objetivos.
4. **Análisis de Alternativas:** Identificación de estrategias alternativas a partir del árbol de objetivos, que al ser ejecutadas generarían un cambio de la situación actual hacia la situación deseada.
5. **Matriz del Marco Lógico:** Construcción de una matriz, donde en el eje vertical se definen el fin, propósito, componentes y actividad; en tanto que en el eje horizontal le corresponden los indicadores verificables objetivamente (IVO), medios de verificación y supuestos.

## VI. Fichas de países de la Región LAC



### Antigua y Barbuda



Modelos
<p><b>Utilizados:</b> LEAP.</p> <p><b>Potenciales:</b></p> <p>Se podrían emplear otros modelos que han aplicado otros países del Caribe como el modelo MESSAGE, WASP o EXACT.</p> <p><b>Escenarios posibles:</b></p> <p>Escenario tendencial (BAU) y escenarios que contemplen medidas de mitigación en el consumo de electricidad, generación de energía o en el cambio de la composición del transporte en el país.</p> <p><b>Principales datos utilizados:</b></p> <p>Datos de población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; Datos de PIB / PNB; Valor agregado por sector / subsector; Tasas de interés; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión de los inventarios de GEI, entre otros.</p>
Principales TER implementadas
<p><u>Generación de energía:</u></p> <p>-Sistemas de energías solar fotovoltaica en edificios conectados a la red.</p> <p>-Turbina de energía eólica conectada a la red (solo una).</p> <p><u>Eficiencia energética:</u></p> <p>-ND.</p> <p><u>Transporte:</u></p> <p>-ND.</p>

Programas y políticas
<p>-Ley de Energía Renovable donde se eliminaron todos los impuestos a las tecnologías de energías renovables.</p> <p>-Miembro del programa SIDS DOCK para la creación de fuentes de energía renovable.</p> <p>-Proyecto de Iluminación de Eficiencia Energética del Caribe para aumentar la eficiencia energética.</p>
Medidas de mitigación comprometidas
<p><u>Tipo de meta:</u></p> <p>-Políticas y acciones.</p> <p><u>Generación de energía:</u></p> <p>-Al 2025, incrementar la desalinización de agua de mar en un 50% con respecto a 2015 100% generación ER para servicios de agua, salud, almacenamiento de alimentos y servicios de emergencias.</p> <p>-Al 2020, concluir con los estudios técnicos para la construcción y operación de una planta para generar electricidad a partir de residuos.</p> <p><u>Eficiencia energética:</u></p> <p>-En 2020, establecer estándares de eficiencia para la importación de vehículos.</p> <p><u>Transporte:</u></p> <p>-Introducción de vehículos híbridos.</p>

Análisis sectorial
<p><u>Generación eléctrica:</u></p> <p>-No existe producción de combustibles fósiles primarios dentro del país.</p> <p>-Se cuenta, desde el año 2000, con una pequeña refinería que produce 5,000 barriles/día de pequeñas cantidades de productos secundarios.</p> <p>-No existe generación de energía renovable, por lo que se importan combustibles fósiles para la generación de casi toda la energía eléctrica.</p> <p><u>Eficiencia energética:</u></p> <p>-ND.</p> <p><u>Transporte:</u></p> <p>-El total de carreteras de Antigua y Barbuda es de 1,165 kilómetros, de las cuales únicamente 384 km se encuentran pavimentadas. No cuenta con líneas de ferrocarriles.</p> <p>-Cuenta con tres aeropuertos.</p> <p>-El principal puerto para el transporte de carga comercial y pasajeros de Antigua y Barbudas es el Puerto Deep Waters en con un movimiento de 26,475 TEÚs en 2014.</p> <p>-El sector transporte de Antigua y Barbuda depende exclusivamente de la importación de combustibles fósiles.</p>

#### Indicadores de desarrollo económico

#### Indicadores ambientales

Año de referencia	2016	Año de referencia:	2000
Población total	100,963	Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	0.57
PIB (US\$ a precios constantes)	1,344,373,698	Emisiones totales Sector Energía:	0.371
Crecimiento del PIB (% anual)	5.34%	Emisiones por Generación de Electricidad:	0.177
PIB per cápita	43, 847,430	Emisiones por Transporte:	0.182
Variación precios al consumidor	-0.49%	tCO <sub>2</sub> e per cápita:	6.34
Desempleo (2014)	11%	Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Índice de competitividad global	ND	Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND





## Argentina



### Modelos

#### Utilizados:

LEAP, MAED, MESSAGE, WASP, ENPEP, DECADES, SIMPACTS, entre otros.

#### Escenarios:

Escenarios contemplando medidas de mitigación como la sustitución de combustibles, el uso racional de la energía (URE), la diversificación de la matriz energética del país, el uso de energías más limpias, entre otros.

#### Principales datos utilizados:

PIB, distribución del PIB, crecimiento, recursos energéticos, generación de energía, datos técnicos y económicos de las tecnologías, factores de emisión y costos de inversión, tasa de descuento, costos de combustible, demandas de energía y sus tendencias. Límites de nuevas investigaciones, regulaciones ambientales y velocidad de penetración en el mercado de las nuevas tecnologías.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Gasificación de biomasa mediante el uso de generadores de ciclo combinado.  
-Paneles solares de energía fotovoltaica.

#### Eficiencia energética:

-Alumbrado eficiente (lámparas fluorescentes compactas, etc.).  
-Aparatos eléctricos de alto rendimiento energético.

#### Transporte:

-Sistemas de transporte rápido por autobús.  
-Carriles reservados para los autobuses.

### Programas y políticas

- Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE).
- Programa de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables (GENREN).
- Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER).
- Programa Transporte Inteligente.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción respecto a BAU.

#### Generación de energía:

- Alternativas de energías renovables (red-mercado mayorista y, generación distribuida).
- Reducción del consumo energético.
- Sustitución de gas natural por combustibles alternativos en la industria.

#### Eficiencia energética:

- Plan canje automotor con vehículos más eficientes.
- Eficiencia en el transporte carretero de carga.

#### Transporte:

-Cambios modales en el transporte, recuperación del sistema ferroviario de pasajeros y carga.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-En 2015, la matriz eléctrica de Argentina estaba compuesta por energía térmica (64%), energía hidroeléctrica (30%), nuclear (4%) y otras energías renovables (2%) (MINEM, 2016).

-La generación de energía eléctrica a partir de la quema de combustibles fósiles está dominado por el uso de plantas de ciclo combinado con un 28% del total de generación. Además, los procesos de turbina a gas y turbina a vapor representan el 14% cada uno.

#### Eficiencia energética:

-A través del MDL, en el tema de eficiencia energética predomina la conversión de ciclos abiertos a ciclos combinados.

#### Transporte:

-El parque vehicular de automóviles, vehículos livianos, camiones y autobuses de Argentina cuenta con 14,134,565 vehículos al 2016 con tasas de crecimiento positivas año con año.

-La flota de vehículos híbridos en el país es mínima, con proyecciones al 2018 de poco más de 1,000 vehículos.

-El 14% de los vehículos que circulan son con gas, 51% son exclusivamente de nafta y el 35% restante son de diésel.

-El 82% de la actividad comercial de Argentina se da a través del transporte marítimo.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	43, 847,430
PIB (US\$ a precios constantes)	445,226,712,654
Crecimiento del PIB (% anual)	2.25%
PIB per cápita	12,440.32
Variación precios al consumidor	ND
Desempleo	8.80%
Índice de competitividad global	4.0 (92°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2014
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	368.30
Emisiones totales Sector Energía:	193.48
Emisiones por Generación de Electricidad:	136.55
Emisiones por Transporte:	56.93
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	8.45
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	592
Meta de Reducción GEI Total 2030:	18%



## Bahamas



### Modelos

#### Utilizados:

LEAP.

#### Potenciales:

Modelos como el SUPER-OLADE, MESSAGE U OPTGEN.

#### Escenarios:

Escenario que contempla medidas como el uso de calentadores de aguas termales solares en la azotea, generación de PV en hogares, medidas de eficiencia energética o la creación de una nueva mezcla de generación renovable. No obstante, no se consideraron los costos resultantes de la implementación de estas medidas.

#### Principales datos utilizados:

Datos de población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; Datos de PIB / PIN; Valor agregado por sector / subsector; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Políticas / planes nacionales de energía.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Sistemas fotovoltaicos en los edificios públicos del país con conexión a la red

-Calentadores solares de agua.

-Parque de energía solar (proyecto aprobado para el 2019).

#### Eficiencia energética:

-Uso de lámparas fluorescentes compactas (LFC).

#### Transporte:

- ND.

### Programas y políticas

-Política Nacional de Energía, para la diversificación de la matriz energética propuesta para 2033.

-Programa de autogeneración de energía residencial, que permitirá a los hogares y las empresas utilizar sistemas de generación solar para conectarse a la red.

-Miembro del tratado SIDS-DOCK, el cual busca ayudar a financiar los sectores energéticos.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción condicionada respecto al año base (2010).

#### Generación de energía:

-Proyecto piloto demostrativo para utilizar la energía térmica de los océanos.

-Generación distribuida con energía solar.

-Uso de calentadores solares.

#### Eficiencia energética:

-Incrementar la eficiencia energética en los vehículos automotores de 30-35 mpg para el 70% de los vehículos registrados a través de incentivos para la importación y el uso eficientes del transporte.

#### Transporte:

-Introducir un sistema integrado de gestión de tráfico y un sistema de transporte público.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-La generación de energía en Bahamas, se caracteriza principalmente por una fuerte dependencia en la importación de combustibles fósiles. De hecho, la dependencia se intensificó a raíz del cese de la generación de energía nuclear.

-Actualmente se realizan esfuerzos para la promoción de la energía solar. Un esfuerzo para diversificar una matriz energética dominada por la energía fósil.

#### Eficiencia energética:

-El uso de lámparas fluorescentes compactas (LFC), todavía no significa un impacto representativo en el impulso de la eficiencia energética del país.

#### Transporte:

-Al igual que la generación de electricidad, el transporte se abastece principalmente por la importación de combustibles fósiles, específicamente de gasolina y diésel importados.

-El registro de buques de las Bahamas se encuentra entre los tres mayores centros de registro de buques del mundo. Más de 1,600 barcos fueron registrados en Las Bahamas en 1995. Actuales limitaciones impuestas por el gobierno restringen el registro de buques extranjeros con una edad mayor a los 12 años de antigüedad.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	391,232
PIB (US\$ a precios constantes)	7,821,154,995.10
Crecimiento del PIB (% anual)	0.17%
PIB per cápita	28,785.48
Variación precios al consumidor	-0.35%
Desempleo	12.70%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2000
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	0.70
Emisiones totales Sector Energía:	0.66
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.26
Emisiones por Transporte:	0.40
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	2.34
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	30%



## Barbados



### Modelos

#### Utilizados:

Se utilizó un modelo econométrico estático propio a partir de la interpolación de datos y crecimientos constantes en línea con el PIB, para simular las emisiones BAU del país.

#### Potenciales:

Se podrían emplear modelos que han aplicado otros países del Caribe como LEAP, WASP o EXact para el análisis de escenarios de mitigación.

#### Escenarios:

Se ha creado únicamente un escenario BAU y un escenario que contempla reducciones de emisión para los años 2025 y 2030.

#### Principales datos utilizados:

Se utilizaron datos de crecimiento económico, cambios en la población, suministro de energía y precios, la adopción de nuevas tecnologías y el impacto de las políticas y medidas.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

- Sistemas de calentadores de agua a partir de la energía solar.
- No existen plantas de generación de energía a gran escala con fuentes renovables en el país.

#### Eficiencia energética:

- Cambio del alumbrado público común por alumbrado LED (diodo emisor de luz).

#### Transporte:

- ND.

### Programas y políticas

- Ley de Energía e Iluminación Eléctrica en la que se promueve la generación eléctrica limpia.
- Programa de Energía Inteligente.
- Programa de Inversión para Energías Renovables.
- Proyecto para la promoción del GNL.
- Programas para la mejora vial del país.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

- Reducción condicionada respecto a BAU.

#### Generación de energía:

- Descarbonización del sector eléctrico (energías renovables como plantas de generación a partir de biomasa y de residuos sólidos urbanos)
- Plantas de generación de electricidad a partir de RSU.

#### Eficiencia energética:

- Reducción del 29% en energía consumida, incluido el sector transporte.

#### Transporte:

- Inversión en vehículos y combustibles alternos tales como a GNC, GLP, etanol, híbridos y eléctricos.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-Barbados Light & Power Company Ltd. (BLPC) es el único generador de electricidad para uso público en el país, el cual depende de 3 tipos de combustibles: combustible residual (No. 6), combustible destilado (diésel y AvJet) y gas natural.

-Barbados es líder en el Caribe en el calentamiento solar de agua. Más del 60% de los calentadores son solares y fabrica el 80% de los mismos.

-Existe el uso de sistemas fotovoltaicos en el Caribe para telecomunicaciones, utilizado para alimentar estaciones repetidoras de microondas y apoyo para la navegación en áreas remotas.

#### Eficiencia energética:

-Se están cambiando, dentro del programa de Energía Inteligente en el Sector Público (PSPP), aprox. 30,000 luminarias comunes de la calle por LED (diodo emisor de luz) en todo el país.

#### Transporte:

-Dependencia principal a la importación de combustibles fósiles para el transporte, siendo el principal la gasolina.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	284,996.00
PIB (US\$ a precios constantes)	4,629,124,471.57
Crecimiento del PIB (% anual)	2.04%
PIB per cápita	15,891.63
Variación precios al consumidor	ND
Desempleo	11.40%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2008
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	1.82
Emisiones totales Sector Energía:	1.31
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.88
Emisiones por Transporte:	0.43
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	6.60
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	2.67
Meta de Reducción GEI Total 2030:	44%



## Belice



### Modelos

#### Utilizados:

Se han aplicado modelos de análisis de decisión multicriterio como el TNA. No se ha utilizado un modelo matemático computacional.

#### Potenciales:

Se podría aplicar modelos como OPTGEN, NETPLAN o LEAP.

#### Posibles escenarios:

Se podrían crear escenarios que contemplen medidas de mitigación en el consumo de electricidad, generación de energía o en el cambio de la composición del transporte en el país.

#### Principales datos necesarios:

Algunos de los datos que se requerirían son: Datos de población nacional; Valor agregado por sector / subsector; Tasas de interés; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión de los inventarios de GEI; etc.

### TER Utilizadas

#### Generación de energía:

- Plantas hidroeléctricas.
- Energía solar fotovoltaica.
- Sistemas fotovoltaicos y minieólicos.
- Biomasa

#### Eficiencia energética:

- Cogeneración.

#### Transporte:

- ND.

### Programas y políticas

Belice contó con el Plan de Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables para sistematizar las prácticas actuales en materia de energías renovables, entre ellas los instrumentos políticos, incentivos, mecanismos de inversión, prácticas recomendables, tecnologías disponibles, sistemas y equipos integrados y factores de éxito.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

- Compromiso basado en acciones sectoriales.

#### Generación de energía:

- Mayor participación de las energías renovables alternas a la hidro para la generación eléctrica.
- Desarrollar mecanismos financieros y de mercado apropiados que respalden la energía renovable.

#### Eficiencia energética:

- Mejorar la eficiencia energética en edificios y electrodomésticos.

#### Transporte:

- Promover el uso de un transporte sustentable.
- Promover mejoras en el sector del transporte a través de políticas e inversiones apropiadas.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-La producción de energía proviene principalmente de fuentes renovables con el 92.4% del total. De los cuales en su totalidad son por energía hidroeléctrica (CEPAL, 2016).

-Belize Natural Energy (BNE) es actualmente la única agencia que produce petróleo en el país (aprox. 1.760 barriles por día) con una reserva estimada de 20 millones de barriles.

-La mayor parte de los combustibles se importa de Venezuela como gas LP, gasolina, queroseno, combustibles livianos y gasoil, al igual que el 57% de la electricidad, donde el 37% es importada de México.

-El consumo de biomasa (leña y bagazo) ha incrementado drásticamente por el proyecto de cogeneración de BELCOGEN, que procesa caña de azúcar para producir electricidad a partir de biomasa.

#### Eficiencia energética:

- ND.

#### Transporte:

-El sector transporte consume cerca del 47% de la energía del país y mantiene una gran dependencia en los vehículos de gasolina.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	366,954
PIB (US\$ a precios constantes)	1,588,184,521.97
Crecimiento del PIB (% anual)	-0.59%
PIB per cápita	4,744.74
Variación precios al consumidor	ND
Desempleo	10.90%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2009
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	12.92
Emisiones totales Sector Energía:	0.45
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	39.70
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	3.02
Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND



## Bolivia



### Modelos

#### Utilizados:

OSeMOSYS, HOMER y TNA.

#### Potenciales:

Podrían aplicar modelos como LEAP, MESSAGE o MAED.

#### Escenarios:

Se han creado escenarios que contemplan el diseño y optimización en la planificación de mediano y largo plazo de los sistemas energéticos. Se han modelado escenarios donde se incluyen los esfuerzos nacionales y con cooperación, donde se contemplan cambios en la participación de las energías renovables.

#### Principales datos utilizados:

Demanda y oferta de energía, Información de la tecnología disponible, número de usuarios del servicio de energía eléctrica. Precios de combustibles, costos variables de O&M.

### TER Utilizadas

#### Generación de energía:

- Plantas de energía solar fotovoltaica.
- Plantas de energía hidroeléctrica.

#### Eficiencia energética:

- Empleo de sistemas de ahorro de energía, para circuitos públicos y domésticos de iluminación y empleo de equipos eléctricos, entre ellos lámparas de descarga y motores monofásicos.

#### Transporte:

- Uso de coches eléctricos en el transporte privado.

### Programas y políticas

-Bolivia mediante la Ley 300, Ley Marco de la Madre Tierra, crea mecanismos de adaptación y mitigación al cambio climático.

- Plan de Desarrollo Energético "Análisis de escenarios: 2008-2027.
- Mapa Eólico de la República de Bolivia.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

- Compromisos basados en acciones sectoriales.

#### Generación de energía:

- Programa de hidroelectricidad que impulsa el uso de recursos renovables, implementando seis grandes hidroeléctricas que en los próximos 10 años generarán 3290 MW.

#### Eficiencia energética:

- Uso del programa de focos ahorradores, con la distribución gratuita de 7.9 millones de focos.

#### Transporte:

- Uso de Gas Natural Vehicular y la recalificación y reposición de cilindros de gas natural.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-La generación de energía eléctrica está dominada por la generación térmica (70%), mientras que la hidroeléctrica (30%) tiene menor presencia en la capacidad de generación eléctrica (ELFEC, 2014).

-Actualmente se cuenta con 23 plantas de energía hidroeléctrica y 12 plantas de energía térmica de fuentes fósiles.

#### Eficiencia energética:

-Se ha inducido el uso de los focos eficientes en las áreas urbanas y rurales, con la distribución gratuita de 7.9 millones de focos ahorradores, que se prevé significará hasta un 30% de ahorro en la facturación por consumo eléctrico y de la mitigación de GEI.

#### Transporte:

-El parque vehicular de automóviles, vehículos livianos, camiones y autobuses de Bolivia cuenta con **1,711,005** vehículos al 2016 con tasas de crecimiento positivas año con año (INE, 2017).

-El combustible más utilizado por el parque automotor en Bolivia es la gasolina, debido a que **82.9%** de los vehículos que circularon en el 2016 en el país utilizaron este combustible; le sigue el diésel cuya participación fue de 13.5% y finalmente el gas natural vehicular con 3.6%.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	10,887,882
PIB (US\$ a precios constantes)	26,758,341,469
Crecimiento del PIB (% anual)	4.26%
PIB per cápita	3,104.96
Variación precios al consumidor	3.63%
Desempleo	3.30%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2004
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	49.06
Emisiones totales Sector Energía:	9.71
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	ND
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND



## Brasil



### Modelos

#### Utilizados:

Modelo IMACLIM de equilibrio general computable. De simulación: LEAP, MESSAGE y BLUM. Otros: EPPA, EVOC, HOMER, NEWAVE, DECOMP, PLANEL, NETPLAN, GEMME, entre otros.

#### Escenarios:

Escenarios que evalúan la implementación de políticas de mitigación de emisiones ej.: impuestos y regímenes de comercio de derechos de emisión. Escenarios que contemplan cambios en la matriz energética del país, entre otros.

#### Principales datos utilizados:

Para los modelos globales: población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales.

Para los modelos sectoriales: recursos energéticos; generación de energía; perfiles de emisión; PIB; población; costo tecnológicos, entre muchos otros.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-Aun con una matriz energética que prioriza la generación de energía con fuentes renovables y limpias (como la hidráulica, eólica, solar y biocombustibles), Brasil obtiene alrededor del 41% de su suministro de energía a partir de estas fuentes fósiles. De las cuales 75% son para el suministro de electricidad, lo que equivale a tres veces el promedio mundial en participación de las energías renovables, y más de cuatro veces el promedio de la OCDE. Esto ya califica a Brasil como una economía con una red eléctrica relativamente baja en carbono (Bioeléctrica, 2015).

#### Eficiencia energética:

-Brasil está sumamente comprometido con la eficiencia energética, desde el 2000. Se han lanzado 1,078 programas, distribuido más de 800,000 refrigeradores, 22.7 millones de LFC y ahorrando 3.8 TWh al año (MME, 2013).

#### Transporte:

-El parque automotor total de Brasil tiene 46,572,168 vehículos.

-En el 2013, los vehículos de pasajeros se dividían por tipo de combustible en 93.6% de coche Flex Fuel (mezcla de gasolina y etanol), 5.9% únicamente de gasolina, 0.014% de automóviles híbridos y 0.495 de vehículos a base de diésel (ICCT, 2015).

### Programas y políticas

- Ley de Política Nacional sobre el Cambio Climático.
- Plan de Agricultura de Bajo Carbono.
- Fondo Nacional para el Cambio Climático.
- Programa Nacional de Control de la Contaminación del Aire (PRONAR).
- Plan Nacional de Eficiencia Energética.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

- Reducción respecto a año base (2005).

#### Generación de energía:

- Incrementar el uso de biocombustibles en su mix energético.
- 45% de generación eléctrica con energías renovables (hídrico, solar, viento y biomasa).

#### Eficiencia energética:

- Promover nuevas normas de tecnologías limpias y mejorar las medidas de eficiencia energética e infraestructura de bajo carbono.

- Promover medidas de eficiencia energética.

#### Transporte:

- Mejorar la infraestructura para el transporte y la transportación pública en zonas urbanas.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía limpia:

- Gasificación de biomasa y otros biocombustibles
- PV Solar
- Turbinas eólicas.

#### Eficiencia energética:

- Alumbrado eficiente
- Equipo de alta eficiencia (iluminación, refrigeradores, etc.)

#### Transporte:

- Sistemas de transporte rápido por autobús.
- Autobuses con pilas de combustible a base de hidrógeno.

### Indicadores de desarrollo económico

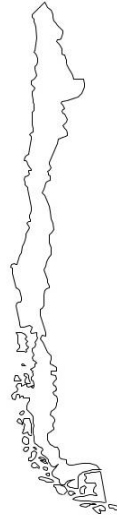
Año de referencia	2016
Población total	207,652,865
PIB (US\$ a precios constantes)	2,248,106,280,710
Crecimiento del PIB (% anual)	-3.59%
PIB per cápita	8,649.95
Variación precios al consumido	8.74%
Desempleo	11.50
Índice de competitividad global	4.1 (80°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2010
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	1,364.20
Emisiones totales Sector Energía:	374.55
Emisiones por Generación de Electricidad:	49.37
Emisiones por Transporte:	69.52
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	6.5
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2025:	37%



## Chile



### Modelos

#### Utilizados:

Modelos híbridos de equilibrio general computable. Simulación con modelos LEAP y MESSAGE, entre otros.

#### Escenarios:

Escenarios de mitigación de GEI, donde se contemplan distintas medidas de mitigación ambiental y se catalogan por el tipo y nivel de esfuerzo, donde se contemplan medidas como el etiquetado de neumáticos eficientes o la creación de pistas para ciclistas.

#### Principales datos utilizados:

Para los modelos globales, los principales controladores son: Población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales.

Para los modelos sectoriales, Recursos energéticos; Generación de energía; Perfiles de emisión; PIB; Población; Recursos de petróleo y gas; Costos tecnológicos, entre otros.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Gasificación de biomasa para la generación de electricidad.

-Calentamiento de agua mediante energía solar.

#### Eficiencia energética:

-Alumbrado eficiente.

-Uso de sistemas de control, bombas de calor y grupos hidráulicos para la climatización de agua sanitaria.

#### Transporte:

- Sendas para bicicletas.

-Carriles reservados para los autobuses.

### Programas y políticas

-Ley 19300, Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

-Plan Nacional de Cambio Climático.

-Proyecto de Ley de Eficiencia Energética

-Proyecto Mercado Global de Carbono para cumplir con las metas de mitigación.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción de intensidad respecto a año de referencia (2007) (Emisiones por unidad de PBI).

#### Generación de energía:

-Programa Estratégico Solar.

-Mayor participación de proyectos con energías renovables no convencionales

#### Eficiencia energética:

-Programa de Acción en Eficiencia Energética.

-Programa de eficiencia energética en edificios públicos.

#### Transporte:

-100% de los vehículos nuevos de transporte público son evaluados con criterios de eficiencia energética.

-Zona Verde para el Transporte en Santiago.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-De acuerdo a Generadoras de Chile, el 46% de la capacidad instalada corresponde a fuentes renovables (30% hidráulica, 8% solar, 6% eólico, 2% biomasa y 0,2% geotérmica) mientras que el 54% corresponde a fuentes térmicas de fuentes fósiles (21% carbón, 20% gas natural y 13% petróleo). El aumento de la generación renovable ha sido importante en los últimos años, pasando de un 35% en 2011 a 42% en 2017 (Generadoras de Chile, 2018).

#### Eficiencia energética:

-Dentro del proceso del Programa de Alumbrado Público, se han adjudicado a la fecha 97,163 de 200 mil luminarias.

-24 hospitales beneficiados con medidas de mejora de Eficiencia Energética en Edificios de Uso Público con beneficios a enero de 2016 de 16,086,576 KWh eléctricos.

#### Transporte:

-El parque automotor en Chile se caracteriza por su alta proporción de vehículos particulares.

-En 15 años el parque vehicular se septuplicó al llegar a 7.3 millones de vehículos en 2015.

- Los camiones son el principal modo de transporte de mercancías, tanto a nivel nacional e internacional.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	17,909,754
PIB (US\$ a precios constantes)	268,997,931,582
Crecimiento del PIB (% anual)	1.59%
PIB per cápita	13,792.93
Variación precios al consumidor	3.79%
Desempleo	6.70%
Índice de competitividad global	4.7 (33°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2013
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	109.91
Emisiones totales Sector Energía:	85.08
Emisiones por Generación de Electricidad:	38.52
Emisiones por Transporte:	24.55
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	4.5
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI por unidad de PIB 2030:	30%



## COLOMBIA



### Modelos

#### Utilizados:

Modelos híbridos de equilibrio general computable. Simulación: LEAP y MARKAL. Otros modelos: MAED, SDDP, OPTGEN, SUPEROLADE y NETPLAN.

#### Escenarios:

Planes Sectoriales de Mitigación (PAS), compuestos de políticas, programas y medidas que contribuyen al desarrollo bajo en carbono y al crecimiento verde en: energía eléctrica, transporte, sector energético, entre otros.

#### Principales datos utilizados:

Para los modelos globales, los principales controladores son: Población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales.

Para los modelos sectoriales: Recursos energéticos; Generación de energía; Perfiles de emisión; PIB; Población; Recursos de petróleo y gas; Costo tecnológicos, entre otros.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Generación de biogás a partir de residuos avícolas.

-Plantas de generación de energía hidráulica.

#### Eficiencia energética:

-Cogeneración.

-Iluminación inteligente en hospitales y zonas públicas.

-Aparatos eléctricos de alto rendimiento energético.

#### Transporte:

-Uso de transporte eléctrico público.

### Programas y políticas

-Ley de Infraestructura.

-Política para el suministro de agua potable;

-Ley 1715, sobre energías renovables.

-Ley 1844 respecto al Acuerdo de París.

-Política Nacional de Cambio Climático.

-Estrategias de desarrollo bajo en carbono.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción respecto a BAU.

#### Generación de energía:

-Desaceleración de la producción de petróleo y carbón.

-NAMA Zonas No Interconectadas.

#### Eficiencia energética:

-Eficiencia energética en los sectores industrial, residencial y comercial.

#### Transporte:

-Infraestructura para mejorar la accesibilidad a los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM).

-Promoción de tecnologías vehiculares limpias para la modernización del parque automotor.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-El sector eléctrico en Colombia está mayormente dominado por generación de energía hidráulica (66%) y generación termoeléctrica (33%) (El Mundo, 2017).

-En cuanto a otras energías renovables: la eólica solamente representa el 0.12%, la biomasa 0.50% y la energía solar únicamente con 6 MW de capacidad instalada (2016).

-El potencial de crecimiento de la energía solar en Colombia se considera muy alto.

#### Eficiencia energética:

-Existen 122 edificios con certificados de sostenibilidad en el país (CCCS, 2018).

-Se inauguró un parque solar flotante que cuenta con 368 paneles y donde se espera obtener hasta un 15% más de energía que en tierra (EPM, 2018).

#### Transporte:

-Para 2016, el parque vehicular colombiano alcanzaba las 12,951,222 unidades. De los cuales 3,820,866 vehículos eran modelo 2002 o de mayor antigüedad (RUNT, 2016).

-El 55% del parque automotor del país está comprendido por motocicletas, mientras que los automóviles representan el 26% del total nacional.

-El parque automotor creció a una tasa anual de 9.4% entre 2009 y 2015.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	48,653,419
PIB (US\$ a precios constantes)	366,158,592,495
Crecimiento del PIB (% anual)	1.96%
PIB per cápita	5,805.61
Variación precios al consumidor	7.52
Desempleo	8.6
Índice de competitividad global	4.3 (66°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2012
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	178.25
Emisiones totales Sector Energía:	77.78
Emisiones por Generación de Electricidad:	17.99
Emisiones por Transporte:	29.8
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	5.63
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	335
Meta de Reducción GEI Total 2030:	20%





## Costa Rica



Modelos
<p><b>Utilizados:</b></p> <p>Modelos propios de <i>forecasting</i> y <i>backcasting</i> basados en una metodología del CGIAR en el sector agricultura, curvas de costos de abatimiento y TNA.</p> <p><b>Potenciales:</b></p> <p>Modelos como el LEAP o SUPEROLADE.</p> <p><b>Escenarios:</b></p> <p>Escenario inductivo basado en la modelación de escenarios futuros de emisiones (<i>forecasting</i>), y otro inductivo que parte de una meta de emisiones al 2050 y determina de forma lineal las reducciones de emisiones necesarias para lograr su meta (<i>backcasting</i>), considerando diversas medidas para el sector agricultura.</p> <p><b>Principales datos utilizados:</b></p> <p>Datos de las tecnologías actualmente en uso, <i>Agricultural Science and Technology Indicators</i> (ASTI), datos socioeconómicos y de población nacional, valor agregado por sector y subsector, datos de las tecnologías disponibles.</p>

Principales TER implementadas
<p><u>Generación de energía:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Energía fotovoltaica <i>off-grid</i>.</li> <li>-Bioenergéticos</li> <li>-Turbinas eólicas.</li> </ul> <p><u>Eficiencia energética:</u></p> <p>-Tecnologías industriales de alta eficiencia energética en los subsectores: acero, fabricación de ladrillos, cemento, cerámica, textiles, fundición, caucho, madera, producción de coque, elaboración de alimentos, té, pasta y papel, producción de carbón vegetal, etc.)</p> <p><u>Transporte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Uso de vehículos eléctricos en el sistema de transporte público.</li> </ul>

Programas y políticas
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estrategia Nacional de Cambio Climático.</li> <li>-Plan de Acción de la Estrategia.</li> <li>-Proyecto Carbono Neutralidad 2021.</li> <li>-Guía de gestión de la huella de carbono para las PyMES.</li> <li>-Programa ACCIÓN Clima.</li> </ul>

Medidas de mitigación comprometidas
<p><u>Tipo de meta:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Máximo absoluto de emisiones a 9.374 MtCO<sub>2</sub>. Equivalente a la reducción de 44% respecto a BAU y a la reducción de 25% con respecto a año base (2012).</li> </ul> <p><u>Generación de energía:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Programas de Gestión Ambiental Institucional enfocados a las instituciones del Estado.</li> </ul> <p><u>Eficiencia energética:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Programa de Ecoeficiencia Empresarial dirigido a promover acciones de gestión ambiental a nivel de empresa privada y pública.</li> <li>-Sello de Eficiencia Energética "Energice", que respalda las tecnologías eficientes.</li> </ul> <p><u>Transporte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Modernización del transporte público, a través del proyecto "Apoyo General a la sectorización del transporte público de San José".</li> </ul>

Análisis sectorial
<p><u>Generación eléctrica:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Desde el 2017, Costa Rica ha logrado mantener una producción eléctrica con energías 100% renovables (CENCE, 2018).</li> <li>-En 2017, el 78.26% de la generación fue hidroeléctrica, 10.29% eólica, 10.23% de la geotermia y 0.84% de biomasa y solar.</li> <li>-La energía solar cuenta con muy baja producción en el país y ocupa el cuarto puesto en la generación renovable</li> </ul> <p><u>Eficiencia energética:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Diversas empresas ya utilizan la biomasa o bioenergía en sus procesos industriales como fuente sustituta de derivados de petróleo.</li> </ul> <p><u>Transporte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-En 2016, se registró una flota vehicular de 1.3 millones de unidades.</li> <li>- La edad media del parque es de 16 años: donde la edad de los furgones y transportes de materiales peligrosos es de 25 años; los camiones de carga, 19; los automóviles, 16; los servicios especiales, 11; los taxis, 10 y los buses, 7 años.</li> <li>-El consumo de gasolina y diésel representaron el 72% de las fuentes de energía secundarias que se utilizaron en el país; siendo el transporte terrestre el principal consumidor con 85%.</li> </ul>

### Indicadores de desarrollo económico


Año de referencia	2016
Población total	4,857,274
PIB (US\$ a precios constantes)	47,184,044,862
Crecimiento del PIB (% anual)	4.33%
PIB per cápita	11,824.64
Variación precios al consumidor	0.0%
Desempleo	9%
Índice de competitividad global	4.5 (47°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2012
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	11.35
Emisiones totales Sector Energía:	7.21
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.56
Emisiones por Transporte:	4.59
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	2.42
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030 (BAU):	44%



## Cuba

<p><b>Modelos</b></p> <p><b>Utilizados:</b> MESSAGE y MAED.</p> <p><b>Potenciales:</b> Modelos como el SUPER-OLADE o LEAP.</p> <p><b>Escenarios:</b> Escenarios que contemplan las emisiones de GEI resultantes de las variaciones de la eficiencia y la intensidad energética, la sustitución de portadores energéticos, la penetración de las fuentes renovables de energía (FRE), los cambios en los patrones de uso, entre otros.</p> <p><b>Principales datos utilizados:</b> Recursos energéticos, generación de energía, datos técnicos y económicos de las tecnologías (por ejemplo: tipos de combustibles potenciales, eficiencia, capacidad, factores de emisión y costos de inversión), tasa de descuento, costos de combustible, demandas de energía y sus tendencias.</p>	 <p><b>Programas y políticas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Ley 81 del Medio Ambiente, la cual brinda una cobertura general al tema.</li> <li>-Ley de la Inversión Extranjera para energía renovable.</li> <li>-Decreto Ley de Energías Renovables.</li> <li>-16 proyectos en diversas áreas como parte del Programa Cambio Climático en Cuba.</li> </ul>	<p><b>Análisis sectorial</b></p> <p><b>Generación eléctrica:</b> -El petróleo continúa siendo la principal fuente energética del país. El consumo anual de petróleo combustible en el país asciende a unos 6 millones de toneladas y de ellos el 55 % se destina a la generación de electricidad en las numerosas plantas termoeléctricas.</p> <p>-Aunque existen fuentes renovables de energía en Cuba (eólica, solar y biomasa), estas no representan una gran aportación a la generación eléctrica del país.</p> <p><b>Eficiencia energética:</b> -El Gobierno cubano prevé reemplazar en los próximos años 13 millones de lámparas fluorescentes por LED en el sector residencial y público.</p>
<p><b>Principales TER implementadas</b></p> <p><b>Generación de energía:</b> -Energía fotovoltaica. -Turbinas eólicas. -Generación de electricidad a partir de bagazo.</p> <p><b>Eficiencia energética:</b> - Aparatos eléctricos de alto rendimiento energético (refrigeradores, lavadoras acondicionadoras de aire, secadoras, cocinas, estufas, etc.).</p> <p><b>Transporte:</b> -Autobuses híbridos de consumo eléctrico y Diésel.</p>		<p><b>Medidas de mitigación comprometidas</b></p> <p><b>Tipo de meta:</b> -Políticas y acciones.</p> <p><b>Generación de energía:</b> -Uso de las Fuentes Renovables de Energía.</p> <p><b>Eficiencia energética:</b> -Programas de Eficiencia Energética. -Eficiencia en la generación de electricidad -Sustitución de portadores energéticos más contaminantes por GN y FRE -Fortalecimiento del Sistema Electro energético y desarrollo de nuevas tecnologías.</p> <p><b>Transporte:</b> -Optimización del uso de los combustibles en el transporte.</p>

### Indicadores de desarrollo económico

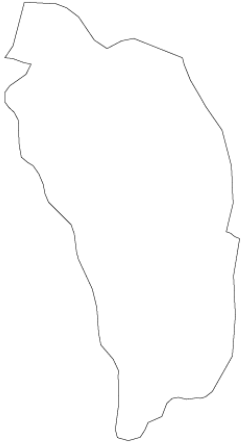
Año de referencia	2016
Población total	11,475,982
PIB (US\$ a precios constantes)	ND
Crecimiento del PIB (% anual)	0.4%
PIB per cápita (2015)	7.602,26
Variación precios al consumidor	ND
Desempleo	2.50%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2002
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	36.34
Emisiones totales Sector Energía:	26.11
Emisiones por Generación de Electricidad:	12.61
Emisiones por Transporte:	0.92
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	3.44
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND



## Dominica

<p><b>Modelos</b></p> <p><b>Utilizados:</b> LEAP.</p> <p><b>Potenciales:</b> Modelos como el SUPER-OLADE, MAED y WASP.</p> <p><b>Escenarios:</b> Escenarios que contemplan medidas de mitigación en el consumo eléctrico, como mejorar la eficiencia en la iluminación y sistemas de aire acondicionado. Escenarios de inclusión de vehículos híbridos y sistemas aislados <i>off-grid</i> de energías renovables.</p> <p><b>Principales datos utilizados:</b> Datos de población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; PIB / PNB; Valor agregado por sector; Tasas de interés; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión de los inventarios; Políticas / planes nacionales.</p>		<p><b>Análisis sectorial</b></p>
<p><b>Principales TER implementadas</b></p> <p><u>Generación de energía:</u> -Plantas hidroeléctricas. -Planta de generación de energía geotérmica (proyecto en construcción actualmente).</p> <p><u>Eficiencia energética:</u> -Uso de alumbrado eficiente. -Uso de medidores de luz inteligentes.</p> <p><u>Transporte:</u> -ND.</p>		<p><b>Programas y políticas</b></p> <p>-Participante en la Iniciativa Global de Islas para Energía Sostenible (GSEII). -Proyecto de Iluminación de Eficiencia Energética del Caribe para aumentar la eficiencia energética. -Ley de Energía Geotermal, para promover la generación de electricidad a partir del aprovechamiento de fuentes de energía renovable.</p>
	<p><b>Medidas de mitigación comprometidas</b></p> <p><u>Tipo de meta:</u> -Reducción respecto a año base (2014) por debajo de 0.164 MtCO<sub>2</sub>.</p> <p><u>Generación de energía:</u> -Nuevas plantas geotérmicas. -Programa de conversión solar. -Sistemas de respaldo híbrido <i>off-grid</i>.</p> <p><u>Eficiencia energética:</u> -Introducción de un mecanismo de mercado para promover la conservación/eficiencia de la energía.</p> <p><u>Transporte:</u> -Sustitución de la flota de gobierno por vehículos híbridos. -Incentivos para promover la importación de vehículos híbridos.</p>	

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	73,543
PIB (US\$ a precios constantes)	506,021,854.07
Crecimiento del PIB (% anual)	2.64%
PIB per cápita	7,906.72
Variación precios al consumidor	0.23%
Desempleo	ND
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2005 (2014)
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	119 (0.164)
Emisiones totales Sector Energía:	0.12
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.042
Emisiones por Transporte:	0.047
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	2.57
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	
Meta de Reducción GEI Total 2030:	



## Ecuador



### Modelos

#### Utilizados:

OPTGEN, SDDP, LEAP, SUPEROLADE, NETPLAN, NCP y RETScreen.

#### Escenarios:

Opciones de expansión de la generación y transmisión del sistema eléctrico a mediano y largo plazo, calculando costos totales de inversión y operación, costos operativos de las plantas térmicas, costos marginales de operación, balances de energía a nivel anual y mensual.

#### Principales datos utilizados:

Datos de población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; PIB / PNB; Valor agregado por sector / subsector; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión de los inventarios de GEI; Políticas / planes nacionales de energía, número de usuarios del servicio de energía eléctrica. Precios de combustibles, costos variables de O&M.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

- Centrales hidroeléctricas.
- Energía solar fotovoltaica.
- Parques eólicos.

#### Eficiencia energética:

-Generación (rehabilitación) y distribución de energía eléctrica.

#### Transporte:

-Redes de interconexión de ciclo vías con el centro de las ciudades.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-Las centrales hidráulicas con un 58,08% respecto al total de potencia efectiva a nivel nacional, son la fuente más importante. Por otro lado están las centrales térmicas no renovables, dentro de las cuales las MCI tienen la mayor participación con un 21,19% en relación al total nacional (ARCONEL, 2016).

-La energía solar y eólica no representan una aportación muy grande a la producción efectiva total. Estas cuentan con el 0.34% y 0.28% respectivamente (ARCONEL, 2016).

#### Eficiencia energética:

-El consumo eléctrico residencial se encuentra repartido en iluminación (49%), equipos electrodomésticos principales (46%) y otros.

-Se busca la sustitución de 330,000 refrigeradoras de consumo ineficiente.

-Se han sustituido más de 16 millones de focos ahorradores por incandescentes.

#### Transporte:

-El crecimiento anual del número promedio de automóviles es del 5.3%.

-El 39% de los vehículos tienen una antigüedad menor a diez años y el 45% igual o menor a cinco años. Además, se estima que un 30% de los vehículos no están matriculados (CORPAIRE, 2009).

### Programas y políticas

-Art. 414 de la Constitución, ya dispone que el Estado adoptará medidas de mitigación al cambio climático.

-Resolución 12249 de Eficiencia Energética para Acondicionadores de Aire sin Ductos.

-Decreto Ejecutivo 211-2007 para la creación del Fondo Ecuatoriano de Inversión en el Sector Energético.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción respecto a BAU sólo en el sector de energía.

#### Generación de energía:

-Generación eléctrica con el gas asociado y con hidroeléctricas, proyectos eólicos San Cristóbal y Villonaco.

-Cambio de la Matriz Energética del Ecuador.

#### Eficiencia energética:

-Reemplazo masivo de focos incandescentes por focos ahorradores (CFL)

-Instalación de estufas de inducción.

#### Transporte:

-Creación del Tren Eléctrico Transamazónico.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	16,385,068
PIB (US\$ a precios constantes)	85,056,519,293
Crecimiento del PIB (% anual)	-1.58%
PIB per cápita	6,018.53
Variación precios al consumidor	1.72%
Desempleo	4.70%
Índice de competitividad global	3.9 (97°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2012
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	80.63
Emisiones totales Sector Energía:	37.60
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	5.57
Emisiones BAU (2025) MtCO <sub>2</sub> (sólo energía):	72.9
Meta de Reducción GEI Total 2025:	20.4%



# El Salvador

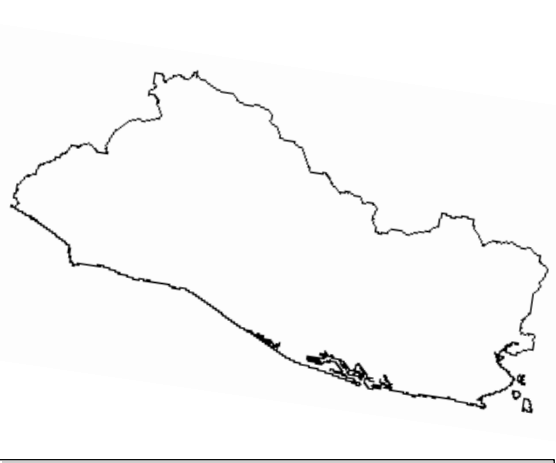
**Modelos**

**Utilizados:**  
SDDP y el TNA.

**Potenciales:**  
Potencialmente se recomienda aplicar modelos como LEAP, SUPEROLADE, MAED o MESSAGE.

**Escenarios:**  
Se han creado escenarios que contemplan medidas de mitigación en el consumo eléctrico y en la generación de energía en el país a partir de fuentes de energía renovables.

**Principales datos utilizados:**  
Datos tendenciales de población nacional; Consumo de energía y combustibles por sector; Precios de los combustibles, Políticas / Acciones, tasas de salida forzadas, costos de mantenimiento e información específica de las tecnologías que se utilizan.



**Programas y políticas**

- Plan Nacional de Cambio Climático.
- Ley de creación del Consejo Nacional de Energía.
- Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad.
- Programas Iluminando tu Economía-Energía Mágica.
- Manual de eficiencia energética.

**Medidas de mitigación comprometidas**

**Tipo de meta:**  
-Políticas y acciones.

**Generación de energía:**  
-Elaboración de diagnósticos energéticos en 10 hospitales nacionales y ejecución de los primeros proyectos de alto impacto.

**Eficiencia energética:**  
-Líneas de créditos para asistencia técnica o sustitución de equipos por tecnología más eficiente,

**Transporte:**  
-El desarrollo de la infraestructura vial, ampliación del Sistema Integrado de Transporte Metropolitano (SITRAMSS).  
-La modernización de las señales luminosas.

**Análisis sectorial**

**Generación eléctrica:**  
-El mercado eléctrico salvadoreño presenta la mayor inyección de energía a la red nacional a través de la generación térmica, lo cual representó, a julio de 2016, el 46.9% en promedio mensual, en segundo lugar está la generación geotérmica, cuyo promedio mensual fue del 22.5%, siguiendo en ese orden la generación de energía hídrica que en promedio resultó del 21.1% (ZUMMARATINGS, 2016).

**Eficiencia energética:**  
-El Salvador, aumentó la eficiencia en el uso de la leña en el país mediante la distribución de turbo-cocinas a 120,000 hogares y 3,500 escuelas.

-Se implementó la elaboración de diagnósticos energéticos en 10 hospitales nacionales y ejecución de los primeros proyectos de alto impacto para ahorro de energía y retorno de la inversión.

**Transporte:**  
-A finales de 2013, entró en operación el Sistema Integrado de Transporte del Área Metropolitana de San Salvador (SITRAMSS) que conecta las ciudades del oriente y occidente de la Región Metropolitana.

**Principales TER implementadas**

**Generación de energía:**  
-Turbinas eólicas.

**Eficiencia energética:**  
-Tecnologías industriales de alta eficiencia energética (acero, fabricación de ladrillos, cemento, cerámica, textiles, fundición, caucho, madera, producción de coque, elaboración de alimentos, té, pasta y papel, producción de carbón vegetal, etc.).

**Transporte:**  
-Autobuses de tránsito rápido con motores Euro III y Euro V de baja emisión de gases.

**Indicadores de desarrollo económico**

Año de referencia	2016
Población total	6,344,722
PIB (US\$ a precios constantes)	24,128,087,317
Crecimiento del PIB (% anual)	2.37%
PIB per cápita	4,223.58
Variación precios al consumidor	0.60%
Desempleo	6.90%
Índice de competitividad global	3.8 (109°)

**Indicadores ambientales**

Año de referencia:	2005
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	14.45
Emisiones totales Sector Energía:	5.92
Emisiones por Generación de Electricidad:	1.51
Emisiones por Transporte:	2.54
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	1.10
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND



# Granada



**Modelos**

**Utilizados:**  
Se ha aplicado la metodología TNA. Además, se creó un modelo de simulación usando la metodología del World Resource Institute (WRI) para desarrollar una proyección de emisiones GEI basada en supuestos sectoriales y aspectos económicos generales.

**Potencialmente:**  
De obtener más datos, se podrían usar modelos que han aplicado otros países del Caribe como LEAP, WASP o EXact.

**Escenarios:**  
Se creó una proyección de emisiones BAU. Sin embargo, no existen escenarios de mitigación.

**Principales datos utilizados:**  
Datos limitados de población nacional, indicadores económicos, valor agregado por sector, entre otros.

**Principales TER implementadas**

Generación de energía:  
-Generación de energía a partir de pequeños sistemas de biogás.

Eficiencia energética:  
-Alumbrado eficiente en edificios públicos y privados.  
-Uso de equipos eficientes en complejos hoteleros.

Transporte:  
-ND.

**Programas y políticas**

- Política Nacional de Energía 2011.
- Plan del Sistema de Áreas Protegidas de Granada 2012.
- Plan de Acción y Política Nacional de Cambio Climático (2007-2011).
- Formó parte del Programa para América Latina y el Caribe de Eficiencia Energética (PALCEE).

**Medidas de mitigación comprometidas**

Tipo de meta:  
-Reducción condicionada al 2025 respecto a año base (2010).

Generación de energía:  
-Diversificación energética (aplicación y uso de fuentes de energía alternativas sostenibles).

Eficiencia energética:  
-Aumentar la eficiencia del uso de energía.  
-Optimizar los sistemas de generación, transformación y distribución de electricidad.  
-Desarrollar e implementar la gestión de la demanda y conservación de la energía.

Transporte:  
-Uso de vehículos híbridos.

**Análisis sectorial**

Generación eléctrica:  
-La generación eléctrica en Granada prácticamente en su totalidad depende de combustibles importados.  
-Granada cuenta con una compañía nacional de electricidad, Granada Electricity Services Limited (GRENLEC), quien suministra electricidad a todo el estado de Granada. GRENLEC es actualmente una propiedad privada (monopolio).  
-La generación de electricidad representa aproximadamente el 47% del total consumo interno de energía secundaria.  
-El precio de la electricidad en Granada es uno de los más altos del mundo.

Eficiencia energética:  
-Sustitución de viejos televisores de pantalla de rayos catódicos por televisores con pantalla LED en hoteles.  
-Sustitución de lámparas incandescentes por 3,000 LFC que beneficiarán a 425 hogares.  
-Alumbrado eficiente en la penitenciaría de Granada.

Transporte:  
-En el 2016, la importación de vehículos, automóviles, tractores, ciclos, demás vehículos terrestres y sus partes accesorios representó el 9% de las importaciones totales de Granada (MEPyD, Informe País, 2016).

**Indicadores de desarrollo económico**

Año de referencia	2016
Población total	107,317
PIB (US\$ a precios constantes)	931,118,693.45
Crecimiento del PIB (% anual)	3.68%
PIB per cápita	9,841.76
Variación precios al consumidor	1.72%
Desempleo	ND
Índice de competitividad global	ND

**Indicadores ambientales**

Año de referencia:	2010
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	0.251
Emisiones totales Sector Energía:	ND
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	1.38
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	0.30
Meta de Reducción GEI Total 2025:	30%



Guatemala

### Modelos

#### Utilizados:

OPTGEN, SDDP, SUPER-OLADE, NETPLAN y TNA.

#### Potenciales:

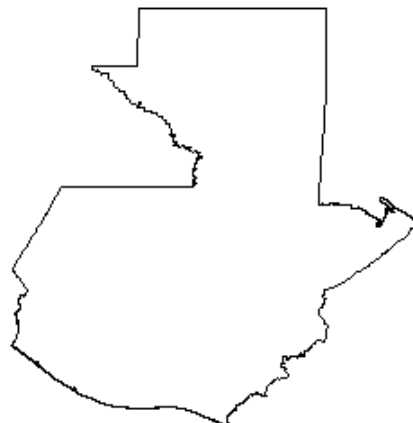
Se podrían aplicar otros modelos para la planeación como LEAP o MAED.

#### Escenarios:

Se han creado diversos escenarios de demanda de energía, así como escenarios diversos para la generación eléctrica del país contemplando la implementación de nuevas plantas de energía limpia.

#### Principales datos utilizados:

PIB, número de usuarios del servicio de energía eléctrica. Precios de combustibles, costos variables de O&M, entre otros.



### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-Se han realizado importantes esfuerzos para diversificar la matriz energética, priorizando la generación de energías renovables, lo que le permite reducir la dependencia de combustibles fósiles importados y a su vez, reducir las emisiones de GEI.

-Al 2003, la relación entre energía renovable y no renovable era de 41% a 59%, respectivamente. Para 2014, esta proporción aumento a 70% contra el 30% de no renovable.

#### Eficiencia energética:

-La Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones, permitió crear una herramienta para identificar acciones tempranas con viabilidad en los hogares y empresas, que contribuyen al crecimiento económico del país mientras que evitan emisiones de GEI como: reducción de las pérdidas; reacondicionamiento y mejoramiento de los sistemas de calentamiento, ventilación, y aire acondicionado (HVAC), y la envoltura de edificaciones (HVAC y envoltura); y el reacondicionamiento y mejoramiento de equipos y procesos.

#### Transporte:

-Se tiene un incremento medio anual del 15% de la flotilla vehicular, siendo el principal vehículo de locomoción la motocicleta.

### Programas y políticas

-Ley Marco

-Consejo Nacional de Cambio Climático y el Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático.

-Plan de Acción Nacional de Cambio Climático de Guatemala.

-Plan Estratégico de Cambio Climático.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción respecto a BAU.

#### Generación de energía:

-Generación eléctrica con el 80% de energías renovables al 2030.

#### Eficiencia energética:

-Promoción de 100,000 estufas mejoradas de leña.

-Eficiencia energética en los subsectores que poseen mayor reducción de emisiones.

#### Transporte:

-Uso de etanol como combustible (mezcla con gasolina).

-Ampliación del sistema de Transmetro.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Plantas de energía geotérmica.

-Plantas de energía hidroeléctrica.

-Turbinas eólicas.

#### Eficiencia energética:

-Optimización en el proceso de fundición de plomo para el aprovechamiento de la temperatura de los gases de los hornos.

-Sustitución de alumbrado

-Eficiencia en sistemas HVAC

#### Transporte:

-Uso de catalizadores.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	16,582,469.00
PIB (US\$ a precios constantes)	51,409,073,371
Crecimiento del PIB (% anual)	3.07%
PIB per cápita	4,146.74
Variación precios al consumidor	4.45%
Desempleo	2.70%
Índice de competitividad global	4.1 (84°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2005
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	31.45
Emisiones totales Sector Energía:	12.17
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	2.48
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	53.85
Meta de Reducción GEI Total 2030:	11.2%



## Guyana



### Modelos

#### Utilizados:

LEAP, RETScreen, COMAP y modelos de análisis de decisión multicriterio como el TNA.

#### Escenarios:

Escenarios que contemplan medidas de mejora en eficiencia como: solventar las pérdidas en la transmisión de electricidad. Escenarios que incluyen la instalación de energías renovables en el país y cambios en el transporte considerando el uso de coches híbridos o biodiesel.

#### Principales datos utilizados:

Datos de población nacional; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión; Políticas / planes nacionales de energía; datos técnicos y económicos de las tecnologías.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-Guyana cuenta con problemas para abastecer la demanda eléctrica, sobre todo por la obsolescencia de sus plantas termoeléctricas.

-Las fuentes de energía utilizada son diversas: diésel (gasoil), bagazo, fuel oil, gasolina, gas LP, carbón, solar fotovoltaica (PV), calentadores de agua solares, viento y biogás.

-Guyana Power and Light, Inc. (GPL) es una empresa pública con derechos exclusivos para la transmisión, distribución y venta de electricidad y derechos no exclusivos.

#### Eficiencia energética:

-Instalación de 20 luces de calle LED alimentadas con 80W de energía solar en Agatash Village, Bartica.

-Guyana realizó una campaña para sensibilizar al público a través de programas de conservación de la energía. Se repartieron un total de 14,000 folletos con consejos para ahorrar energía en transporte, iluminación, aparatos, etc.

#### Transporte:

-No hay registro del parque automotor del país. No obstante, se ha buscado la introducción de gasolina sin plomo, se han hecho restricciones a la importación de vehículos, y se ha impulsado la concienciación para el ahorro de energía en el transporte privado

### Programas y políticas

-Estrategia de desarrollo baja en dióxido de carbono, en la cual se han llevado a cabo diversos programas de mitigación y se han recaudado fondos.

Programa PALCEE para la capacitación en eficiencia energética en el país.

-Programas de mejora de los pasos viales para reducir las emisiones del transporte.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Compromiso basado en acciones sectoriales.

#### Generación de energía:

-Proceso para pasar de la dependencia total del petróleo importado a la generación de energía con fuentes renovables, principalmente energía hidroeléctrica.

#### Eficiencia energética:

-Programas de eficiencia energética.

#### Transporte:

-La introducción progresiva de más vehículos de bajo consumo de combustible y mejoras en la masa del sistema de transporte.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Instalaciones de sistemas de generación de energía fotovoltaica en edificios públicos

-Planta de biomasa utilizando el bagazo de la caña de azúcar.

#### Eficiencia energética:

-Iluminación eficiente a través de luminarias públicas con luces LED.

-Tecnologías industriales de alta eficiencia energética en el sector arrocero, azucarero y manufacturero.

#### Transporte:

-ND.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	773,303
PIB (US\$ a precios constantes)	2,925,825,405
Crecimiento del PIB (% anual)	3.45
PIB per cápita	4,529.1
Variación precios al consumidor	6.0%
Desempleo	11.6%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2004
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	3.33
Emisiones totales Sector Energía:	1.66
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.74
Emisiones por Transporte:	0.31
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	4.43
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND





## Haití

### Modelos

#### Utilizados:

LEAP y EXact.

#### Potenciales:

Se podrían aplicar modelos como el SUPEROLADE o el MAED, entre otros.

#### Escenarios:

Se contemplaron escenarios que incorporan medidas de mitigación en el sector energético y sector AFOLU. En estas destaca la diversificación de la matriz energética. Estos escenarios están condicionados a ayuda internacional.

#### Principales datos utilizados:

Datos de población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; Datos de PIB / PNB; Valor agregado por sector / subsector; Tasas de interés; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión; Políticas / planes nacionales de energía.



### Programas y políticas

-Programas para la adaptación contra el cambio climático.

-Programa de Emergencia para Generación de Energía Solar.

-No se han aprobado programas ni decretos relevantes en materia de eficiencia energética.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción respecto al BAU.

#### Generación de energía:

-Aumentar a 47% la participación de energías renovables en el sistema.

-Instalar antes de 2030 4 parques eólicos: 50 MW, energía hidroeléctrica.

#### Eficiencia energética:

-Mejorar la eficiencia energética de los hornos de carbón (aumentar los rendimientos en un 10-15%)

#### Transporte:

-Controlar y regular la importación de vehículos usados.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-De acuerdo con datos de la IEA del 2015 únicamente el 8% de la generación eléctrica proviene de energías renovables, mientras que el 92% restante de combustibles fósiles.

-En cuanto al 8% de energía renovable, su totalidad son plantas hidroeléctricas. Esto vuelve al país sumamente dependiente a las condiciones climatológicas de la región.

#### Eficiencia energética:

-ND.

#### Transporte:

-El transporte en Haití se encuentra en un estado de decadencia, las carreteras se degradan más rápido de lo que son rehabilitadas o construidas.

-La insuficiencia de la red de carreteras, combinada con el estado de las carreteras y los vehículos de transporte, significa que una gran parte de la población rural este aislada.

-El Banco Mundial ha invertido fondos en Haití para mejorar las condiciones del transporte dentro del país debido a las precarias condiciones viales y la poca disponibilidad de recursos dentro del país (BM, 2014).

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Pequeñas centrales hidroeléctricas.

-Módulos fotovoltaicos.

#### Eficiencia energética:

-ND.

#### Transporte:

-ND.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	10,847,334
PIB (US\$ a precios constantes)	7,910,618,369
Crecimiento del PIB (% anual)	1.44%
PIB per cápita	739.60
Variación precios al consumidor	13.83%
Desempleo	13.70%
Índice de competitividad global	3.2 (128°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2000
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	7.83
Emisiones totales Sector Energía:	ND
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.86
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	0.91
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	20.5
Meta de Reducción GEI Total 2030:	5%



# Honduras

## Modelos

### Utilizados:

MESSAGE y LEAP.

### Potenciales:

Se podrían utilizar otros modelos como el SDDP, SUPER-OLADE, RETSCREEN o el MAED.

### Escenarios:

Se han creado escenarios que contemplan la creación de programas de gestión de carga en la red eléctrica y acciones de eficiencia energética.

### Principales datos utilizados:

Recursos energéticos, generación de energía, datos técnicos y económicos de las tecnologías (por ejemplo, tipos de combustibles potenciales, eficiencia, capacidad, factores de emisión y costos de inversión), tasa de descuento, costos de combustible, demandas de energía y sus tendencias.



## Programas y políticas

-Ley de Cambio Climático, donde se busca adoptar prácticas orientadas a reducir la vulnerabilidad ambiental y desarrollar propuestas de mitigación de los efectos producidos por el cambio climático.

-Programa Regional de Cambio Climático.

-Agenda climática de Honduras.

-Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

## Medidas de mitigación comprometidas

### Tipo de meta:

-Reducción condicionada respecto a BAU.

### Generación de energía:

-Aprovechamiento de energías renovables: hidráulica de gran y pequeña escala, solar, eólica, biomasa y geotermia.

### Eficiencia energética:

-Impulsar medidas de eficiencia energética, con base en los avances logrados.

### Transporte:

-Sustitución de combustibles por biocombustibles.

## Análisis sectorial

### Generación eléctrica:

-En 2012, 56.9% de la producción total de electricidad era generada por centrales termoeléctricas convencionales, mientras que el restante 43.1% era generado por plantas de energía renovable (ENEE, 2016).

-Para el 2015 la generación eléctrica se revirtió considerablemente, donde el 60% de la producción total de energía era generada a partir de energía renovable (ENEE, 2016).

-Además, en un periodo de 6 años la capacidad instalada aumento en 637 MW (ENEE, 2016).

### Eficiencia energética:

-En 2009, con el proyecto iluminación inteligente, se hizo un reparto gratuito para el sector residencial de un total de 6.1 millones de lámparas fluorescentes compactas con una reducción estimada del 4.1% sobre el consumo total de electricidad.

### Transporte:

-El 95% del transporte utiliza combustibles fósiles, donde la proporción de vehículos ineficientes es alta.

-Existe una alta tasa de importación de vehículos usados con tecnologías relativamente obsoletas.

-Honduras cuenta con una excesiva flota vehicular en las áreas urbanas.

## Principales TER implementadas

### Generación de energía:

-Plantas hidroeléctricas.

-Energía solar fotovoltaica.

-Plantas de generación de energía por bagazo de caña.

### Eficiencia energética:

-Tecnologías industriales de alta eficiencia energética (acero, fabricación de ladrillos, cemento, cerámica, textiles, fundición, caucho, madera, producción de coque, elaboración de alimentos, té, pasta, etc.).

### Transporte:

-Uso de catalizadores en el transporte público y privado.

## Indicadores económicos

Año de referencia	2016
Población total	9,112,867
PIB (US\$ a precios constantes)	19,481,561,981
Crecimiento del PIB (% anual)	3.61%
PIB per cápita	2,361.16
Variación precios al consumidor	2.72%
Desempleo	6.30%
Índice de competitividad global	3.9 (96°)

## Indicadores ambientales

Año de referencia:	2000
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	13.83
Emisiones totales Sector Energía:	8.30
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	2.38
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	28.92
Meta de Reducción GEI Total 2030:	15%



## Jamaica

### Modelos

#### Utilizados:

LEAP, WASP y ENPEP.

#### Escenarios:

Se han creado escenarios con base en la distribución de la matriz energética del país y la sustitución de combustibles en la producción eléctrica.

#### Principales datos utilizados:

Políticas / planes nacionales de energía, número de usuarios del servicio de energía eléctrica. Precios de combustibles, costos variables de O&M. Datos de población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; Datos de PIB / PNB; Valor agregado por sector / subsector; Tasas de interés; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión de los inventarios de GEI, entre otros.



### Programas y políticas

-Política Nacional de Energía, donde se realizan proyectos para diversificar el 30 por ciento de su matriz para 2030.

-Programa Para América Latina y el Caribe de Eficiencia Energética (PALCEE).

-Miembro del programa SIDS DOCK para la generación eléctrica con fuentes renovables.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción respecto a BAU.

#### Generación de energía:

-Energías renovables (10 MW de energía solar, 15 MW de geotérmica y 2 MW de viento).

#### Eficiencia energética:

-Eficiencia energética: renovación de todos edificios.

-Establecimiento de códigos de construcción de eficiencia energética para todos los sectores.

#### Transporte:

-Introducción de mezclas de biocombustibles para GNL y diésel.

-Implementación de impuestos a gasolina y diésel.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-La electricidad es generada por algunas centrales termoeléctricas dentro del país. Solo pequeñas cantidades son generadas por energía hidroeléctrica y energía eólica. El uso de energía solar es insignificante.

-Jamaica Public Service Company Limited (JPS) es 80.1% propiedad privada y el resto propiedad del gobierno.

-Una pequeña cantidad de electricidad es generada por operadores industriales, comerciales o residenciales para su propio consumo.

-Sustitución en escuelas públicas de energía eléctrica generada por sistemas térmicos convencionales por energía solar.

#### Eficiencia energética:

-Renovación eléctrica de edificios para bajar su alto consumo.

#### Transporte:

-La mayor parte del transporte utiliza gasolina y diésel y solo una pequeña parte propano y gas L.P.

-Jamaica cuenta con legislaciones que regulan la importación de vehículos de acuerdo con la antigüedad y el número de unidades por persona en una búsqueda de limitar la importación de vehículos antiguos al país.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Granjas eólicas medianas.

-Planta de energía solar fotovoltaica de 20 megavatios.

#### Eficiencia energética:

-Renovación eléctrica de edificios.

#### Transporte:

-Sistemas de recuperación de calor residual e instalación de nuevas hélices en los buques marítimos.

### Indicadores económicos

Año de referencia	2016
Población total	2,881,355
PIB (US\$ a precios constantes)	13,801,803,129
Crecimiento del PIB (% anual)	1.37%
PIB per cápita	4,878.58
Variación precios al consumidor	2.35%
Desempleo	13.20%
Índice de competitividad global	4.2 (70°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2012
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	21.83
Emisiones totales Sector Energía:	6.91
Emisiones por Generación de Electricidad:	2.82
Emisiones por Transporte:	1.74
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	7.68
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	14.5
Meta de Reducción GEI Total 2030:	7.8%



# México



**Modelos**

**Utilizados:**  
EPPA, EVOC, LEAP, WASP, ENPEP, POLES, GCAM, IMAGE, PHOENIX y TIAM-ECN, entre otros.

**Escenarios:**  
Escenarios que evalúan los impactos específicos de la implementación de diversas políticas de mitigación como impuestos y regímenes. Escenarios que contemplan distintos crecimientos económicos o demográficos, cambios en la matriz energética del país o cambios en la composición del sector transporte.

**Principales datos utilizados:**  
Dentro de los datos utilizados para los distintos modelos, se pueden mencionar: Recursos energéticos; Generación de energía; Perfiles de emisión; PIB; Población; Recursos de petróleo y gas; Costos tecnológicos, Curvas de costos de reducción marginales (MACC), PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales.

**Principales TER implementadas**

Generación de energía:  
-Energía fotovoltaica de pequeña y gran escala  
-Energía eólica de gran escala.  
-Calentamiento de agua solar.  
-Plantas Geotermicas.

Eficiencia energética:  
-Alumbrado eficiente  
-Amplia gama de tecnologías con etiqueta de eficiencia energética

Transporte:  
-Gestión de la demanda de transporte.  
-Carriles reservados para los autobuses.

**Programas y políticas**

- Ley General de Cambio Climático.
- Sistema Nacional de Cambio Climático, instrumentos de Planeación.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático.
- Programa Especial de Cambio Climático.
- Fondo Nacional de Cambio Climático.

**Medidas de mitigación comprometidas**

Tipo de meta:  
-Reducción respecto a BAU.

Generación de energía:  
-Generar electricidad con 35% de energía limpia en el 2024 y 43% al 2030.  
-Sustituir combustibles pesados por gas natural, energías limpias y biomasa.

Eficiencia energética:  
-Impulsar la construcción de edificaciones y la transformación hacia ciudades sustentables.

Transporte:  
-Abastecer de gasolinas y diésel de ultra bajo azufre.  
-Modernizar el parque vehicular y reducir la importación de automóviles usados.

**Análisis sectorial**

Generación eléctrica:  
-México se situó en el décimo tercer lugar de los países con mayor producción primaria, con 1.6% de la energía total producida en el mundo.  
-La generación de energía a partir de fuentes renovables del 1 de enero al 30 de junio del 2017, comprendió el 15.51% del total de capacidad de generación del país. La generación de electricidad por energía hidroeléctrica (9.38%) es la fuente renovable de mayor producción en México (SENER, 2017).

Eficiencia energética:  
-En eficiencia energética, México ocupó el sexto lugar de los 111 países evaluados por el Banco Mundial durante el 2016, con una puntuación de 79 puntos (Financiero, México, entre los países con mayor eficiencia energética: BM, 2017).

Transporte:  
-El total de vehículos de motor registrados en circulación en enero del 2018 fue de 41,423,296 unidades, de las cuales 30,300,242 fueron automóviles (INEGI, 2018).  
-Durante el primer trimestre del 2017 se vendieron únicamente 81 vehículos eléctricos en el país. Los altos costos de estas unidades generan desincentivos para su compra de acuerdo con datos de (Financiero, ¿Cuántos autos eléctricos se vendieron en México en el 1T17?, 2017).

**Indicadores de desarrollo económico**

Año de referencia	2016
Población total	127,540,423
PIB (US\$ a precios constantes)	1,238,150,693,41
Crecimiento del PIB (% anual)	2.29%
PIB per cápita	8,208.56
Variación precios al consumidc	2.82%
Desempleo	3.9%
Índice de competitividad global	4.4 (51°)

**Indicadores ambientales**

Año de referencia:	2015
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	683
Emisiones totales Sector Energía:	481
Emisiones por Generación de Electricidad:	163.54
Emisiones por Transporte:	173.16
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	5.42
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	973
Meta de Reducción GEI Total 2030:	22%



# Nicaragua

## Modelos

### Utilizados:

OPTGEN, LEAP, SDDP, MAED, MESSAGE y SUPEROLADE.

### Escenarios:

Escenarios de mitigación donde se contemplan sustituciones en la matriz energética incluyendo opciones tecnológicas y legales (contractuales). Escenarios con cambios en la composición y calidad del transporte, así como en la sustitución en el uso de combustibles.

### Datos:

Indicadores como la eficiencia del equipamiento utilizado por el usuario final, la diversificación de fuentes energéticas, y la evolución del consumo per cápita, recursos energéticos, generación de energía, datos técnicos y económicos de las tecnologías, tasa de descuento, costos de combustible, demandas de energía y sus tendencias.



## Programas y políticas

- Plan Nacional ante el cambio climático.
- Ley No. 532, Ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables.
- Decreto No. 2-2008 para el Ordenamiento del Uso de la Energía.
- Ley No. 594 sobre los recursos geotérmicos.
- Ley de eficiencia energética,

## Medidas de mitigación mencionadas

### Tipo de meta:

-No ha entregado iNDC dada su reciente incorporación al Acuerdo de Paris.

### Generación de energía:

-Sustitución del consumo de leña por gas licuado de petróleo (GLP) en 456,000 familias urbanas.

### Eficiencia energética:

-Penetración de cocinas mejoradas en el 60% de la población urbana y rural.

-Sustitución de refrigeración ineficiente en 181,000 hogares.

### Transporte:

-Mejora del rendimiento de los vehículos terrestres de carga y pasajeros en 10% y 30% respectivamente.

## Análisis sectorial

### Energía renovable:

-De acuerdo con datos del Banco Central de Nicaragua (BCN), el 50.4% de la generación de energía eléctrica en 2016 fue termoeléctrica, mientras que el 49.6% se produjo por fuentes renovables.

-De esta cantidad, el 50.4% termoeléctrica, el 17.1% eólica, 15.8 % geotérmica, 10% hidroeléctrica y 6.7 % a través de la zafra.

-El Gobierno de Nicaragua espera tener en 2020 una matriz energética con 90% de participación renovable.

### Eficiencia energética:

-Se cuenta con el programa de eficiencia energética, a través del cual se están instalando 15,600 luminarias tipo led, 720 mil bombillos ahorradores, 20 mil lámparas en el sector gobierno y 100 módulos solares productivos (Conicyt, 2017).

### Transporte:

-De 2012 a 2016, se pasó de 511,631 vehículos a 800,000, según registros de la Dirección de Seguridad de Tránsito de la Policía Nacional, lo que representó 288,369 unidades más en las vías ( DSTN, 2017).

-El Banco Central de Nicaragua (BCN) reportó que el consumo de la gasolina y el diésel aumentó en 13.9% y 9.8% de enero a noviembre del 2016.

## Principales TER implementadas

### Generación de energía:

- Centrales hidroeléctricas, eólicas y geotérmicas
- PV solares

### Eficiencia energética:

-Tecnologías industriales de alta eficiencia energética (acero, fabricación de ladrillos, cemento, cerámica, textiles, fundición, caucho, madera, producción de coque, elaboración de alimentos, té, pasta y papel, producción de carbón vegetal, etc.).

### Transporte:

- Sendas para bicicletas, tránsito no motorizado.

## Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	6,149,928
PIB (US\$ a precios constantes)	11,970,056,312
Crecimiento del PIB (% anual)	4.7%
PIB per cápita	2,151.38
Variación precios al consumidor	3.52%
Desempleo	6.1%
Índice de competitividad global	3.9 (93°)

## Indicadores ambientales

Año de referencia:	1994
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	38.00
Emisiones totales Sector Energía:	2.7
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	0.002
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND



## Panamá

Modelos		Análisis sectorial
<p><b>Utilizados:</b> OPTGEN, SDDP, SUPEROLADE y TNA.</p> <p><b>Potenciales:</b> Se podrían aplicar otros modelos como el MESSAGE o LEAP.</p> <p><b>Escenarios:</b> Se manejan escenarios donde se modifica la matriz energética del país a partir de la inclusión de diversas fuentes de energía renovable, tales como la energía solar, eólica o biomasa.</p> <p><b>Principales datos utilizados:</b> Datos de demanda de energía, costos variables y costos de gastos de capital de las tecnologías, recursos energéticos, generación de energía, datos técnicos y económicos de las tecnologías, entre otros.</p>		<p><b>Generación eléctrica:</b> -De acuerdo con datos de la Secretaria Nacional de Energía, durante el 2017 el 71.79% de la generación eléctrica se dio a partir de energías renovables, principalmente a partir de la generación de energía hidroeléctrica (65.83%). Le siguen energía térmica de combustibles Bunker (24.55%), eólica (4.46%), diésel (2.11%), carbón (1.55%) y solar (1.42%) (SNE, 2017).</p> <p><b>Eficiencia energética:</b> -En 2009 se creó el Programa de Energía Sostenible y Eficiencia Energética y Fortalecimiento cuyo objetivo es buscar medidas y programas para fomentar la EE. Gracias a este programa se redujo el consumo de energía alrededor de un 10% (CAF, 2016).</p> <p><b>Transporte:</b> -Durante noviembre del 2016, el parque automotriz de Panamá se situó en 1,221,999 vehículos inscritos, de acuerdo con la Dirección Nacional del Registro Único de Vehículos Motorizados (RUVM) de la Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre (ATTT) (RUVM, 2016). -En 2017, transitaron un total de 13,548 de transportes marítimos a través del canal de Panamá, un aumento del 3.3% a comparación del año anterior (Canal de Panamá, 2017).</p>
	Programas y políticas	
	<p>-Ley 8, donde se establece el ministerio de Medio Ambiente y el Plan Energético Nacional 2015-2050.</p> <p>-Ley 69 para el uso eficiente de la energía.</p> <p>-Ley 18 relativo a la energía eólica.</p> <p>-Ley 37 para los incentivos en la generación de energía solar.</p>	
	Medidas de mitigación comprometidas	
	<p><b>Tipo de meta:</b> -Políticas y acciones.</p> <p><b>Generación de energía:</b> -Desarrollo de incentivos a la introducción del gas natural para generación de electricidad. -Creación de centrales hidroeléctricas (micro, mini, entre otras). -Uso intensivo de energía solar fotovoltaica y térmica.</p> <p><b>Eficiencia energética:</b> -Sustitución de modos de transporte más intensivos en uso de energía por modos más eficientes.</p> <p><b>Transporte:</b> -Introducción de automóviles híbridos.</p>	
TER Utilizadas		
<p><b>Generación de energía:</b> -Plantas de gas natural (GNL). -Generación de energía en plantas hidroeléctricas.</p> <p><b>Eficiencia energética:</b> -Tecnologías industriales de alta eficiencia energética (acero, fabricación de ladrillos, cemento, cerámica, textiles, fundición, caucho, madera, producción de coque, elaboración de alimentos, pasta y papel, producción de carbón vegetal, etc.).</p> <p><b>Transporte:</b> -Calculadora de emisiones para buques marítimos.</p>		

### Indicadores de desarrollo económico

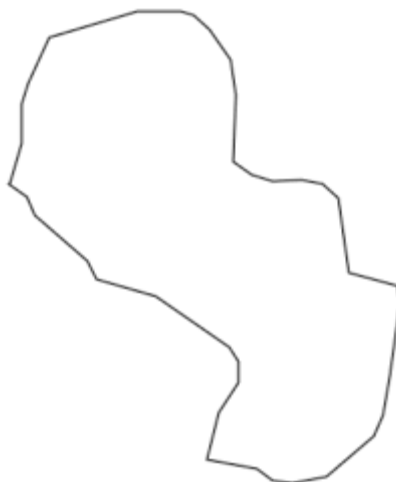
Año de referencia	2016
Población total	4,034,119
PIB (US\$ a precios constantes)	44,304,199,791
Crecimiento del PIB (% anual)	4.88%
PIB per cápita	13,680.24
Variación precios al consumidor	0.75%
Desempleo	4.40%
Índice de competitividad global	4.4 (50°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2000
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	26.40
Emisiones totales Sector Energía:	4.81
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.89
Emisiones por Transporte:	2.63
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	1.86
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND



## Paraguay



### Modelos

#### Utilizados:

LEAP, MAED, MESSAGE, FINPLAN y WASP.

#### Escenarios:

Escenarios que contemplan la sustitución de diversas tecnologías, el uso de productos y procesos más eficientes, la sustitución de combustibles y métodos de transporte más limpios; y la creación de plantas hidroeléctricas para diversificar la matriz energética, entre otros.

#### Principales datos utilizados:

Indicadores de eficiencia de aparatos eléctricos, recursos de fuentes energéticas, y la evolución del consumo per cápita, generación de energía, datos técnicos y económicos de las tecnologías, tasa de descuento, costos de combustible, demandas de energía por sector y sus tendencias, entre otros.

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

-Gasificación de biomasa mediante el uso de generadores de ciclo combinado.

-Plantas de energía hidroeléctrica.

#### Eficiencia energética:

-Alumbrado eficiente (lámparas fluorescentes compactas, alumbrado público eficiente, etc.).

-Expansión y mejora de la red de transmisión, incluyendo estaciones de transformación.

#### Transporte:

-Creación de hidrovías para el aprovechamiento de buques.

### Programas y políticas

-Ley Nacional de Cambio Climático.

-Resolución Nº 280/08 para la certificación de la importación de vehículos "flex fuel".

-Ley "De Fomento de los Biocombustibles".

-Plan Nacional de Eficiencia Energética.

-Proyecto de eficiencia energética para edificios públicos.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción respecto a BAU.

#### Generación de energía:

-Promover energías renovables (energía hidroeléctrica, solar, eólica y geotérmica)

#### Eficiencia energética:

-Implementar la eficiencia energética en edificios, viviendas y sectores industriales.

-Mejora del suministro y de la eficacia de distribución.

#### Transporte:

-Prohibir la importación de vehículos usados y mejorar el transporte público.

-Vehículos de mayor aprovechamiento de combustible.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-Paraguay produce el 100% de su electricidad a partir de plantas hidroeléctricas. Además, en el segundo semestre del 2015 exportó el 74.9% de la electricidad generada de acuerdo con el Viceministerio de Minas y Energía (SSME, 2017).

-Se prevé la creación de nuevas plantas hidroeléctricas y una planta de energía solar para atender la demanda de los futuros 10 años y diversificar las fuentes de generación renovables (La Nación, 2018).

#### Eficiencia energética:

-Reducción de la dependencia de leña y otras fuentes de energía de combustibles fósiles por parte de las PyMES paraguayas. La industria es en gran parte alimentada por leña tradicionalmente barata (que constituye el 83% del uso de energía industrial), causando una gran cantidad de emisiones por su quema.

#### Transporte:

-Según la Dirección del Registros de Automotores, existen en circulación 2,133,513 vehículos en el país, incluido también maquinaria y tractores.

-En 2017, se registró un incremento de 190,467 automóviles con relación a lo observado durante en 2016.

### Indicadores de desarrollo económico

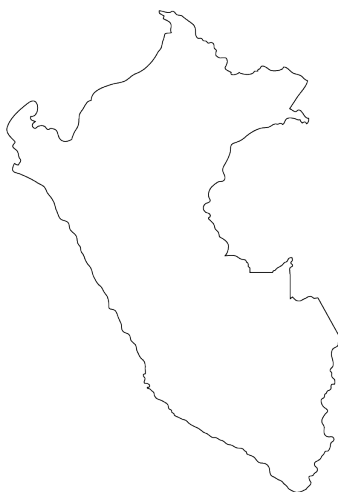
Año de referencia	2016
Población total	6,725,308
PIB (US\$ a precios constantes)	26,400,622,642
Crecimiento del PIB (% anual)	4.02%
PIB per cápita	4,077.74
Variación precios al consumidor	4.09%
Desempleo	5.4%
Índice de competitividad global	3.7 (112°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2012
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	142.33
Emisiones totales Sector Energía:	5.00
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.00
Emisiones por Transporte:	4.51
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	22.34
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	416
Meta de Reducción GEI Total 2030:	10%



Perú



### Modelos

#### Utilizados:

Modelo híbrido de equilibrio general computable. Simulación: LEAP y T21. Otros modelos: WASP, HOMER, EVOC, SUPEROLADE, SDDP, entre otros.

#### Escenarios:

Se han evaluado distintos tipos de escenarios dentro de El Perú, donde se contemplan distintas medidas de mitigación. Para esto se han podido crear curvas de mitigación (MACC) para poder crear diversos escenarios y medir sus impactos.

#### Principales datos utilizados:

Para los modelos globales, los principales controladores son: Población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales: Recursos energéticos; Generación de energía; Perfiles de emisión; PIB; Población; Recursos de petróleo y gas; Costo tecnológico, entre otros

### Principales TER implementadas

#### Generación de energía:

- Energía fotovoltaica aislada.
- Parques eólicos, plantas geotérmicas y generación a partir de biomasa.

#### Eficiencia energética:

- Aparatos eléctricos avalados con etiquetado de alta eficiencia.
- Sistemas de bombeo de agua con uso de energía solar.

#### Transporte:

- Sendas para bicicletas, tránsito no motorizado.
- Carriles reservados para los autobuses.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-En 2017, la energía eléctrica provino en su mayoría de energía renovable: centrales hidroeléctricas (52%) y de centrales termoeléctricas (46%), de las cuales la mayoría se abastecen de gas natural. Únicamente el 2% de la energía consumida se abastece con fuentes eólicas, solares, geotérmicas y de biomasa (Comercio, 2017).

#### Eficiencia energética:

-El estudio de mercado de iluminación en el Perú del 2015, impulsado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), revela que la iluminación representa el 19% de la facturación de energía eléctrica en el hogar, mientras que en el sector público llega al 20% y 25% en el sector comercial.

-El 7 de abril entró en vigor el etiquetado de eficiencia energética en el país a cargo del MEM.

#### Transporte:

-A finales del 2015, se registró en Perú un acervo del parque vehicular de 5,127,000 unidades con un incremento del 6.1% respecto al año previo (CAN, 2016).

-Asimismo, de acuerdo con la Comunidad Andina, en el periodo 2006-2015 se registró un incremento promedio anual de la flota vehicular en el país del 11.2%.

### Programas y políticas

- Ley Marco sobre Cambio Climático.
- Decreto Supremo Nº 031-2007-EM donde se crea la Dirección General de Eficiencia Energética.
- Política Energética Nacional Del Perú 2010-2040.
- Decreto Legislativo Nº 1002 para la promoción de la inversión en energías renovables.
- Programas Nacionales de Mitigación.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

- Reducción respecto a BAU.

#### Generación de energía:

- Generación de electricidad con energías renovables.
- Cogeneración en industrias, hospitales e industrias,
- Interconexiones con países andinos y Brasil.

#### Eficiencia energética:

- Sustitución de equipos de baja eficiencia.
- Eficiencia energética en iluminación pública.

#### Transporte:

- Impulso a vehículos a GN, híbridos y eléctricos.
- Normas de emisiones para vehículos livianos.
- Sistemas Integrado de Transporte en Lima y Callao.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	31,773,839
PIB (US\$ a precios constantes)	193,483,725,407
Crecimiento del PIB (% anual)	3.88%
PIB per cápita	6,049.23
Variación precios al consumidor	3.6%
Desempleo	6.7%
Índice de competitividad global	4.2 (72°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2010
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	170.6
Emisiones totales Sector Energía:	85.3
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	5.79
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	298.3
Meta de Reducción GEI Total 2030:	20%



### Modelos

#### Utilizados:

LEAP, MESSAGE, MOPERD, DigSilent, SUPEROLADE, METPLAN y TNA.

#### Escenarios:

Se han creado diversos escenarios para la generación eléctrica del país, así como para los efectos de programas de eficiencia energética y sustitución de combustibles por fuentes más limpias.

#### Principales datos utilizados:

Indicadores como la eficiencia del equipamiento utilizado por el usuario final, la diversificación de fuentes energéticas, y la evolución del consumo per cápita, recursos energéticos, generación de energía, datos técnicos y económicos de las tecnologías, tasa de descuento, costos de combustible, demandas de energía y sus tendencias, entre otros.



### Programas y políticas

- Política Nacional de Cambio Climático (PNCC).
- Proyecto de Sustitución de Aires Acondicionados y Bombas de Agua.
- Programa de Gestión de Energía.
- Programa de electrificación rural, el cual está basado en fuentes de energía renovable.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

- Reducción condicionada respecto a año base (2010).

#### Generación de energía:

- Impulso técnico, tecnológico y financiero para la utilización de fuentes renovables de energía en los establecimientos turísticos y hoteleros.

#### Eficiencia energética:

- Mantenimiento preventivo para los equipos acondicionadores de aire y refrigeración, a los fines de garantizar la eficiencia energética.

#### Transporte:

- Sistema de transporte rápido (BRT).
- Líneas de metro adicionales.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-A abril del 2017, la matriz de generación eléctrica estaba compuesta por gas natural (33%), derivados del petróleo (31.2%), hidráulica (15.4%), carbón (14.9%), biomasa (1.2%), eólico (4.1%), y solar con (0.2%), según datos suministrados por el Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional (ADIE, 2018).

#### Eficiencia energética:

-La distribución de un total de 2,596 bombillas fluorescentes compactas; ha logrado un ahorro anual de 900,747 KWh y una reducción de emisiones de 573,505 tCO<sub>2</sub>/año.

-Plan Desarrollo Fotovoltaico de Uso Individual en Comunidades Deprimidas, con la instalación de 100 sistemas fotovoltaicos con un costo de inversión de US\$ 100,000.

-Se emitieron alrededor de 265 certificaciones de sistemas fotovoltaicos a través del Programa de Medición Neta.

#### Transporte:

- Al 31 de diciembre de 2017, el stock de vehículos registrados ascendió a 4,097,338 unidades, registrándose un aumento del 6.3% respecto al 2016, de los cuales: el 54.6% son motocicletas, el 21.1% corresponde a automóviles, el 10.2% son jeeps y el 14.0% restante corresponde a vehículos de carga, autobuses, entre otros (DGII, 2018).

### TER Utilizadas

#### Generación de energía:

- Energía solar fotovoltaica.
- Parques eólicos, plantas geotérmicas y generación a partir de biomasa.

#### Eficiencia energética:

-Instalaciones de climatización con tecnología Inverter y VRF con alta eficiencia energética.

#### Transporte:

-Sistemas de conexión de los aviones al sistema eléctrico del aeropuerto de Santo Domingo.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	10,648,791
PIB (US\$ a precios constantes)	73,573,876,509
Crecimiento del PIB (% anual)	6.65%
PIB per cápita	6,722.22
Variación precios al consumidor	1.61%
Desempleo	14.1%
Índice de competitividad global	3.9 (104°)

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2010
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	34.21
Emisiones totales Sector Energía:	21.14
Emisiones por Generación de Electricidad:	2.60
Emisiones por Transporte:	5.46
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	3.6
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	25%



## St Kitts & Nevis



### Modelos

#### Utilizados:

Modelos de análisis de decisión multicriterio como el TNA.

#### Potenciales:

Se podrían emplear modelos que han aplicado otros países del Caribe como el modelo LEAP, WASP o EXact.

#### Posibles escenarios:

Escenarios que contemplan la diversificación de la matriz energética del país incorporando fuentes de energía eólica y geotérmica. Escenarios que contemplan cambios en la composición del transporte.

#### Principales datos necesarios:

Datos de población nacional; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión de los inventarios de GEI; datos técnicos y económicos de las tecnologías (capacidad, factores de emisión y costos de inversión), entre otros.

### TER Utilizadas

#### Generación de energía:

- Parque eólico con turbinas Vergnet G EV MP.
- Planta de energía solar fotovoltaica.
- Planta de energía geotérmica (en construcción).

#### Eficiencia energética:

- Uso de ventiladores y acondicionadores de alta eficiencia.

#### Transporte:

- ND.

### Programas y políticas

- Participante de la Iniciativa Global de Islas para Energía Sostenible (GSEII).

Proyecto de Iluminación de Eficiencia Energética del Caribe (CEELP) para aumentar la eficiencia energética en un 25%.

- Programa SIDS DOCK para la creación de fuentes de energía renovable y aumentos en la eficiencia energética de los países miembro.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

- Reducción condicionada respecto a BAU.

#### Generación de energía:

- Incrementar el uso de energías renovables para la generación eléctrica (viento).
- Conversión de biomasa de los excedentes de caña de azúcar en energía.

#### Eficiencia energética:

- Creación de un sistema de interconexión entre St Kitts y Nevis.

#### Transporte:

- Conversión de vehículos existentes a sistemas biocombustibles mediante la instalación de kits de conversión para el uso de gas natural comprimido (GNC).

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-Importa combustibles fósiles para generación eléctrica, situación que lo deja vulnerable a las fluctuaciones de los precios del petróleo.

-Según datos del National Renewable Energy Laboratory (NREL, Energy Snapshot, 2016), durante el 2015 el 94.33% de la energía eléctrica se generó a partir del diésel, 3.90% de energía eólica y el 1.77% de energía solar.

#### Eficiencia energética:

-Promoción de hoteles de carácter sostenible donde se prioriza la eficiencia energética. Caso de éxito del hotel, Belle Mont Farm en Baseterre.

#### Transporte:

-El transporte marítimo es de considerable importancia para el comercio externo de San Cristóbal y Nieves, alrededor del 95% de las importaciones llegan por mar (MEPyD, Informe País, 2016).

-La infraestructura vial es precaria, la comunicación vía terrestre se efectúa a través de una intrincada red de rutas sinuosas que atraviesan las islas, con uso frecuente de servicio de autobús público y taxis.

-Tiene dos aeropuertos administrados por la entidad estatal Autoridad de Puertos y Aeropuertos.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	54,821
PIB (US\$ a precios constantes)	858,344,692.45
Crecimiento del PIB (% anual)	2.21%
PIB per cápita	16,596.83
Variación precios al consumidor	-0.69%
Desempleo	ND
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2015
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	0.43
Emisiones totales Sector Energía:	0.09
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND
Emisiones por Transporte:	ND
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	7.85
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	0.836
Meta de Reducción GEI Total 2030:	35%



## St Lucia



### Modelos

#### Utilizados:

Modelo econométrico estático propio a partir de la interpolación de datos y crecimiento constante en línea poblacional, para simular las emisiones BAU del país. Además, se utilizó el TNA.

#### Potenciales:

Se podrían emplear modelos que han aplicado otros países del Caribe como LEAP, WASP o EXact para el análisis de escenarios de mitigación.

#### Escenarios:

Se ha creado el escenario BAU y el que contempla las reducciones de emisiones para los años 2025 y 2030.

#### Principales datos necesarios:

Se utilizaron datos de crecimiento económico, cambios en la población, suministro de energía y precios.

### TER Utilizadas / por utilizar

#### Generación de energía:

-Generación de energía geotérmica (se encuentra en la fase de exploración, la fase 2 de perforación está considerada para el 2018).

#### Eficiencia energética:

-Uso de ventiladores y acondicionadores de alta eficiencia en hoteles.

#### Transporte:

-ND.

### Programas y políticas

-Iniciativa Global de Islas para Energía Sostenible (GSEII), donde se realizaron proyectos y programas de energía renovables y eficiencia

-Programa SIDS DOCK, el cual busca la generación de un 50% de energía eléctrica con fuentes de energía renovable y el aumento de la eficiencia energética en al menos un 25%.

-Programas de adaptación.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción condicionada respecto a BAU.

#### Generación de energía:

-Mantener un 35% de la generación de energía a través de energía renovable.

#### Eficiencia energética:

-Normas nacionales de etiquetado de eficiencia energética (aire acondicionado,

-Lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes tubulares y compactas)

#### Transporte:

-Introducción de un nuevo gravamen para controlar la importación de vehículos usados.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-La generación de electricidad depende de la importación de combustibles fósiles. De hecho, Santa Lucía importa 3,000 barriles de combustibles fósiles diariamente, de los cuales aproximadamente dos tercios se utilizan para la generación de electricidad (BID, 2016).

-En 2015, se enmendó la Ley de Suministro de Electricidad, restringiendo el monopolio, de más de 80 años de Saint Lucia Electricity Services (LUCELEC), sobre la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles y se creó la Comisión Reguladora de Servicios Nacionales (NURC), la cual otorga concesiones de licencias y la regulación de la generación de electricidad de todo tipo de fuentes.

#### Eficiencia energética:

-ND.

#### Transporte:

-Aumentos registrados en las importaciones de vehículos entre 1990 y 2015 muestra una tendencia cíclica, pero con una trayectoria ascendente más prolongada desde 2008 y un aumento constante en el número total de vehículos registrados en la isla.

-En 2015, el stock total de vehículos grabados se situó en 54,159.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	178,015
PIB (US\$ a precios constantes)	1,451,113,155
Crecimiento del PIB (% anual)	0.93%
PIB per cápita	9,364.82
Variación precios al consumidor	-3.09%
Desempleo	23.1%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2010
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	0.65
Emisiones totales Sector Energía:	0.493
Emisiones por Generación de Electricidad:	0.251
Emisiones por Transporte:	0.197
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	3.88
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	0.816
Meta de Reducción GEI Total 2030:	23%



## St Vincent & Granadines



### Modelos

#### Utilizados:

Se utilizó un modelo econométrico estático propio a partir de la interpolación de datos y crecimientos constantes para simular las emisiones BAU del país.

#### Potenciales:

Se podrían emplear modelos que han aplicado otros países del Caribe como LEAP, WASP o EXact para el análisis de escenarios de mitigación.

#### Escenarios:

Se ha creado únicamente un escenario BAU. No se contemplan escenarios que simulen la implementación de diversas medidas de mitigación.

#### Principales datos necesarios:

Se han utilizado datos de generación eléctrica, de generación de energía no eléctrica, datos de transporte doméstico (número de vehículos de calle), generación de residuos sólidos, entre algunos otros.

### TER Utilizadas / por utilizar

#### Generación de energía:

-Generación de energía geotérmica (se encuentra en la etapa de negociación para la distribución de la participación del consorcio).

-Planta de energía fotovoltaica (dinero ya recaudado a través de licitaciones).

-Instalaciones fotovoltaicas de 400 kW en edificios públicos (etapa de licitación).

#### Eficiencia energética:

-ND.

#### Transporte:

-ND.

### Programas y políticas

-Plan de Acción Energética para evaluar posibles cambios en la generación eléctrica del país

-Programa SIDS DOCK para la creación de fuentes de energía renovable y aumentos en la eficiencia energética de los países miembro.

-Actualmente se están llevando a cabo proyectos para la adaptación y conservación forestal.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Reducción respecto al BAU.

#### Generación de energía:

-Implementar un programa para la instalación de sistemas de energía eólica y fotovoltaica conectados a la red.

#### Eficiencia energética:

-Establecer estándares de rendimiento energético para la importación y venta de los equipos de mayor consumo de energía.

#### Transporte:

-Exenciones de impuestos especiales y aranceles para los importadores de vehículos de bajo consumo de combustible.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

-La generación eléctrica emite alrededor del 50% de las emisiones de GEI.

-80% de la generación proviene de fuentes fósiles y 20% de hidroeléctricas. Sin embargo, de acuerdo con la compañía de electricidad, VINLEC, el suministro de hidroelectricidad durante la estación seca se ha reducido debido al menor flujo de la corriente, por lo que se requirió un mayor número de plantas a diésel para satisfacer la demanda.

-Se está revisando la legislación sobre energía para fomentar la generación privada con energía renovable.

#### Eficiencia energética:

-ND.

#### Transporte:

-De acuerdo a datos de la CEPAL, San Vicente y las Granadinas contaba en 2008 con 20.4 vehículos por cada 100 habitantes. Un número que aumentó significativamente a partir del 2003 donde se contaba con 15.0 vehículos por cada 100 personas.

-El país cuenta con 5 puertos y 6 aeropuertos, donde los principales bienes de importación son las maquinarias marítimas o fluviales.

### Indicadores de desarrollo económico

Año de referencia	2016
Población total	109,643
PIB (US\$ a precios constantes)	732,044,136.03
Crecimiento del PIB (% anual)	1.86%
PIB per cápita	7,006.60
Variación precios al consumidor	-0.15%
Desempleo	18.80%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2010
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	0.407
Emisiones totales Sector Energía:	ND.
Emisiones por Generación de Electricidad:	ND.
Emisiones por Transporte:	ND.
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	3.72
Emisiones BAU (2025) MtCO <sub>2</sub> :	0.607
Meta de Reducción GEI Total 2025:	22%



## Surinam



### Modelos

#### Utilizados:

Ninguno identificado.

#### Potenciales:

Se podría aplicar el modelo LEAP al ser simple, flexible, intuitivo y fácil de parametrizar.

#### Posibles escenarios:

Sería relevante crear escenarios que contemplen medidas de mitigación en el consumo de electricidad, generación de energía o en el cambio de la composición del transporte en el país.

#### Principales datos necesarios:

Algunos de los datos que se deberían de tener para la aplicación de un LEAP son: población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; Datos de PIB / PNB; Valor agregado por sector / subsector; Tasas de interés; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión, entre otros..

### TER Utilizadas

#### Generación de energía:

- Central hidroeléctrica de 180 MW.
- Planta de energía solar para el abastecimiento de la mina en Brokopondo.
- Pequeñas instalaciones de energía solar fotovoltaica en edificios.

#### Eficiencia energética:

-ND.

#### Transporte:

-ND.

### Programas y políticas

-Programa para América Latina y el Caribe de Eficiencia Energética para la capacitación en procesos eficientes dentro de las actividades económicas.

-Programa Japón-Caribe Alianza por el Cambio Climático (J-CCCP) para la implementación de medidas de mitigación adecuadas y la búsqueda de generación de energía limpia.

### Medidas de mitigación comprometidas

#### Tipo de meta:

-Políticas y acciones.

#### Generación de energía:

-Generación de energía eléctrica con energías renovables (hidro, viento, solar y biomasa).

#### Eficiencia energética:

-Fomentar la mayor eficiencia energética a través de tecnologías mejoradas y diseños constructivos.

#### Transporte:

- Uso de biocombustibles.
- Aplicación de combustibles anticontaminantes.

### Análisis sectorial

#### Generación eléctrica:

- NV Energie Bedrijven Surinam (EBS) es el único proveedor legal de energía eléctrica, particularmente en la zona costera y parte del Interior. La electricidad es producida por la planta hidroeléctrica Afobaka y generadores a diésel.

- Las demandas de energía de la zona costera se cubren con centrales hidroeléctricas y centrales termoeléctricas.

-En Hinterland la electricidad se proporciona a través de generadores diésel.

#### Eficiencia energética:

-El Desarrollo de Energía Renovable, Eficiencia Energética y la Electrificación en Surinam se realizó con el fin de demostrar la viabilidad del uso de la energía hidroeléctrica y las tecnologías solares como una opción para la electrificación de Hinterland. Además, para demostrar diversas prácticas de eficiencia energética mediante el uso de iluminación eficiente y calentadores solares de agua, para reducir el consumo de energía

#### Transporte:

-Los dos únicos sistemas de transporte público, autobús y barco, funcionan con la quema de combustibles fósiles.

### Indicadores de desarrollo económico

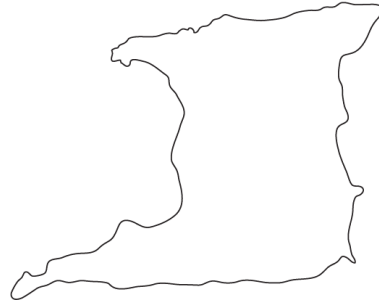
Año de referencia	2016
Población total	558,368
PIB (US\$ a precios constantes)	4,527,379,878
Crecimiento del PIB (% anual)	-5.14%
PIB per cápita	5,871.44
Variación precios al consumidor	52.34%
Desempleo	8.50%
Índice de competitividad global	ND

### Indicadores ambientales

Año de referencia:	2008
Emissiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	6.37
Emissiones totales Sector Energía:	3.79
Emissiones por Generación de Electricidad:	0.12
Emissiones por Transporte:	0.62
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	10.80
Emissiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
Meta de Reducción GEI Total 2030:	ND



# Trinidad y Tobago



**Modelos**

**Utilizados:**  
Modelo de simulación adaptado en el país utilizando la herramienta BIOS para desarrollar proyecciones de emisiones de GEI basadas en supuestos sectoriales específicas y otros aspectos económicos más generales.

**Potenciales:**  
De obtener más datos, se podrían usar modelos que han aplicado otros países del Caribe como LEAP, WASP o EXact.

**Escenarios:**  
Se han simulado escenarios para diferentes proyecciones de emisiones de GEI. Debido a la falta de datos, solo se desarrolló una metodología para estimar las emisiones proyectadas, sin la evaluación de medidas de mitigación.

**Principales datos utilizados:**  
Datos limitados de población nacional, indicadores económicos, valor agregado por sector (solo 3), entre otros.

**Principales TER implementadas**

Generación de energía:  
-Actualmente no existe generación de energía a través de fuentes renovables en el país. Tampoco se encontraron proyectos de energía renovable en etapas preliminares.

Eficiencia energética:  
-Construcciones comerciales eficientes (edificios verdes certificados).

Transporte:  
-Uso de Gas Natural Comprimido (GNC) en automóviles.

**Programas y políticas**

-Política Nacional de Cambio Climático, para el cumplimiento de la ruta de desarrollo baja en carbono.

-Programa Energía Sostenible para el desarrollo de un marco de energía sustentable, enfocándose en energía renovable, eficiencia energética y conservación de energía, así como en la optimización de producción y uso de combustibles fósiles.

**Medidas de mitigación comprometidas**

Tipo de meta:  
-Reducción condicionada respecto al BAU.

Generación de energía:  
-Uso de energías renovables.  
-Instalar sistemas fotovoltaicos en cámaras de vigilancia y semáforos.

Eficiencia energética:  
-Eficiencia energética en el sector eléctrico (CCGN).

Transporte:  
-Conversión obligatoria de todos los vehículos de propiedad estatal a gas natural comprimido.  
-Facilitar a los propietarios privados la conversión a GNC mediante incentivos fiscales.

**Análisis sectorial**

Generación eléctrica:  
-De acuerdo con los datos del Banco Mundial, la producción de electricidad a partir de fuentes de petróleo, gas y carbón en Trinidad y Tobago representa el 100% desde el 2010 (BM, 2016).

-Trinidad y Tobago es el productor líder de petróleo y gas en el Caribe. De hecho, los hidrocarburos son el principal motor económico de la isla.

-El Gobierno ha creado incentivos fiscales para promover la utilización de energías renovables y de dispositivos eficientes, con bajos resultados.

Eficiencia energética:  
-El sistema de certificación de edificios sostenibles LEED tiene buen auge en Trinidad y Tobago, con casos de éxito como el Savannah East en Puerto España.

Transporte:  
-De acuerdo con datos de Expansión, en el 2015 existían en circulación 397,000 vehículos en el país. De esos, 350,000 corresponden a vehículos de pasajeros, representando alrededor del 88% del total de unidades.

## Indicadores de desarrollo económico

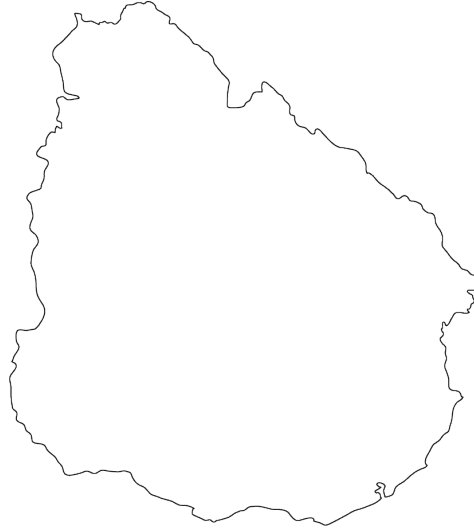
Año de referencia	2016
Población total	1,364,962
PIB (US\$ a precios constantes)	22,192,974,037
Crecimiento del PIB (% anual)	-2.27%
PIB per cápita	16,040.52
Variación precios al consumidor	3.06%
Desempleo	3.90%
Índice de competitividad global	4.1 (83°)

## Indicadores ambientales

Año de referencia:	2013
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	74.62
Emisiones totales Sector Energía:	63.46
Emisiones por Generación de Electricidad:	2.49
Emisiones por Transporte:	3.62
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	55.36
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	34.23
Meta de Reducción GEI Total 2030 (condicionada):	15%



Uruguay



**Modelos**

**Utilizados:**  
LEAP, ENPEP, T21 y metodologías de análisis multicriterio (TNA).

**Escenarios:**  
Se han creado escenarios que contemplan distintas medidas de mitigación de las cuales destacan la implementación de medidas de eficiencia energética y la diversificación de la matriz energética hacia fuentes de generación de energía más limpia, como la solar o eólica.

**Principales datos utilizados:**  
Datos de población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; Datos de PIB / PNB; Valor agregado por sector / subsector; Tasas de interés; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión de los inventarios de GEI; Políticas / planes nacionales de energía.

**TER Utilizadas**

**Generación de energía:**  
-Gasificación de biomasa para la generación de electricidad.  
-Turbinas eólicas.  
-A partir del biogás de desechos.

**Eficiencia energética:**  
-Alumbrado eficiente  
-Etiquetado del transporte eficiente.

**Transporte:**  
-Transporte público eléctrico.  
-Puntos de recarga para el transporte eléctrico privado.

**Programas y políticas**

- Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad.
- Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático (Pnrcc).
- Ley para la promoción de la energía solar.
- Política Energética para la promoción del uso eficiente de energía.

**Medidas de mitigación comprometidas**

**Tipo de meta:**  
-Reducción de intensidad respecto a año de referencia (1990) (Emisiones por unidad de PIB por sector y tipo de gas).

**Generación de energía:**  
-Generación eléctrica con energías renovables (eólica, solar, biomasa)

**Eficiencia energética:**  
-Implementación del Plan de Eficiencia Energética a 2024.  
-Piloto residencial de redes inteligentes a 2025.

**Transporte:**  
-Etiquetado obligatorio de eficiencia energética en vehículos livianos a combustión a 2025.  
-Vehículos eléctricos en el transporte público.

**Análisis sectorial**

**Generación eléctrica:**  
-El aumento en generación de electricidad a partir de la energía eólica y biomasa (principalmente de residuos agroindustriales) han sido resultado de la Política Energética del país.  
-En 2015 se tuvo una participación en la generación por parte de las energías renovables de 92.8%.  
-En el mercado eléctrico, ADME administra el mercado, UTE es la empresa estatal verticalmente integrada y los privados entran en el sistema como productores. La generación se basa en la competencia entre mayoristas con contratos y compras spot. En la transmisión y distribución, reconocidos como monopolios naturales, se asignan tarifas reguladas.

**Eficiencia energética:**  
-El Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015 aborda la promoción del etiquetado para vehículos livianos para incentivar la incorporación de automóviles más eficientes en el mercado.

**Transporte:**  
-El parque automotor uruguayo se extendió a 2,423,388 unidades a enero de 2018. De ellos, 1,242,570 unidades son motos, ciclomotores, triciclos, cuadriciclos y motonetas (MTOPE, 2018).

**Indicadores de desarrollo económico**

Año de referencia	2016
Población total	3,444,006
PIB (US\$ a precios constantes)	48,250,518,688
Crecimiento del PIB (% anual)	1.45%
PIB per cápita	15,220.57
Variación precios al consumidor	9.64%
Desempleo	7.80%
Índice de competitividad global	4.1 (76°)

**Indicadores ambientales**

Año de referencia:	2012
Emisiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	38.73
Emisiones totales Sector Energía:	8.46
Emisiones por Generación de Electricidad:	2.94
Emisiones por Transporte:	3.31
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	11.40
Emisiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	ND
	ND



# Venezuela



**Modelos**

**Utilizados:**  
OPTGEN, SDDP, LEAP Y SUPEROLADE.

**Escenarios:**  
Escenarios con diferentes opciones de expansión de la generación y transmisión del sistema eléctrico a mediano y largo plazo, calculando costos totales de inversión y operación, costos operativos de las plantas térmicas, costos marginales de operación, balances de energía a nivel anual y mensual, entre otros.

**Principales datos utilizados:**  
Datos de población nacional; Tasas de urbanización; Tamaño promedio de los hogares; PIB / PNB; Valor agregado por sector; Consumo de energía y producción por sector y combustible; Factores de emisión de los inventarios de GEI; número de usuarios del servicio de energía eléctrica. Precios de combustibles, costos variables de O&M, entre otros.

**Principales TER implementadas**

Generación de energía:  
-Sistemas de energía solar fotovoltaica integrados a la red.  
-Aerogeneradores en diversos parques eólicos.  
-Centrales hidroeléctricas.

Eficiencia energética:  
-Reemplazo de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFC).

Transporte:  
-ND.

**Programas y políticas**

- Ley Orgánica del Ambiente.
- Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía.
- Resolución N° 054 para el etiquetado de productos eficientes.
- Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico para el uso de fuentes alternativas de energía.
- Programas "Yo Cambio".

**Medidas de mitigación comprometidas**

Tipo de meta:  
-Reducción condicionada respecto a BAU.

Generación de energía:  
-Promover ciudades energéticamente eficientes, mediante el uso de tecnologías ahorradoras de energía, así como basadas en el uso de energías limpias (eólicas, solares, gas, entre otras)

Eficiencia energética:  
-Eficiencia energética y el uso racional de la energía y el impulso de energías complementarias.

Transporte:  
-Desarrollar sistemas de transporte público eficientes en el uso de recursos y de bajo impacto ambiental.

**Análisis sectorial**

Generación eléctrica:  
-Cuenta con 120 unidades de generación, de las cuales 51 son hidroeléctricas, que generan más del 70% de la energía consumida en el país.  
  
-Es un país productor de petróleo, gas, carbón y carbón, entre otros.  
  
-En energías renovables cuenta con representación de la energía hidro, solar, eólica, de biomasa y geotérmica.

Eficiencia energética:  
-Se ha efectuado una prohibición de la producción, importación, distribución y comercialización de lámparas incandescentes en todo el territorio nacional.

Transporte:  
-De acuerdo con el más reciente estudio de la Cámara de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores (FAVENPA, 2017), el parque vehicular se ubicó en 2016 en 4,22 millones de unidades. Del total, 54,5% (2,3 millones de unidades) son vehículos que ya cumplieron su vida útil con más de 11 años (antes de 2006). Es más, 1,56 millones de esos vehículos duplica la edad promedio de recambio según los estándares internacionales pues fueron ensamblados hace más de 15 años.

**Indicadores de desarrollo económico**

Año de referencia	2016
Población total	31,568,179
PIB (US\$ a precios constantes)	ND
Crecimiento del PIB (% anual)	ND
PIB per cápita	ND
Variación precios al consumidor	254.95%
Desempleo	7.20%
Índice de competitividad global	3.2 (127°)

**Indicadores ambiente**

Año de referencia:	2011
Emissiones Totales (MtCO <sub>2</sub> ):	192.22
Emissiones totales Sector Energía:	143.67
Emissiones por Generación de Electricidad:	47.02
Emissiones por Transporte:	33.99
tCO <sub>2</sub> e per cápita:	1.3
Emissiones BAU (2030) MtCO <sub>2</sub> :	330
Meta de Reducción GEI Total 2030:	20%



## VII. Formatos de Soporte

A continuación, se presentan algunos formatos de soporte que pueden ser de utilidad para la realización de diversas actividades:

## Plan de Trabajo para la modelación, ejemplo de plantilla y llenado.

Etapa 3. Utilización de modelos y herramientas para la planeación climática			
Paso 11. Reporte de Línea de Base de Modelación (LBM)			
Actividad 1. Definir objetivos, directrices, variables y limitantes del modelo	Responsable	Producto esperado	Fecha de entrega
<p>Descripción de la actividad</p> <p><b>Ejemplo:</b> Definir los objetivos estratégicos, directrices, variables y alcances del modelo.</p> <p>(Se sugiere tomar como referencia el formato del Recuadro 35. <i>Ejemplo de marco de acción.</i>)</p>	<p>Nombre del responsable y de la institución que representa</p> <p><b>Ejemplo:</b> Horacio Magar Lucardi, especialista de modelado energético</p>	<p>Nombre del documento o insumo que se espera construir</p> <p><b>Ejemplo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Documento con lista de objetivos del modelo, directrices que lo rigen, variables que utiliza y alcances que lo delimitan</li> <li>Matriz de sistematización de variables</li> </ul> <p>(Se sugiere usar un formato similar al de la Tabla 9. <i>Matriz de Sistematización de variables. Ejemplo Sector Transporte.</i>)</p>	<p>Fecha de entrega o lapso esperado de elaboración</p> <p><b>Ejemplo:</b> 5 de marzo de 2019 (3 días)</p>
Actividad 2. Revisión de literatura, políticas y experiencias previas	Responsable	Producto esperado	Fecha de entrega
<p><b>Ejemplo:</b></p> <p>Revisar los instrumentos de planeación, planes sectoriales previos, la literatura y datos disponibles sobre la descarbonización de la matriz de generación eléctrica en el país</p>	<p><b>Ejemplo:</b></p> <p>Juan Calvillo Pedroza, especialista en Política Pública de energía</p>	<p><b>Ejemplo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Documento con Matriz de Contexto y Prospectiva</li> <li>Se sugiere utilizar un formato similar al de la Tabla 11.</li> </ul>	<p><b>Ejemplo:</b></p> <p>8 de marzo de 2019 (3 días)</p>
Actividad 3. Elaboración del Reporte de Línea de Base de Modelado	Responsable	Producto esperado	Fecha de entrega
<p><b>Ejemplo:</b></p> <p>Elaboración de documento técnico e instrumental utilizado para el ejercicio de modelación donde se formularán los aspectos y criterios preliminares del modelo potencial a utilizar.</p>	<p><b>Ejemplo:</b></p> <p>Horacio Magar Lucardi, especialista de modelado energético</p>	<p><b>Ejemplo:</b></p> <p>Documento Reporte de Línea de Base de Modelación con aspectos preliminares del modelo, con una serie de indicadores de monitoreo.</p>	<p><b>Ejemplo:</b></p> <p>11 de marzo de 2019 (3 días)</p>



## VIII. Referencias Bibliográficas

- A.M. Thomson, K. C.-A.-L. (2011). RCP4.5: A pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. En *Climatic Change* (págs. 77-94).
- ADIE. (2018). *Matriz eléctrica de República Dominicana es de las más diversificadas*. Obtenido de Organismo Coordinador del sistema eléctrico.
- Apoyo Consultoría, P. C. (2014). *Modelo de equilibrio general para la evaluación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero: evaluación de medidas transversales (2010-2050)*. Obtenido de PlanCC: <http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/7-Modelo-de-Equilibrio-General-Computable.pdf>.
- ARCONEL. (2016). *Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Electricidad: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/Estad%C3%ADstica-anual-y-multianual-sector-el%C3%A9ctrico-2016.pdf>
- Banco Mundial. (2014). *Impacto del Cambio Climático en América Latina y el Caribe: cómo hacer frente a la nueva realidad climática*. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/news/speech/2014/12/02/climate-change-impacts-in-latin-america-and-the-caribbean->
- Banco Mundial. (2014). *Nueva normalidad climática" plantea riesgos significativos para el desarrollo de América Latina y el Caribe*. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2014/12/02/new-climate-normal-poses-severe-risks-to-developm>
- Barbará, D. (2014). Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC).
- Benavides, C., Gonzalez, L., Diaz, M., & Fuentes. (2015). The Impact of a Carbon Tax on the Chilean Electricity. *Energies 2015*.
- Bioeléctrica. (2015). *Las fuentes renovables lideran la matriz energética de Brasil*.
- BM. (2014). *Proyecto de transporte y desarrollo territorial en Haití*. Obtenido de Banco Mundial: <http://projects.bancomundial.org/P095523/haiti-transport-territorial-development-project?lang=es>
- BM. (2016). *Producción de electricidad a partir de fuentes renovables, excluida la hidroeléctrica (% del total)*. Obtenido de Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.RNW.X.ZS>
- CAF. (mayo de 2016). *Eficiencia energética en Panamá*. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00383.pdf>
- CAF. (2016). *Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe*. Obtenido de <http://www20.iadb.org/intal/catalogo/PE/2014/15019es.pdf>

- CAIT-WRI. (2018). *Emisiones GEI*. Obtenido de <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>.
- CAN. (20 de diciembre de 2016). *Parque vehicular de la Comunidad Andina 2006-2015*. Obtenido de Comunidad Andina: <http://intranet.comunidadandina.org/documentos/DEstadisticos/SGDE755.pdf>
- CARICOM. (2018). *SIDS DOCK*. Obtenido de <https://caricom.org/projects/detail/sids-dock>
- CCCS. (4 de mayo de 2018). *Hay 122 edificios con certificados de sostenibilidad en el país*. Obtenido de La República: <https://www.larepublica.co/infraestructura/hay-122-edificios-con-certificados-de-sostenibilidad-en-el-pais-2722297>
- CENCE. (2018). *Sistema Eléctrico Nacional*. Costa Rica.
- Centro Mario Molina. (septiembre de 2010). *La ruta de México hacia una economía sustentable de baja intensidad de carbono*.
- CEPAL. (30 de Octubre de 2004). *Metodología del Marco Lógico*. Obtenido de Repositorio CEPAL. Boletín del Instituto: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9942/1/S0400007\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9942/1/S0400007_es.pdf)
- CEPAL. (2008). *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/3640-cambio-climatico-desarrollo-america-latina-caribe-resena>
- CEPAL. (2016). *Estadísticas de producción de electricidad de los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)*. Ciudad de México.
- CEPAL-PNUD. (11 de 2002). *Gasto, inversión y financiamiento para el desarrollo sostenible en México*. Obtenido de División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5758/1/S0211879\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5758/1/S0211879_es.pdf)
- Chávez, M. (2013). *Potencial de aprovechamiento de paneles fotovoltaicos nos sistemas aislados da Amazônia: Brasil, Bolívia, Colômbia e Peru. XV Congresso Brasileiro de Energia - CBE*.
- Chisari, O., Maquieyra, J., & Miller, S. (2012). *Manual sobre Modelos de Equilibrio General Computado para Economías de LAC con Énfasis en el Análisis Económico del Cambio Climático*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- CINU. (2018). *Japón-Caribe Alianza por el Cambio Climático*. Obtenido de <http://www.cinu.mx/noticias/la/japon-y-el-pnud-inician-proyec/>
- CIS Consultores en Transporte. (2001). *Informe Ejecutivo Estudio "Análisis Modernización de Transporte Público, V Etapa"*. Santiago de Chile: Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN).

- CMNUCC. (2018). *Mecanismo tecnológico. Disponible en:*. Obtenido de <http://unfccc.int/ttclear/support/technology-mechanism.html>
- CNE, C. N. (2009). *Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2008-2022.*
- Comercio, E. (26 de abril de 2017). *La generación de electricidad con energías renovables en Perú.* Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/generacion-electricidad-energias-renovables-peru-422813>
- Conicyt. (10 de febrero de 2017). *Nicaragua avanza en el cambio de la matriz energética.* Obtenido de Gobierno central: [conicyt.gob.ni](http://conicyt.gob.ni) › Noticias Gobierno Central
- de Dios Orúzar, J., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport.* John Wiley & Sons Ltd.
- DGII. (11 de mayo de 2018). *Parque Vehicular.* Obtenido de Dirección General de Impuestos Internos: <http://www.dgii.gov.do/informacionTributaria/estadisticas/parqueVehicular/Paginas/parqueVehicular.aspx>
- Di Sbroiavacca, e. a. (2016). Emissions reduction scenarios in the Argentinean Energy Sector. *Energy Economics Volume 56*, 552-563.
- DNP. (2014). Análisis de los Impactos Económicos del Cambio Climático para Colombia utilizando un MEG4C.
- DSTN. (2017). *Flota vehicular.* Nicaragua. Obtenido de Dirección de Seguridad y Tránsito Nacional.
- ECN. (2011). *Design of a European sustainable hydrogen model.* Obtenido de ECN: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/e11041.pdf>
- El Mundo. (13 de agosto de 2017). *Generación eléctrica en Colombia.* Obtenido de <http://www.elmundo.com/noticia/Generacion-electrica-en-Colombia-esta-holgada-ante-la-demanda/357381>
- ELFEC. (2014). *Energía eléctrica: Su generación en Bolivia es dinámica .*
- ENEE. (2016). *Plan estratégico Empresa Nacional de Energía Eléctrica.* Obtenido de [http://www.enee.hn/planificacion/2017/boletines/PEI%20ENEE%202016-2020\\_dic\\_1\\_MRPV.pdf](http://www.enee.hn/planificacion/2017/boletines/PEI%20ENEE%202016-2020_dic_1_MRPV.pdf)
- EPM. (18 de abril de 2018). *EPM innova con el primer piloto de parque solar flotante en hispanoamérica.* Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/epm-innova-con-el-primer-piloto-de-parque-solar-flotante>
- FAVENPA. (2017). *Parque automotor venezolano 2017.* Obtenido de Fabricantes Venezolanos de Productos Automotores: <http://www.favenpa.org/parque/>

- Financiero, E. (10 de julio de 2017). *¿Cuántos autos eléctricos se vendieron en México en el 1T17?* Obtenido de <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/cuantos-autos-electricos-se-vendieron-en-mexico-en-el-1t17>
- Financiero, E. (15 de febrero de 2017). *México, entre los países con mayor eficiencia energética: BM.* Obtenido de <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/mexico-entre-los-paises-con-mayor-eficiencia-energetica-bm>
- Foro Económico Mundial. (2016). *Reporte Global de Riesgo.* Obtenido de [http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF\\_GRR16.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf)
- GEF. (2013). *Transferencia de tecnologías ecológicamente racionales. Estudios de casos de la cartera de proyectos del FMAM sobre cambio climático.* Obtenido de [https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/2013002043SPA\\_spa\\_LowRes\\_2.pdf](https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/2013002043SPA_spa_LowRes_2.pdf)
- GEF. (2018). *Technology Transfer Steps.* Obtenido de <https://www.thegef.org/content/technology-transfer-steps>
- GEF. (2018). *Transferencia de tecnología para mitigar el cambio climático.* Obtenido de [https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/TechTransfer-ES\\_3.pdf](https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/TechTransfer-ES_3.pdf)
- Generadoras de Chile. (2018). *Generación eléctrica en Chile.* Chile.
- Germanwatch. (2018). *Índice de Riesgo Climático Global 2018.* Obtenido de <https://germanwatch.org/de/download/20398.pdf>
- GSEII. (2018). *GSEII.* Obtenido de <http://gseii.org/about.html> y <http://www.oas.org/reia/gseii/gseii.htm>
- Helgesen, P. I. (2013). *Top - down and Bottom - up: Combining energy system models and macroeconomic general equilibrium models.* CenSES working paper .
- IAEA. (2008). *Cuba: A country profile on the development of sustainable energy.*
- ICCT. (2015). *Brazil Passenger Vehicle Market Statistics.* Obtenido de The International Council of Clean Transportation: <https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Brazil%20PV%20Market%20Statistics%20Report.pdf>
- IIASA. (2001). *Model MESSAGE.* . International Institute for Applied Systems Analysis .
- INE. (2017). *El parque automotor de bolivia alcanzó a 1.711.005 vehículos.* La Paz.
- INEGI. (2018). *Parque vehicular.* Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>

- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación*. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf)
- IPCC. (2014). *Cambio Climático. Informe de Síntesis*. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)
- Kepaptsoglou, K., & Karlaftis, M. (2009). Transit Route Network Design Problem: Review. *JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING*, 15. doi:10.1061/(ASCE)0733-947X(2009)135:8(491)
- MAPS CHILE, P. (2013). *Escenarios referenciales para la mitigación del cambio climático en Chile*. Obtenido de MAPS CHILE: [http://www.mapschile.cl/files/Fase\\_1\\_MAPS\\_Chile.pdf](http://www.mapschile.cl/files/Fase_1_MAPS_Chile.pdf).
- MEPyD. (2016). *Informe País*. Obtenido de Granada: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/uepesc/informe-pais/2015/Granada.pdf>
- MEPyD. (2016). *Informe País*. Obtenido de San Cristóbal y Nieves: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/uepesc/informe-pais/2015/Saint%20Cristobal%20y%20Nieves.pdf>
- Metz, G. O. (2001). Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología. *Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press for the IPCC*.
- MINEM. (2016). *Secretaría de Energía Eléctrica*. Obtenido de Secretaría de Energía Eléctrica
- MTOP. (2018). *Parque Automotor*. Obtenido de Ministerio de Transporte y Obras Públicas: <https://observatorio.mtop.gub.uy/automotor.php>
- NREL. (2016). *Energy Snapshot*. Obtenido de Energy Transition Initiative: <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62706.pdf>
- NREL. (2016). *Energy Snapshot Dominica*. Obtenido de Energy Transition Initiative: <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62704.pdf>
- Octaviano, C. e. (2015). Climate change policy in Brazil and Mexico: Results from the MIT EPPA model. *ENEECO-0305*, 15.
- Olade. (2013). *Programa para América Latina y el Caribe de Eficiencia Energética (PALCEE)*. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0323.pdf>
- OLADE. (2017). *Manual de Planificación Energética*. Quito.
- P. Criqui, A. K. (2003). *Greenhouse gas reduction pathways in the UNFCCC Process up to 2025 - Technical Report*. Grenoble, Francia: CNRS-IEPE.



- PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. (2013). *IMAGE Integrated Model to Assess the Global Environment*.
- PNUMA. (2014). *Hacia una economía verde en Uruguay: condiciones favorables y oportunidades*.
- PNUMA. (2015). *Aportes Legislativos de América Latina y el Caribe en materia de Cambio Climático*. Obtenido de [http://www.pnuma.org/publicaciones/Aportes\\_legislativos\\_de\\_ALC\\_final.pdf](http://www.pnuma.org/publicaciones/Aportes_legislativos_de_ALC_final.pdf)
- RUNT. (2016). *Cifras parque automotor*. Obtenido de MINTRANSPORTE: <http://www.runt.com.co/node/53607>
- RUVM. (noviembre de 2016). *Parque vehicular es de 1,221,999 unidades*. Obtenido de Gobierno de la República de Panamá: <http://www.transito.gob.pa/noticia/parque-vehicular-es-de-1221999-unidades>
- SENER. (2014). *Balance Nacional de Energía*. Ciudad de México.
- SENER. (2017). *Reporte de Avance de Energías Limpias*. Ciudad de México: Primer Semestre .
- SISD-DOCK. (2018). *SISD-DOCK*. Obtenido de <https://sidsdock.org/>
- SNE. (2017). *Energía Renovable*. Obtenido de Secretaría de Energía de Panamá: <http://www.energia.gob.pa/energias-renovables/>
- Soria, R. (2013). Biogás: Una alternativa para la expansión de generación eléctrica en el Ecuador. *Revista Técnica de Energía*, 9, 232.
- SSME. (febrero de 2017). *Electricidad - Generación* . Obtenido de Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones : [https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1216&](https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1216&)
- Sterman, J. D. (1991). Obtenido de [http://web.mit.edu/jsterman/www/Skeptic's\\_Guide.pdf](http://web.mit.edu/jsterman/www/Skeptic's_Guide.pdf)
- Stern, N. (2016). *Economics: Current climate models are grossly misleading*. *Nature*. 2016 Feb 25;530(7591):407-9. doi: 10.1038/530407a.
- TNA. (2018). *Techology Need Assesment. Tecnologías climáticas*. Obtenido de <http://www.database.tech-action.org/>
- Torres Chacón, J. L. (2010). *Aspectos de economía avanzada*. Málaga: Universidad de Málaga.
- UNCCLEARN. (2018). *Introducción a la Planificación para el Cambio Climático. Módulo 6*. Obtenido de [https://www.uncclearn.org/sites/default/files/modulo\\_6\\_introduccion\\_a\\_la\\_planificacion\\_para\\_el\\_cambio\\_climatico\\_revised.pdf](https://www.uncclearn.org/sites/default/files/modulo_6_introduccion_a_la_planificacion_para_el_cambio_climatico_revised.pdf)

- UNFCCC. (2018). *Technology Mechanism Enhancing climate technology development and transfer*. Obtenido de [http://unfccc.int/ttclear/misc\\_/StaticFiles/gnwoerk\\_static/TEM/Oe7cc25f3f9843ccb98399df4d47e219/174ad939936746b6bfad76e30a324e78.pdf](http://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/TEM/Oe7cc25f3f9843ccb98399df4d47e219/174ad939936746b6bfad76e30a324e78.pdf)
- Vogt Schiln, A., Hallegatte, S., & de Gouvello, C. (2014). *Marginal abatement cost curve and the quality of emission reductions a case study on Brazil*, *Climate Policy* (Vol. 15:6). doi:10.1080/14693062.2014.953908
- Vogt-Schilb & Halgatte. (2017). Climate policies and nationally determined contributions: reconciling the needed ambition with the political economy.
- Wills, W., Grottera, C., Weiss, M., Wanderlei, M., Dos Santos, L., Moura, G., & Moreira, M. (2014). *Brazilian Mitigation Scenarios Beyond 2020: Modelling and Methodologies*. (A. Pereira, Ed.) CDKN Linking Project, COPPE/UFRJ.
- ZUMMARATINGS. (2016). *Informe del sector eléctrico en El Salvador*. Obtenido de <http://www.zummaratings.com/SectorElectricoSV.pdf>



## Anexo B. Modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TER



## Contenido

La modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TERs.....	188
1 ¿Por qué los modelos como instrumentos para la planeación?.....	188
2 Aplicaciones y propósitos relevantes del uso de modelos en la planeación climática.....	188
3 Ejercicios de Orientación para la Modelación.....	191
3.1 Formulación de Mapa Mental.....	191
3.1.1 Establecimiento del propósito del mapa mental .....	193
3.1.2 Cuestionamiento de conceptos y supuestos.....	193
3.1.3 Evaluación de la consistencia.....	195
3.1.4 Esquematización del mapa mental .....	196
3.2 Reporte de Línea Base de Modelación (LBM) .....	196
3.2.1 Revisión e interpretación del Reporte de Situación de Partida.....	198
3.2.2 Construcción de matriz de contexto y prospectiva .....	199
3.3 Herramientas para la selección de modelos.....	200
3.3.1 Evaluación Multicriterio.....	203
3.3.2 Ejemplo Hipotético del Paso 13. ....	208
3.4 Construcción de escenarios prospectivos .....	218
3.4.1 Metodología de diálogo participativo (Open Space): .....	218
3.4.2 Elaboración del Plan de Trabajo para la modelación.....	219
3.4.3 Priorización, evaluación y selección de escenarios.....	219
3.4.4 Representación y clasificación de los resultados .....	221
3.4.5 Clasificación de resultados.....	222
3.4.6 Elaboración de conclusiones y recomendaciones de política climática y tecnológica .....	222
4 Caracterización y disponibilidad de modelos aplicables para la planeación climática.....	224
4.1 Modelos de optimización en ingeniería de sistemas .....	225
4.1.1 Sector energético .....	225
4.1.2 Subsector eléctrico .....	226
4.2 Modelos de simulación.....	227
4.2.1 Modelos de simulación del sector transporte .....	229
4.2.2 Problema de Diseño del Sistema de Transporte Público .....	233
4.3 Modelos de equilibrio general computables .....	237
4.3.1 Vinculación de modelos de sistemas de energía y modelos de equilibrio general.....	240

4.4	Modelos de dinámica de sistemas .....	242
4.5	Modelo de evaluación integrada (IAM) .....	243
5	Implicaciones en el uso de modelos para la planificación .....	248
6	Caracterización y modelos disponibles .....	254
7	Experiencia de modelación en los países LAC .....	277
8	Fichas de Modelos.....	281
I.	Anexo. Fichas de Casos. País-Modelo. ....	292
	Referencias bibliográficas .....	302

## Tablas

Tabla 1. Aplicación del uso de modelos para la formulación de políticas públicas de los sectores prioritarios .....	189
Tabla 2. Matriz de sistematización de variables. Ejemplo Sector Transporte .....	197
Tabla 3. Matriz de Contexto, ejemplo transporte .....	198
Tabla 4. Tabla de resultados del consenso de criterios .....	202
Tabla 5. Mapeo de Capacidades.....	203
Tabla 6. Ejemplo de lista de alternativas.....	203
Tabla 7. Comparación de criterios con base en escala de intensidades de Saaty .....	204
Tabla 8. Matriz de comparación de criterios con resultados.....	205
Tabla 9. Tabla de indicadores de consistencia .....	205
Tabla 10. Matriz cuadrada de validación de criterios .....	205
Tabla 11. Vector de ponderación de criterios.....	206
Tabla 12. Ejemplo de Cálculo Vector $AxP = N_{max}$ (indicadores de consistencia) .....	206
Tabla 13. Ejemplo. Matriz de comparación de alternativas respecto al Criterio 1 .....	207
Tabla 14. Matriz de Priorización y Selección de Alternativas.....	207
Tabla 15. Matriz de Contexto y Prospectiva (MCP), ejemplo.....	208
Tabla 16. Tabla de resultados del consenso de criterios.....	209
Tabla 17. Lista de alternativas.....	210
Tabla 18. Comparación de criterios con base en escala de intensidades de Saaty .....	211
Tabla 19. Matriz de comparación de criterios, ejemplo .....	211
Tabla 20. Cálculo de indicadores.....	212
Tabla 21. Matriz de comparación de alternativas respecto al criterio 1, ejemplo	213
Tabla 22. Matriz de comparación de alternativas respecto al criterio 2, ejemplo .....	213
Tabla 23. Matriz de comparación de alternativas respecto al criterio 3, ejemplo .....	214
Tabla 24. Matriz de comparación de alternativas respecto al criterio 4, ejemplo .....	214
Tabla 25. Matriz de priorización y selección, ejemplo .....	215
Tabla 26. Síntesis de la lista de modelos que pueden ser seleccionados .....	216
Tabla 27. Priorización y ponderación de criterios .....	220
Tabla 28. Valoración individual de escenarios .....	220
Tabla 29. Matriz ilustrativa de representación de resultados.....	222
Tabla 30. Clasificación de resultados.....	222
Tabla 31. Modelos de planificación del subsector eléctrico.....	227
Tabla 32. Modelos de planeación del subsector movilidad en Chile .....	236
Tabla 33. Propósito de aplicación de modelos analíticos computacionales por tipo .....	251
Tabla 34. Características de los modelos por tipo y objetivo de su estructura matemática.....	255
Tabla 35. Diferencia entre los enfoques puros <i>top-down vs bottom-up</i> .....	258
Tabla 36. Modelos de planeación energética disponibles.....	261
Tabla 37. Modelos aplicados en los países de Latinoamérica y El Caribe por los expertos en de planificación energética y climática .....	278

## Ilustraciones

Ilustración 1. Mapa Mental .....	192
Ilustración 2. Actividades para la formulación de un Mapa Mental.....	193
Ilustración 3. Matriz de priorización de criterios para la selección de modelos.	201
Ilustración 4. Matriz de Priorización de Criterios de Selección, ejemplo.....	209
Ilustración 5. Priorización de modelos.....	210
Ilustración 6. Transformación de información dentro de un modelo.....	221
Ilustración 7. Macrosimulación estándar de modelación de transporte de cuatro etapas .....	231
Ilustración 8. Micro simulación para la intersección de Eje 8 Sur con Av. Rojo Gómez en la Ciudad de México. ....	232
Ilustración 9. Problema de Diseño del Sistema de Transporte Público. Estructura de Programación Multinivel - Chile .....	235
Ilustración 10. Secuencia de Modelos para la Evaluación Ambiental en el Sector Transporte Urbano.....	237
Ilustración 11. Estructura de un modelo de equilibrio general.....	240
Ilustración 12. Como funcionan los Modelos de Evaluación Integrada (IAM) .....	244
Ilustración 13. Proyecciones de uso de suelo a nivel mundial en 2045. ....	246

## Recuadros

Recuadro 1. Cuestionar Conceptos y Supuestos, ejemplo.....	195
Recuadro 2. Método AHP ( <i>Analytic Hierarchy Process</i> ) .....	200
Recuadro 3. Conclusiones deductivas e inductivas.....	223



## La modelación como instrumento para la planificación climática y la inclusión de TERs

### 1 ¿Por qué los modelos como instrumentos para la planeación?

Para poder establecer un conjunto de políticas energéticas y ambientales que promuevan la inclusión de tecnologías ecológicamente racionales bajas en carbono; y que con ello se garantice un camino sostenible y exitoso hacia el cumplimiento de las metas climáticas de los países LAC, es fundamental contar con instrumentos que permitan evaluar los impactos de ellas antes y durante su instrumentación, de manera que dichas políticas públicas se diseñen de tal forma que la inclusión de las tecnologías prioritarias resulte en un mayor impacto económico, mejor uso de los recursos y una reducción de emisiones al menor costo de inversión posible.

Un componente clave de la modelación de escenarios de políticas climática es la actualización periódica del escenario de referencia de emisiones de CyGEI, de acuerdo con las tendencias y marcos actuales de cada país. Los resultados de dicha modelación brindan información para respaldar el análisis de los impactos ambientales, económicos y sociales, de las medidas de mitigación y adaptación en estudio, así como su costo-efectividad y otros análisis complejos que involucran objetivos múltiples en la toma de decisiones (Sterman, 1991).

Para los países de LAC, es fundamental evaluar los impactos sociales y de desarrollo económico de las acciones climáticas y la inclusión de tecnologías, en los escenarios futuros de emisiones de CyGEI. Modelos y herramientas computacionales apropiadas facilitan la representación de una realidad compleja y el análisis robusto de la misma (Centro Mario Molina, 2010). **Es así, que el uso de la modelación para la planificación climática de los países, se vuelve una herramienta fundamental para la toma de decisiones y la comprensión de los posibles resultados de implementar diversas medidas de mitigación en el mediano y largo plazo.** La complejidad de los sistemas tanto económico como ecológico y el problema del cambio climático plantea retos considerables, que implican horizontes a largo plazo y diversas fuentes de incertidumbre. Como consecuencia, la gran mayoría de los marcos climático-económicos actuales consisten en modelos de simulación numérica relativamente complejos. Estos han proporcionado muchos conocimientos útiles con respecto a los costos y beneficios de estrategias climáticas, pero también han producido resultados divergentes (Stern, 2016), por lo que **es de mucha importancia comprender las limitantes y supuestos de cada modelo, en su interpretación.**

### 2 Aplicaciones y propósitos relevantes del uso de modelos en la planeación climática

Para los sectores eficiencia energética, generación de energía renovable y transporte; la aplicación del uso de modelos es una herramienta para la toma de decisión de la planeación climática, por ejemplo, las aplicaciones que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Aplicación del uso de modelos para la formulación de políticas públicas de los sectores prioritarios

Sector	Aplicación
Generación de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecciones y análisis de políticas en el mercado de los energéticos como: subsidios, impuestos, regulaciones, entre otros</li> <li>• Pronóstico de la demanda de energía y electricidad, según variables socioeconómicas, demográficas, entre otras</li> <li>• Simulación, optimización y análisis de distintos escenarios de desarrollo del sector de energía para el cumplimiento de metas y diversificación de la matriz energética</li> <li>• Análisis de costos de producción, costos marginales y los precios spot del mercado eléctrico</li> <li>• Operación y gestión de centrales hidroeléctricas y <i>reservorios</i>.</li> <li>• Evaluación económica y calendario de nuevas inversiones en el sector energético</li> <li>• Análisis del comportamiento de los mercados de energéticos</li> <li>• Proyecciones de emisiones de carbono y escenarios de mitigación a partir de la transición a tecnologías limpias.</li> <li>• Estudios de interconexión de las redes eléctricas</li> <li>• Impacto socioeconómico, de crecimiento verde y de salud, con base en las características de las tecnologías a emplear (generación de empleo, calidad del aire, entre otros)</li> <li>• Análisis consistente de las interacciones entre las cadenas de valor del sector energético y entre este sector y otros de la economía.</li> </ul>
Eficiencia Energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación, optimización y análisis de políticas orientadas a impulsar la eficiencia energética como: subsidios, normas, etiquetado, entre otros.</li> <li>• Generación y evaluación de escenarios de sustitución tecnológica y sus impactos como: reducción de emisiones, consumo energético, costos, entre otros.</li> <li>• Medición de indicadores de eficiencia productiva y de calidad de servicios (para uso, por ejemplo, de órganos reguladores).</li> <li>• Análisis de escenarios de largo plazo, a partir de simulaciones de árboles de decisiones probables y de pruebas del tipo “<i>What if</i>” (“¿qué pasaría sí?”).</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pronóstico de la demanda de los energéticos para el transporte, según variables socioeconómicas, demográficas, tecnológicas, entre otras.</li> <li>• Simulación, optimización y análisis de distintos escenarios de desarrollo del sector transporte para el cumplimiento de metas y diversificación de las tecnologías y modalidades.</li> </ul>

Sector	Aplicación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios de tránsito para la modernización o construcción de nuevas vialidades.</li> <li>• Proyecciones y análisis de estrategias de disminución de emisiones para contaminantes criterio (PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, entre otros).</li> <li>• Diseño de Planes Integrales de Movilidad basado en la simulación incluyendo análisis de la infraestructura, tecnología, emisiones, costos operativos, y costos sociales, análisis de esquemas tarifarios y frecuencias óptimas.</li> <li>• Modelación y simulación de redes de transporte público (ejemplo red de autobuses públicos).</li> <li>• Micro-Simulación: Estudios a detalle de intersecciones y cruces semaforizados (planes de áreas urbanas) incluyendo movimiento peatonal, operaciones de peatonalización o calmado del tránsito</li> </ul>
Macroeconomía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar la consistencia macroeconómica y obtener los escenarios macroeconómicos necesarios para la simulación de escenarios del sector energía y/o transporte.</li> <li>• Integrar mercados globales de los energéticos y su impacto a la modelación nacional o regional.</li> </ul>
General	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación del propio acto de planificación (papel didáctico de los modelos).</li> <li>• Análisis de cobeneficios por la reducción de la contaminación del aire local como son los efectos en la salud o bien, impactos por la instrumentación de las medidas de eficiencia energética.</li> </ul>

### 3 Ejercicios de Orientación para la Modelación

El uso de modelos puede requerir de ejercicios que permitan una orientación inicial para evaluar su utilidad y alcance, desde la construcción de un simple mapa mental hasta la elaboración del reporte de Línea Base de Modelación, donde el primero dará la oportunidad de encontrar soluciones a las preguntas planteadas a nivel de planeación y el segundo podrá brindar perspectiva para alinear las políticas públicas, las metas y los objetivos estratégicos definidos en la Situación de Partida con el diseño del ejercicio de modelación, para brindar la información técnica para la toma de decisiones.

#### 3.1 Formulación de Mapa Mental

Un mapa mental se define como:

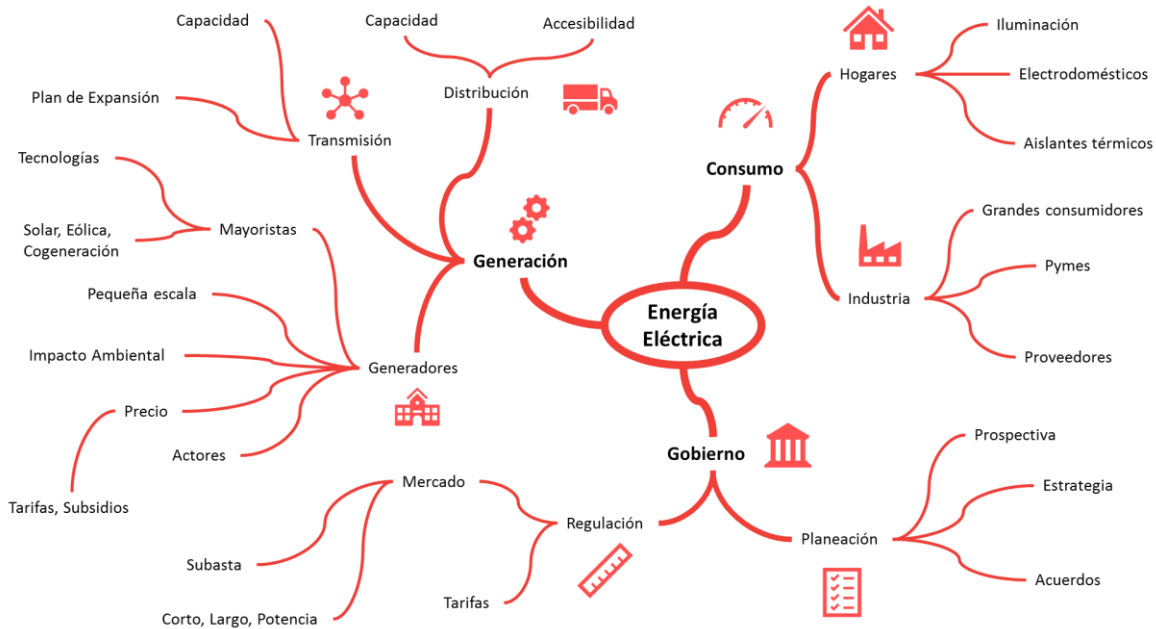
- El diagrama que representa las estructuras funcionales y relaciones ascendentes o descendentes a través de “nodos” entre ideas, conceptos, clases, y categorías<sup>1</sup>, ligadas y relacionadas alrededor de una palabra clave, idea central o pregunta fundamental.
- Es una forma ilustrativa y estructurada de visualizar la manera en que las ideas y los conceptos clave se relacionan entre si, alrededor de un tema visto como eje central.
- Una versión simplificada de la realidad, que se representa con la finalidad de analizar su comportamiento y reacción ante diversas perturbaciones, tiene sentido expresarlo para ordenar: ideas, conceptos, clases y categorías que permitan responder una(s) pregunta(s).

Los mapas mentales suelen llamarse también **mapas conceptuales** ya que estructuran de manera jerárquica conceptos de generales a particulares, mediante ligaduras específicas o proposiciones, formando una cadena lógica. El objetivo del mapa mental es establecer criterios jerárquicos para la adecuada selección de modelos y escenarios que respondan a unas preguntas formuladas a partir de **los objetivos estratégicos y el reporte LBM**, previamente enunciados.

---

<sup>1</sup> Una categoría es una regla de reconocimiento de una jerarquía de objetos muy parecidos y con aspectos comunes. Una clase es un modelo que define un conjunto de objetos por su estado.

## Ilustración 1. Mapa Mental



Fuente: Elaboración propia.

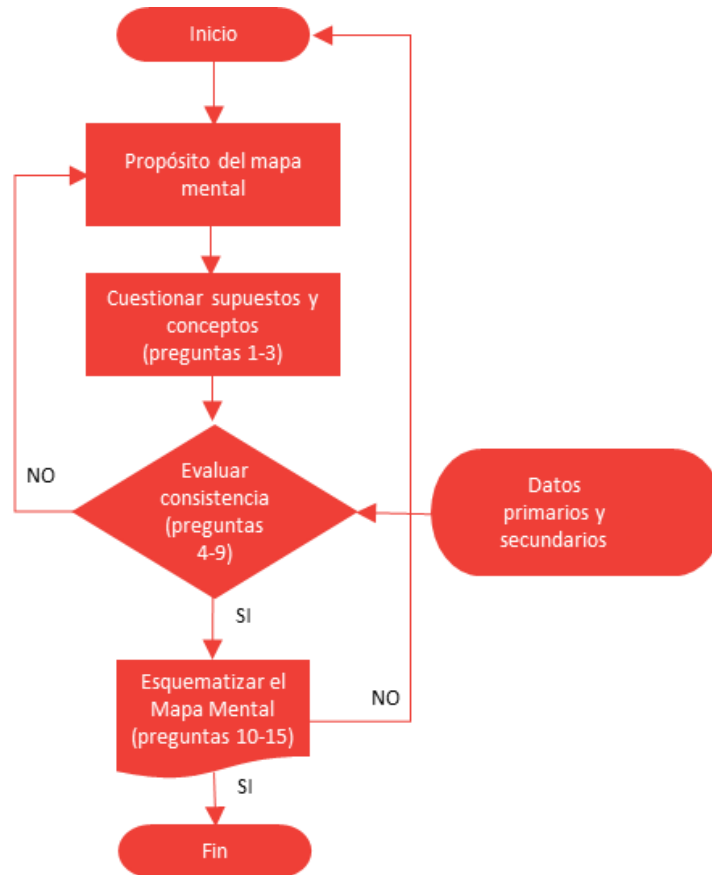
Se puede decir que un modelo mental adecuado es pertinente para dar respuesta a un cierto tipo de preguntas, y que, por lo tanto, será capaz de orientar más adelante la selección de un modelo cuantitativo. En esta perspectiva la formulación de un mapa mental requiere de un orden sistémico y de supuestos. La formulación de un mapa mental debe dar respuesta al menos a las siguientes preguntas:

### **Preguntas clave:**

- ¿Cuál es el propósito del ejercicio, la pregunta a responder, o la agenda política a seguir?
- ¿Cuál es el marco de la pregunta (teoría económica, ambiental, entre otros)? (Utilizar el Reporte de LBM)
- ¿Cuáles son los supuestos (lo que se da por hecho)?
- ¿Cuáles son las implicaciones o proposiciones relacionales entre los conceptos?
- ¿Cuáles son los datos necesarios para dar respuesta a la pregunta?
- ¿Cuáles son las principales inferencias?
- ¿Qué conceptos responden a estas inferencias?
- ¿Puedo responder con estos elementos la pregunta planteada (propósito)?
- ¿Existe algún concepto o correlación relevante no representado?

A partir de los Talleres de Diálogo entre expertos en planeación y modelación energética y climática de la región, se definió el flujo de actividades destinado a guiar la formulación de un mapa mental, como se ilustra a continuación:

**Ilustración 2. Actividades para la formulación de un Mapa Mental**



Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

### 3.1.1 Establecimiento del propósito del mapa mental

El propósito de elaborar un mapa mental es en primer lugar conceptual y luego, será instrumental, es decir, que la base conceptual del mapa contribuirá al diseño de un escenario y a la selección técnica del modelo(s). Esta base conceptual debe reflejar la agenda de política pública y los objetivos estratégicos definidos en el Informe de Situación de Partida de la presente Guía.

Es importante que el equipo responsable de la modelación comprenda con total claridad los objetivos y el proceso de planeación estratégica del cual nace el ejercicio de modelación. Lo anterior, permitirá asegurarse de que las preguntas que se formulan sean las adecuadas y, por lo tanto, la finalidad del mapa este bien delimitada.

### 3.1.2 Cuestionamiento de conceptos y supuestos

Un modelo representado conceptualmente en un mapa mental no se comprende hasta que no se conciben claramente los **conceptos y supuestos** que lo

estructuran. Esta actividad propone cuestionar la validez de los conceptos, sus relaciones y la fortaleza de los supuestos, como una forma de mejorar la comprensión del mapa mental y el modelo a formular.

### *Aspectos sobre los Conceptos*

Los principales aspectos sobre los conceptos que se deben cuestionar o reflexionar, se pueden formular en las siguientes tres preguntas relevantes:

- P1. ¿Cuál es la idea central que se usa en el modelo de pensamiento en concreto?
- P2. ¿Se está usando el concepto(s) apropiado(s) o es necesario reconceptualizar el problema, el mapa mental o el modelo?
- P3. ¿Necesitamos más hechos (datos) o repensar cómo calificamos los hechos?

Los conceptos son la base de las cualidades o etiquetas que se les asignan a las cosas en la mente. La agregación y ordenamiento de las relaciones entre diferentes conceptos representan un **mapa mental**, que muestra cómo se piensa que operan las cosas y qué se puede esperar de éstas.

Para tener claros los conceptos de una pregunta es necesario formular una serie de **preguntas conceptuales** y cuestionar los términos o conceptos de la misma pregunta. Por un lado, se tienen las preguntas conceptuales simples, es decir, aquellas que se contestan por medio de definiciones y por el otro, las preguntas complejas, que se responden por medio de argumentos.

Para definir el alcance de un concepto, variable, categoría o clase de variables se debe volver al significado básico de los términos cruciales que componen la pregunta. Se sugiere plantear y responder preguntas argumentativas, mediante el análisis de los conceptos complejos, aplicando un enfoque de casos, o caracterización de una situación problemática:

- **Enfoque en casos *modelos*:** Identificación de casos paradigmáticos relativos al concepto.
- **Enfoque en casos *contrarios*:** Identificación de ejemplos que presentan lo opuesto del concepto, es la denominada hermenéutica del contraste.
- **Enfoque en casos *relacionados*:** Identificación de conceptos y casos que funcionan en relación con el concepto que exploramos, son similares a nuestro concepto, o están conectados con él de una manera importante.
- **Enfoque en casos *fronterizos*:** Identificación de conceptos vinculados a casos con rasgos del caso modelo y de casos diferentes al caso modelo. Este tipo de concepto, están vinculados a opciones mutuamente excluyentes, que presentan múltiples restricciones y requieren de una priorización, selección y asignación.

### *Aspectos sobre los Supuestos*

Como primer paso se parte del hecho que todo modelo se basa en supuestos. Por lo tanto, para comprender el modelo se deben entender también sus supuestos y las razones por las cuales se asumen.

#### **Recuadro 1. Cuestionar Conceptos y Supuestos, ejemplo.**

##### **Definición del caso de ejemplo:**

Un país pequeño con recursos fósiles para autoconsumo y exportación decide realizar una Estrategia de Medio Siglo sobre la penetración de tecnologías que apoyen la mitigación de emisiones de CyGEI y la adaptación del propio país a los impactos del cambio climático.

##### **Sobre los conceptos:**

Una TER es un ejemplo de un concepto que requiere clarificación; si los atributos de una TER son reducir las emisiones y que sean tecnológicamente aptos para el país, la extensión sería todas las tecnologías que cumplen estas características.

##### **Sobre los supuestos:**

Como el país en estudio es un “pequeño” exportador de petróleo. El supuesto de pequeño exportador implica que no se incide significativamente en el mercado y, por lo tanto, asume precios internacionales de los combustibles fósiles.

### **3.1.3 Evaluación de la consistencia**

Todas las preguntas para ser respondidas requieren de una base de conocimientos que no se encuentran plenamente comprendida hasta que no se entienda la información de trasfondo que la apoya o la genera tales como hechos, datos y/o experiencias. Se sugiere realizar las siguientes preguntas para evaluar la consistencia del mapa mental.

#### *Preguntas relevantes*

- P4.** ¿Sobre qué conjunto de información se basa el supuesto?
- P5.** ¿Pueden tener algún sesgo o distorsión los datos?
- P6.** ¿Cómo sabemos que esta información es precisa?
- P7.** ¿Cómo la podemos verificar?
- P8.** ¿Hemos dejado de considerar alguna información o datos que necesitamos considerar?
- P9.** ¿Nuestra conclusión está basada en hechos sólidos o datos inciertos?

Conviene recordar que las preguntas de carácter empírico son preguntas que se contestan mayormente por medio de la determinación de hechos, es decir, es necesario averiguar los hechos relevantes para evaluar la consistencia. Si los datos de la realidad son de correspondencia se da la consistencia. A su vez las preguntas empíricas caen en dos categorías: aquellas para las que la respuesta ya ha sido determinada y aquellas que no están resueltas todavía.



### 3.1.4 Esquematización del mapa mental

Para la esquematización se propone cuestionar lo siguiente:

- **Cuestionar las preguntas de planeación:** La pregunta central que genera el mapa mental surge inevitablemente de la identificación de una pregunta anterior de política pública. Es necesario cuestionar si la pregunta que hacemos en el mapa mental es fidedigna en relación al diagnóstico del cual emerge la pregunta de política pública.
- **Implicaciones y consecuencias:** Todo el pensamiento va dirigido hacia alguna dirección (propósito), por ejemplo, incrementar el uso de equipos eficientes en el sector residencial. Se comienza suponiendo que los usuarios cuentan con suficientes ingresos para comprar estos equipos, y posteriormente, deriva en implicaciones como podría ser la disminución del consumo de energía eléctrica en una hora pico.
- **Diagnóstico de la Situación de Partida (marco teórico de referencia):** Todo pensamiento toma lugar dentro de un marco teórico específico (e.g. el patrón de consumo eléctrico dentro de la teoría de demanda), pero existen diversas aproximaciones teóricas. Es necesario cuestionar que el mapa mental tenga un enfoque teórico alineado con la agenda de política pública y los objetivos estratégicos, definidas en el Informe de Situación de Partida.
- **Inferencias y conclusiones:** Todo mapa mental requiere plantear premisas, hacer inferencias y a partir de estas establecer conclusiones. En este sentido es necesario cuestionar toda premisa, porque esta puede ser circular, es decir, que no cumple con un principio de la situación de partida.

### Formular preguntas complejas integradas

Cuando se trata de una pregunta compleja que toca más de un sector de intervención o de una categoría de conceptos es necesario aplicar el enfoque de cadenas de preguntas. Conviene para cada dimensión (por ejemplo, sector involucrado) formular una pregunta relacional con otra(s) dimensión(es) o sector(es). Por simplicidad se recomienda elaborar una lista de preguntas como las que a continuación se enlistan:

P10. ¿Qué se evaluará y por qué?

P11. ¿Qué preguntas precisas se tratará de contestar?

P12. ¿Qué información se necesita para completar esta evaluación adecuadamente?

P13. ¿Qué criterios o normas se usarán en el proceso de evaluación?

P14. ¿Existen implicaciones potencialmente negativas del proceso de evaluación?

P15. ¿Es lógico, realístico y práctico el plan de evaluación propuesto?

## 3.2 Reporte de Línea Base de Modelación (LBM)

Como parte del Reporte de LBM, los modeladores construyen **directrices estratégicas** de modelación - direccionales operativas - para acotar el ejercicio,

es decir, el sector o sectores donde se aplicará la política o medida y sistematizas las variables de intervención. En caso de ser una directriz multisectorial, se requerirá un esquema integrado, por ejemplo, una política que abarque transversalmente a varios sectores posiblemente requiera una modelación integrada.

Es recomendable que se utilice una aproximación metodológica participativa en la definición de directrices estratégicas y sistematización de variables, incluyendo hipótesis de éstas y un posible modelo o modelos de selección.

También se recomienda que las variables de intervención sean el resultado de un **Taller de Expertos Sectoriales** donde un equipo impulsor proponga una serie de insumos mínimos para la modelación o variables, las cuales serían discutidas, ampliadas, complementadas o descartadas.

Para sistematizar las variables más adecuadas se sugiere utilizar una matriz, cómo se observa de manera ejemplificativa y no limitativa para el sector transporte en la Tabla 2.

**Tabla 2. Matriz de sistematización de variables. Ejemplo Sector Transporte**

Directriz Estratégica: Conversión vehicular, diversificación de oferta, reducción de emisiones							
Sector Transporte	Variables						
Código de la variable	Alcance conceptual	Alcance espacial	Fuente	Período/ Periodicidad	Hipótesis	Supuestos	Observaciones
Parque automotor equivalente = PAE	Parque automotor, medido como unidades vehiculares equivalentes. Se aplicaron factores de equivalencia.	Nacional	Registro Nacional Automotor	1990-2017 anual	El parque automotor crecerá 5% por encima de la tasa de crecimiento del último quinquenio (elasticidad precio de la demanda).	El 10% del sector privado y el 20% del sector público, realizarán conversión hacia Gas Natural Vehicular en los próximos 5 años (metas de política).	Se espera un 5% de autos nuevos con Gas Natural Vehicular cada año por la próxima década, en base a los incentivos fiscales del gobierno.
PIB per cápita = PIB pc	Producto interno bruto a precios constantes de 2000 sobre el total de la población	Nacional	Instituto Nacional de Estadística	1990-2018 anual	Se espera una mejora en el ingreso per cápita de 10%, sobre todo en los 20 deciles más pobres de la población para la próxima década. La	La mejora en el ingreso dinamizará la compra de vehículos en el sector privado en 4% cada año la próxima década.	La mejora en el ingreso se espera que incida en los 20 percentiles más pobres de la población. En el quintil más rico de la población la mejora en el ingreso dinamizará la compra de

Directriz Estratégica: Conversión vehicular, diversificación de oferta, reducción de emisiones							
Sector Transporte	Variables						
Código de la variable	Alcance conceptual	Alcance espacial	Fuente	Período/Periodicidad	Hipótesis	Supuestos	Observaciones
					población crecerá a una tasa de 2,17% cada año.		vehículos privados en 1% por año durante la próxima década.

Fuente: Elaboración propia con base en taller con expertos de modelado.

### 3.2.1 Revisión e interpretación del Reporte de Situación de Partida.

Como parte del Reporte de LBM y para fines de sistematización, algunos modeladores expertos recomiendan completar una **Matriz de Contexto** (ver Tabla 3) para cada variable parte del sistema, la cual permitirá plantearse preguntas útiles para la investigación y la modelación.

Tabla 3. Matriz de Contexto, ejemplo transporte

Directriz Estratégica: Conversión vehicular, diversificación de oferta, reducción de emisiones						
Sector Transporte	Contexto					
Código de la variable	Político/Regulatorio	Económico	Social	Tecnológico	Sectores vinculados	Instrumentos
Parque automotor equivalente = PAE	Existe marco regulatorio y un fondo rotativo para la promoción de conversión de autos a Gas Natural Vehicular. También existen incentivos fiscales para la compra de autos nuevos en base a este combustible.	Se espera que la economía mantenga una tasa media de crecimiento de 4% el próximo quinquenio en base a un CGE del Banco Central.	Existen programas de apoyo a la compra social de vehículo.	La obsolescencia del parque automotor privado se redujo en 10 años y la del parque público en 4 años, durante el último quinquenio. No se cuenta con una estrategia TER en el sector transporte.	Programas de eficiencia energética, impulsados por diversas agencias de cooperación.	Se cuenta con créditos sociales para la compra de vehículos en los bancos comerciales. Se debería establecer regulaciones y/o algún instrumento fiscal para garantizar la compra de automóviles de baja emisión. Caso contrario los créditos comerciales pueden ir en contra de la directriz de política.

Directriz Estratégica: Conversión vehicular, diversificación de oferta, reducción de emisiones						
Sector Transporte	Contexto					
Código de la variable	Político/Regulatorio	Económico	Social	Tecnológico	Sectores vinculados	Instrumentos
PIB per cápita = PIB pc	El gobierno aplicará un paquete de medidas de apoyo a la actividad económica del sector transporte.	Se estima que el PIB del sector transporte será procíclicos y crecerá al 5% por año el próximo quinquenio.	Hay una mejora en el índice de Gini de 10 puntos en el último quinquenio.	No aplica.	Sector agrícola, por su uso intensivo de transporte.	

Fuente: Elaboración propia con base en taller con expertos de modelado.

Algunas preguntas, útiles para la investigación y modelación, que se pueden plantear durante esta actividad son:

- ¿Qué combinación de tecnologías podrían componer a futuro el sistema de energía al menor costo, bajo las condiciones establecidas en la prospección?
- ¿Cuál sería la fase de construcción de infraestructura nueva (baja en carbono) requerida para alcanzar el conjunto de objetivos de mitigación, por ejemplo, en la Estrategia de Medio Siglo y el escenario emisiones netas cero carbono?
- ¿Cómo los resultados del modelo dependen en las trayectorias de precios y disponibilidad de los recursos fósiles? ¿Cómo afectan las importaciones de energéticos?
- ¿Cuál es la magnitud del impacto que podrían tener distintos valores de elasticidad del precio de la demanda?
- ¿Qué tan sensibles son los costos de mitigación a ciertos supuestos sobre las tecnologías?

### 3.2.2 Construcción de matriz de contexto y prospectiva

La **Matriz de Contexto y Prospectiva (MCP)** es un instrumento que unifica la matriz de sistematización de variables y la matriz de contexto (ver Tabla 15). El resultado de elaborarla es la **priorización de variables según el contexto** a partir de una lista de variables analizadas. Esta actividad la realiza el equipo de modeladores y debe ser documentada, respaldando el análisis en documentación.

Inicia seleccionando una lista de 20 a 25 variables propuestas, las cuales se clasifican entre cuantitativas y cualitativas y son depuradas por parte de los modeladores en función a la capacidad explicativa que tengan respecto a algún criterio prospectivo.

La MCP resultante está vinculada con el Paso 14 de la Guía, donde se hace una construcción de los escenarios prospectivos. Es importante que las variables que se consideren clave para dar respuestas a las preguntas de planeación estén incorporadas en los modelos que se seleccionen.

Para cada variable priorizada analizar y describir sus **criterios de prospección** (definición de las posibilidades futuras) y aquellos parámetros que definen sus

líneas de prospección, como: elasticidades, tasas de crecimiento, etc. Posteriormente, definir posibles causalidades y correlaciones, las cuales se ordenaron de forma gráfica en el **Mapa Mental**.

En la Tabla 15 se observan diversos criterios de prospección, como ejemplo. Para el caso de las variables priorizadas: *precio de la electricidad y cantidad consumida*, el criterio de prospección sería la elasticidad del precio de la demanda de energía eléctrica, y, por lo tanto, la correlación sería *a mayor precio menor cantidad consumida*. En el caso de que la correlación no sea evidente se suelen realizar análisis estadísticos para establecerla.

### 3.3 Herramientas para la selección de modelos

A través del método AHP, se elaborará una matriz de criterios, la cual tiene como objetivo priorizar modelos, a través de definir y ordenar los criterios de selección en un orden jerárquico, y con estos evaluar aquellos modelos y herramientas potenciales.

#### Recuadro 2. Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

El método AHP es un método matemático que sintetiza todos los pasos de un proceso consistente de toma de decisiones: ordena el problema a través de una estructura jerárquica, utiliza una escala de prioridades basada en la preferencia de un elemento sobre otro por pares (de este modo combina la multiplicidad de escalas correspondientes a los diferentes criterios, incluyendo cuantitativos y cualitativos), resume los juicios emitidos y entrega un ranking o lista priorizada de las alternativas de acuerdo a su peso prioritario obtenido. Esta metodología propone una manera de ordenar el pensamiento de distintos actores sobre varios criterios de manera analítica, de la cual destacan tres principios básicos:

- Principio de la construcción de jerarquías
- Principio del establecimiento de prioridades
- Principio de la consistencia lógica

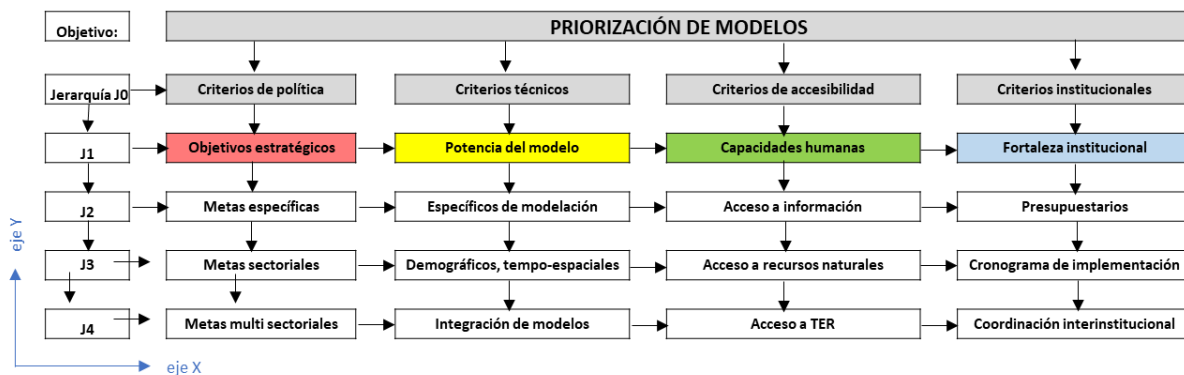
La identificación de los criterios quizás sea lo que más tiempo requiera en un AHP, debido a la necesidad de incorporar las distintas opiniones de los expertos.

Como punto de partida, se toma el reporte de LB y el Mapa Mental para definir la serie de categorías y criterios de selección dentro de cada una de estas; que varían de acuerdo al grado de complejidad del estudio. La matriz que se muestra en la Ilustración 3 ejemplifica la definición de categorías y criterios para la selección de modelos; que incluye un orden jerárquico, dónde:

- J0 corresponde al nivel jerárquico de las categorías de criterios (por ejemplo: de política, técnicos, de accesibilidad e institucionales) que se pueden variar ordenándose distinto en el eje “X”.
- J1 corresponde a los criterios que resultaron ser fundamentales dentro de cada categoría de criterios, es decir en primer lugar del orden jerárquico de criterios para esa categoría, en eje “Y” de la matriz (ejemplo: objetivos estratégicos, potencia del modelo, capacidades humanas, fortaleza institucional)

- J2, J3, Jn: representan más niveles de criterios en un orden jerárquico. Es probable que un ejercicio de modelación solo necesite contar con un nivel jerárquico de criterios (J1) para la selección de un modelo(s) adecuado(s) al propósito en estudio. Si no es así, se puede contar con más J2, J3, y hasta Jn.

Ilustración 3. Matriz de priorización de criterios para la selección de modelos



Fuente: Elaboración propia con base en los Taller de Diálogo entre expertos de modelación.

Es conveniente que las categorías (J0) y los criterios (J1-Jn) se elijan de manera participativa en un [Taller con Especialistas en Modelación](#). Cuando el alcance del modelo es sencillo y se desea tomar decisiones altamente consensuadas, se pueden realizar reuniones ejecutivas entre el equipo modelador y un número razonable de planeadores relevantes al estudio.

En otros casos, será necesario tomar estas decisiones con base en los juicios de un número mayor de actores o incluso grupos de interés, considerando distintas opiniones para elegir los criterios de elegibilidad y la mejor alternativa posible de modelo(s) y herramienta(s). Para procesar el juicio de los expertos y los actores de interés, se debe ordenar su opinión respecto a los criterios y encontrar aquellos que son preferidos y mejor evaluados.

Una vez definidas las categorías (J0) durante el Taller con Especialistas en Modelación, se procederá a enlistar los criterios para la (J1) y así sucesivamente hasta Jn. Siguiendo el método AHP, cada experto realizará una valoración por criterio, es decir, le asigna un valor para después agregarlos, tomando en cuenta que los criterios de mayor peso son más relevantes, ver [Tabla 4](#) como ejemplo. De esta forma, se ordenan los criterios jerárquicamente en el eje “Y”), dentro de sus respectivas categorías también priorizadas en el eje “X”.

Tabla 4. Tabla de resultados del consenso de criterios

Criterios	Experto 1	Experto 2	Experto "n"	Agregación	Ponderación	Nivel Jerárquico (Jn)
1	Valor asignado en una escala de 0-5, donde 5 es la mejor puntuación					
2						
3						
n						
<b>Total</b>						

Fuente: Elaboración propia a partir del método AHP Analytic Hierarchy.

### *Mapeo de Capacidades*

Para definir en la (J1) si se cumple con el criterio de “capacidades humanas”, que corresponde a la categoría (JO) de “Accesibilidad”, es altamente recomendable realizar o retomar un **mapeo de capacidades** (*ver en la Guía: ver en la Guía: Actores, coordinación y diálogo*) sobre el **conocimiento de diversos modelos, así como el grado de acceso a plataformas computacionales y requerimientos de información** que tienen las instituciones involucradas en el ejercicio. Dicha información se utilizará después para definir las mejores alternativas y la selección final del modelo. Para tal efecto, se sugiere clasificar las capacidades necesarias a nivel individual e institucional, las cuales se definen de la siguiente manera:

- **Capacidad Individual:** Capacidad que requiere cada uno de los actores directos y miembros del grupo impulsor.
  - **Capacidad Técnica:** Conocimientos y capacidades técnicas específicas para realizar el trabajo y las actividades requeridas,
  - **Capacidad Básica:** Habilidades y destrezas fundamentales y necesarias para realizar una tarea, sobre las que se desarrolla la capacidad técnica.
- **Capacidad Institucional:** Condiciones que requiere la institución u organización para cumplir cierto trabajo y generar resultados esperados.

Todas estas capacidades se relacionan entre sí. En este sentido, es importante ordenarlas de forma adecuada. Se recomienda la aplicación de la **Tabla 5** para su mejor evaluación y visualización.

Tabla 5. Mapeo de Capacidades

Capacidades		Indicadores		Evaluación	
Institucional	Individual	Institucional	Individual	Ponderación	Evaluación
Condiciones	Técnica/Básica	Línea de base	Línea de base	Escala por definir	Valoración

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

### *Revisión presupuestaria*

Es necesario realizar una revisión y presentación del presupuesto para el ejercicio de modelación, la cual debe estar ligada al Mapeo de Capacidades. Esta será utilizada inmediatamente para la descripción de las posibles alternativas y posteriormente para la selección final del modelo y herramientas.

### *Descripción de alternativas*

En un segundo momento, durante el **Taller con Especialistas en Modelación**, una vez aceptadas las categorías, los criterios fundamentales (J1), y subcriterios (siguientes niveles jerárquicos, J2 a JN) si se requieren; y con base en el mapeo de capacidades y la revisión presupuestaria, se deben enlistar las posibles alternativas de modelación. Se define como alternativa la mejor opción/aproximación de modelación. (ver **Tabla 6**). Durante esta actividad de debe promover el intercambio de comentarios y opiniones de orden político y técnico.



Tabla 6. Ejemplo de lista de alternativas

	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS
A	Modelo econométrico
B	Modelo contable de simulación
C	Modelo de optimización
D	Modelo de equilibrio general

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

### 3.3.1 Evaluación Multicriterio

Posteriormente, se sugiere realizar una evaluación multicriterio, utilizando el **método AHP** (*Analytic Hierarchy Process*), para ayudar al tomador de decisiones a escoger la mejor alternativa consistente, dentro de un rango de alternativas que presentan criterios que pueden estar en competencia o conflicto.

### *Comparación de criterios*

Como primera actividad se debe construir una escala de **comparación de criterios adecuada al caso de estudio**, aunque por simplicidad se puede utilizar la escala de intensidades de Saaty que se muestra en la **Tabla 7**.



Tabla 7. Comparación de criterios con base en escala de intensidades de Saaty

Intensidad	Escala verbal	Explicación
1	Igualmente importante	Dos actividades contribuyen en igual medida al cumplimiento de un objetivo.
3	Moderadamente importante	Una actividad contribuye moderadamente respecto a la otra.
5	Fuertemente importante	Una actividad contribuye fuertemente respecto a la otra.
7	Importancia muy fuerte	Una actividad contribuye muy fuertemente respecto a la otra.
9	Importancia extrema	Una actividad contribuye de forma extrema respecto a la otra.
2,4,6,8,		Intermedio de los valores anteriores.

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

Una vez establecida la escala, se evalúan los pares (o grafos) de criterios para establecer su prioridad uno a uno, esta tarea se realiza mediante un consenso entre expertos. La diagonal principal debe estar formada por el valor neutro “1”

Los valores numéricos que se les dan a los pares de criterios  $C_iC_j$  son elegidos por los evaluadores con base en su valoración.

En el ejemplo de la Tabla 8 son las celdas designadas como  $C_1C_1 = 1.0$ ,  $C_2C_2 = 1.0$ , y así sucesivamente.

En las celdas con denominaciones no iguales, por ejemplo  $C_1C_2 = 7.0$ ,  $C_1C_3 = 5.0$  y  $C_1C_4 = 0.33$  se establecen los inversos (el número recíproco  $1/C_1C_2$ ) de los valores de  $C_2C_1 = 1/7 = 0.14$ ,  $C_3C_1 = 1/5 = 0.2$  y  $C_4C_1 = 1/0.33 = 3.0$ . (Ver la Tabla 8Ejemplo Hipotético para una mejor comprensión numérica).

Posteriormente, se normaliza la matriz dividiendo cada valor entre el total de su respectiva columna. Por ejemplo para la celda  $C_1C_1 = 1/4.34 = 0.23$  o para la celda  $C_1C_2 = 7/20 = 0.35$ .

A partir de lo cual, se obtiene una ponderación, promediando la fila normalizada correspondiente.

En la fila  $C_1C_1$  a  $C_1C_4$  del ejemplo, el promedio de los valores normalizados 0.23; 0.35; 0.38 y 0.21 es = 0.29. Esta ponderación para cada criterio se utilizará posteriormente.

Tabla 8. Matriz de comparación de criterios con resultados

Matriz de comparación de criterios									
Criterios	C1	C2	C3	C4	Matriz normalizada				Ponderación
C1	1.00	7.00	5.00	0.33	0.23	0.35	0.38	0.21	0.29
C2	0.14	1.00	0.33	0.11	0.03	0.05	0.03	0.07	0.04
C3	0.20	3.00	1.00	0.14	0.05	0.15	0.08	0.09	0.09
C4	3.00	9.00	7.00	1.00	0.69	0.45	0.53	0.63	0.57
TOTAL	4.34	20.00	13.33	1.59					

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

### Verificación de consistencia

En este tipo de esquemas de selección por jerarquías, es necesario verificar las selecciones subjetivas, para validar que no se vuelvan matemáticamente inconsistentes. Para esto se recomienda calcular tres indicadores:

Tabla 9. Tabla de indicadores de consistencia

Indicador	Nomenclatura	Fórmula matemática
Índice de Consistencia	CI	$CI = (N_{max} - N) / (N - 1)$
La consistencia aleatoria	RI	$RI = 1.98 * (N - 2) / N$
La relación de consistencia	CR	$CR = CI / RI$

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

El criterio de validación consiste en si la relación de consistencia CR es  $< 0.1$ . En este caso, se han ponderado los criterios razonablemente. De lo contrario, las valoraciones son inconsistentes y se deben replantear (ver **Tabla 10**).

Donde:

- N: número de criterio.
- A: es la matriz cuadrada de criterios (previo a su normalización).

Tabla 10. Matriz cuadrada de validación de criterios

Criterios	C1	C2	C3	C4
C1	1.00	7.00	5.00	0.33
C2	0.14	1.00	0.33	0.11
C3	0.20	3.00	1.00	0.14
C4	3.00	9.00	7.00	1.00
TOTAL	4.34	20.00	13.33	1.59

Fuente: Elaboración propia

- P: es el vector de ponderación, calculado a partir de la comparación de criterios (**Tabla 11**).

Tabla 11. Vector de ponderación de criterios

Vector	Ponderación
P =	0.29
	0.04
	0.09
	0.57

Fuente: Elaboración propia

- Nmax: es la sumatoria de los valores del vector resultante de multiplicar la matriz A por vector P [AxP].

Tabla 12. Ejemplo de Cálculo Vector AxP = Nmax (indicadores de consistencia)

Vector AxP	Cálculos
1.208	$(C1C1xP1)+(C1C2xP2)+(C1C3xP3)+(C1C4xP4)$ $(1x0.29) + (7x0.04) + (5x0.09) + (0.33x0.57)=1.208$
0.173	$(C2C1xP1)+(C2C2xP2)+(C2C3xP3)+(C2C4xP4)$ $(0.14x0.29) + (1x0.04) + (0.33x0.09) + (0.11x0.57)= 0.173$
0.348	$(C3C1xP1)+(C3C2xP2)+(C3C3xP3)+(C3C4xP4)$ $(0.20x0.29) + (3x0.04) + (1x0.09) + (0.14x0.57)= 0.348$
2.430	$C4C1xP1)+(C4C2xP2)+(C4C3xP3)+(C4C4xP4)$ $(3x0.29) + (9x0.04) + (7x0.09) + (1x0.57)= 2.430$
N max = 4.159	$1.208+0.173+0.348+2.430= 4.159$

Fuente: Elaboración propia

### *Comparación de alternativas*

A continuación, se procede a comparar cada una de las alternativas de modelación con respecto a cada uno de los criterios. Para tal efecto se seguirá la misma lógica matemática de construcción de matrices de comparación que se normalizarán y se obtendrá de ellas un vector promedio, como se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla 13. Ejemplo. Matriz de comparación de alternativas respecto al Criterio 1

CRITERIO C1									
Alternativa	Alternativas				MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO VP (C1)
	A	B	C	D					
Alternativa A	1.00	0.20	3.00	1.00	0.14	0.13	0.21	0.14	0.15
Alternativa B	5.00	1.00	7.00	5.00	0.68	0.65	0.50	0.68	0.63
Alternativa C	0.33	0.14	1.00	0.33	0.05	0.09	0.07	0.05	0.06
Alternativa D	1.00	0.20	3.00	1.00	0.14	0.13	0.21	0.14	0.15
TOTAL	7.33	1.54	14.00	7.33					

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

Una vez completadas las matrices de comparación para todos los criterios, se construye una **Matriz de Priorización y Selección de Alternativas**, que se elabora incorporando en las columnas los vectores promedio que resultaron de la comparación de alternativas por criterio, la ponderación resultante de cada criterio (en la última fila de la matriz) y realizando un cálculo de priorización. Este último consiste en la suma para cada alternativa del producto del vector promedio (VP) por la ponderación vectorialmente. Después, se ordenan ordinalmente de mayor a menor para obtener una lista priorizada de Alternativas, ver **Tabla 14**.

Tabla 14. Matriz de Priorización y Selección de Alternativas

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN Y SELECCIÓN						
ALTERNATIVA / CRITERIO	VP (C1)	VP (C2)	VP (C3)	VP (C4)	PRIORIZACIÓN	ORDINAL
Alternativa A	0.15	0.24	0.12	0.28	0.23	3.00
Alternativa B	0.63	0.14	0.26	0.32	0.40	1.00
Alternativa C	0.06	0.57	0.06	0.35	0.25	2.00
Alternativa D	0.15	0.05	0.56	0.04	0.12	4.00
PONDERACIÓN	0.29	0.04	0.09	0.57		

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos

Tabla 15. Matriz de Contexto y Prospectiva (MCP), ejemplo.

Variables priorizadas	Criterios de prospección	Correlación entre variables	Causalidad entre variables
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio de la electricidad</li> <li>• Consumo eléctrico nacional</li> </ul>	Elasticidad del precio de la demanda de energía eléctrica	La correlación es negativa.	A mayor precio menor cantidad consumida
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de energía eléctrica residencial (serie en el tiempo)</li> <li>• Ingreso de la familia</li> </ul>	Elasticidad ingreso - demanda	La correlación es positiva. Para un mismo precio medio de electricidad, un aumento en el ingreso del hogar incrementará el consumo de energía eléctrica, debido a que la electricidad es un bien normal.	El aumento en el ingreso causa el aumento en el consumo. En otros casos más complejos se podría requerir de un estudio estadístico para determinar el sentido de la causalidad, o la bidireccionalidad de esta.

*Nota: Las variables aquí consideradas son solo para ejemplificar. Pueden definirse otras según el caso a analizar.*

Fuente: Elaboración propia con base en taller con expertos de modelado.

Es usual que las variables definidas y priorizadas estén incorporadas dentro del modelo propuesto. En caso contrario, es necesario *operacionalizarlas*<sup>2</sup>, lo cual implica la estimación de parámetros, el uso de modelos satelitales u otro tipo de acciones. Además de las variables utilizadas directamente en el modelo, en algunos casos se debe incorporar un conjunto de variables que permitan describir a la población meta, por ejemplo. Este tipo de variables cualitativas pueden ser útiles sobre todo durante la etapa de interpretación de los resultados.

A partir de los criterios de prospección de las variables establecidas en la MCP, se obtendrá una aproximación sobre la información necesaria para alimentar el modelo con la información necesaria para cada variable de manera pertinente o la información faltante. Este es el momento idóneo para identificar aquellos instrumentos de captura tanto de la información primaria como secundaria, generar alianzas estratégicas con instituciones poseedoras o generadoras de la información e incluso iniciar el planteamiento de generación futura de información.

### 3.3.2 Ejemplo Hipotético.

El caso hipotético consiste en un sencillo ejercicio de pronóstico de la demanda eléctrica residencial, para el próximo quinquenio en la Ciudad de México. Su objetivo es evaluar el impacto que tendría un aumento en la tarifa eléctrica. La

<sup>2</sup> Operacionalización: se refiere a un proceso de definición de variables en términos de factores medibles. El proceso define conceptos difusos y les permite ser medidos empírica y cuantitativamente. Por ejemplo, consumo eléctrico per cápita, puede operacionalizar como consumo eléctrico total/población total.

demanda eléctrica puede analizarse por niveles de ingreso y necesariamente debe considerarse por niveles de consumo y potencia eléctrica.

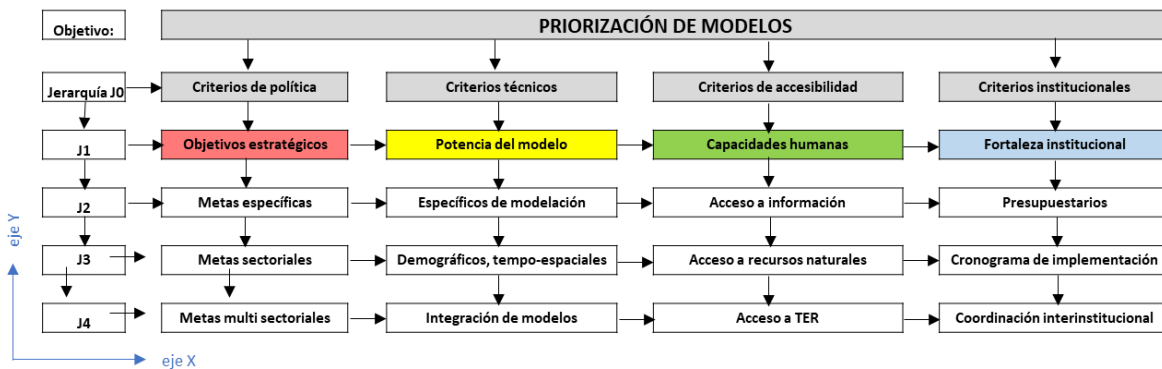
### 3.3.2.1 Definir y ordenar criterios de selección

La primera actividad de la selección de modelos y herramientas consta de elaborar una matriz de criterios, la cual tiene como objetivo priorizar modelos a través de definir y ordenar los criterios de selección en un orden jerárquico, y con estos evaluar aquellos modelos y herramientas potenciales.



Para este caso hipotético suponemos que se realizó un **Taller con Especialistas en Modelación (Actividad 9.3 de la Guía)**, donde la Secretaría de Energía convocó y reunió a los técnicos expertos de México, en este evento se logró enlistar las categorías de criterios (J0) y los criterios en cada categoría que les parecían más fundamentales.

Ilustración 4. Matriz de Priorización de Criterios de Selección, ejemplo.



Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

Posteriormente, los expertos valoraron individualmente los criterios por categoría para obtener los criterios fundamentales (J1), es decir, con una ponderación más alta, y definir así el alcance del ejercicio (ver **Tabla 16**). Además, se expuso el mapeo de capacidades al interior de la Secretaría de Energía y se complementó en discusión con los expertos, para determinar el **conocimiento en diversos modelos y el grado de acceso a plataformas computacionales y acceso a información**. También, se presentó la situación presupuestaria para el estudio.

Tabla 16. Tabla de resultados del consenso de criterios

Categoría	Criterios	Experto 1	Experto 2	Experto "n"	Agregación	Ponderación
de Política	1	Valor asignado, se sugiere una escala de 0-5				
	2					
	3					
	N					
	<b>Total</b>					

Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

Posteriormente, se decidió que dado el propósito del ejercicio no tiene un alcance muy amplio, solo se aplicarán dos Jerarquías 0 y 1. Es importante recalcar que cuando un ejercicio es más complejo se podrían introducir más jerarquías (J2-Jn) y más categorías de criterios (J0). Por ejemplo, en caso de evaluar las trayectorias de una estrategia de alta penetración de ciertas TER, se puede introducir un criterio jerárquico adicional.

Inicialmente se establecieron las categorías para (J0) que son política, técnica, de adecuación/acceso e institucional y sus respectivos criterios:

- Existe un marco de política para evaluar la intervención
- La capacidad del modelo para pronosticar en este caso la demanda eléctrica a distintos niveles de desagregación
- La existencia de personal capacitado en la institución para correr el modelo
- Existe capacidad institucional para coordinar esta actividad con otras instancias gubernamentales

Posteriormente, se establecieron en consenso una lista las siguientes alternativas técnicas para la realización del ejercicio de modelación.

Tabla 17. Lista de alternativas

DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS	
A	Modelo econométrico
B	Modelo contable de simulación
C	Modelo de optimización
D	Modelo de equilibrio general

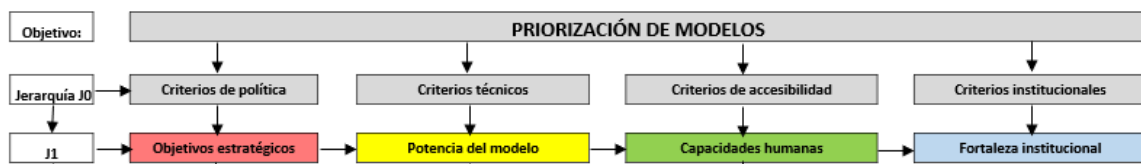
Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

### 3.3.2.2 Evaluación multicriterio

Una vez establecido que el ejercicio no es muy complejo, se utilizará solamente la jerarquía uno (J1) de criterios: a) objetivos estratégicos; b) potencia del modelo; c) capital humano adecuado para la aplicación; d) fortaleza institucional (Ilustración 5).



Ilustración 5. Priorización de modelos



Fuente: Elaboración propia con base en Talleres de Diálogo entre expertos de modelación.

### Comparación de criterios

A continuación, se construyó la matriz de comparación de criterios, que fue llenada con los valores que determinaron los expertos en consenso, basada en la escala de intensidades de Saaty.

Tabla 18. Comparación de criterios con base en escala de intensidades de Saaty

Intensidad	Escala verbal	Explicación
1	Igualmente importante	Dos actividades contribuyen en igual medida al cumplimiento de un objetivo.
3	Moderadamente importante	Una actividad contribuye moderadamente respecto a la otra.
5	Fuertemente importante	Una actividad contribuye fuertemente respecto a la otra.
7	Importancia muy fuerte	Una actividad contribuye muy fuertemente respecto a la otra.
9	Importancia extrema	Una actividad contribuye de forma extrema respecto a la otra.
2,4,6,8,		Intermedio de los valores anteriores.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 19 se observan los resultados de la valoración:

Tabla 19. Matriz de comparación de criterios, ejemplo

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIOS									
CRITERIOS	C1	C2	C3	C4	MATRIZ NORMALIZADA				PONDERACIÓN
C1	1.00	7.00	5.00	0.33	0.23	0.35	0.38	0.21	0.29
C2	0.14	1.00	0.33	0.11	0.03	0.05	0.03	0.07	0.04
C3	0.20	3.00	1.00	0.14	0.05	0.15	0.08	0.09	0.09
C4	3.00	9.00	7.00	1.00	0.69	0.45	0.53	0.63	0.57
TOTAL	4.34	20.00	13.33	1.59					

Fuente: Elaboración propia.

La diagonal principal está formada por valores neutros por defecto. En este ejercicio, los especialistas evaluaron los criterios valorados con números enteros (café), ya que para el resto de las celdas se debe aplicar el valor recíproco. Por ejemplo, se evaluó el par (o grafo) C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>, su valor recíproco por defecto corresponde al grafo C<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>, donde se asigna el valor 1/7=0.14, y así respectivamente hasta completar toda la matriz.

Posteriormente, se construyó la matriz normalizada de estos resultados, dividiendo el valor de cada par entre el total de su respectiva fila, por ejemplo, para C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>, 1/ 4.34= 0.23. Finalmente, se calculó el promedio de los valores de la matriz normalizada para cada criterio de manera horizontal, hasta obtener el **vector de ponderación**, que se encuentra en celeste y se utiliza posteriormente.



### Verificación de consistencia

En este tipo de esquemas de selección por jerarquías, es necesario verificar las selecciones subjetivas con la finalidad de para validar que no se vulneren axiomas matemáticos de consistencia. Para esto, se evaluó la relación de consistencia CR de la siguiente manera:

Primero, se calcula el vector  $AxP$ , donde A es la matriz cuadrada de criterios (en este ejemplo de dimensiones 4x4) previo a su normalización y P es el vector de ponderadores. Ya que se cuenta con el vector  $AxP$ , se calcula la variable Nmax sumando los valores de dicho vector. Por último, se realiza el cálculo del índice de consistencia, la consistencia aleatoria y la relación de consistencia CR.

Tabla 20. Cálculo de indicadores

	Vector $AxP$
	1.2081
	0.173
	0.3478
	2.43
Suma (N max)	4.1589

Indicador	Nomenclatura	Fórmula matemática	Valor
Índice de Consistencia	CI	$CI=(N_{max}-N)/(N-1)$	0.0897
La consistencia aleatoria	RI	$RI=1.98*(N-2)/N$	0.9900
La relación de consistencia	CR	$CR=CI/RI$	0.0906

Fuente: Elaboración propia.

El **criterio de validación** consiste en si CR es menor a 0.1 se ha **ponderado razonablemente**, en el caso contrario, las valoraciones son inconsistentes y deben replantearse. En este ejercicio hipotético la ponderación es razonable y podemos proseguir con la selección del modelo.

### Comparación de alternativas

A continuación, se comparó cada una de las alternativas de modelación para cada uno de los criterios. Para tal efecto, se construyeron las matrices correspondientes utilizando una lógica similar a la actividad anterior. Recordemos que la diagonal principal es neutra, conformada por valores de uno. Las columnas sombreadas en café representan aquellas valoraciones que alcanzaron un acuerdo con base en la **escala de Saaty** (ver **Tabla 18**) por parte de los especialistas, mientras que el resto de las columnas son valores recíprocos de las celdas de color café.

Se comenzará con el criterio C1 que corresponde con la **potencia del modelo**, como se observa en la siguiente tabla. Una vez completada la matriz principal, esta se normaliza dividiendo el valor de cada alternativa por su total. Por ejemplo,

$1/7.33 = 0.14$ , corresponde a la primera celda de la Alternativa A. Finalmente, se calcula el promedio de cada alternativa y se obtiene el vector promedio (VC).

Tabla 21. Matriz de comparación de alternativas respecto al criterio 1, ejemplo

CRITERIO C1									
Alternativa	Alternativas				MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO VP (C1)
	A	B	C	D					
Alternativa A	1.00	0.20	3.00	1.00	0.14	0.13	0.21	0.14	0.15
Alternativa B	5.00	1.00	7.00	5.00	0.68	0.65	0.50	0.68	0.63
Alternativa C	0.33	0.14	1.00	0.33	0.05	0.09	0.07	0.05	0.06
Alternativa D	1.00	0.20	3.00	1.00	0.14	0.13	0.21	0.14	0.15
TOTAL	7.33	1.54	14.00	7.33					

Fuente: Elaboración propia.

Continuando con el criterio C2, que hace referencia a la existencia de **capital humano** suficiente para realizar el ejercicio de modelación en la institución impulsora, en nuestro ejemplo la Secretaria de Energía de México. En la siguiente tabla, obtenidos de igual forma que la anterior, se observan los resultados de consenso entre los respectivos expertos en café.

Tabla 22. Matriz de comparación de alternativas respecto al criterio 2, ejemplo

CRITERIO C2									
Alternativa	Alternativas				MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO VP (C2)
	A	B	C	D					
Alternativa A	1.00	3.00	0.20	5.00	0.15	0.41	0.12	0.28	0.24
Alternativa B	0.33	1.00	0.33	3.00	0.05	0.14	0.20	0.17	0.14
Alternativa C	5.00	3.00	1.00	9.00	0.77	0.41	0.61	0.50	0.57
Alternativa D	0.20	0.33	0.11	1.00	0.03	0.05	0.07	0.06	0.05
TOTAL	6.53	7.33	1.64	18.00					

Fuente: Elaboración propia.

El criterio C3, **interpretación instrumental con respecto al objetivo estratégico**, hace referencia a la capacidad de las distintas alternativas de modelación (i.e. econométrico, contable, simulación, equilibrio general) para ser interpretado dentro del objetivo de planeación y el marco de políticas públicas en estudio. Frecuentemente los resultados de un modelo son difíciles de armonizar en cuanto a los instrumentos de política en estudio, y suelen ser inadecuados en sus variables.

Tabla 23. Matriz de comparación de alternativas respecto al criterio 3, ejemplo

CRITERIO C3									
Alternativa	Alternativas				MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO VP (C3)
	A	B	C	D					
Alternativa A	1.00	0.33	3.00	0.20	0.11	0.07	0.19	0.12	0.12
Alternativa B	3.00	1.00	5.00	0.33	0.32	0.22	0.31	0.20	0.26
Alternativa C	0.33	0.20	1.00	0.14	0.04	0.04	0.06	0.09	0.06
Alternativa D	5.00	3.00	7.00	1.00	0.54	0.66	0.44	0.60	0.56
TOTAL	9.33	4.53	16.00	1.68					

Fuente: Elaboración propia.

Por último, el criterio C4 se refiere a la **fortaleza institucional** reflejado en posibles sinergias institucionales para efectos de los resultados, ya sea al interior de la institución impulsora o con instancias externas. Todo modelo reporta muchos más resultados que los inherentes al foco del problema (e.g. demanda eléctrica residencial). En este sentido, en la medida que el modelo responda al problema central sin pérdida de potencia, se puede utilizar el mismo ejercicio para otros fines complementarios. En la siguiente tabla se observan los resultados de este criterio.

Tabla 24. Matriz de comparación de alternativas respecto al criterio 4, ejemplo

CRITERIO C4									
Alternativa	Alternativas				MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO VP (C4)
	A	B	C	D					
Alternativa A	1.00	3.00	0.20	5.00	0.15	0.67	0.02	0.28	0.28
Alternativa B	0.33	1.00	7.00	3.00	0.05	0.22	0.84	0.17	0.32
Alternativa C	5.00	0.14	1.00	9.00	0.77	0.03	0.12	0.50	0.35
Alternativa D	0.20	0.33	0.11	1.00	0.03	0.07	0.01	0.06	0.04
TOTAL	6.53	4.48	8.31	18.00					

Fuente: Elaboración propia.

Una vez completadas las matrices de comparación para todos los criterios, se construyó una **Matriz de Priorización y Selección de Alternativas**, incorporando en las columnas los vectores promedio que resultaron de la comparación de alternativas por criterio, por ejemplo, para el C1 se tiene un vector columna (0.15, 0.63, 0.06, 0.15) y el vector fila de ponderadores (primera matriz realizada), que para el C1 tiene un valor de 0.29. Después, se realizó un cálculo de suma-producto para obtener la priorización final, es decir, se suma para cada alternativa el

producto del vector promedio (VP) por la ponderación, vectorialmente. Después se ordenó ordinalmente de mayor a menor según su valor de priorización para obtener la lista final de alternativas, ver **Tabla 25**.

**Tabla 25. Matriz de priorización y selección, ejemplo**

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN Y SELECCIÓN						
Alternativa/ Criterio	VP (C1)	VP (C2)	VP (C3)	VP (C4)	PRIORIZACIÓN	ORDINAL
Alternativa A	0.15	0.24	0.12	0.28	0.23	3.00
Alternativa B	0.63	0.14	0.26	0.32	0.40	1.00
Alternativa C	0.06	0.57	0.06	0.35	0.25	2.00
Alternativa D	0.15	0.05	0.56	0.04	0.12	4.00
PONDERACIÓN	0.29	0.04	0.09	0.57		

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2.3 Priorización y Selección del Modelo(s)

Finalmente, se definió que la **Alternativa B es la que representa la mejor opción de modelación** para el ejercicio planteado, la cual corresponde a un modelo contable de simulación. A continuación, se define la justificación de este resultado:

- La **potencia del modelo** es adecuada para prospectar la demanda de energía eléctrica por sectores.
- Existe un **capital humano** de tres personas en la Secretaria de Energía, capacitados en este tipo de modelación, dos de ellos con certificados en más de un modelo.
- **Interpretación instrumental, con respecto al objetivo estratégico:** estas tres personas han trabajado previamente con el sector eléctrico, y están de acuerdo que este permite ubicar los resultados del modelo - ajuste tarifario - dentro de los objetivos de política energética, proponen la construcción de un escenario consistente a la situación actual, y de mayor alcance al ejercicio inicial.
- **Sinergias o fortalezas institucionales:** Los resultados de la demanda eléctrica residencial podrían ser útiles, por ejemplo, para programas de diseño de vivienda, porque reportan varios resultados anexos que constituyen insumos valiosos. En este sentido, otras instancias gubernamentales pueden estar interesados en beneficiarse y retroalimentar estos resultados.

Es recomendable contar con resultados de más de una opción de modelación para poder realizar una comparación y validación. El resultado de este ejercicio de jerarquización supone la aplicación de un modelo contable como primera opción y un modelo de optimización como alternativa. En este caso en particular, las alternativas A y C tienen valores de priorización muy cercanos, por lo que se podría aplicar un siguiente nivel jerárquico para afinar la selección (J2), siguiendo el mismo procedimiento.

El modelo seleccionado fue el *Long Range Energy Planning System (LEAP)*, el cual además de analizar las emisiones de contaminantes del aire locales y regionales, y los CCVC, permite analizar los cobeneficios climáticos de la reducción de la contaminación del aire local como son los efectos en la salud o bien, para evaluar los impactos de las medidas de eficiencia energética.

La **Tabla 26** presenta una síntesis del proceso de selección, en la que se enlistan todas las alternativas factibles, aun cuando no sean las que resultaron prioritarias.

**Tabla 26. Síntesis de la lista de modelos que pueden ser seleccionados**

No.	Modelos	Aproximación		Grado de Acceso	Revisión presupuestaria	Observación
1	LEAP	Contable de equilibrio parcial	Simulación	Licencia pagada		Se cuenta con personal capacitado y es de fácil implementación.
2	ENPEP	Equilibrio parcial	Simulación	Se tiene la versión de prueba		No se cuenta con suficiente experiencia en el modelo, solo una persona lo maneja de forma básica. Se recomienda capacitar al personal al ser un modelo potente.
3	Balmorel	Equilibrio parcial	Optimización	Abierto		Se cuenta con conocimiento del modelo, pero es un ejercicio demandante en tiempo
4	GCE	Equilibrio general	Simulación	Modelo del Ministerio de Economía		Se requiere abrir la SAM del modelo
5	Econometría de series de tiempo/panel	Equilibrio parcial	Simulación	Se cuenta con varios softwares		Puede ser útil para controlar la parsimonia de otros modelos y estimar elasticidades

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se desprende que la mejor alternativa corresponde a un modelo contable de simulación, se tiene dos opciones el LEAP y el ENPEP, pero solo el primero satisface otros requerimientos. Sería ideal poder aplicar ambos con fines de comparación, pero resultaría muy costoso por lo que debe buscarse otra alternativa. La segunda mejor alternativa corresponde al BALMOREL que es un modelo de optimización en GAMS. Sin embargo, este modelo puede requerir muchos recursos para su implementación.

En este sentido se recomendó además del LEAP aplicar un modelo econométrico de Datos de Panel como control, debido a que es barato y se cuenta con el personal capacitado. El Modelo GCE se descarta por no contar con recursos humanos y financieros para realizar el recalibrado que se requiere.

Dicha Tabla es resultante de haber estudiado la matriz de ponderación y selección, el mapeo de capacidades, la revisión presupuestaria y comentarios del Taller de Expertos.

Para un ejercicio de mayor alcance, por ejemplo, para evaluar las trayectorias de alta penetración de TER se debería contar con una categoría de criterios o una jerarquía adicional que incluyan criterios espaciales y tecnológicos.

#### *3.3.2.4 Descripción del Modelo(s) Seleccionado y Retroalimentación con Planeadores*

La última actividad pretende describir los aspectos más relevantes del modelo seleccionado, en este caso, el modelo LEAP. Por ejemplo:

El modelo seleccionado,

- es una herramienta cuyo foco es simular escenarios de desarrollo energético y sus efectos ambientales.
- brinda escenarios, que constan de una representación detallada del sistema energético, incluyendo la producción, transformación, y consumo.
- permite evaluar escenarios alternativos, con base en cambios en los parámetros como: población, crecimiento económico a nivel nacional o sectorial, tecnologías disponibles y tarifas eléctricas.
- no estima el impacto de políticas energéticas sobre el PIB o el empleo, pero sí permite evaluar el impacto (con y sin) las diversas medidas (ejemplo, realizando un ajuste tarifario).
- no opera necesariamente en equilibrio de mercado, pero identifica escenarios de mínimo costo.
- sus requerimientos de información son flexibles y de fácil acceso.
- cuenta con una base de datos tecnológica, denominada TED que es muy útil para mejorar la precisión de las simulaciones, así como para evaluar políticas tecnológicas.
- es adecuado para realizar simulaciones de corto plazo, para simulaciones de mediano y largo plazo, se recomienda evaluar la parsimonia del modelo.
- su alcance permite evaluar trayectorias de demanda energética, oferta energética, recursos, cargas al medioambiente, análisis costo-beneficio, emisiones del sector no energético.
- de manera complementaria al estudio requerido, permite hacer una evaluación detallada de la composición de la demanda por sectores, subsectores, usos finales y equipamientos.
- permite evaluar el crecimiento de la demanda, tomando en cuenta competencia entre combustibles, intensidades energéticas, equipamiento de transformación y cambios estructurales.
- permite la evaluación detallada de la configuración del sistema de oferta actual y futura.
- permite la simulación de la curva de carga anual y despacho de las centrales eléctricas por orden de mérito.

- como control, se puede estimar un modelo de datos de panel, que es un método econométrico que combina series de tiempo y corte transversal y tiene suficiente potencia y versatilidad como para realizar una comparación con los resultados del LEAP.

Con base en esta descripción resulta evidente que el modelo satisface ampliamente los criterios seleccionados:

- **Potencia del modelo:** Permite cumplir cabalmente con el alcance del ejercicio.
- **Capital humano:** Se cuenta con personal capacitado en el modelo.
- **Adecuación instrumental:** Permite ubicar los resultados del modelo – ajuste tarifario – dentro de los objetivos de política energética, en su capítulo “Organización y regulación energética”, y medir el grado de aporte de esta medida a objetivos de orden superior.
- **Sinergias institucionales:** El modelo reporta varios resultados anexos que constituyen insumos valiosos para otras instancias del ministerio, como ser análisis de la estructura de consumo de viviendas, curvas de carga, despacho y perfiles de CO<sub>2</sub>.

### 3.4 Construcción de escenarios prospectivos

#### 3.4.1 Metodología de diálogo participativo (Open Space):

Para esta sección se recomienda utilizar la metodología *Open Space*, la cual consiste en crear un espacio de colaboración entre los planeadores o tomadores de decisión con el resto de los actores involucrados en el debate y la construcción de soluciones en los temas de cambio climático como son organismos clave y/o grupos de interés, a fin de fomentar un diálogo que genere niveles más altos de corresponsabilidad y de legitimidad en la ejecución y resultados de la instrumentación de las políticas públicas.

Estos diálogos consisten en tres etapas: 1) Diseño y planificación del diálogo; 2) Desarrollo del diálogo participativo, y; 3) Seguimiento de resultados. A su vez, cada etapa tiene subetapas para su ejecución. Por ejemplo, en Chile, la División de Organizaciones Sociales (DOS) de la Subsecretaría de Desarrollo Regional del Ministerio Secretaría General de Gobierno, es la instancia gubernamental responsable de organizar los diálogos participativos en los distintos temas.

Algunas ventajas de la metodología de *Open Space* son:

- Se maximizan las oportunidades de participación de cada persona.
- Existe un ambiente cálido e inclusivo para la diversidad de participantes.
- Se minimiza el riesgo de “captura de agenda” por parte de algunos participantes.
- Se asigna responsabilidad a los participantes, liderazgo compartido y el compromiso al largo del proceso.
- Involucra activamente a un gran número de personas.
- Permite la integración de grupos y la generación de acuerdos.

La metodología puede aplicarse en las distintas etapas del proceso de política pública. Esto toma importancia en la Guía porque desde la Etapa 1 puede tomarse

un enfoque inclusivo, de manera que se construyen metas y objetivos de manera conjunta.

### 3.4.2 Elaboración del Plan de Trabajo para la modelación

Es importante que una vez que el modelo ha sido seleccionado se elabore un **Plan de Trabajo** en el que se establezcan las actividades y el tiempo para el desarrollo y entrega de resultados de cada una de éstas como parte del ejercicio de modelación. Su elaboración puede requerir del soporte de un especialista en presupuestos y/o en procesos de gestión de proyectos o estudios.

Este instrumento resulta de gran utilidad, principalmente cuando existen varias instancias y actores involucrados en la modelación como pueden ser ministerios, agencias de cooperación, universidades, centros de investigación u organismos de la sociedad civil, que coordinan actividades, recursos humanos, tiempos y presupuestos en paralelo. El plan de trabajo deberá contar con un líder de equipo responsable de la coordinación de las actividades a desarrollar, así como un adecuado respaldo documental y la definición de los siguientes aspectos:

- El período de ejecución del ejercicio de modelación.
- Los objetivos que se pretenden en términos de lo establecido en el Informe de Situación de Partida y el Reporte de Línea Base.
- Los obstáculos que hay que resolver para su consecución, sobre todo técnicos y de gestión.
- Los recursos necesarios, tanto humanos como materiales para su desarrollo.
- La estrategia para superar las limitaciones y llevar a cabo del trabajo.

### 3.4.3 Priorización, evaluación y selección de escenarios

Se recomienda que la priorización, evaluación y selección de escenarios se consideren como un grupo de actividades, que se realizan bajo una misma metodología. A pesar de que la priorización de escenarios es una decisión de política pública, se recomienda por su complejidad contar con el apoyo de un grupo o comité de evaluación y selección, y utilizar algún instrumento de evaluación multicriterio que brinde una estructura y ayude a encontrar las soluciones que mejor se ajustan a las necesidades y a su comprensión del problema, como el **Método AHP** (*Analytic Hierarchy Process*), utilizado también para priorizar los criterios de selección de modelos en el capítulo anterior (ver **Recuadro 1**).

Se sugiere realizar una reunión o **Taller de Evaluación y Selección**, ver Tabla 8. de la Guía, donde se explica a los expertos la metodología AHP y se prosigue a tres momentos clave. El Momento 1 consiste en describir, priorizar y ponderar mecánicamente los criterios y subcriterios que los expertos consideren importantes.

Por ejemplo, se requiere un escenario que evalúe la distribución de gasolina, y se define como criterio 1 la minimización espacial de las rutas de distribución; como criterio 2 se busca cumplir con un adecuado acceso a los clientes y así sucesivamente. Cada experto valorará los criterios y le asignará un valor de



acuerdo a la escala; luego estos se agregarán y ponderarán. Para cada nivel es necesario realizar un matriz de sistematización, es decir, una matriz para criterios, otra para subcriterios y así sucesivamente. En un Momento 2, se genera un consenso de jerarquías, es decir, conocer la opinión calificada y su grado de pertinencia, en este caso para la selección de un escenario (ver Tabla 27).

**Tabla 27. Priorización y ponderación de criterios**

Criterios	Experto 1		Experto "n"	Agregación	Ponderación
1	Valor asignado en una escala de 0-5, donde 5 es la mejor puntuación				
2					
3					
n					
<b>Total</b>					

Fuente: Elaboración propia con base en taller con expertos de modelado.

En el Momento 3, dados los criterios, subcriterios y ponderaciones para cada nivel jerárquico, cada integrante procede a valorar los respectivos escenarios, mediante una tabla de valoración individual que luego se agregará (Tabla 28). La agregación permite establecer una valoración grupal, que será la que defina los escenarios a ser utilizados. Existen criterios cuyas ponderaciones pueden ser muy sensibles, estos deben ser detectados y se recomienda asignarles pesos prudentes a manera de evitar que se seleccionen escenarios erráticos.

**Tabla 28. Valoración individual de escenarios**

Experto:	Criterios				Agregación
Nivel 1	1	2	...	n	
Ponderadores					
Escenario 1					
Escenario "n"					
<b>Total</b>					

Fuente: Elaboración propia con base en taller con expertos de modelado.

Finalmente, **se seleccionan los escenarios que serán estimados, conviene recordar que la selección de estos debe ser justificada, tanto por los resultados del proceso de evaluación AHP, como por su pertinencia para enfrentar un abanico de situaciones posibles, dotando con respuestas racionales para cada una de éstas.** Es decir, la selección de un escenario debe tener un espectro analítico que pueda abordar medidas factibles de realizarse o previsibles de intervención.



Tabla 29. Matriz ilustrativa de representación de resultados

Definición de Variables Prioritarias	Codificación	Comportamiento esperado				Comportamiento observado				Explicación
		Sentido	Magnitud	...	"J"	Sentido	Magnitud	...	"J"	
1										
2										
...										
n										

Fuente: Elaboración propia en taller con expertos de modelado.

### 3.4.5 Clasificación de resultados

A continuación, se pretende **clasificar** los resultados del modelo en aquellos que son coherentes con las hipótesis esperadas y en aquellos que requieren una explicación particular. Sin olvidar, que el fin último es que los resultados obtenidos del ejercicio permitan responder a las interrogantes de política pública planteadas a partir de los objetivos estratégicos del Reporte de Línea Base.

La clasificación de resultados no implica su priorización, solo permite establecer cuales resultados cuentan con una explicación causal a nivel teórico, es decir, cuales muestran resultados similares a los que la teoría predecía. A nivel metodológico, cada resultado origina una premisa o proposición, que es una conjetura, y da origen a una conclusión, entendida esta última como la operación que sintetiza dos proposiciones o cadena de proposiciones. En la Tabla 30, se presenta un esquema de clasificación de resultados.

Tabla 30. Clasificación de resultados

Resultados	Descripción	Premisas	Grado de alineamiento
			Resultados esperados
1			
2			
...			
n			

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.6 Elaboración de conclusiones y recomendaciones de política climática y tecnológica

Las conclusiones pueden tener características deductivas, inductivas o abductivas. Para la Guía se recomienda enfocarse solo en conclusiones deductivas o inductivas, cuyo alcance se explica a continuación:

- **Conclusiones deductivas:** Las conclusiones que llevan implícita la afirmación de que sus premisas ofrecen algún razonamiento para la verdad de su conclusión. En este tipo de razonamiento una conclusión es válida si y solo si sus premisas lo son, por ejemplo:
  - **Regla general:** La generación de energía solar es la única que está aumentando en las zonas rurales de Chile.
  - **Caso observado (premisa):** Se verifica un aumento en el consumo eléctrico en la zona rural de Huatacondo en Chile.
  - **Resultado (razonamiento):** La generación adicional de energía eléctrica en Huatacondo es renovable.
- **Conclusiones inductivas:** Las premisas no necesariamente deben ser válidas, sino que ofrezcan un fundamento para ello. Este tipo de razonamiento emerge de acuerdo con el grado de verosimilitud o probabilidad que sus premisas concedan a sus conclusiones.
  - **Caso:** El reporte de generación de energía eléctrica corresponde a la ciudad de Huatacondo.
  - **Resultado (premisa):** La generación de energía eléctrica de Huatacondo es solar.
  - **Regla general (razonamiento):** Existe una alta probabilidad que la generación adicional de energía eléctrica de Huatacondo sea renovable.

### Recuadro 3. Conclusiones deductivas e inductivas

Como resulta claro de los ejemplos planteados, en la deducción inferimos verdades particulares a partir de verdades generales. Mientras que en la inducción inferimos verdades generales a partir de casos particulares.

En la redacción del reporte de conclusiones se recomienda que, en la medida de lo posible, la tabla o tablas que presentan los resultados de un estudio, se deben explicar por sí mismas. En complemento, el material de texto debe señalar los aspectos importantes de los datos y atraer la atención hacia la pertinencia de los resultados.

Por regla general, sólo hay que incluir las estadísticas que resulten cruciales para la verificación de una hipótesis. No es recomendable presentar los resultados en divisiones de éstos o en demasiadas partes separadas. Los resultados pueden ser interpretados de mejor manera fusionando, por ejemplo, en tablas y presentando el texto en forma de lista de puntos relevantes.

## 4 Caracterización y disponibilidad de modelos aplicables para la planeación climática

Los modelos son una representación de una teoría, evento o situación a través de variables y ecuaciones que explican o predicen cómo se comportarán, permiten obtener conclusiones y nuevos conocimientos sobre la forma en que unas variables influyen en el comportamiento de otras. En la economía los modelos se refieren a un aspecto particular de la realidad social, el aspecto económico, que se refiere a los procesos de producción, distribución y consumo de bienes y servicios; aunque también se pueden incluir variables de otro tipo como ambientales (Chisari, Maquieyra, & Miller, 2012) (Torres Chacón, 2010). De manera similar, modelos sectoriales de energía y transporte representan el comportamiento de la oferta y la demanda, y pueden incluir variables ambientales, como las emisiones de CGEI o de otros cobeneficios de las medidas como de salud o generación de empleo.

Al ser una aproximación de la realidad, los modelos tienen cierta incertidumbre. La exactitud de un modelo depende de la confiabilidad de los datos de entrada, los supuestos y de la especificidad de las ecuaciones. Por ello es importante reconocer las limitantes que tiene y el objetivo para el que fue desarrollado (Torres Chacón, 2010). En la Etapa 3 de la Guía se explica más a profundidad como seleccionar un modelo adecuado según un análisis robusto y participativo de los requerimientos y los posibles modelos aplicables.

Son muchos los modelos y herramientas que han sido desarrolladas y que se han aplicado para la planificación climática en los sectores de energía y transporte de diferentes regiones del planeta, incluyendo a regiones y países latinoamericanos. Con la intención de auxiliar al planificador, en términos de accesibilidad en la sección *5. Caracterización y modelos disponibles* se enlistan los modelos, su caracterización, origen (organización que lo desarrolló) y disponibilidad, así como un hipervínculo a su fuente de información.

La información aquí presentada pretende ser de apoyo a la Guía de Planeación, en cuanto a los modelos, y herramientas, y se concluya de la mejor manera sobre un ejercicio de aplicación de estos bajo las Etapas y Pasos estratégicos ahí descritos, como acción ante el cambio climático en los países de Latinoamérica y el Caribe.

**El propósito de este anexo es brindar información complementaria a la Guía, sobre las características de los modelos, metodologías y herramientas existentes.**

Para revisar modelos y metodologías se consideran distintos criterios técnicos. El enfoque de este Anexo está basado en la identificación de las necesidades en sectores de mayor impacto climático que los países de la Región LAC buscan resolver como son eficiencia energética, energías renovables y transporte.

El marco presentado aquí no pretende ser exhaustivo, la selección de modelos aquí mencionados es limitada a contribuir a una mejor comprensión de cómo las metodologías, herramientas y modelos útiles y adecuados pueden apoyar los ejercicios dirigidos por los países en la formulación y evaluación de políticas de mitigación contra el cambio climático, particularmente a aquellos en desarrollo. Esta sección del estudio provee una revisión crítica de las características,

fortalezas y debilidades de los modelos y metodologías que pueden ayudar a los países a analizar mejor la incorporación de tecnologías en sus economías en desarrollo. Este reporte, no obstante, no pretende identificar el mejor modelo, enfoque o estrategia de modelación; en cambio, pretende proveer de información clave a los planeadores y equipo de modelación responsables de producir estudios para que evalúen que modelos y enfoques son los más adecuados para cubrir sus necesidades específicas.

A continuación, se presentan los 6 tipos de modelos más relevantes para la planeación climática en los sectores de energía y transporte. Estos modelos tienen diferentes enfoques de modelado, como son *top-down* y *bottom-up*; y distintos métodos matemáticos de solución, como optimización o simulación (ver sección [5 Caracterización y modelos disponibles](#)). Diversos modelos y herramientas se podrían clasificar dentro de varias categorías. Es importante mencionar que, en sí la categorización de los modelos puede ser útil pero no es indispensable para la comprensión y correcto uso de ellos. Tiene mayor relevancia conocer las características específicas de cada modelo y la comprensión de los usos particulares que se les pueda dar y sus respectivas limitantes. Para ello, se busca en la presente guía agrupar a los modelos dentro de categorías de acuerdo con **las funciones específicas más relevantes para la planeación ante el cambio climático de los sectores prioritarios.**

#### 4.1 Modelos de optimización en ingeniería de sistemas

Los modelos de optimización identifican las soluciones de menor costo para un rango de medidas potenciales de mitigación en relación con metas escogidas y sujeto a ciertas restricciones; como disponibilidad de la tecnología, equidad entre la oferta y la demanda, restricciones de inversión o producción máxima, entre otras. Una solución de costo mínimo también incluye un costo marginal de abatimiento por lo que otorga una solución dual. Es importante resaltar que estas herramientas modelan mercados competitivos o perfectos, por lo que, los planificadores energéticos deben incorporar las fallas de mercado (subsidios, externalidades, tributos e impuestos, entre otros) usando restricciones, a cumplirse durante la optimización.

Para optimizar una situación dada, estos modelos usan tres entradas principales: (1) los objetivos a cumplir (es decir, la función objetivo, tal como minimizar el costo del suministro de energía), (2) las áreas de intervención y (3) la restricción para ser satisfecho. Por lo tanto, el resultado de un modelo de optimización identifica las mejores intervenciones que permitirían alcanzar las metas o acercarse lo más posible a ellas, al tiempo que se satisfacen las limitaciones del sistema (IIASA, 2001).

##### 4.1.1 Sector energético

Entre varios tipos de metodologías y modelos para analizar al sector de energía, los modelos de simulación y optimización son las metodologías preferidas. En general, los modelos energéticos son desarrollados para propósitos de planificación nacional o bien de análisis de política global. Una categorización de estos modelos puede ser en tres grupos generales: 1) modelos de demanda (aquellos modelos cuya función principal es el pronóstico de la demanda, como MEDEE-S y MAED); 2) modelos de oferta (aquellos cuyo objetivo principal consiste en la planificación de la oferta o generación de energía, como

MARKAL/TIMES, EFOM-ENV, WASP, MESSAGE); o 3) modelos de sistemas (aquellos que se utilizan para analizar el sistema energético en su totalidad incluyendo tanto oferta como demanda, como ENPEP y NEMS).

Los modelos de optimización del suministro de energía MARKAL y TIMES (Loulou, Remne, Kanudia, & Lehtila, 2005), se convierten en un modelo de sistema energético cuando se combina con MACRO (un módulo macroeconómico CGE) y es similar al modelo energético mundial de la Agencia Internacional de Energía (IEA & OCDE, 2012). Estos modelos optimizan el suministro de energía para minimizar los costos de producción. Específicamente, TIMES es de los modelos más avanzados que fusiona los conceptos centrales, tanto de MARKAL como de EFOM (Modelo de Optimización del Flujo de Energía), y va más allá, para proporcionar una representación mejorada del sector de energía. Incluye un soporte para sofisticadas restricciones dinámicas definidas por el usuario, optimización multi-objetivo, y otras herramientas más. TIMES se define como un modelo *bottom-up* de optimización. El modelo combina dos enfoques sistemáticos para modelar la energía: un enfoque de ingeniería técnica y otro económico. El modelo abarca desde los recursos energéticos primarios, a través de la cadena de procesos que transforman, transportan, distribuyen y convierten la energía, hasta el suministro de servicios de energía que demandan los consumidores finales. La estructura de MARKAL y sus muchos modelos derivados es muy detallada y tiene en cuenta tanto las fuentes de energía primaria como las secundarias, que representan cada paso del proceso de conversión de varias formas de energía. La estructura del modelo puede modificarse de acuerdo con la disponibilidad de fuentes de energía y procesos utilizados en el área de estudio seleccionada, y generalmente se adopta un enfoque modular (LouLou, Goldstein, & Noble, 2004).

Otro modelo destacado de optimización del suministro de energía es el MESSAGE, que permite determinar los portafolios rentables de las medidas de mitigación y reducción de emisiones de GEI. Recientemente se ha ampliado para cubrir el conjunto completo de gases y compuestos de efecto invernadero. En específico, se utiliza para formular y evaluar alternativas energéticas bajo ciertas restricciones como: costo de combustibles, regulaciones ambientales y velocidad de penetración en el mercado de las nuevas tecnologías, entre otras. A partir de esto es que el modelo permite representar toda la cadena de energía desde los recursos hasta los usos finales, empleando el criterio de optimización de costos.

#### 4.1.2 Subsector eléctrico

Una serie de modelos y herramientas computacionales han sido desarrolladas para representar los sistemas interconectados de la energía eléctrica, que involucran múltiples tecnologías de generación y teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos renovables, combustibles y restricciones del transporte por líneas de transmisión y ductos. Estos modelos utilizan técnicas de optimización estocástica para resolver problemas operacionales (despacho eléctrico) y de planificación en infraestructura. Es decir, permiten determinar y evaluar las medidas necesarias para la diversificación y expansión de la matriz eléctrica, minimizando el costo económico y el riesgo energético. Algunos de los modelos con mayor uso en la planificación de los sistemas eléctricos de Latinoamérica y el Caribe son OPTGEN, WASP, SDDP, NETPLAN, SUPEOLADE y

HOMER. A continuación, en la Tabla 31 se describe brevemente las características de dichos modelos.

**Tabla 31. Modelos de planificación del subsector eléctrico**

Nombre	Uso
OPTGEN	Determina la expansión al menor costo (generación e interconexiones) de un sistema hidrotermal multi-regional. Representa detalles de la operación del sistema teniendo en cuenta las incertidumbres de entrada, restricciones de emisiones de GEI y las limitaciones de capacidad mínima.
SDDP	Determina el despacho hidrotérmico con representación de la red de distribución y se utiliza para estudios de operación a corto, mediano y largo plazo. El modelo calcula la política de operación estocástica de menor costo de un sistema de generación hidroeléctrica y termoeléctrica.
NETPLAN	Planificación y análisis de redes de transmisión utilizando herramientas de optimización.
SUPEROLADE	Permite establecer y analizar diferentes opciones de expansión de la generación y transmisión del sistema eléctrico a mediano y largo plazo, calculando costos de inversión y operación, costos operativos de las plantas térmicas, costos marginales de operación, costos financieros de capital, balances de energía a nivel anual y mensual, intercambio de energía entre sistemas interconectados y minimizando el riesgo energético.
HOMER	Examina todas las combinaciones posibles de tipos de sistemas en una sola ejecución y luego ordena los sistemas de acuerdo con la variable de optimización elegida.
WASP	Determina el plan de expansión óptimo a largo plazo para un sistema de generación de energía, tomando en cuenta costos totales mínimos descontados.

Los modelos anteriores pueden usarse en conjunto o con otros modelos por ejemplo de simulación o modelos contables, dentro del proceso de planificación para un análisis más exhaustivo.

## 4.2 Modelos de simulación

Los modelos de simulación son herramientas cuantitativas, incluyendo aquellos técnicos económicos y de equilibrio parcial de evaluación integrada, es decir, son aquellos que usan formulaciones matemáticas para expresar relaciones clave dentro del sistema. Las teorías sobre las funciones que describen los sistemas físicos y sociales son la base sobre la cual se desarrollan estos modelos. Están elaborados en términos cuantitativos, por lo que es posible probar hipótesis sobre cambios en variables clave para estudiar la evolución de otros aspectos del sistema y explorar diferentes trayectorias en el futuro.



El enfoque de los modelos de simulación puede proporcionar ideas importantes para la toma de decisiones sobre la sustitución o inclusión de tecnologías bajas en carbono, porque permite un análisis de los impactos del cambio físico en los aspectos sociales y viceversa, a través de variables de cambio. Modelar alternativas de política también permite asociar matemáticamente dichas medidas políticas y económicas al sistema físico y de la sociedad. Por lo tanto, a diferencia de los simples procedimientos de prueba empíricos o estadísticos, como la regresión o el análisis factorial, la simulación tiene la ventaja de proporcionar al responsable de la toma de decisiones una herramienta que conjunta sistemas complejos y puede adaptarse para responder preguntas específicas sobre la efectividad o las consecuencias de decisiones políticas específicas en dichos sistemas.

Las herramientas de simulación suelen ser modulares, amigables y de fácil personalización (como, por ejemplo: LEAP); pueden y deben mejorarse y modificarse de acuerdo a nuevas condiciones actuales y las variables que estén en cuestión. El hecho de que los modelos de simulación se puedan manipular a la luz de diferentes preguntas de estudio y supuestos es una ventaja fuerte de estas herramientas; junto con la precisión computacional y la representación real del mundo de referencia que ofrecen. Estas características son particularmente importantes cuando se observan las interacciones entre los sistemas sociales, económicos y el potencial de mitigación dentro del sistema.

Los modelos de simulación destacan, por sus usos específicos en el análisis de la implementación de diversas medidas de mitigación. Es por lo anterior, que se pueden ubicar diversos modelos que cuentan con características similares y usos particulares de enorme parecido. Tal es el caso de los modelos de simulación del uso final de la energía, basados en metodologías de contabilidad. Algunos de los modelos que permiten evaluar resultados de la demanda final de energía, la carga eléctrica por hora o las curvas de duración de la carga pueden ser el MAED o el LEAP. Estos modelos te permiten tomar en cuenta las existencias físicas y los flujos en sistemas basados principalmente en relaciones de ingeniería y suposiciones explícitas sobre el futuro (por ejemplo, mejoras tecnológicas, tasas de penetración en el mercado). Al mismo tiempo, el LEAP proporciona una gama de metodologías de contabilidad, simulación y optimización que son lo suficientemente potentes para modelar la generación del sector eléctrico y la planificación de expansión de capacidad, y suficientemente flexibles y transparentes para permitir a LEAP incorporar fácilmente datos y resultados de otros modelos más especializados.

Por otro lado, se pueden ubicar algunos modelos de **simulación de equilibrio parcial** como POLES, TIMER, GCAM y ENPEP, los cuales tienen condiciones similares. Por ejemplo, al igual que otros componentes de IMAGE, TIMER es un modelo de simulación. Los resultados obtenidos dependen de un único conjunto de algoritmos deterministas, según los cuales el estado del sistema en cualquier año futuro se deriva completamente de estados previos del sistema. En este sentido, TIMER difiere de la mayoría de los modelos macroeconómicos, ya que permiten que el sistema evolucione sobre la base de minimizar el costo o maximizar la utilidad bajo condiciones de frontera. Aun así, TIMER se puede comparar con modelos de simulación de energía, como POLES (P. Criqui, 2003), GCAM (A.M. Thomson, 2011) y ENPEP (PBL Netherlands Environmental

Assessment Agency, 2013). Estos modelos de equilibrio parcial de evaluación integrada permiten principalmente analizar la dinámica a largo plazo de la conservación de energía y la transición a combustibles no fósiles dentro de un marco de modelado integrado, y explorar las tendencias a largo plazo para las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con sector energía, a través de la incorporación de tecnologías ecológicas racionales.

#### 4.2.1 Modelos de simulación del sector transporte

Los modelos con alcance en el sector energía incluyen en la demanda del sector al transporte con distintos niveles de desagregación, por ejemplo: por fuente energética (combustibles), por tipo o modo de transporte e incluso desagregados en tipos de flotillas clasificados por antigüedad o eficiencia.

Además de este alcance, existen herramientas que apoyan la toma de decisiones en el ámbito de la planeación de la movilidad. Estos modelos y herramientas tienen como objetivo principal analizar la demanda y el comportamiento de la movilidad para realizar mejores intervenciones de infraestructura en la planeación urbana e interurbana. Existe una gran tendencia y estudios recientes que incluyen en la modelación y planeación de la movilidad, el impacto en emisiones relacionadas a la calidad del aire, así como en emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.

Dentro del espectro de herramientas de modelación de movilidad se identifican dos enfoques principales: **micro y macro simulación**. En algunos casos se hacen ambas simulaciones dependiendo las variables que se requieran estudiar.

##### a. Macro simulación estática y dinámica

La macro simulación permite realizar una planeación en una escala macroscópica, es decir, considerando metrópolis, zonas de las metrópolis como barrios y ciudades enteras.

Las herramientas de simulación estática, por ejemplo, VISUM, permite simular de manera estática, es decir con procedimientos matemáticos de asignación basados en teoría de flujos (capacidades e impedancias), el impacto de la creación de nuevas vialidades, desarrollos urbanísticos, sistemas de transporte masivo u operaciones de peatonalización o calmado del tránsito. La asignación estática permite realizar una gran cantidad de asignaciones, por eso precisamente, en una gran red de transporte es conveniente usar este enfoque.

La herramienta VISUM, cuenta además con un módulo específico llamado VISEM que permite preparar y mejorar los insumos de demanda que se emplearán en el modelo mediante:

- Tipo de actividades, a partir de las cuales se forman pares y cadenas de actividades
- Grupos de personas, en los que la población se distingue por comportamiento en el tráfico
- Demanda de estratos, relación de cadenas de actividades y grupos de personas.
- Propiedades estructurales, describen el potencial de las zonas como origen o destino de un viaje

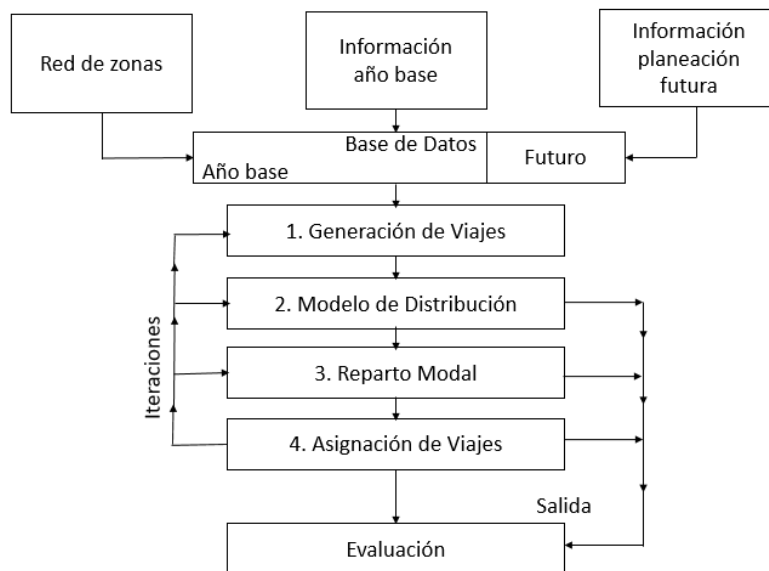
Por otra parte, las herramientas de simulación dinámica como VISSIM o AIMSUN, permiten probar y comprobar de manera dinámica, es decir en lapsos de tiempo que simulan la realidad, el impacto de la puesta en marcha de mejoras, nuevos proyectos de imagen urbana, proyectos de sistemas de transporte público (nuevos carriles bus, líneas de metro, BRT, entre otros). Este tipo de herramientas permiten simular la realidad y evaluar los puntos de conflicto potenciales para el vehículo privado, el transporte público y los peatones. Estas herramientas al ser dinámicas requieren un mayor tiempo invertido para utilizarlas y de procesamiento, de manera que no es recomendable en redes complejas de transporte, y por el contrario si en corredores o zonas urbanas acotadas.

### Estándar de Cuatro Etapas

Años de experiencia y desarrollo han resultado en una metodología probada, conocida como el clásico estándar de modelación de transporte de cuatro etapas (Ilustración 7). Generalmente es abordado como una secuencia de 4 submódulos, pero algunos enfoques innovadores corren ciertos pasos simultáneamente.

El estándar comienza considerando un sistema de red de zonas y la recolección y programación de la planeación, calibración y validación de datos. Estos datos incluyen en un año base niveles de población de diferentes tipos en cada zona, así como actividades económicas incluyendo empleo, centros de compras, educacionales y recreativos. Esta información se utiliza entonces para estimar el modelo del total de número de viajes generados y atraído para cada zona del estudio (generación de viajes). El siguiente paso es de asignación de estos viajes a destinos particulares, es decir su distribución en el espacio, produciendo una matriz. En el siguiente paso normalmente se involucra un modelo para obtener una solución de reparto de viajes a la red por modo (reparto modal), es decir asignación de los viajes de la matriz a los diferentes modos de transporte. Finalmente, se realiza la asignación de viajes para cada modo a una red correspondiente; típicamente de transporte público o privado.

### Ilustración 7. Macrosimulación estándar de modelación de transporte de cuatro etapas



Fuente: *Modelling Transport* (de Dios Ortuzar & Willumsen, 2011).

La modelación del transporte, igual que el caso del sector energético, en sí sola no resuelve la problemática; para ser útil debe ser adaptado en el proceso participativo y con consulta ciudadana para la toma de decisiones. El estándar de modelación de transporte de cuatro etapas que tiene un enfoque de *racionalidad sustantiva* que puede ser contenido en el proceso de pasos clave en la toma de decisiones que desarrolla la Guía.

#### b. Micro simulación estática y dinámica

La micro simulación se utiliza en los proyectos de reordenamiento vial donde es preciso considerar una optimización de la regulación semafórica que optimice el tránsito vial sin dejar de lado el movimiento de peatones. Para esto se utilizan herramientas de micro simulación estática como: **SYNCHRO**, **TRANSYT**, **LINSIG** y **VISTRO**. Estas herramientas computacionales permiten obtener las fases y regulaciones semafóricas optimizadas para el tránsito de personas y vehículos, a partir de datos de la planeación macroscópica.

Con los insumos de flujos de la modelación macroscópica y microscópica de regulación semafórica o impacto vial, se preparan modelos integrales que se pueden realizar modelación microscópica dinámica en herramientas como **VISSIM**, de micro simulación dinámica. Esta modelación permite integrar asignaciones dinámicas, funcionamiento a partir de matrices origen destino e iteraciones de asignaciones en tiempo real para el cálculo de rutas óptimas, y estáticas (itinerarios predefinidos para los vehículos).

La micro simulación dinámica está basada en pasos, normalmente 5 o 10 pasos por segundo, lo que quiere decir que el programa calcula la posición, velocidad,

aceleración (entre otros atributos) de cada vehículo en la red cada dos o hasta cada décima de segundo. Esto basado en sus modelos de comportamiento vehicular que aseguran que la interacción entre los vehículos en la red y otros elementos como semáforos o intersecciones a prioridad, sea realista.

**Ilustración 8. Micro simulación para la intersección de Eje 8 Sur con Av. Rojo Gómez en la Ciudad de México.**



Fuente: IDOM México

La micro simulación dinámica permite conocer los impactos sobre cambios a la red propuesta y considera las preferencias y prioridades del tomador de decisiones, las cuales, por ejemplo, pueden orientarse a no optimizar el tráfico de vehículos, pero sí el de peatones. Además, herramientas como VISSIM, permiten optimizar la operación de los semáforos, para establecer la prioridad de paso que se integre en el modelo.

### **Estimación de emisiones en la micro simulación del transporte**

El módulo de emisiones de la herramienta de micro simulación del tráfico Vissim tiene la capacidad de estimar emisiones de contaminantes atmosféricos en cada paso de la simulación a través de factores adecuados para cada uno de los vehículos en la red (la longitud del paso es de una décima de segundo). Las unidades de dichos factores son gramos por kilómetro (g/km), lo que hace que PTV Vissim pueda estimar los gramos de cada contaminante generados por cada vehículo, a través de un cálculo detallado utilizando la velocidad y la distancia recorrida de cada vehículo.

Generalmente los resultados del modelo se realizan para la hora pico de la mañana de un día entre semana (situación más crítica), y si es necesario expandir para estimar resultados anualizados, se utilizan factores de expansión al día y al año. Los factores de expansión horario son específicos para cada tipo de vehículo, ya que se comportan de forma diferente dependiendo del horario.

Hay distintas maneras de estimar las emisiones de un proyecto de transporte a nivel micro, solo se deben considerar el alcance del proyecto y las variaciones correspondientes, por ejemplo, algunos corredores vehiculares contemplan

cambios en operaciones y adquisiciones futuras de vehículos, lo cual debe contemplarse en la adecuada estimación de emisiones contaminantes.

Los programas de micro simulación separan los contaminantes en 3 categorías:

- **Emisiones de contaminantes criterio:** tienen un límite máximo permisible normado de concentración en el ambiente, siendo los de mayor contribución las partículas (PM10, PM2.5) y los precursores del ozono (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, COV y NH<sub>3</sub>).
- **Emisiones de compuestos tóxicos:** compuestos orgánicos totales (COT) nocivos para la salud humana, entre los que destacan el tolueno, los isómeros de xileno, el etilbenceno, el hexano, el benceno y el Metilter-Butil Éter. Algunos como el alcohol metílico (metanol) o el 1,1,1-Tricloroetano, no son emitidos por las fuentes móviles.
- **Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GEI),** son aquellos gases definidos en el Protocolo de Kioto (CMNUCC, 1998) que contribuyen al cambio climático como: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Se reportan como CO<sub>2</sub> equivalente.

#### c. Vinculación de modelos macro y micro simulación de la movilidad

Comúnmente los proyectos con un enfoque integral de escalas de planeación de transporte y movilidad eligen una herramienta con enfoque macro y otra de micro simulación con el objetivo de establecer un esquema de proyecto acoplado, es decir, de retroalimentación entre uno y otro y selectivo en función del nivel de alcance exigido por los planeadores. La vinculación entre la macro y la micro simulación ocurre típicamente de manera iterativa.

#### 4.2.2 Problema de Diseño del Sistema de Transporte Público

El transporte público en sí mismo ya es considerado como una opción tecnológica sustentable de transporte para zonas urbanas, ofrece varias ventajas como mejoría en la movilidad, descongestionamiento, calidad de aire, conservación de la energía, reducción de emisiones GEI, mientras preserva la equidad social e impulsa el desarrollo. Sin embargo, factores socio económicos, crecimiento demográfico y una falta de planeación urbana han ocasionada una fuerte tendencia a la utilización de vehículos privados y excesivo congestionamiento en las principales ciudades de Latinoamérica.

La planeación del transporte público implica no solo la inclusión de la tecnología e infraestructura adecuada, sino también abordar factores de operación, como frecuencia, confiabilidad, *comfort* y calidad del servicio; así como planeación integrada con otros modos de transporte considerando variables socio económicas como costos operativos, tarifas, y costos sociales de los usuarios, en un mismo sistema complejo.

En las últimas décadas, el diseño eficiente de las redes de transporte público ha evolucionado mucho dentro del marco de la planeación urbana integral, con el desarrollo de muchos modelos y enfoques para formular el Problema de Diseño

del Sistema de Transporte Público (TRNDP, por sus siglas en inglés) (CIS Consultores en Transporte, 2001), lo cual es un trabajo de diseño que busca optimizar la red de transporte bajo restricciones operacionales y de recursos, como número de líneas, distancia, frecuencias o número de autobuses.

#### a. Fundamento metodológico: el Problema de Diseño del Sistema de Transporte Público

El planteamiento del problema de diseño del sistema de transporte público (*TRNDP por sus siglas en inglés*) tiene la estructura de un juego no cooperativo, normalmente conocido como modelo de Stackelberg. El principal jugador corresponde a la autoridad que regula la operación del sistema de transporte público; éste decide cual es el conjunto de servicios socialmente óptimos (trazados y frecuencias de los recorridos), bajo el supuesto de cuál será el comportamiento de los usuarios, frente a la oferta de la autoridad, actuando como “líder” de acuerdo a Stackelberg; entonces los usuarios, actúan como “seguidores”, se comportan de acuerdo al objetivo de minimización de sus costos privados al elegir los servicios de transporte a utilizar, cumpliendo al supuesto de la autoridad respecto al flujo de viajes en el sistema y validando por tanto sus decisiones. Esto hace que el planteamiento natural del problema corresponda a un problema de **programación bi-nivel** que contiene 1) el diseño físico y topológico de la red (trazados de los recorridos e itinerarios) y 2) el diseño operacional, correspondiente a la determinación de las frecuencias y las capacidades óptimas de los itinerarios definidos. Por lo tanto, la programación matemática se estructura en dos niveles de análisis y decisión.

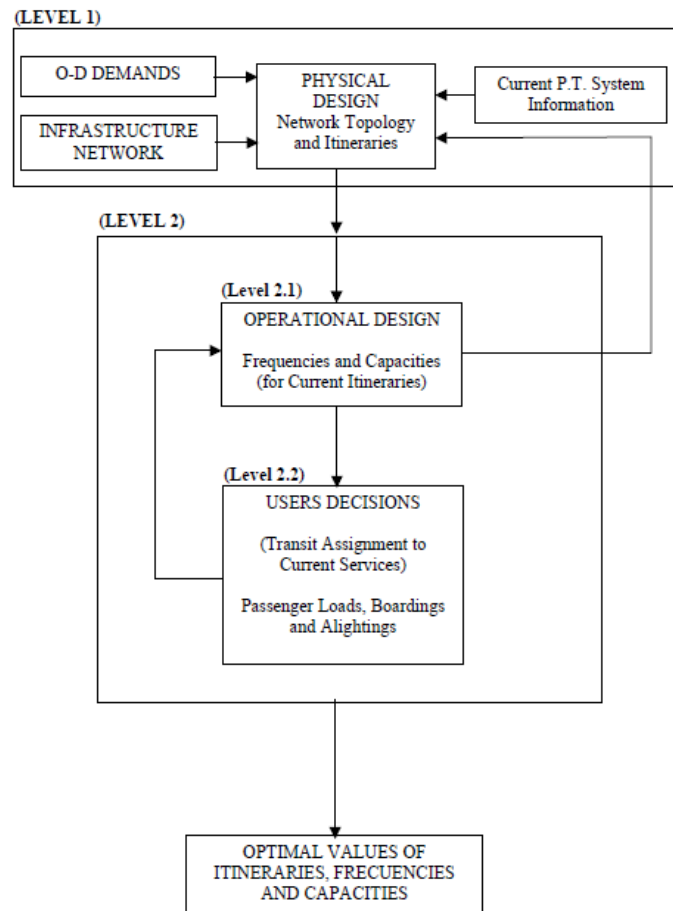
Varios enfoques algorítmicos han sido estudiados en la literatura para resolver el complejo programa bi-nivel tratando de describir todos los medios de transporte cuyas decisiones afectan la operación del sistema como todo tipo de buses, taxi-colectivos, metros, automovilistas, entre otros. La literatura sugiere que los estudios de modelación y diseño de los sistemas de transporte TRNDP tengan un enfoque múltiple que abarque la eficiencia económica, las necesidades sociales y el impacto ambiental. Los objetivos matemáticos sugeridos se pueden resumir como:

1. Maximizar el beneficio del usuario.
2. Minimizar los costos de operación.
3. Maximizar el bienestar total.
4. Maximizar la capacidad.
5. Conservación de la energía y protección del medio ambiente.
6. Parámetros de optimización individuales (ejemplo: tiempo de viaje).

Un caso práctico de planteamiento de TRNDP en Latinoamérica se realizó en Chile por el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN) inicialmente en el 2001 para el “Análisis de modernización de Transporte Público, V Etapa” para rediseñar el sistema de transporte público de la superficie de Santiago, lo que incluyó servicios de buses y taxis colectivos (SECTRA, 2003). A partir de dicho planteamiento y a lo largo de los siguientes años, el MIDEPLAN en cooperación de otras organizaciones públicas, académicas y privadas como: SECTRA, la Pontificia Universidad Católica de Chile y CIS Asociados Consultores en

Transporte S.A., entre otras, han desarrollado una metodología y modelos computacionales propios para la continua modelación de soluciones de planeación del transporte en el Gran Santiago (Ilustración 9).

**Ilustración 9. Problema de Diseño del Sistema de Transporte Público. Estructura de Programación Multinivel - Chile**



Fuente: (J. Enrique Fernández L., 2008)

En la Tabla 32 e Ilustración 10 se describe la metodología y los modelos que han sido diseñados, utilizados y actualizados para la modelación de proyectos como: Transantiago (nuevas líneas de metro), Plan de descontaminación, optimización de la frecuencia y capacidad del sistema de buses, entre otros.

El caso práctico de Chile en modelación para la planeación del transporte tiene muchas lecciones valiosas que se recopilan en mayor detalle en el Anexo C.

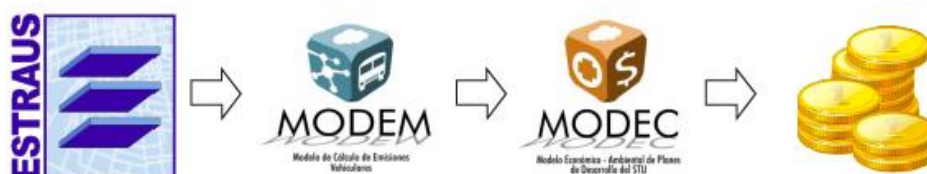


Tabla 32. Modelos de planeación del subsector movilidad en Chile

Nombre	Uso
MUSSA	Modelo de Uso de Suelo de Santiago / MODELO INTEGRADO TRANSPORTE-USO DE SUELO. Modelo que permite comprender mejor una de las relaciones más relevantes del ambiente urbano: la que ocurre entre el sistema de transporte y el mercado del suelo.
ESTRAUS/MAITE/ARTP	<p>Modelo de equilibrio simultáneo oferta-demanda que permite simular la operación de un sistema de transporte urbano, y asigna pasajeros por modo de transporte, especialmente adecuado para sistemas congestionados</p> <p>Las herramientas de análisis del transporte se orientan a describir y predecir el comportamiento del sistema de transporte urbano mediante una serie de módulos que permiten evaluar políticas y proyectos de inversión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>multimodal transit assignment module</i></li> <li>• <i>supply-demand equilibrium module</i></li> <li>• <i>equilibrium transit assignment model (calibration)</i></li> </ul>
VIVALDI	Modelo secuencial de equilibrio simultáneo oferta-demanda que permite simular la operación de un sistema de transporte urbano, especialmente adecuado para sistemas congestionados
MODEM	<p>Permiten no sólo evaluar el aporte en emisiones de cada categoría vehicular desagregada espacialmente, sino el impacto global del transporte y la evaluación de los impactos de políticas de control a mediano y largo plazo.</p> <p>La importancia de la modelación operacional del sistema de transporte radica en que la información detallada -especialmente sobre velocidades- es muy determinante de la exactitud con que se calculen las emisiones, debido a la dependencia entre ambas variables.</p>
MODEC	MODEC es un modelo de evaluación económico-ambiental que permite valorar los cambios en emisiones asociados a proyectos de transporte y los impactos de los cambios de concentración sobre la salud de la población expuesta, y finalmente valora económicamente los costos o beneficios asociados a dichos cambios. Para ello, además de las emisiones requiere de información de calidad del aire y de los costos ligados a las muertes y a las diferentes patologías que se originan como resultado de la exposición de las personas a condiciones ambientales adversas.

Nombre	Uso
	Determinar el valor económico de las variaciones de emisiones, teniendo a la vista los impactos en salud. El modelo recibe como datos de entrada las estimaciones de emisiones atmosféricas de fuentes móviles, generadas por MODEM, tanto para la situación base como para la situación con proyecto de transporte.
Adatrap	Permite a las autoridades de transporte utilizar información histórica y procesar datos semanales para monitorear el sistema y tomar decisiones de planificación. Es posible procesar datos de transacciones de pago ( <i>bip!</i> ) y posicionamiento de buses (GPS). Además, contempla matrices de viajes en transporte público, perfiles de velocidad de buses e indicadores de calidad del servicio, y se encuentra instalado en el Directorio de Transporte Público Metropolitano de Santiago.
AIMSUN	Micro simulación

Ilustración 10. Secuencia de Modelos para la Evaluación Ambiental en el Sector Transporte Urbano



Fuente: *Evaluación de las mejoras ambientales en el transporte público de Santiago, 2007-2010*. (CEPAL, 2012)

### 4.3 Modelos de equilibrio general computables

Para identificar los impactos que tienen las diferentes políticas en un sector dentro de la economía de un país es recomendable utilizar un MEG que permita identificar los cambios que existen a lo largo del tiempo en los diferentes componentes de la economía y, en algunos casos este, estimar también las emisiones de GEI (INECC, 2017) (Nicholson, 1997).

Un MEG recoge las interconexiones existentes y los cambios internos que ocurren en una parte de la economía y la manera en que afectan a otras es una aproximación de la situación económica en la que se simula numéricamente la estructura de equilibrio de una economía (Vegara, Busom, Colldeforns, Guerra, & Sancho). El MEG es un tipo de modelo multisectorial que busca representar, de forma realista, la economía de un país y así, evaluar cuantitativamente los efectos que tienen determinadas políticas sobre ésta. Todo ello permite representar cada

uno de los sectores de una economía y, a su vez, evaluar el impacto total de los efectos de las políticas (Araujo-Gutiérrez, 2016) (Bergoening, 1998).

Uno de los retos a los que se enfrentan estos modelos es representar la realidad con datos precisos para calibrar adecuadamente los parámetros, para lo que se necesita contar con información de los precios, factores de producción y oferta de bienes, ingreso, ahorro y formación de capital, importaciones y oferta y demanda de exportaciones, equilibrio en los mercados domésticos y equilibrio en la balanza de pagos, entre otros (O'Rayan & Del Valle, 2000).

La estructura básica de un MEG consiste en mercados sectoriales, bienes y un número definido de consumidores; cada uno de los cuales tiene ciertas preferencias con una dotación inicial de factores. Los agentes buscan maximizar su utilidad, basado en la perspectiva neoclásica, con una función de demanda por cada bien y la oferta de los factores de producción. Para el caso de las funciones de oferta de bienes y servicios, éstas se definen por la maximización de las ganancias de los productores. La tecnología se representa con una función de producción con rendimientos constantes a escala (INECC, 2017) (Pérez-Mendoza, 2008).

Es importante mencionar que sólo los precios relativos son relevantes, ya que las funciones de demanda son homogéneas de grado cero y las de producción son homogéneas en precios. Así, el equilibrio se dará cuando la demanda sea igual a la oferta en todos los mercados al mismo tiempo (INECC, 2017).

Existen dos tipos de modelos de equilibrio general: estáticos y dinámicos. Un modelo estático permite calibrar el modelo y a partir de ahí construir un modelo dinámico que permita pronosticar las emisiones de GEI de cualquier sector, es importante considerar que los modelos estáticos analizan las reacciones de la economía en un solo punto en el tiempo. Para el análisis de la política, los resultados de un modelo de este tipo muestran la diferencia (generalmente en forma de porcentaje de cambio) entre dos estados en el tiempo alternativos con y sin política (INECC, 2017).

Para poder modelar las emisiones de GEI a través de variables económicas se requiere entender que forman parte de un entorno que integra las componentes económica, poblacional, social, ambiental, territorial, financiera, tecnológica y de marco institucional, y que un cambio en cualquiera de estas tendrá un impacto en las emisiones de GEI del sector (INECC, 2017).

Un aspecto importante para seleccionar el modelo es identificar la utilidad de los MEG, esto nos permitirá corroborar si el alcance conceptual de estos modelos es algo que se ha utilizado anteriormente, y si es consistente con el objetivo buscado en este estudio. Algunas de las siguientes áreas en las que más se han utilizado son (Cardenete, 2009):

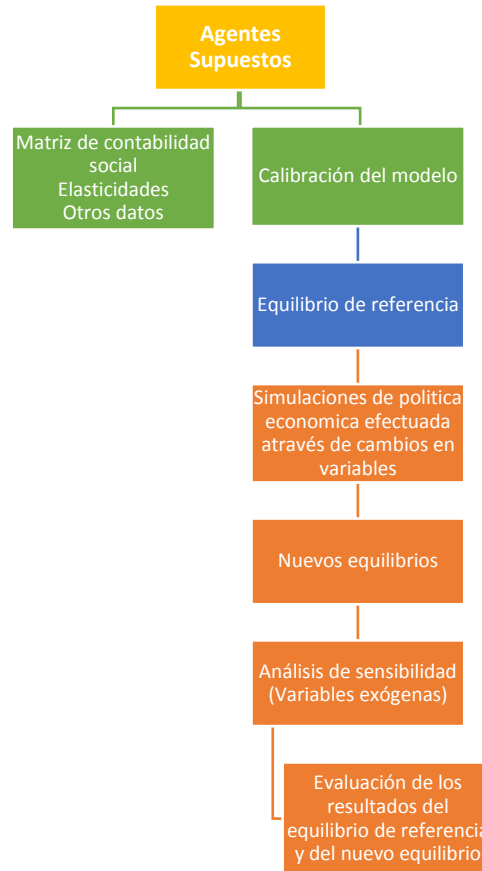
- **Análisis de políticas fiscales**, en el área de la imposición, desde los primeros modelos con dos sectores de (Harberger, 1962) y (Shoven & Whalley, 1972), se ha pasado a modelizar a mayor escala como (Kehoe & Serra-Puche, The Impact of the 1980 Fiscal Reform on Unemployment in Mexico, 1981) para México. Donde se ha visto que un MEG es útil, ya que permite integrar los impactos de la política fiscal en los diferentes sectores, así como ver cuál

es el impacto en la población, esto medido a través del bienestar del consumidor que es un resultado de los MEG.

- **Análisis de políticas comerciales**, el análisis ha girado en torno a la problemática del proteccionismo y sus consecuencias sobre la eficiencia y el bienestar de una economía. Los modelos de comercio se pueden clasificar en dos grandes grupos: en una parte se encuentran los modelos de economías pequeñas (economías cerradas), cuya característica principal es la endogeneidad de todos los precios del sistema económico en consideración. Y por otro lado, los modelos de grandes economías (economías abiertas) que incorporan el supuesto de exogeneidad de los precios de los bienes comerciales. En México la principal aplicación es en el desarrollo de los Tratados de Libre Comercio, se han utilizado MEG para evaluar el impacto que tendría en la producción y en los diferentes sectores.
- **Análisis de políticas migratorias**, se han desarrollado tanto desde el punto de vista puramente urbano o desde un punto de vista regional, como el análisis desarrollado por (Kehoe & Noyola, 1991) para la economía mexicana, donde se analizan los efectos de políticas fiscales alternativas sobre la emigración desde las áreas rurales a las áreas urbanas, esto permitió tener información a nivel país del impacto de las políticas migratorias.
- **Análisis de políticas interregionales**, ejemplo de este análisis es el trabajo de (Serra-Puche, 1984) que desarrolla un modelo regional para la economía mexicana, donde además se puede observar el impacto de políticas nacionales a nivel regional, esto es particularmente útil cuando se tienen políticas regionales integradas.
- **Análisis de políticas agrarias**, específicamente para análisis del sector de interés se tienen los trabajos de Keyzer y Wim en 1994 donde en su análisis de las políticas alimenticias en Indonesia, se identificó el impacto en producción al incrementar los subsidios y hacer cambios tecnológicos. También en el trabajo de Parikh en el mismo año se centró el análisis en el sistema público de distribución (PDS), según el cual el gobierno procura y ofrece algunos bienes de primera necesidad (arroz, azúcar, aceite, harina y gasolina) a precios inferiores a los de mercado; o como el de (Golden & Knudsen, 1992), que versa sobre los efectos de la liberalización comercial de la agricultura.

Una de las limitantes que se tienen y se reconocen por los diferentes autores, es que los MEG están basados en la teoría económica clásica, la cual a su vez está basada en la hipótesis de la existencia de equilibrio competitivo. Se sabe que, en la realidad esto no siempre ocurre y existen mercados monopolísticos, oligopolios, competencias monopolísticas, externalidades, economías de escala, entre otras, en definitiva, mercados con diferentes grados de imperfección. Lo que genera que este tipo de modelos tengan grandes críticas. Una de las ventajas de los MEG es que permiten analizar un enfoque intertemporal donde las decisiones tomadas en un tiempo tienen un impacto en la toma de decisiones futuras. Este enfoque intertemporal permite a los modelos pasar a un terreno dinámico.

Como síntesis de los hallazgos se puede observar que los modelos de equilibrio general aplicado (MEGA), se pueden utilizar para una infinidad de análisis de políticas, entre ellos el análisis de políticas medioambientales, entre las que destaca en los últimos años los modelos integrados que permiten modelar los



impactos del cambio climático.

**Ilustración 11. Estructura de un modelo de equilibrio general**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.1 Vinculación de modelos de sistemas de energía y modelos de equilibrio general

Los enfoques macroeconómicos y de ingeniería de sistemas difieren en su descripción e identificación del sistema relevante. Estos sistemas distintos, deben superponerse si podemos vincularlos de manera consistente y controlada. La vinculación de los modelos se logra a través de iteraciones con alimentación de información entre los modelos. Comúnmente se utilizan los términos: enlaces duros y los enlaces blandos, para describir el tipo de enlace entre modelos. Los enlaces suaves se pueden definir como los vínculos donde la transferencia de información entre los modelos es controlada por el usuario. Por otro lado, la vinculación permanente se define como los enlaces duros donde la información

se transfiere sin juicio del usuario, generalmente mediante programas informáticos. No obstante, existe un paso más allá del uso de enlaces duros, el cual sería integrar los modelos en un solo ejercicio de modelación. Esta distinción es más difícil de definir. Los modelos integrados se ejecutan juntos, en lugar de intercambiar información entre ejecuciones de modelos independientes (Helgesen, 2013). Por lo anterior, se considera que el uso de modelos integrados representa un nivel mayor de dificultad (ver *Modelo de evaluación integrada* (IAM)) (Böhringer & Rutherford, 2009), definen tres amplias categorías de esfuerzos de modelado híbrido que apuntan a combinar modelos de ingeniería de enfoque *bottom-up* con modelos económicos de enfoque *top-down*:

- a) Vinculación entre modelos individuales independientes (típicamente enlaces rígidos)
- b) Vinculación donde uno de los modelos domina y se complementa con el otro. El modelo subdominante generalmente se implementa en una forma reducida. Esta complementación permite enlaces duros entre los modelos (aunque los enlaces duros también se pueden implementar entre modelos independientes individuales).
- c) Combinando las características *top-down* y *bottom-up* directamente en un modelo integrado, que pertenece a una clase de modelo más general.

Un modelo integrado podría ser un próximo paso, pero la integración de los modelos no es necesariamente un paso en la dirección correcta. Hay beneficios sustanciales de mantener el uso de modelos existentes como independientes, por ejemplo, en cuanto a desarrollo y mantenimiento. Algunas de las problemáticas que surgen de la integración de modelos son:

- Un modelo integrado probablemente tendrá que simplificar considerablemente uno o ambos modelos "originales".
- Los modelos *top-down* y *bottom-up* operan en diferentes escalas de tiempo o con diferentes niveles de detalle y, posiblemente, con diferentes regiones.
- Los modelos tienen diferentes fuentes de datos.
- Los modelos macroeconómicos *top-down* usan una matriz de contabilidad social basada en cuentas nacionales. Los modelos de ingeniería *bottom-up* usan el balance energético nacional, por lo que la granularidad de la dimensión de tiempo probablemente será difícil de integrar.

Por lo anterior, el uso de modelos independientes también representa una herramienta útil de planeación. Esto se debe a que los modelos *bottom-up* se benefician de tener tiempos más pequeños, proporcionando más información sobre las estaciones y las cargas máximas frente a las cargas de base. Los modelos *top-down* a menudo asumen que los mercados económicos están en equilibrio, y necesitan pasos de tiempo más largos y mercados de cierto tamaño para que sus suposiciones sean plausibles.

Algunos ejemplos de modelos híbridos son: IMACLIM-R, MARKAL-MACRO, MESSAGE-MACRO, MARKAL-EPPA y NEMS. Cada modelo difiere de los otros, no solo por el tipo de enlace que presenta, sino por la transferencia de información

entre los componentes del modelo y los resultados que se pretenden obtener. Por ejemplo, un modelo MARKAL-MACRO, enlazado a través de un enlace rígido, permite generar una transferencia de datos de la demanda de energía del modelo MACRO con los costos de la energía obtenidos con MARKAL. Esto puede diferir mucho con un modelo MARKAL-EPPA para el análisis y planeación del sector transporte donde los datos transferidos serían, precios, impuestos y demanda de transporte del modelo MEG; con el cálculo de elasticidades constantes y la mejora de la eficiencia energética autónoma obtenidas con MARKAL. Por lo anterior, es de forzosa importancia, que los equipos de planeación y modelación comprendan la estructura interna de los modelos independientes, y de los resultados que se obtienen con cada uno de ellos para poder generar una transición hacia la vinculación de modelos (Helgesen, 2013).

#### 4.4 Modelos de dinámica de sistemas

La dinámica de sistemas (DS) es una herramienta de construcción de modelos de simulación radicalmente diferente al de otras técnicas aplicadas al estudio de sistemas socioeconómicos, como la econometría. Las técnicas econométricas, basadas en un enfoque conductista, emplean los datos empíricos como base de los cálculos estadísticos para determinar el sentido y la correlación existente entre los diferentes factores. La evolución del sistema analizado se realiza sobre la base de los datos históricos de las variables denominadas independientes, y se aplica la estadística para determinar los parámetros del sistema de ecuaciones que las relacionan con las otras denominadas dependientes. Estas técnicas pretenden determinar el comportamiento del sistema sin entrar en el conocimiento de sus mecanismos internos. En cambio, el objetivo básico de la Dinámica de Sistemas es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema. Esto implica aumentar el conocimiento sobre el papel de cada elemento del sistema, y ver como diferentes acciones, efectuadas sobre partes del sistema, acentúan o atenúan las tendencias de comportamiento implícitas en el mismo.

La literatura enumera varias características principales y factores diferenciales que comparan los modelos de dinámica de sistemas con los enfoques convencionales del modelado para el sector energético. Una característica relevante es la capacidad para implementar retrasos, que es muy importante cuando se trata de economía energética. Los procesos de planificación, aprobación y construcción que consumen mucho tiempo deben incorporarse al modelo. Además, la consideración de la racionalidad limitada es de particular importancia. A diferencia de los problemas de optimización, donde se supone que la información perfecta y los agentes racionales se modelan en DS, se brinda la oportunidad de implementar procesos realistas con preocupaciones inmanentes, interpretaciones erróneas y una eficacia errónea. Por lo tanto, las decisiones y sus desarrollos se pueden modelar descriptivamente, al considerar la racionalidad limitada. Por lo tanto, es posible implementar procesos de decisión sin determinar óptimos normativos, como se hace en otros métodos (Jäger, Schmidt, & Karl, 2009). Mientras que los métodos clásicos de optimización suponen una información confiable y completa sobre el desarrollo futuro, la DS permite modelar las incertidumbres sobre el precio, la calidad de la información, la

demanda futura y las especificaciones regulatorias esperadas (Dyner, 2001). Este principio se conoce como "previsión imperfecta". La mayoría de los otros modelos suponen una convergencia inmediata al equilibrio del mercado. Sin embargo, los modelos DS consideran que las decisiones subóptimas y el impacto retardado solo resultan en una aproximación de la oferta y la demanda (Jäger, Schmidt, & Karl, 2009). Como el modelado DS se centra en las relaciones causales, otros aspectos, como las influencias cualitativas, se incorporan fácilmente, "los modelos de dinámica de sistemas suelen tener un conjunto agregado de detalles, el alcance puede ir más allá de lo que generalmente se incluye en los métodos analíticos tradicionales." (Botterud, 2003). Un mayor número de aplicabilidad de los modelos DS se describe a detalle por (Pereira & Saraiva, 2009).

Como ejemplo práctico, el modelo Threshold21, el cual logra representar el sistema social, económico y ecológico de un país, fue diseñado para apoyar la planificación integral e integrada del desarrollo verde a largo plazo. La capacidad de T21 de incluir factores medioambientales y sociales en sus análisis proporciona a los responsables políticos una visión clave del impacto potencial de las políticas de desarrollo en una amplia gama de sectores. Debido a que emplea un enfoque de Dinámica del Sistema, T21 revela cómo las diferentes estrategias interactúan entre sí, permitiendo a los planificadores crear enfoques realistas y efectivos para alcanzar sus metas y objetivos.

El uso de un enfoque sistémico para desarrollar modelos de Dinámica del Sistema lo hace más adecuado para ampliar el rango de partes interesadas involucradas en el proceso de modelado y planificación. Esto se debe principalmente a la facilidad de incorporar factores intersectoriales en el modelo, por ejemplo, crear el nexo energía-economía-medio ambiente.

#### 4.5 Modelo de evaluación integrada (IAM)

El Modelo de Evaluación Integrada (IAM por sus siglas en inglés) ayuda a comprender cómo el desarrollo humano y las opciones sociales afectan el mundo natural, incluido el cambio climático. Los IAM son herramientas muy complejas (Ilustración 12) construidas sobre una larga lista de supuestos (cuadros azules alrededor del exterior).

Los IAM se basan en la mejor comprensión de los científicos sobre el funcionamiento de la economía mundial, junto con los sistemas globales de energía, uso de la tierra, agricultura y el sistema climático. En general, estos sectores son modelados utilizando "módulos" separados que están vinculados de alguna manera. Algunos IAM comenzaron a funcionar como modelos económicos, lo que significa, por ejemplo, que este módulo es la parte más grande y detallada del paquete general. Se podría considerar el comercio en una variedad de productos en múltiples sectores de la economía, como por ejemplo la industria del cemento, y entre muchas regiones del mundo (Carbon Brief. Clear on climate, 2018).

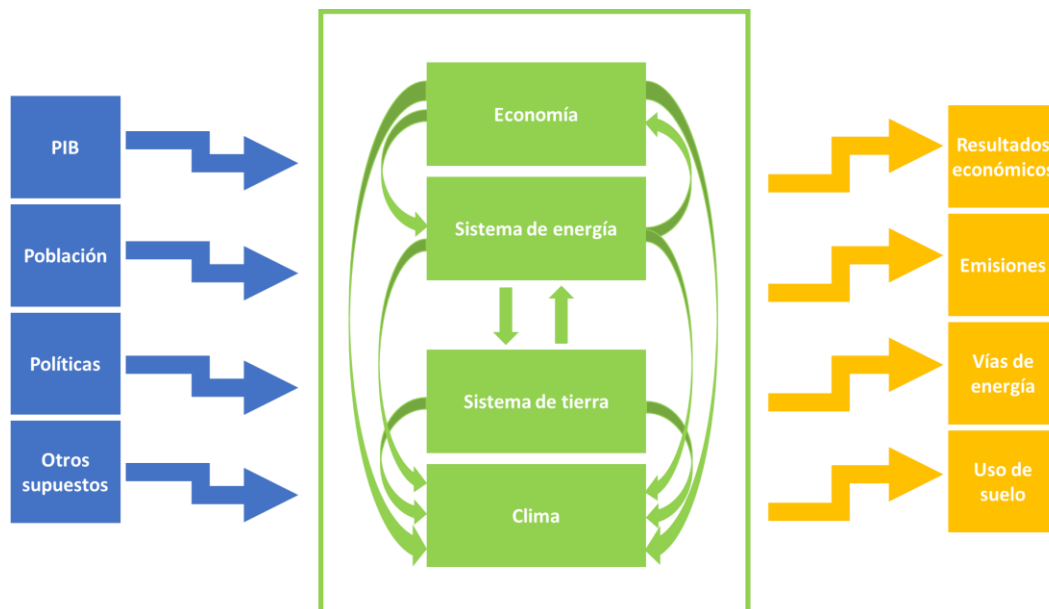
Otros IAM se desarrollaron a partir de modelos energéticos, combinando la oferta y la demanda de la energía en función de representaciones detalladas de diferentes combustibles y tecnologías. Sin embargo, otros se diseñaron desde el



principio para abordar los problemas ambientales, modelando el sistema de referencia terrestre a una escala de la red.

Esto significa que cada parte de un IAM tiende a simplificarse en comparación con un modelo dedicado, por ejemplo un modelo económico o el estado del arte de los modelo climático. Esta medida significa que se pueden unir a los módulos para explorar cómo interactúan, mientras se ejecutan en un tiempo razonable. Algunas partes de los IAM son, como los modelos climáticos, basadas en leyes de la física. Muchos otros se basan en la teoría económica o en los intentos de reproducir ("simular") datos históricos para una relación socioeconómica particular. Como se señaló anteriormente, puede haber muchas maneras diferentes de hacer esto.

### Ilustración 12. Como funcionan los Modelos de Evaluación Integrada (IAM)



Fuente: *How 'integrated assessment models' are used to study climate change.* (Carbon Brief. Clear on climate, 2018)

Cada una de las partes del modelo están más o menos separadas con los diferentes módulos, ya sean enlaces rígidos a través de su código de computadora, o enlaces blandos utilizando archivos de datos para intercambiar información. Esto significa que los resultados de un módulo se pueden pasar a otros dependiendo de la estructura del modelo. Por ejemplo, el aumento de la demanda de energía en el módulo de economía podría hacer que los precios del combustible aumenten en el módulo del sistema de energía. Esto podría ser devuelto a la economía y, a su vez, reducir la demanda.

De manera similar, un aumento en la demanda de alimentos puede aumentar la necesidad de uso de suelo en el módulo de agricultura, lo que llevaría a la deforestación, al aumento de los precios y al aumento de las emisiones GEI.

Los enlaces y comentarios dentro de los IAM significan que se pueden usar para estudiar tales consecuencias en cascada, incluidos los efectos secundarios

potencialmente inesperados, para recoger compensaciones y beneficios colaterales que de otro modo podrían pasarse por alto.

Un supuesto "crítico" se relaciona con la rapidez con que el modelo puede adaptar tecnologías bajas en carbono, según la profesora Valentina Bosetti, economista ambiental de la Universidad Bocconi de Milán y autora principal del quinto informe de evaluación del IPCC.

Algunos de los supuestos en los IAM serán fijos, mientras que otros pueden cambiar dentro del modelo. Por ejemplo, en algunos IAM, la energía eólica y solar se abaratan a medida que se generalizan. Esto se denomina por los creadores de modelos "cambio de tecnología inducido" y refleja el "aprender haciendo" que ha visto los costos de las energías renovables en los últimos años.

**"Trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP por sus siglas en inglés)":** un equipo internacional de científicos del clima, economistas y modeladores de sistemas de energía acordaron construir una serie de nuevos "caminos" que examinen cómo la sociedad global, la demografía y la economía podrían cambiar durante el próximo siglo, basados en supuestos compartidos elaborados por diferentes IAM.

Al ejecutar las SSP a través de múltiples IAM, los científicos pueden explorar las implicaciones de cada historia, en términos de cambios en la combinación global de energía, emisiones o uso del suelo.

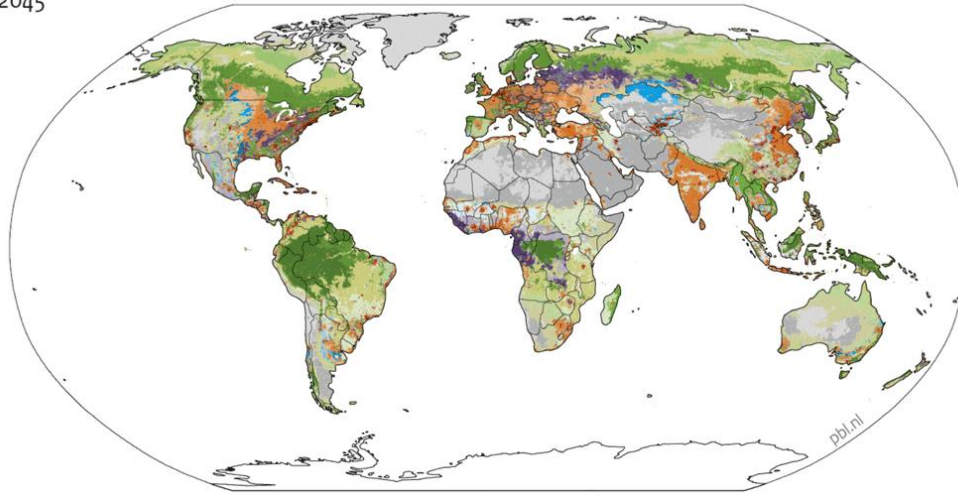
Así como el PIB y la población comparten caminos, las SSP describen historias coherentes sobre el futuro reflejadas en una larga lista de supuestos adicionales. Estos incluyen costos de tecnología (bajo, medio, alto), demanda energética, actitudes sociales, políticas climáticas existentes y disponibilidad de combustibles fósiles.

Seis grupos de desarrolladores han participado: IMAGE, un IAM prominente desarrollado por la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (PBL), (*Global Change Assessment Mode*) GCAM, AIM (*Asia-Pacific Integrated Model*), *Regional Model of Investments and Development* (REMIND) y el modelo *World Induced Technical Change Hybrid* (WITCH).

Todos estos IAM han utilizado el "Modelo de evaluación del cambio climático causado por los GEI (MAGICC, por sus siglas en inglés)". MAGICC traduce las emisiones en concentraciones atmosféricas, forzamiento radiativo y el cambio de temperatura promedio global. MAGICC permite a los IAM determinar fácilmente qué trayectorias de emisión se requieren para cumplir los objetivos de mitigación, como mantener el calentamiento "muy por debajo" de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales.

### Ilustración 13. Proyecciones de uso de suelo a nivel mundial en 2045.

2045



Fuente: *Distribution of land-use systems*. (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2018)

La Ilustración 13 muestra el uso de suelo en 2045 según el modelo IMAGE, un IAM destacado desarrollado por la PBL. Este mapa muestra diferentes tipos de uso de suelo, incluyendo tierras de cultivo (tonos naranjas), bosque (verde oscuro), pastizales (verde claro), mosaicos de selva, sabana y tierras de cultivo (púrpura), cultivo y pastizal (azul), urbano (rojo) y tierra no urbanizada (gris).

Otros ejemplos de IAM son: DNE21, GEM-E3, IMACLIM, MERGE, NEMESIS, TIAM-UCL (del TIMES), POLES, WordScan2.

#### Tipos de propósitos del uso de IAM

Responder el siguiente tipo de preguntas:

- ¿Qué pasaría si la población mundial alcanzara los ocho mil millones para el año 2100? ¿Qué tal unos 10 mil millones?
- ¿Qué pasaría si el crecimiento del PIB es rápido, versus lento?

El segundo tipo de pregunta se ejemplifica con los objetivos climáticos, tales como los límites de temperatura o los presupuestos fijos de carbono.

- ¿Cómo podemos llegar a las metas?

"La idea no es presentar pronósticos, es imposible saber el futuro. Tampoco es para proporcionar planes que les digan a los responsables de las políticas qué deben hacer, sino para respaldar las decisiones de políticas entre diferentes opciones", dice el profesor Detlef van Vuuren, investigador principal de la PBL y miembro de la junta directiva del Consorcio de Modelado de Evaluación Integrada (IAMC por sus siglas en inglés).

### **Algunas implicaciones de los IAM:**

Según los expertos, los IAM complejos solo analizan el costo de reducción, pero falta el otro lado de la ecuación: los daños y costos de adaptación evitados. Estos pueden ser engañoso y podrían ser utilizados por aquellos que quieren socavar la acción climática.

La otra limitación principal de los IAM es el paradigma de menor costo [donde los modelos intentan cumplir los objetivos de políticas al menor costo posible]. Por supuesto, la política no siempre tiene el menor costo, sino que por el contrario, a menudo se trata de lo que es más fácil de superar, en lugar del menor costo por tonelada de CO<sub>2</sub>.

Además de ignorar los daños climáticos, los IAM a menudo también ignoran los posibles beneficios colaterales de los esfuerzos para limitar el calentamiento global. Muchos de ellos son teóricamente capaces de modelar la contaminación del aire o los impactos en la salud utilizando, digamos, módulos adicionales a medida. Sin embargo, los beneficios económicos de abordar estos y otros problemas, rara vez se incluyen junto con los hallazgos de los IAM sobre los costos para reducir las emisiones.

La tendencia del lado de la oferta favorece los arreglos tecnológicos o los cambios en las fuentes de energía sobre los cambios en la forma en que se usa la energía. Una de las principales formas en que los IAM desarrollan escenarios para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones es cambiar la combinación energética futura de los combustibles fósiles y hacia más energías renovables, biocombustibles o combustibles fósiles con captura y almacenamiento de carbono (CCS).

Podría decirse que los IAM están sesgados hacia estas soluciones tecnológicas del "lado de la oferta" para reducir las emisiones, en comparación con los cambios en la forma en que se usa la energía en el "lado de la demanda". Los investigadores están comenzando a corregir este equilibrio.

## 5 Implicaciones en el uso de modelos para la planificación

Todos los países se enfrentan a desafíos únicos debido a las características distintivas de su contexto, arreglos institucionales, aspectos sociales, de la economía y el medio ambiente.

Dependiendo de las problemáticas particulares y el estado del proceso de formulación de políticas del país, ciertas metodologías y modelos pueden ser más útiles y oportunos que otros para informar la toma de decisiones. Se reconoce que independientemente del contexto particular de cada país, en su momento todos los países se beneficiarían de hacer uso de modelos y herramientas computacionales robustas para la planificación y formulación de políticas en los sectores de energía y transporte, incluyendo a los modelos MEG para fines presupuestarios o económicos, y modelos integrales para ejercicios de planificación de crecimiento verde a largo plazo.

Existe una tendencia de los países con más experiencia en modelación de América Latina y el Caribe hacia los modelos integrados para realizar análisis más exhaustivos y hacia modelos de dinámicas de sistemas para poder comprender las causas estructurales que provocan los comportamientos de los sistemas.

A pesar del gran auge y la gran utilidad que brindan los modelos y herramientas computacionales en la planeación energética y climática, para el modelado se consideran ciertos supuestos para las variables, por lo que el nivel de predictibilidad estará en función también de que estos se cumplan. Los actores involucrados en la planeación enfrentan el momento de interpretar y juzgar la relevancia y la validez de los resultados arrojados por dichas herramientas. Desafortunadamente, la mayoría de los actores y experiencias demuestran desinformación sobre las limitaciones de los modelos para que puedan ser considerados en la toma de decisiones. De modo contrario, son más bien vistos como una caja negra misteriosa que como una herramienta de soporte, por lo que es fácil malinterpretar y mal usar dicha información en justificación a políticas públicas sin comprender en su totalidad su funcionamiento e implicaciones.

Una breve, pero concisa, recopilación de las implicaciones más relevantes en el uso de modelos y herramientas computacionales para la planificación ante el cambio climático se describe a continuación con la finalidad de que comprender que dichas herramientas deben de ser elegidas e interpretadas con racionalidad más que como una técnica prodigiosa para conocer el futuro.

- **Restricciones técnicas de las tecnologías: crecimiento, inversión y, entrada/salida de operación.** Las tecnologías como medidas de mitigación tienen limitaciones técnicas y tecnológicas en su adopción. Cada tipo de modelo de trayectoria contiene mecanismos que impiden una solución técnicamente imposible (Ejemplo: solución tecnológica *bang-bang*, impide que el modelo pase en un año de 100% de electricidad a gas a 100% de renovables). Las restricciones técnicas de crecimiento son las más comunes y deben simular los cuellos de botella tecnológicos que ocurren por: (i) disponibilidad de personal capacitado, (ii) disponibilidad de la tecnología y su know-how (iii) capacidad de producción, transmisión, distribución (iv) otros requerimientos institucionales.

- Son los modelos *bottom-up* los que mejor pueden incluir una descripción explícita del capital y los años de vida útiles de las tecnologías, incluyendo el tiempo de construcción y entrada en operación; así como limitantes (exógenas) sobre la inversión en nuevas tecnologías y la restricción de abandonar viejo capital contaminante tan rápido. Este tipo de restricciones son importantes al analizar la entrada y salida de tecnologías de gran escala.
- En los modelos *top-down*, en cambio se incluye una evolución progresiva de precios y una descripción de la economía con elasticidades. Ya que en la mayoría de estos casos no se representa explícitamente tecnologías, más bien se cuenta con ecuaciones agregadas de los sistemas de consumo desde un punto de vista económico.
- **Supuestos y parámetros iniciales.** Las proyecciones son altamente susceptibles a las condiciones y parámetros iniciales; como a supuestos numéricos. Por lo que la calidad de los datos de entrada es de alta relevancia en el uso de estos modelos.
  - Por ejemplo, **los modelos sectoriales** e incluso sub-sectoriales del sector energético, tendrán como resultado final la demanda por energía útil de diferentes usos finales, para los diferentes escenarios analizados. Por lo tanto, las variables claves de simulación de los modelos sectoriales de energía son los rendimientos de los equipos de consumo (variables, dinámicas o estáticas) y los niveles de actividad económica o de actividad física, según sea el sector de consumo (comúnmente asociados a el historial de variables demográficas).
  - En el sector transporte, se asocia la demanda a variables socioeconómicas, una desagregación de estos datos por zonas y proyecciones de dichos datos son variables clave para una buena modelación.
- **Comportamiento humano.** Es difícil para los modelos capturar el comportamiento humano, dado que las personas son altamente diversas y toman decisiones en base a muchos factores, no siempre financieros o por estatus social. Esto es contrastante al momento de representar consumidores racionales en los modelos.
- **Otras restricciones.** Es importante resaltar que estas herramientas modelan mercados competitivos o perfectos, cabiendo a los planificadores energéticos incorporar las fallas de mercado (ejemplo: subsidios, externalidades, tributos e impuestos, entre otros) usando restricciones a cumplirse durante la optimización. Los modelos de simulación, a pesar de ser más simples y flexibles, este tipo de modelos puede generar soluciones inconsistentes de mercado.

Elegir y construir un modelo es prácticamente un arte de confesión donde se debe saber que efectos y restricciones cortar en la descripción del modelo y que dejar dentro como relevante; el criterio debe ser siempre el propósito y las capacidades que se tengan de hacer el sistema a definir suficientemente robusto. Además, en

la interpretación siempre debe considerarse, como se construyó el sistema y cuáles fueron los alcances y datos utilizados. Es así, que verdaderamente los modelos y herramientas computacionales pueden ser útiles a los actores nacionales en sus esfuerzos de planificación.

El uso de distintos modelos que utilizan distintas metodologías tienen una mejor capacidad de proveer de información útil y robusta para tomar decisiones más informadas en intervenciones de política pública. Pero requieren de mayores esfuerzos y tiempo para crearlos y personalizarlos, por lo que se recomiendan estudios multi-modelos para resolver grandes problemáticas debido al costo que involucra este tipo de análisis.

Otras alternativas ampliamente utilizadas en la Región LAC es el uso del modelo LEAP (*Long Range Energy Planning System*), el cual además de analizar las emisiones locales y regionales de contaminantes atmosféricos, incluyendo los CCVC, permite analizar los cobeneficios climáticos de la reducción de la contaminación del aire tales como los efectos en la salud o bien, para evaluar los impactos de la instrumentación de las medidas de eficiencia energética.

LEAP es una herramienta que permite crear modelos de diferentes sistemas de energía, ampliamente utilizado para el análisis de políticas energéticas y para la evaluación de medidas de mitigación de GEI en más de 190 países en todo el mundo, gracias a que permite realizar análisis complejos de energía, de forma flexible, transparente e intuitiva, tanto a escala de ciudades y estados como de naciones, regiones y a nivel global. Entre sus principales usuarios se encuentran agencias gubernamentales, académicos, organizaciones no gubernamentales, compañías de consultoría y servicios de energía.

Esta herramienta es un referente para los países que realizan planificación integrada de recursos, evaluaciones de mitigación de GEI y estrategias de desarrollo de bajas emisiones (LEDS), especialmente para los países en desarrollo. Al menos 32 países de todo el mundo utilizaron LEAP para crear escenarios de energía y emisiones que fueron la base de sus Contribuciones Previstas a Nivel Nacional sobre Cambio Climático (iNDC).

### *La relevancia del propósito*

Es importante comprender que la propia idea de planeación climática abarca la perspectiva a largo plazo y la toma de decisiones en el corto plazo. Así, en consonancia con la planeación energética y de transporte ante el cambio climático, los modelos energéticos, de transporte y económicos pueden servir para distintos propósitos y los distintos tipos de modelos son un apoyo que pueden responder preguntas específicas dentro del proceso específico de formulación de políticas públicas y la inclusión de tecnologías, pero pocas veces arrojan soluciones definitivas. Conocer y delimitar el propósito del uso de modelos facilita la correcta elección, uso e interpretación de dichas alternativas. En la Tabla 33 se enuncian de manera ejemplificativa los propósitos más relevantes a solucionar como las características y restricciones más comunes para los sectores relevantes a este estudio. Este propósito debe estar alineado al *Paso 4. Definición de objetivos estratégicos, líneas de acción y metas* de la *Etapa 1. Situación de Partida* de la Guía para la planeación ante el cambio climático y TER, con el fin de dar alternativas para el *Paso 3. Identificación del problema y las posibles medidas de mitigación para su solución*.

Tabla 33. Propósito de aplicación de modelos analíticos computacionales por tipo

Tipo	Objetivo Estructura Matemática	Propósito de aplicación para la planeación ante el CC y la inclusión de TERs	Ejemplos de modelos y casos prácticos	
Modelos de optimización (prescriptivos)	Seleccionar el mejor elemento (con respecto a un criterio) en un conjunto de elementos disponibles.	Determinar el portafolio de medidas de mitigación para el sector energía (sistema energético), al menor costo.	MARKAL-TIMES & TIAM-ECN, MESSAGE (supply energy), entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuba: Un perfil de país sobre el desarrollo de energía sostenible (IAEA, 2008)</li> <li>• <i>Design of a European sustainable hydrogen model</i> (ECN, 2011).</li> </ul>
		Determinar y evaluar medidas para la diversificación y expansión de la matriz eléctrica, minimizando el costo económico y el riesgo energético.	SUPER-OLADE, OPTGEN, SDDP, NETPLAN, HOMER, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de Expansión Indicativo del Sistema de Generación 2008-2022 -Guatemala (CNE, 2009).</li> <li>• Potencial de Aprovechamiento de Paneles FV en los Sistemas Aislado de la Amazonia, Brasil, Bolivia, Colombia y Perú) (Chávez, 2013).</li> </ul>
Modelos de Simulación (descriptivos)	Bottom up, tecno-económicos: Imitar el sistema real para que su comportamiento pueda ser estudiado numéricamente en una determinada situación	Crear proyecciones de los distintos sistemas de energía, con una descripción explícita de las tecnologías. Evaluar y analizar, ambiental y económicamente, medidas específicas de mitigación de GEI y transición de tecnología energética.	LEAP, RETScreen, POLES, MAED, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “The Creation of Renewable Energy Scenario for 2007-2025”, Bolivia, Brazil and Chile” (REGSA, 2017).</li> <li>• Biogás: Una alternativa para la expansión de generación eléctrica en el Ecuador (Octaviano, 2015).</li> </ul>



Tipo	Objetivo Estructura Matemática	Propósito de aplicación para la planeación ante el CC y la inclusión de TERs	Ejemplos de modelos y casos prácticos	
	<p><i>Top-down:</i></p> <p>Imitar el sistema real basado en fundamentos teóricos de las ciencias económicas, para que su comportamiento pueda ser estudiado</p>	<p>Crear proyecciones de los distintos sistemas de energía, incluyendo una evolución de los precios de los energéticos y una descripción de la economía con elasticidades.</p> <p>Evaluar y analizar el impacto económico y ambiental de políticas energéticas, incluyendo impuestos sobre el carbono, comercio de carbono, regulaciones.</p> <p>Crear proyecciones globales del desarrollo económico y de emisiones GEI, integrando el impacto de las medidas de mitigación de emisiones propuestas.</p>	GCAM, EPPA, PHOENIX, GEM-E3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Emission reduction scenarios in the Argentinean Energy Sector” (Di Sbroiavacca, 2016).</li> <li>• “Climate Change Policy in Brazil and Mexico: results from the MIT EPPA Model (Octaviano, 2015).</li> </ul>
			IMAGE, MEG4C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de los Impactos Económicos del Cambio Climático para Colombia utilizando un MEG4C (DNP, 2014).</li> <li>• “Pathways to Mexico’s climate change mitigation targets: A multi-model analysis” (Octaviano, 2015).</li> </ul>
Modelos y herramientas contables	Soluciones contables. Pueden fungir como datos de entrada o condicionales de otros modelos.	<p>Realizar un Balance de Energía.</p> <p>Indicar el potencial de reducción de emisiones y los costos marginales asociados a las medidas específicas de mitigación.</p>	Reference Energy System (RES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Marginal abatement cost curves and the quality of emission reductions: a case study on Brazil” (Vogt Schiln, Hallegatte, &amp; de Gouvello, 2014).</li> </ul>

Tipo	Objetivo Estructura Matemática	Propósito de aplicación para la planeación ante el CC y la inclusión de TERs	Ejemplos de modelos y casos prácticos	
Modelos híbridos	Encontrar equilibrio entre producción y consumo de bienes y servicios.	Vincular de manera iterativa modelos económico-energéticos o sectoriales a modelos macroeconómicos para conocer el impacto de medidas de mitigación en cada sector productivo.	IGEM, IMACLIM, MARKAL-MACRO y otras adecuaciones particulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo híbrido de equilibrio general estático y dinámico computable (MEG), MAPS Chile (MAPS CHILE, 2013).</li> <li>• Planificación ante el Cambio Climático PlanCC Perú (Apoyo Consultoría, 2014).</li> <li>• Implicaciones Económicas y Sociales. Escenarios de Mitigaciones, IES Brasil, (Message, BLUM, LEAP, y MEG) (Wills, y otros, 2014).</li> <li>• Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, (Markal, LEAP, MEG) (Barbará, 2014).</li> <li>• Hacia una economía verde en Uruguay, Condiciones Favorables y Oportunidades, IGEM, (PNUMA, 2014).</li> <li>• “The Impact of a Carbon Tax on the Chilean Electricity Generation Sector” (GEM-E3 y PRIMES) (Benavides, Gonzalez, Diaz, &amp; Fuentes, 2015).</li> </ul>

## 6 Caracterización y modelos disponibles

En las últimas décadas, los modelos computacionales han proliferado cada vez más debates de planeación, que involucran tanto sus resultados, así como la interpretación de estos para la toma de decisiones- en los tres sistemas: privado, público y académico. La habilidad de entender y evaluar modelos se ha convertido en un requisito para la planeación en política pública, legislación, cabildeo y en general para los ciudadanos involucrados (Sterman, 1991).

El propósito de esta sección es caracterizar los modelos, metodologías y herramientas existentes para la planeación y formulación de la transformación de la economía tradicional a una baja en carbono con base en un avance en la inclusión de TERs.

Los métodos utilizados para hacer análisis de escenarios futuros de la economía siguen enfoques conocidos como *top-down*, *bottom-up* o la combinación de ambos (modelos híbridos); su propósito es describir las diferentes trayectorias con base en escenarios demográficos, económicos y tecnológicos, lo que permite estimar el potencial de mitigación de cada economía en un corto, mediano y largo plazo, o a partir de esa información conocer otros efectos en la economía, el desarrollo y la salud (W. Wills, 2014).

El costo del potencial de mitigación es estimado con base a la descripción matemática de las interacciones económicas de las actividades productivas de cada país que emiten GEI. Estos análisis pueden realizarse con base en la evaluación de las opciones de mitigación, enfatizar en tecnologías o regulaciones específicas; y son comúnmente llamados modelos tecno-económicos o *bottom-up*.

Alternativamente, información económica agregada de las opciones de mitigación puede ser utilizada identificando los impactos marco-económicos y de mercado; a este enfoque se le llama modelo *top-down* y evalúa el potencial de mitigación de la economía o de algún sector en su totalidad. Mientras que ventajas y desventajas pueden ser identificados en el enfoque de cada modelo, recientes estudios muestran que la integración de los dos componentes en un modelo híbrido o la realización de un análisis multi-modelos provee de resultados más consistentes para una toma de decisión en política pública robusta, ya que puede realizarse, por ejemplo, un análisis integrando los distintos enfoques: sectorial y de economía global (CDKN, 2014) o comparando las soluciones tecnológicas desde una visión de inversión en mitigación (abatimiento) en el corto o largo plazo (Vogt-Schilb, Meunier, & Hallegatte, 2018).

La Tabla 34 hace una síntesis de las clasificaciones generales de los modelos y la definición de algunas particularidades de su estructura matemática / lógica. La caracterización de los tipos modelos se detalla a mayor profundidad más adelante en este apartado.

Tabla 34. Características de los modelos por tipo y objetivo de su estructura matemática.

Tipo	Clasificación	Objetivo	Estructura	Método de solución	Limitaciones
Modelos de optimización (prescriptivos)	Bottom-Up	Seleccionar el mejor elemento (con respecto a un criterio) en un conjunto de elementos disponibles.	a) Función objetivo; b) variables de decisión; c) restricciones.	a) Algoritmos lineales; b) algoritmos combinatorios; c) métodos iterativos para soluciones no lineales; d) métodos de convergencia global; e) heurísticas.	a) La función del objetivo incorpora preferencias; b) la linealidad aplicada en muchos modelos no es realista; c) la linealidad tiene múltiples efectos de retroalimentación que usualmente no se incorporan.
Modelos de simulación técnicos económicos	Bottom-Up	Imitar el sistema real para que su comportamiento pueda ser estudiado numéricamente en una determinada situación.	a) Representación del mundo físico relevante al problema; b) establecer una(s) regla(s) de comportamiento de los agentes económicos.	a) Estocásticos; b) sistemas dinámicos; c) simulación discreta; d) simulación de rol de juegos.	a) Validez de las reglas de decisión; b) usualmente no incorpora variables cualitativas; c) los límites del modelo (variables endógenas y exógenas).
Modelos de simulación de equilibrio parcial y general	Top-Down	Imitar el sistema real para que su comportamiento pueda ser estudiado numéricamente en una determinada situación.	a) Representación del mundo físico relevante al problema; b) establecer una(s) regla(s) de comportamiento de los agentes económicos.	a) Estocásticos; b) sistemas dinámicos; c) simulación discreta; d) simulación de rol de juegos.	a) Validez de las reglas de decisión; b) usualmente no incorpora variables cualitativas; c) los límites del modelo (variables endógenas y exógenas).

Tipo	Clasificación	Objetivo	Estructura	Método de solución	Limitaciones
Modelos econométricos	Bottom-Up Accounting models	Imitar el sistema real basado en fundamentos teóricos de las ciencias económicas, para que su comportamiento pueda ser estudiado.	a) Especificación; b) estimación; c) pronóstico.	a) Modelos uniecuacionales; b) modelos multiecuacionales; c) modelos lineales; d) modelos no lineales; e) modelos estáticos; f) modelos dinámicos.	a) Validez de los supuestos económicos; b) limitaciones estadísticas; c) no refleja causalidades, solo correlaciones
Modelos contables	Bottom-Up Accounting models	Responder a preguntas del tipo que pasa si?	a) Balance energético; b) Reference Energy System (RES)	a) Soluciones contables; b) métodos de simulación; c) soluciones satelitales.	a) Son intensivos en datos; b) los supuestos pueden ser internamente inconsistentes.
Modelos híbridos	Top-Down / Bottom-Up	Encontrar equilibrio entre producción y consumo de bienes y servicios.	a) Modelos calibrados; b) otras técnicas.	a) Utilizan diversos métodos de solución.	La consistencia entre la estructura macroeconómica y técnico-económico responde a las variaciones entre precio y cantidad.

Fuente: Promoviendo la generación de electricidad (REGSA, 2011)

### *Modelos Bottom-up (o técnico-económico)*

Estos modelos son típicamente estudios sectoriales e incluso sub-sectoriales que dan la macroeconomía por hecho, y no evalúan los efectos intersectoriales. No obstante, análisis sectoriales del tipo *bottom-up*, al ser asociados, no necesariamente garantizan consistencia global, aunque esto no significa que uno sea mejor que otro, sino que toman en cuenta distintos criterios, por lo que su uso dependerá si se pretende hacer un análisis sub sectorial.

Con base en estos modelos, se pueden identificar limitantes de las tecnologías y sus mercados permitiendo una evaluación del potencial de mitigación de una economía. Estos modelos pueden asimismo clasificarse, dependiendo como los datos son procesados, en: (1) modelos de optimización, (2) modelos de simulación y (3) modelos contables

- (1) *Los modelos de optimización* identifican las soluciones de menor costo para un rango de medidas potenciales de mitigación en relación con metas escogidas y sujeto a ciertas restricciones; como disponibilidad de la tecnología, equidad entre la oferta y la demanda, restricciones de inversión o producción máxima, entre otras. Técnicas de programación matemáticas son normalmente utilizadas para este tipo de soluciones. Una solución de costo mínimo también incluye un costo marginal de abatimiento por lo que otorga una solución dual. Es importante resaltar que estas herramientas modelan mercados competitivos o perfectos, cabiendo a los planificadores energéticos incorporar las fallas de mercado (subsidios, externalidades, tributos e impuestos, entre otros) usando restricciones, a cumplirse durante la optimización.
- (2) *Los modelos de simulación*, a su vez, determinan el comportamiento de los consumidores y productores con relación a una serie de bienes económicos con base en variables de precio, ingresos y progreso tecnológico. Como usualmente se determina el equilibrio del mercado por un método iterativo, estos modelos no son limitados por el comportamiento óptimo de los agentes. Las relaciones entre los agentes económicos pueden ser difícil y controversial de parametrizar. Las proyecciones son además altamente susceptibles a las condiciones y parámetros iniciales.
- (3) Finalmente, *los modelos contables* también conocidos como modelos paramétricos son los más simples de ser modelados ya que solo utilizan montos de flujo de bienes y servicios especificados en la descripción de la economía en cuestión. Las proyecciones son típicamente basadas en especificaciones determinadas por el usuario y la función principal de los modelos es manejar datos y resultados, lo que los hace muy útiles para soluciones de tipo “*what-if*” (“¿qué pasaría si?”). A pesar de ser más simple y flexible, este tipo de modelos puede generar soluciones inconsistentes

### *Modelos Top-down*

Como se mencionó anteriormente, estos modelos utilizan datos agregados de la economía en su totalidad, o por sector, o para ciertas relaciones económicas. Estos modelos pueden ser a su vez clasificados como (1) modelos de equilibrio parcial o (2) modelos de equilibrio general.

- (1) Los *modelos de equilibrio parcial* están basados en funciones de oferta y demanda, que se componen típicamente de regresiones econométricas, que permiten obtener una solución de equilibrio del mercado en un sector particular. Dichos modelos son fáciles de construir, pero normalmente se basan fuertemente en información del pasado, que probablemente no represente también el futuro. Su uso es por lo tanto algo limitado. En estos modelos se asocia apenas al sector energético e incluso únicamente a segmentos de este sector (modelos sub-sectoriales). Los modelos sectoriales tendrán como resultado final la demanda por energía útil de diferentes usos finales, para los diferentes escenarios analizados. Por lo tanto, las variables claves de simulación de los modelos sectoriales son los rendimientos de los equipos de consumo y los niveles de actividad económica o de actividad física, según sea el sector de consumo.
- (2) Por otro parte, *los modelos de equilibrio general* son utilizados para estudiar una clase completa y homogénea de consumidores y no necesariamente toma en cuenta su estructura tecnológica. El sector energético es modelado simultáneamente con otros sectores económicos. Estos modelos generan una serie consistente de valores por niveles de actividad económica y precios de capital, capital humano y materias primas. Estas características permiten realizar un análisis costo/beneficio de una serie de medidas de mitigación por medio de datos agregados de la economía, lo que permite también evaluar la implementación de políticas macroeconómicas. Adicionalmente, permiten verificar efectos intersectoriales de algunas medidas de manera aislada. Los modelos *top-down*, no obstante, muestran limitaciones cuando se requiere una evaluación detallada.

Tabla 35. Diferencia entre los enfoques puros *top-down* vs *bottom-up*

Top-down (TD)	Botton-up (BU)
Utiliza datos agregados.	Utiliza datos detallados de las tecnologías.
Es posible la evaluación costo/beneficio de la planificación a través de los impactos en la producción, los ingresos y en el PIB.	Es posible evaluar el costo/beneficio de la planificación a partir de los impactos de desarrollo y aplicación de tecnologías.
Asume que los mercados son eficientes.	No parte de la hipótesis de eficiencia del mercado.
Permite la evaluación de los efectos intersectoriales.	No permite la evaluación de efectos intersectoriales.
Adecuado para la evaluación de políticas fiscales y monetarias.	Adecuados para la evaluación de políticas de gerenciamiento por el lado de la demanda (GDL).
No permite evaluación detallada de impactos ambientales.	Adecuado para la evaluación de políticas ambientales sectoriales.

Fuente: (OLADE, 2017)

Como se puede observar, es posible encontrar varias ventajas y limitaciones de cualquiera de los enfoques metodológicos (*top-down* y *bottom-up*), es entonces posible conciliar la consideración de detalles importantes de los modelos *top-down*, como la determinación endógena de las variables macroeconómicas, e incorporar las interacciones técnico-económicas de los modelos, como energía, uso de suelo y modelos climáticos, en una estructura económica más consistentes.

Además, los rendimientos del consumo de energía final no están desvinculados del tipo de energía final consumida. Son los modelos integrados que seleccionan las fuentes energéticas consumidas para la atención de la demanda por energía útil, a través de una minimización del costo total (considerando los precios relativos de las fuentes energéticas). Dichos modelos, a su vez, dependen de los resultados de los modelos sectoriales, que se derivan del supuesto rendimiento energético (dependientes de las fuentes energéticas). Esto genera un ciclo entre los modelos, por ejemplo, interacción entre modelos de demanda y oferta o modelos híbridos.

De hecho, muchos modelos no aplican, exclusivamente, técnicas de optimización o simulación. Por ejemplo, modelos híbridos asumen a variables macroeconómicas exógenas como endógenas, e incorporan las alteraciones económicas y energéticas en una estructura consistente.

Actualmente, se hacen esfuerzos simulando diversos escenarios energéticos, para compatibilizar modelos *top-down* con modelos *bottom-up*, y viceversa, buscando: i) verificar la consistencia del análisis *bottom-up*, y, ii) agregar al análisis *top-down* la posibilidad de evaluación de políticas energéticas sectoriales, por ejemplo, adicionando detalles del sector energético, a lo cual nos referimos como Modelación Híbrida (OLADE, 2017).

### *Modelos híbridos*

Estos modelos hacen un tipo de proyecciones simultaneas de la matriz de entradas y salidas (principal entrada de datos de los modelos de equilibrio general) y de los modelos técnico-económicos. Comunicación entre las partes *top-down* y *bottom-up* ocurre típicamente por medio de un proceso iterativo en términos de variables de precio y cantidades. De esta forma el equilibrio entre producción y consumo de bienes y servicios a lo largo de la economía puede ser obtenida, a diferencia de los modelos *bottom-up*.

Ejemplo de estos modelos son el IMACLIM y el MESSAGE-MACRO, que resuelven una proyección simultánea de la matriz insumo-producto y del balance energético. Existen hipótesis sobre el progreso técnico, sobre todo en lo que se refiere a los insumos energéticos y al factor de producción y trabajo. Las variaciones de cantidades, engendradas por el progreso técnico, afectan los precios relativos. La comunicación entre la parte macroeconómica y la técnico-económica del modelo es hecha de forma iterativa en función de las variaciones de precios y cantidades.

En suma, se tienen ocho características distintivas del tipo de herramientas fueron definidas, las cuales pueden ser usadas exclusivamente o colectivamente para caracterizar un modelo energético (ver Tabla 36). Se han desarrollado un número



considerable de herramientas para la planificación energética de diferentes regiones del planeta, incluyendo a regiones y países latinoamericanos. En la Tabla 36 se muestran las herramientas o modelos energéticos disponibles, tipificados en función de sus características y algunos otros aspectos relevantes como alcance geográfico, origen (organización que lo desarrolló) y disponibilidad.

Usualmente, en el contexto internacional de modelado energético de largo plazo, se tiende a trabajar con modelos del tipo *bottom-up* basados en técnicas de optimización, buscando el mínimo costo sectorial (para una única cadena energética o subsector, por ejemplo, electricidad, refinación de petróleo, entre otros), o el mínimo costo de todo el sistema energético (en este caso, se optimiza simultáneamente todas las cadenas energéticas). También es usual acoplar estas herramientas *bottom-up* a herramientas *top-down*, con el objetivo de garantizar la consistencia macroeconómica y también de obtener los escenarios macroeconómicos necesarios para la simulación de escenarios energéticos.

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) desde sus esfuerzos enfocados a fortalecer la planificación energética a través de la implementación de acciones, así como el desarrollo de herramientas que apoyen a la gestión y administración de la información energética, a la prospectiva, política energética y la transferencia de conocimientos entre los países de América Latina y El Caribe, con apoyo del Gobierno de Canadá en el marco del proyecto: “Energía Sostenible para América Latina”- subproyecto “Desarrollo de Capacidades en Planificación Energética”, elaboró una investigación sobre los modelos existentes de planeación energética, mismos que se describen en la Tabla 36. A partir de esta investigación, se ha identificado la experiencia de los países de la región LAC en modelos de planeación energética, así como de mitigación y adaptación ante el cambio climático en general y se ha complementado la lista de modelos, en la Tabla 37, para efectos del presente proyecto.

Tabla 36. Modelos de planeación energética disponibles

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
1	AEOLIUS	-	SI	SI	-	-	-	-	Nacional/ estatal/ regional	Institute for Industrial Production, Universität Karlsruhe ( <a href="http://www.iip.kit.edu">www.iip.kit.edu</a> )	Comercial	1-20	1 año
2	AIMSUN	-	SI	SI	SI	SI	-	-	Estatal/ Regional	SIEMENS ( <a href="http://www.aimsun.com/">www.aimsun.com/</a> )	Comercial	No se especifica	No se especifica
3	BALMOREL	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Internacional	Project Driven with a user's network and forum around it ( <a href="http://www.balmorel.com/">www.balmorel.com/</a> )	Descarga gratuita	No se especifica	Max 50 años
4	BCHP	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	Oak Ridge National Laboratory ( <a href="http://www.ornl.gov/">www.ornl.gov/</a> )	Descarga gratuita	> 2,000	1 año
5	COMPOSE	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	Aalborg University ( <a href="http://www.socialtext.net/energyinteractivenet/index.cgi?compose">www.socialtext.net/energyinteractivenet/index.cgi?compose</a> )	Descarga gratuita	1-20	Sin límite
6	DDPP	-	SI	SI	-	SI	SI	-	Nacional/ estatal/ regional	Deep Decarbonization Pathways Project ( <a href="http://deepdecarbonization.org">deepdecarbonization.org</a> )	Descarga gratuita	No se especifica	2050

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
7	DECOMP		SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	CEPEL ( <a href="http://www.cepel.br">www.cepel.br</a> )	Sólo para uso interno	1-20	1 año
8	DigSilent	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	DigSILENT ( <a href="http://www.digsilent.de">www.digsilent.de</a> )	Comercial	No se especifica	Sin límite
9	E4cast	-	SI	-	SI	SI	-	General	Nacional/ estatal/ regional	Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics ( <a href="http://www.e4cast.it">www.e4cast.it</a> )	Comercial	No se especifica	Max 50 años
10	EEPPS	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional	Battelle Memorial Institute ( <a href="http://www.battelle.org/">www.battelle.org/</a> )	Descarga gratuita	No se especifica	1 año
11	EMCAS	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional/ estatal/ regional	Argonne National Laboratory ( <a href="http://ceesa.es.anl.gov/projects/emcas.html">ceesa.es.anl.gov/projects/emcas.html</a> )	Comercial	20-50	Sin límite
12	EMINENT	-	SI	-	-	SI	-	-	Nacional/ estatal/ regional	Instituto Superior Técnico, Technical University of Lisbon ( <a href="http://tecnico.ulisboa.pt">tecnico.ulisboa.pt</a> )	Por determinar	1-20	1 año
13	EMPS	SI	-	-	SI	-	SI	Parcial	Internacional	Stiftelsen for Industriell og Teknisk Forskning	Comercial	20-50	25 años

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
										(SINTEF) ( <a href="http://www.sintef.no/">www.sintef.no/</a> )			
14	Energy PLAN	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Aalborg University ( <a href="http://www.energyplan.eu/">www.energyplan.eu/</a> )	Descarga gratuita	100-1000	1 año
15	energyPRO	-	-	SI	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	Energi-OgMijødata (EMD) International A/S ( <a href="http://www.emd.dk/">www.emd.dk/</a> )	Comercial	> 1,000	Max 40 años
16	ENPEP	SI	-	SI	-	-	SI	General	Nacional/ estatal/ regional	Argonne National Laboratory ( <a href="http://ceesa.es.anl.gov/projects/Enpepwin.html">ceesa.es.anl.gov/projects/Enpepwin.html</a> )	Descarga gratuita	20-50	75 años
17	ENVISAGE	SI	-	SI	-	-	SI	General	Global	World Bank ( <a href="http://www.siteresources.worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources">www.siteresources.worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources</a> )	Sólo para uso interno	1-20	Sin límite
18	EPPA	SI	-	SI	-	-	SI	General	Global	Massachusetts Institute of Technology ( <a href="http://www.globalchange.mit.edu/research/IGSM/eppadlform">www.globalchange.mit.edu/research/IGSM/eppadlform</a> )	Gratis para fines educativos	100-1000	Hasta 2100

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
19	ESTRAUS	SI	-	SI	SI	-	SI	General	Nacional/ estatal/ regional	Gobierno de Chile <a href="http://www.sectra.gob.cl/metodologias/estrous.htm">http://www.sectra.gob.cl/metodologias/estrous.htm</a>	Sólo para uso interno	No se especifica	No se especifica
20	EVOC	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Nacional	ECOFYS ( <a href="http://www.ecofys.com/">www.ecofys.com/</a> )	No se especifica	No se especifica	No se especifica
21	FINPLAN	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Solo proyecto	International Atomic Energy Agency ( <a href="http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:18006470">inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:18006470</a> )	Comercial/ Gratis para miembros IAEA	1-20	Sin límite
22	GCAM	SI	-	SI	-	-	SI	General	Global	Joint Global Change Research Institute ( <a href="http://www.globalchange.umd.edu/models/gcam/download/">www.globalchange.umd.edu/models/gcam/download/</a> )	Descarga gratuita	100-1000	50+ años
23	GEMME	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional	No se especifica	No se especifica	No se especifica	Sin límite
24	GOAL	SI	-	SI	SI	SI	-	General	Nacional	Goal Systems ( <a href="http://www.goalsystems.com/goalbus/">http://www.goalsystems.com/goalbus/</a> )	Comercial	No se especifica	No se especifica

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
25	GTMMax	-	-	SI	SI	-	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Argonne National Laboratory ( <a href="http://ceeesa.es.anl.gov/projects/Gtmax.html">ceeesa.es.anl.gov/projects/Gtmax.html</a> )	Comercial	20-50	Sin límite
26	H2RES	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Isla	Instituto Superior Técnico and the University of Zagreb ( <a href="http://www.powerlab.fsb.hr/h2res/">www.powerlab.fsb.hr/h2res/</a> )	Sólo para uso interno	No se especifica	Sin límite
27	HOMER	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	National Renewable Energy Laboratory and HOMER Energy LLC ( <a href="http://www.homerenergy.com">www.homerenergy.com</a> )	Descarga gratuita	> 28,000	1 año
28	HYDROGENS	-	-	-	-	-	-	-	Solo proyecto	Institutt for energiteknikk ( <a href="http://ife.no">ife.no</a> )	Comercial/Libre para usuarios TRNSYS	No se especifica	1 año
29	IKARUS	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Research Centre Jülich, Institute of Energy Research ( <a href="http://www.fz-juelich.de/ief/ief-ste">www.fz-juelich.de/ief/ief-ste</a> )	Comercial	1-20	Max 50 años

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
30	IMACLIM	SI	SI	SI	-	-	SI	General	Nacional/ estatal/ regional	CIREC ( <a href="http://www2.centre-cired.fr/IMACLIM">http://www2.centre-cired.fr/IMACLIM</a> )	Comercial	20-50	Sin límite
31	INFORSE	-	-	-	-	-	-	-	Nacional/ estatal/ regional	The International Network for Sustainable Energy ( <a href="http://www.inforse.org/europe/Vision2050.htm">www.inforse.org/europe/Vision2050.htm</a> )	Gratis para organizaciones no gubernamentales	1-20	50+ años
32	Invert	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Energy Economics Group, Vienna University of Technology ( <a href="http://www.invert.at/">www.invert.at/</a> )	Descarga gratuita	100-1000	Max 50 años
33	LEAP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Stockholm Environment Institute ( <a href="http://www.energycommunity.org/">www.energycommunity.org/</a> )	Comercial	> 5,000	Sin límite
34	M-REF	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional	No se especifica	No se especifica	No se especifica	Sin límite
35	MAED	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional/ estatal/ regional	International Atomic Energy Agency ( <a href="http://www.iaea.org/publications/7430/model-for-analysis-of-energy-demand-maed-2">www.iaea.org/publications/7430/model-for-analysis-of-energy-demand-maed-2</a> )	Descarga gratuita	100-1000	25 años

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
36	MARKAL-TIMES	-	SI	-	SI	SI	SI	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Energy Technology Systems Analysis Program, IEA ( <a href="http://www.etsap.org/">www.etsap.org/</a> )	Comercial	100-1000	Max 50 años
37	MEDEE-2	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional/ estatal/ regional	International Atomic Energy Agency ( <a href="http://www-pub.iaea.org/">www-pub.iaea.org/</a> )	Descarga gratuita	100-1000	Max 60 años
38	MEG4C	SI	SI	SI	SI	-	SI	General	Nacional	No se especifica. Basado en el modelo GREEN desarrollado por la OCDE	Libre/ Simuladores debe adquirirse	No se especifica	Sin límite
39	Mesap	-	SI	-	-	SI	-	-	Nacional/ estatal/ regional	Seven2one ( <a href="http://www.energyplan.eu/others/tools/national/mesap-planet/">www.energyplan.eu/others/tools/national/mesap-planet/</a> )	Comercial	1-20	Sin límite
40	MESSAGE	-	SI	SI	SI	SI	SI	Parcial	Global/nacional/ regional	International Institute for Applied Systems Analysis ( <a href="http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/modelsData/MESSAGE/MESSAGE.en.html">www.iiasa.ac.at/web/home/research/modelsData/MESSAGE/MESSAGE.en.html</a> )	Libre/ Simuladores deben adquirirse	100-1000	50+ años
41	MiniCAM	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Global y regional	Pacific Northwest National Laboratory ( <a href="https://www.pnnl.gov/m">https://www.pnnl.gov/m</a> )	Gratis para descargar	No se especifica	50+ años



No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
										<a href="http://www.iaea.org/publications/external/technical_reports/PNNL-14337.pdf">ain/publications/external/technical_reports/PNNL-14337.pdf</a> )	una vez contactado		
42	MODEC	SI	-	-	SI	SI	-	Parcial	Regional	Gobierno de Chile <a href="http://www.sectra.gob.cl/metodologias/modec.htm">http://www.sectra.gob.cl/metodologias/modec.htm</a>	Sólo para uso interno	No se especifica	No se especifica
43	MODEM	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Regional	Gobierno de Chile <a href="http://www.sectra.gob.cl/metodologias/modem.htm">http://www.sectra.gob.cl/metodologias/modem.htm</a>	Sólo para uso interno	No se especifica	No se especifica
44	MoMo	-	SI	SI	-	SI	-	-	Nacional	IEA ( <a href="http://www.iea.org">www.iea.org</a> )	Comercial	20-50	50+ años
45	MOPERD	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	SynexConsulting ( <a href="http://www.synex.cl/">www.synex.cl/</a> )	Comercial	1-20	Sin límite
46	NCP	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	PSR ( <a href="http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_opera/ncp/">www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_opera/ncp/</a> )	Comercial	1-20	1 año

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
47	NEMS	-	-	-	-	SI	-	General	Nacional/estatal/ regional	Office of Integrated Analysis and Forecasting, Energy Information Administration ( <a href="http://www.eia.gov/analysis/pdfs/pages/0581(2009)index.php">www.eia.gov/analysis/pdfs/pages/0581(2009)index.php</a> )	Libre/Simuladores deben adquirirse	1-20	Max 50 años
48	NEPLAN	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional	BCP ( <a href="http://www.neplan.ch">www.neplan.ch</a> )	Comercial	No se especifica	Sin límite
49	NEREUS	SI	SI	-	SI	-	-	General	Nacional	FIPE-USP ( <a href="http://www.usp.br/nereus/?fontes=dados-matrizes">www.usp.br/nereus/?fontes=dados-matrizes</a> )	Sólo para uso interno	1-20	Sin límite
50	NETPLAN	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	PSR ( <a href="http://www.psr-inc.com/wp-content/uploads/software/netplanfoldereng.pdf">www.psr-inc.com/wp-content/uploads/software/netplanfoldereng.pdf</a> )	Comercial	20-50	Sin límite
51	NEWAVE	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	CEPEL ( <a href="http://www.cepel.br/en-us/products/computer-programs-by-category/menu/newave-long-and-medium-term-operation-planning-model-">http://www.cepel.br/en-us/products/computer-programs-by-category/menu/newave-long-and-medium-term-operation-planning-model-</a>	Sólo para uso interno	1-20	1 año

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
										<a href="http://www.cose.fee.unicamp.br/cose/it511/newwave-decomp-dessem/Newwave_comentado.pdf">for-interconnected-hydrothermal-systems-3.htmhttp://www.cose.fee.unicamp.br/cose/it511/newwave-decomp-dessem/Newwave_comentado.pdf</a> )			
52	OPTGEN	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	PSR ( <a href="http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_plan/optgen/">www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_plan/optgen/</a> )	Comercial	20-50	Sin límite
53	ORCED	-	SI	SI	SI	SI	-	General	Nacional/ estatal/ regional	Oak Ridge National Laboratory ( <a href="http://info.ornl.gov/sites/publications/files/Pub9472.pdf">info.ornl.gov/sites/publications/files/Pub9472.pdf</a> )	Descarga gratuita	100-1000	1 año
54	PERSEO	SI	SI	-	SI	SI	-	General	Nacional/ estatal/ regional	Institute for Industrial Production, Universität Karlsruhe ( <a href="http://www.iip.kit.edu">www.iip.kit.edu</a> )	Comercial	1-20	Max 50 años

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
55	PLANEL	-	SI	-	SI	SI	SI	Parcial	Nacional	Empresa de Pesquisa Energética ( <a href="http://www.epe.gov.br">www.epe.gov.br</a> )	Sólo para uso interno	1-20	Sin límite
56	PLEXOS	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Energy Exemplar ( <a href="http://energyexemplar.com/">energyexemplar.com/</a> )	Comercial	20-50	10 años
57	POLES	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Global, regional y local	"Instituto de Estudios de Política Energética (LEPII-EPE), por el Instituto de Estudios de Prospectiva Tecnológica (IPTS) y ENERDATA  ( <a href="https://www.enerdata.net/">https://www.enerdata.net/</a> )	Comercial con prueba gratuita	No se especifica	Múltiplos años
58	PRIMES	-	-	-	-	SI	-	General	Nacional/ estatal/ regional	National Technical University of Athens ( <a href="http://www.e3mlab.ntua.gr/">www.e3mlab.ntua.gr/</a> )	Proyectos realizados por una cuota	1-20	Max 50 años
59	ProdRISK	-	-	SI	SI	-	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Stiftelsen for Industriell og Teknisk Forskning (SINTEF) ( <a href="http://www.sintef.no/en/software/prodrisk/">www.sintef.no/en/software/prodrisk/</a> )	Comercial	1-20	Múltiplos años

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
60	RAMSES	-	SI	SI	SI	-	-	Parcial	Internacional	Danish Energy Agency ( <a href="https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/models">https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/models</a> )	Proyectos realizados por una cuota	1-20	30 años
61	RETSscreen	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Solo proyecto	RETSscreen International ( <a href="http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465">www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465</a> )	Descarga gratuita	> 200,000	Max 50 años
62	SAM	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Solo proyecto	National Renewable Energy Laboratory ( <a href="http://sam.nrel.gov">sam.nrel.gov</a> )	Descarga gratuita	100-1000	Sin límite
63	SAME		SI	SI	-	SI		-	Nacional/ estatal/ regional	Organización Latinoamericana de Energía ( <a href="http://www.olade.org/producto/same-2/descripcion-2/">www.olade.org/producto/same-2/descripcion-2/</a> )	Comercial Gratuito para entidades de los Países Miembros de OLADE	No se especifica	50 años
64	SDDP	-	SI	-	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	PSR ( <a href="http://www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_opera/sddp/">www.psr-inc.com.br/portal/psr/servicos/modelos_de_apoio_a_decisao/studio_opera/sddp/</a> )	Comercial	20-50	1 año

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
65	SIMISE	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional	UNAM ( <a href="http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/8651/informe.pdf?sequence=1">www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/8651/informe.pdf?sequence=1</a> )	Sólo para uso interno	No se especifica	No se especifica
66	SIMPACTS	-	SI	SI	-	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	OPENEI ( <a href="http://openei.org/wiki/Simplified_Approach_for_Estimating_Impacts_of_Electricity_Generation_(SIMPACTS)">openei.org/wiki/Simplified_Approach_for_Estimating_Impacts_of_Electricity_Generation_(SIMPACTS)</a> )	Libre/ Simuladores deben adquirirse	No se especifica	Sin límite
67	SimREN	-	SI	-	SI	SI	-	-	Nacional/ estatal/ regional	Institute of Sustainable Solutions and Innovations ( <a href="http://www.energyrichjapan.info/pdf/ERJ_app1_simren.pdf">www.energyrichjapan.info/pdf/ERJ_app1_simren.pdf</a> )	Proyectos realizados por una cuota	No se especifica	Sin límite
68	SIVAEL	SI	-	SI	-	-	SI	-	Nacional/ estatal/ regional	Energinet.dk ( <a href="http://energinet.dk/Analyse-og-Forskning/Beregningsmodeller">energinet.dk/Analyse-og-Forskning/Beregningsmodeller</a> )	Descarga gratuita	1-20	1 año
69	STREAM	-	-	SI	-	-	-	-	Nacional/ estatal/ regional	EA Energy Analyses ( <a href="http://www.streammodel.org/">www.streammodel.org/</a> )	Descarga gratuita	No se especifica	1 año

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
70	SUPER OLADE	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Organización Latinoamericana de Energía ( <a href="http://www.olade.org/producto/super-2/">www.olade.org/producto/super-2/</a> )	Gratuito para entidades públicas de Países miembro de OLADE	No se especifica	Sin límite
71	TIAM-ECN (familia MARKAL)	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	Centro de investigación energética de los países bajos ( <a href="https://www.ecn.nl/">https://www.ecn.nl/</a> )	Libre/Simuladores deben adquirirse	No se especifica	Sin límite
72	TRANSCAD	-	SI	SI	SI	SI	-	General	Nacional/ estatal/ regional	Caliper ( <a href="https://www.caliper.com/transcad/introduccion.htm">https://www.caliper.com/transcad/introduccion.htm</a> )	Comercial	1	1 año
73	TRNSYS16	-	SI	SI	SI	SI	-	Parcial	Local/ comunidad	The University of Wisconsin Madison ( <a href="http://sel.me.wisc.edu/trnsys/">sel.me.wisc.edu/trnsys/</a> )	Comercial	100-1000	Múltiplos años
74	ThreeME	SI	SI	SI	-	SI	SI	General	Nacional/ regional	French Environment and Energy Management Agency ( <a href="http://threeme.org/">threeme.org/</a> )	Sólo para uso interno	No se especifica	No se especifica
75	Threshold 21 / IGEM	-	SI	SI	-	SI	SI	General	Nacional/ regional	Millenium Institute ( <a href="https://www.millennium-">https://www.millennium-</a>	Descarga gratuita	No se especifica	Sin límite

No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
										<a href="http://institute.org/integrated-planning">institute.org/integrated-planning</a> ) Partnership for Action on Green Economy ( <a href="http://www.un-page.org/">www.un-page.org/</a> )			
76	UniSyD3.0	-	SI	-	-	SI	-	General	Nacional/ estatal/ regional	Unitec New Zealand ( <a href="http://www.unitec.ac.nz/">www.unitec.ac.nz/</a> ) ( <a href="http://www.energyplan.eu/others/tools/national/unisyd3-0/">www.energyplan.eu/others/tools/national/unisyd3-0/</a> )	Jonathan Leaver: jleaver@unitec.ac.nz	No se especifica	Max 50 años
77	VISUM	-	SI	-	SI	SI	-	-	Nacional/ estatal/ regional	PTV Group ( <a href="http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-visum/">http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-visum/</a> )	Comercial	No se especifica	No se especifica
78	VISSIM	-	SI	SI	SI	SI	-	-	Estatad/ regional	PTV Group <a href="http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/">http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/</a>	Comercial	No se especifica	No se especifica
79	WASP	-	-	SI	SI	SI	-	Parcial	Nacional/ estatal/ regional	International Atomic Energy Agency ( <a href="https://www.iaea.org/publications/6327/wien-automatic-system-">https://www.iaea.org/publications/6327/wien-automatic-system-</a>	Comercial / Gratis para miembros IAEA	100-1000	Sin límite



No	Modelo	Tipo							Otros Aspectos				
		Top-down	Bottom-up	Simulación	Optimización	Sectorial/ Subsectorial	Integrado/ Multisectorial b)	Equilibrio	Área Geográfica	Organización que desarrolló el modelo (enlace)	Disponibilidad	Descargas	Plazo c)
										<a href="#">planning-wasp-package-a-computer-code-for-power-generating-system-expansion-planning-version-wasp-iv)</a>			
80	WILMAR	-	-	SI	SI	-	-	Parcial	Internacional	Risø DTU National Laboratory for Sustainable Energy ( <a href="http://www.wilmar.risoe.dk/">www.wilmar.risoe.dk/</a> )	Comercial	No se especifica	1 año

a) Sub-sectorial hace referencia a cada segmento del sector energía. Por ejemplo, petróleo, gas, electricidad, entre otros son segmentos o subsectores. b) Modelos multisectoriales son aquellos que consideran a diversos sectores (Industria, Residencial, Público, Servicios, entre otros). No existe pleno consenso para afirmar que todo modelo multisectorial es integrado. En un modelo integrado cualquier variación en uno de sus sectores debería afectar/incidir también sobre los otros sectores. c) Modelos sólo pueden simular un (1) año a la vez, pero estos pueden ser combinados para crear un escenario de múltiples años. Fuente: Elaborado a partir de OLADE (2016), p.p.183-187. Con actualización y modelos agregados por el consultor.

## 7 Experiencia de modelación en los países LAC

A continuación, se muestra un resumen de las aplicaciones de los modelos en los diferentes países LAC. La Tabla 37 tiene base al estudio realizado por (OLADE, 2017), seguido por información complementaria encontrada en los NDC de los países, BUR o documentos de planeación o acción ante el cambio climático en la Tabla 37. Se puede observar que el modelo de mayor difusión en LAC es el LEAP, a pesar de que hasta ahora no hay información suficiente para concluir que también es el más usado por los organismos responsables de planificación energética a nivel nacional. En la región también existen varios países que usan formalmente los modelos de la empresa PSR (OPTGEN y SDDP) para la planeación de la expansión y despacho del sector eléctrico respectivamente (por ejemplo, Guatemala, Panamá, Ecuador, Perú y Colombia). El modelo MESSAGE es también bastante conocido en la región y es uno de los modelos sectoriales y de optimización más usados en Brasil y Argentina. Asimismo, diversos países de la región han sido capacitados por el OLADE en el uso del SUPER-OLADE para la elaboración de los planes de expansión del sector eléctrico, y evaluar posibles interconexiones internacionales.

Es importante notar que Brasil, Colombia, Chile y Perú son países participantes del Programa MAPS (*Mitigation Action Plans & Scenarios*), el cual ha apoyado a la elaboración de curvas de costo marginal de abatimiento (*MAC, por sus siglas en inglés*) de tecnologías y la elaboración de modelos computables de equilibrio propios para la priorización de tecnologías como el Modelo MEG4C de Colombia, IMACLIM de Brasil y ENPCC de Perú.

En la Tabla 37, se puede observar que recientemente los países han utilizado la metodología TNAs como incitativa de la CMNUCC de apoyar el desarrollo sustentable nacional, creando capacidades y facilitando la implementación de una priorización de tecnologías climáticas, a través de esta metodología. La cual ha sido bien aceptada en la región y 16% de los países la mencionan en sus NDC como parte de sus acciones para cumplir sus metas.

Los modelos de optimización son una herramienta importante para el planificador pues permiten identificar una solución en particular entre un cúmulo de cuasi infinitas opciones posibles. De hecho, sus resultados han sido útiles para ser contrastados con un determinado plan de política energética sub-sectorial, subsumido en un plan que contemple objetivos más amplios. Entre los modelos de optimización más utilizados por la región en el sector energético destacan el SUPER OLADE, el MESSAGE, el WASP, el OPTGEN, el MARKAL.

Finalmente, es importante notar que Brasil ha hecho grandes esfuerzos por desarrollar sus propios modelos no comerciales (DECOMP, NEWAVE, PLANEL) para realizar las tareas de expansión de la generación, transmisión, y despacho en el segmento eléctrico, así como modelos para simular refinerías, plantas de gas natural y transporte de derivados en el segmento petrolero.

Tabla 37. Modelos aplicados en los países de Latinoamérica y El Caribe por los expertos en de planificación energética y climática

País	OPTGEN	SDDP	LEAP	MAED	MESSAGE	FINPLAN	WASP	ENPEP	MOPERD	DigSilent	SUPEROLADE	DECOMP	NEWAVE	PLANEL	Simulador para GN	PERSEO	NETPLAN	NEPLAN	GEMME	M-REF	NEREUS	NCP
Argentina			X		X		X															
Barbados																						
Colombia	X	X	X	X				X			X				X		X	X				
Ecuador	X	X	X								X						X					X
Guatemala	X	X									X						X					
Haití			X																			
Honduras			X		X																	
Jamaica			X				X	X														
México			X					X														
Paraguay			X	X	X	X	X															
Perú		X	X				X				X					X						
St Kitts & Nevis																						
St Lucia																						
St Vincent & Grenadinas																						
Trinidad y Tobago																						
Venezuela	X	X	X								X											
Costa Rica																						
Bahamas			X																			
Brasil	X		X	X	X							X	X	X	X		X		X	X	X	X
Dominica			X																			
Granada																						
República Dominicana			X		X				X	X	X						X					
Chile			X		X																	
Uruguay			X					X														
Antigua & Barbuda			X																			
Belice																						
Bolivia																						
Cuba				X	X																	
El Salvador		X																				
Guyana			X																			
Panamá	X	X									X											
Suriname																						
Nicaragua	X	X	X	X	X						X											

Fuente: OLADE (2016). Color sombreado: experiencia agregada por el consultor con base a la información publicada por los países

Pais	MARKAL/TIMES & TIAM-ECN	POLES	EPPA	TNA/ (MCDA) a)	ExACT	MEG4C	MACC a)	OSeMOSYS (Open-Source Energy Modelling System)	GCAM	IMAGE	Phoenix	Propensity Score Matching	ENPCC	EVOC (ECOFYS)	DECADES	SIMPACTS	IMACLIM	HOMER	RETScreen	SAM	PLEXOS	
Argentina	X			X											X	X						
Barbados																						
Colombia	X		X	X		X												X				
Ecuador				X															X			
Guatemala				X																		
Haití					X																	
Honduras																						
Jamaica																						
México	X	X	X				X		X	X	X			X								X
Paraguay																						
Perú				X			X					X	X	X				X				
St Kitts & Nevis				X																		
St Lucia				X																		
St Vincent & Grenadinas																						
Trinidad y Tobago																						
Venezuela																						
Costa Rica				X			X															
Bahamas																						
Brasil	X		X											X			X	X			X	
Dominica																						
Granada				X																		
República Dominicana				X																		
Chile																						
Uruguay				X																		
Antigua & Barbuda																						
Belice				X																		
Bolivia				X				X											X			
Cuba				X																		
El Salvador				X																		
Guyana				X																		
Panamá				X																		
Suriname																						
Nicaragua																						

Fuente: OLADE (2016). Color sombreado: experiencia agregada por el consultor con base a la información publicada por los países.

Pais	EEPS	DDPP	T-21 / IGEM	MPODE	ThreeME	SIMISE	BALMOREL	Modelos econométricos propios b)
Argentina	X							
Barbados								X
Colombia				X				
Ecuador								
Guatemala								
Haití								
Honduras								
Jamaica			X					
México		X			X	X	X	
Paraguay								
Perú			X					
St Kitts & Nevis								
St Lucia								X
St Vincent & Grenadinas								X
Trinidad y Tobago								X
Venezuela								
Costa Rica								X
Bahamas								
Brasil	X	X						
Dominica								
Granada								X
República Dominicana								
Chile								
Uruguay			X					
Antigua & Barbuda								
Belice								
Bolivia								
Cuba								
El Salvador								
Guyana								
Panamá								
Suriname								
Nicaragua								

a) Procesos de evaluación y/o priorización de la inclusión de tecnológicas o soluciones de mitigación que no se caracterizan exactamente como modelos matemáticos. b) Modelos econométricos propios de simulación utilizando diversas herramientas como BIOS para generar escenario BAU (condicionados por información limitada). Algunas metodologías están basadas en "Mitigation Goal Standard", del Instituto de Recursos Mundial (WRI) o en la metodología del Programa CGIAR y la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI).

Fuente: OLADE (2016). Color sombreado: experiencia agregada por el consultor con base a la información publicada por los países

## 8 Fichas de Modelos

Nombre: T21 (Threshold 21)		T21		
<p>Threshold 21 (T21) es un modelo macroeconómico dinámico diseñado para apoyar la planificación integral e integrada del desarrollo a largo plazo. La capacidad de T21 de incluir factores medioambientales y sociales en sus análisis proporciona a los responsables políticos una visión clave del impacto potencial de las políticas de desarrollo en una amplia gama de sectores. Debido a que emplea un enfoque de Dinámica del Sistema, T21 revela cómo las diferentes estrategias interactúan entre sí, permitiendo a los planificadores crear enfoques realistas y efectivos para alcanzar sus metas y objetivos.</p> <p>Las tres esferas principales del modelo son: economía, sociedad y medio ambiente. Dentro de cada esfera hay sectores que interactúan entre sí y con sectores en otras esferas. La esfera económica contiene los principales sectores de producción (agricultura, industria y servicios), que se caracterizan por funciones de producción Cobb-Douglas con recursos, mano de obra, capital y tecnología como insumos. La esfera ambiental rastrea la contaminación creada en los procesos de producción y sus impactos en la salud y, finalmente, en la producción. También estima el consumo de recursos naturales, tanto renovables como no renovables, y puede estimar el impacto del agotamiento de estos recursos en la producción y en otros factores. La esfera social contiene una dinámica poblacional detallada por cohorte de sexo y edad; desafíos y programas de salud y educación; infraestructura básica; empleo; y niveles de pobreza y distribución del ingreso.</p> <p>La aplicación más importante de T21 es contribuir al proceso de planificación nacional. Además, es una herramienta valiosa para conducir consultas para accionistas.</p>	<b>Tipo de Modelo</b>	<b>Sectores analizados</b>		
	<i>Bottom-up:</i>	Agricultura, Energía, Silvicultura y Uso de la Tierra, Hogares, Recursos Hídricos, y Ecosistemas Terrestres.		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Equilibrio parcial.</li> <li>➤ Simulación.</li> </ul>			
	<b>Impactos que evalúa</b>	<b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b>		
	Económico: Si. Ambiental: Si. Social: Si. Beneficios: Integración de factores sociales y ambientales en un análisis macroeconómico.	Licencia/Permiso: Si. Capacitación disponible: Si. Volumen de datos requeridos: Alto. Habilidades técnicas requeridas: Altas.		
	<b>País(es) que lo utiliza(n)</b>	<b>Organización(es) responsable(s):</b>		
Se ha utilizado en 3 países de América: Uruguay, Perú, y Guyana (enfoque económico).	Aplicación llevada a cabo en consulta con el Banco Mundial, agencias de la ONU, gobiernos nacionales y organizaciones no gubernamentales.			
<b>Datos de entrada:</b>	Crecimiento de la población, crecimiento inicial del PIB por sector y economía agregada, cambio tecnológico por sector, subsidios, impuestos, tarifas para aplicar, agotamiento del petróleo y gas natural, entre otros.			
<b>Datos de salida:</b>	Población, esperanza de vida, empleo, Producto interno bruto (PIB), deuda, inversión privada, producción agrícola e industrial, demanda y suministro de energía, patrones de transporte, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), uso de combustible fósil, consumo de recursos naturales.			
<b>Página Web:</b>	<a href="http://www.un-page.org/">http://www.un-page.org/</a>			

WASP (Wien Automatic System Planning Package)		WASP	
<p>WASP es uno de los modelos más utilizados en los países en desarrollo para la planificación de sistemas de energía. Dentro de las restricciones definidas por el usuario, WASP determina el plan de expansión óptimo a largo plazo para un sistema de generación de energía. Las restricciones pueden incluir disponibilidad limitada de combustible, restricciones de emisión, requisitos de confiabilidad del sistema y otros factores. La expansión óptima se determina minimizando los costos totales descontados.</p> <p>En WASP, el plan de expansión óptimo se define en términos de costos totales mínimos descontados. Cada secuencia posible de centrales eléctricas que podrían agregarse al sistema (plan de expansión o política de expansión) y que cumple con las restricciones seleccionadas, se evalúa mediante una función de costos compuesta por: costos de inversión de capital, costos de combustible, costos de operación y mantenimiento, los costos de inventario de combustible, el valor residual de las inversiones y el costo de la demanda de energía no servida. La simulación completa se lleva a cabo utilizando 12 curvas de duración de carga para representar cada año, hasta una duración máxima de 30 años.</p> <p>Algunos de las funciones características del modelo son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Opción para introducir limitaciones en las emisiones ambientales, el uso de combustible y la generación de energía.</li> <li>➤ Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero.</li> <li>➤ Representación de plantas de almacenamiento por bombeo.</li> <li>➤ Itinerario del mantenimiento de las plantas.</li> <li>➤ Dimensión del estudio ampliada para manejar hasta 90 tipos de plantas y un mayor número de configuraciones (hasta 500 por año y hasta 5000 para el período de estudio).</li> </ul>	<p><b>Tipo de Modelo</b></p> <p><i>Bottom-up</i>: modelo global de energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Simulación.</li> <li>➤ Optimización.</li> </ul>	<p><b>Sectores analizados</b></p> <p>Planificación de los sistemas de energía.</p>	
	<p><b>Impactos que evalúa</b></p> <p>Económico: Si. Ambiental: Si. Social: No.</p> <p>Beneficios: Permite analizar restricciones en cuanto a emisiones para la planificación de los sistemas de energía.</p>	<p><b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b></p> <p>Licencia/Permiso: SI, gratis para miembros IAEA. Capacitación disponible: SI. Manual disponible. Volumen de datos requeridos: Medio. Habilidades técnicas requeridas: Media.</p>	
	<p><b>País(es) que lo utiliza(n)</b></p> <p>Se ha utilizado en 4 países de América Latina y el Caribe: Argentina, Jamaica, Paraguay y Perú.</p>	<p><b>Organización(es) responsable(s):</b></p> <p>Principalmente gobiernos y en algunos casos, universidades trabajando, en colaboración con los gobiernos, en la planeación energética del país.</p>	
	<p><b>Datos de entrada:</b></p>	<p>Costos de inversión de capital, costos de combustible, costos de operación y mantenimiento, los costos de inventario de combustible, el valor residual de las inversiones y el costo de la demanda de energía no servida.</p>	
<p><b>Datos de salida:</b></p>	<p>Itinerario óptimo de construcción de plantas, generación eléctrica, costos finales, consumo de combustibles y perfil de emisiones.</p>		
<p><b>Página Web:</b></p>	<p><a href="http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/PESSenergymodels.shtml">http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/PESSenergymodels.shtml</a></p>		

Nombre: MAED (Model for Analysis of Energy Demand)		<b>MAED</b>	
<p>El Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía (MAED, por sus siglas en inglés) evalúa la demanda futura de energía en base a un conjunto de supuestos consistentes sobre desarrollos socioeconómicos, tecnológicos y demográficos a mediano y largo plazo en un país o región.</p> <p>Las necesidades energéticas futuras están relacionadas con la producción y el consumo de bienes y servicios; innovación en tecnología e infraestructura, cambios en el estilo de vida causados por el aumento de los ingresos personales; y las necesidades de movilidad. La demanda de energía se calcula para una serie de actividades de uso final en tres "sectores de demanda" principales: hogar, servicios, industria y transporte. MAED proporciona un marco sistemático para mapear las tendencias y anticipar el cambio en las necesidades de energía, particularmente cuando corresponden a escenarios alternativos para el desarrollo socioeconómico. El modelo se divide en dos etapas, la primera es la construcción de los patrones de consumo de energía para crear un año base. La segunda etapa corresponde a la creación de escenarios, de los cuales, dependiendo de la situación del país y sus objetivos específicos, destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Un escenario relacionado con el sistema socioeconómico que describe las características fundamentales de la evolución social y económica del país.</li> <li>➤ Otro escenario relacionado con los factores tecnológicos que afectan el cálculo de la demanda de energía, por ejemplo: la eficiencia o penetración potencial de fuentes alternativas de generación eléctrica.</li> </ul>		<b>Tipo de Modelo</b> <i>Bottom-up</i> : modelo global de energía. ➤ Simulación.	<b>Sectores analizados</b> Oferta y demanda de energía para los sectores: residencial, industria, transporte y servicios.
		<b>Impactos que evalúa</b> Económico: Si. Ambiental: No. Social: No.  Beneficios: Simplicidad y requerimientos de datos no tan extensos.	<b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b> Licencia/Permiso: Descarga gratuita. Capacitación disponible: Si. Manual disponible. Volumen de datos requeridos: Medio. Habilidades técnicas requeridas: Media.
		<b>País(es) que lo utiliza(n)</b> En 4 países de América Latina y el Caribe: Colombia, Cuba, Paraguay, Nicaragua y Brasil.	<b>Organización(es) responsable(s):</b> Principalmente gobiernos y en algunos casos, universidades trabajando, en colaboración con los gobiernos, en la planeación energética del país.
		<b>Datos de entrada:</b>	Urbanización, tamaño promedio de los hogares, datos de PIB / PIN, valor agregado por sector, consumo de energía y producción por sector y combustible, características de las tecnologías disponibles.
<b>Datos de salida:</b>	La demanda de energía útil y final por sector / combustible, demanda de electricidad, carga eléctrica por hora, curvas de duración de la carga.		
<b>Página Web:</b>	<a href="http://www-.pub.iaea.org/">http://www-.pub.iaea.org/</a>		




Nombre: MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact)		<h1>MESSAGE</h1>	
<p>El modelo MESSAGE, permite analizar políticas de cambio climático y escenarios de desarrollo para regiones nacionales o globales. El modelo usa series de tiempo de 5 o 10 años para simular un máximo de hasta 120 años. Todas las tecnologías de generación térmica, renovables, de almacenamiento y conversión, y de transporte se pueden simular por medio de MESSAGE, así como la captura de carbono. Las entradas para el modelo son muy detalladas en el lado de la oferta, mientras que las entradas de demanda se presentan de manera más agregadas. Los principales resultados del modelo son la estimación de estrategias de mitigación multisectoriales globales y regionales en lugar de objetivos climáticos específicos. El modelo MESSAGE, permite determinar las carteras rentables de las medidas de mitigación y reducción de emisiones de GEI. Recientemente se ha ampliado para cubrir el conjunto completo de gases de efecto invernadero y otras sustancias radiactivas para el desarrollo de escenarios de gases múltiples que tienen como objetivo estabilizar futuras concentraciones equivalentes de CO<sub>2</sub>. El modelo se encuentra en el corazón del Marco Integrado de Evaluación de IIASA<sup>3</sup>, que incluye enlaces blandos y duros a otras herramientas de modelado espacial y regional. En conjunto, el marco de modelos IIASA representa la economía global y sus principales sectores (energía, agricultura, silvicultura) a través del equilibrio macroeconómico dedicado.</p> <p>En específico, se utiliza para formular y evaluar alternativas energéticas bajo restricciones: límites de nuevas investigaciones, costo de combustibles, regulaciones ambientales y velocidad de penetración en el mercado de las nuevas tecnologías, entre otras. A partir de esto es que el modelo permite representar toda la cadena de energía desde los recursos hasta los usos finales, empleando criterios de optimización.</p>		<b>Tipo de Modelo</b>	<b>Sectores analizados</b>
		<i>Bottom-up:</i> ➤ Optimización.	Oferta y demanda de energía, incluyendo sectores y subsectores deseados.
		<b>Impactos que evalúa</b>	<b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b>
		Económico: Si. Ambiental: Si. Social: No.  Beneficios: Permite representar toda la cadena de energía.	Licencia/Permiso: Libre. Capacitación disponible: Guías de usuario. Volumen de datos requeridos: Medio - Alto. Habilidades técnicas requeridas: Media - Alta.
		<b>País(es) que lo utiliza(n)</b>	<b>Organización(es) responsable(s):</b>
		En América Latina y el Caribe 8 países incluyendo: Argentina, Cuba, Honduras, Paraguay, Brasil, Dominicana, Chile y Nicaragua.	Principalmente gobiernos y en algunos casos, universidades trabajando, en colaboración con los gobiernos, en la planeación energética del país.
<b>Datos de entrada:</b>	Recursos energéticos, generación de energía, datos técnicos y económicos de las tecnologías (por ejemplo, tipos de combustibles potenciales, eficiencia, capacidad, factores de emisión y costos de inversión), tasa de descuento, costos de combustible, demandas de energía y sus tendencias.		
<b>Datos de salida:</b>	Uso de recursos nacionales, importaciones y exportación de energía, flujos monetarios relacionados con el comercio, requisitos de inversión, tipos de producción o tecnologías de conversión seleccionadas (sustitución de tecnología), emisiones contaminantes, entre otros.		
<b>Página Web:</b>	<a href="http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/MESSAGE.en.html">http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/MESSAGE.en.html</a>		

<sup>3</sup> International Institute for Applied Systems Analysis, Austria

Nombre: IGEM (Integrated Green Economy Modelling Framework)		IGEM	
<p>El marco IGEM presenta una metodología sobre cómo integrar tres técnicas de modelado para refinar el análisis de impacto de las políticas verdes y las inversiones en la economía. Explica los vínculos entre un modelo de dinámica de sistemas (SD) y un modelo de equilibrio general computable (CGE), basándose en modelos de entrada-salida y matriz de contabilidad social (IO-SAM).</p> <p>El enfoque integrado, en particular, ofrece la oportunidad de combinar las fortalezas del modelo SD y el modelo CGE. Este último modelo aporta un análisis económico riguroso, así como la capacidad de manejar con gran detalle un análisis en todos los sectores económicos. Por otro lado, el modelo SD ofrece flexibilidad al modelar retroalimentaciones entre y dentro de los sectores ambientales y sociales. Las fortalezas de los dos métodos integrados son precisamente la razón por la cual el enfoque combinado puede ser valioso para las evaluaciones de políticas de "Economías Verdes" (GE).</p> <p>El marco IGEM crea una interfaz entre un modelo SD que describe los principales lazos sociales, demográficos y ambientales, y un modelo CGE que describe los efectos económicos potenciales de las políticas teniendo en cuenta su impacto de equilibrio general, incluido el papel del comercio y las políticas fiscales. Para analizar las políticas de GE, el modelo CGE convencional debe adaptarse para usar extensiones IO y SAM que cubran actividades verdes, como la producción de energía renovable o insumos de recursos eficientes. En este sentido, el modelo IO y las extensiones SAM pueden desempeñar un papel clave en el marco IGEM al proporcionar el conjunto de datos básicos sobre los componentes verdes de los sectores prioritarios y los vínculos entre los sectores verdes y otros sectores de la economía.</p>	<b>Tipo de Modelo</b>	<b>Sectores analizados</b>	
	Modelo híbrido ( <i>Top-down/Bottom-up</i> ).	Electricidad y refinería, demanda de energía, uso de suelo y agricultura, usuarios finales.	
	<b>Impactos que evalúa</b>	<b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b>	
	Económico: Si. Ambiental: Si. Social: Si. Beneficios: IGEM combina las mejores características de tres modelos existentes en una sola herramienta.	Licencia/Permiso: Si. Capacitación disponible: No. Volumen de datos requeridos: Muy alto. Habilidades técnicas requeridas: Muy altas.	
<b>País(es) que lo utiliza(n)</b>	<b>Organización(es) responsable(s):</b>		
El único país de América Latina y el Caribe que lo ha utilizado es México.	Principalmente gobiernos, universidades trabajando, en colaboración con los gobiernos, y organizaciones internacionales trabajando en colaboración con el gobierno.		
<b>Datos de entrada:</b>	Datos sobre sectores verdes y convencionales desagregados (coeficientes técnicos, etc.); Datos sobre los mercados laborales desglosados (por grupos de ingresos, de género y urbano y rural, etc.). Inversión, capital inicial por sector, cambio tecnológico por sector, entre otros.		
<b>Datos de salida:</b>	Crecimiento económico, producción sectorial, consumo de agentes, distribución del ingreso, situación laboral y comercio, impactos ambientales, entre otros.		
<b>Página Web:</b>	<a href="http://www.un-page.org/">http://www.un-page.org/</a>		

Nombre: TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System)	TIMES	
<p>TIMES se ha desarrollado bajo IEA-ETSAP<sup>4</sup> como el sucesor evolutivo del modelo MARKAL. Es un modelo avanzado que fusiona los conceptos centrales, tanto de MARKAL como de EFOM (Modelo de Optimización del Flujo de Energía), y va más allá para proporcionar una representación mejorada del sector de energía. Incluye un soporte para sofisticadas restricciones dinámicas definidas por el usuario, optimización multi-objetivo, y otras herramientas más.</p> <p>TIMES se define como un modelo <i>bottom-up</i> de optimización. El modelo combina dos enfoques sistemáticos para modelar la energía: un enfoque de ingeniería técnica y otro económico. El modelo abarca desde los recursos energéticos primarios, a través de la cadena de procesos que transforman, transportan, distribuyen y convierten la energía, hasta el suministro de servicios de energía que demandan los consumidores finales.</p> <p>Una vez establecidas todas las entradas, restricciones y escenarios, el modelo intentará resolver y determinar <b>el sistema de energía</b> que satisface las demandas del servicio de energía en todo el horizonte temporal <b>al menor costo</b>. Las políticas energéticas y ambientales se pueden alimentar y analizar con precisión a partir de restricciones dentro del modelo con una representación sumamente detallada de las tecnologías implementadas.</p> <p>Los resultados serán la combinación óptima de tecnologías y combustibles en cada período, junto con las emisiones asociadas para satisfacer la demanda. El modelo configura la producción y el consumo de productos básicos; es decir, combustibles, materiales y servicios de energía y sus precios; cuando el modelo iguala oferta con demanda, es decir, productores de energía con consumidores de energía, el mercado está en equilibrio.</p> <p>Las limitaciones de este modelo surgen por una curva de aprendizaje lenta y los altos requerimientos de datos y el previo trabajo de preparación que se necesita para su uso.</p>	Tipo de Modelo	Sector(es) analizados
	<p><i>Bottom-up:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Optimización.</li> </ul>	<p>Oferta y demanda de energía, desglosada de manera particular en los sectores y subsectores deseados.</p>
	Impactos que evalúa	Requerimientos técnicos y de funcionalidad
	<p>Económico: Si. Ambiental: Si. Social: No. Beneficios: Desarrollado para diseñar escenarios de menor costo de un sistema energético</p>	<p>Licencia/Permiso: Si. Capacitación disponible: Si. Volumen de datos requeridos: Alto. Habilidades técnicas requeridas: Muy alta.</p>
	País(es) que lo utiliza(n)	Organización(es) responsable(s):
<p>El único país que ha utilizado un modelo de la familia MARKAL en América Latina es Colombia, en la elaboración de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono.</p>	<p>Principalmente gobiernos y en algunos casos, universidades trabajando, en colaboración con los gobiernos, en la planeación energética del país.</p>	


<sup>4</sup> The Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP) is a Technology Collaboration Programme of the International Energy Agency (IEA).


<b>Nombre:</b> <b>TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System)</b>	
<b>Datos de entrada:</b>	Descripciones de un conjunto completo de tecnologías disponibles, curvas de suministro de recursos primarios, curvas de demanda de servicio de energía y una configuración de políticas de mitigación y supuestos.
<b>Datos de salida:</b>	Se obtiene la configuración del sistema de energía, que satisface la demanda del servicio de energía de uso final al menor costo, al mismo tiempo que se adhieren a las diversas restricciones (ejemplo, reducción de GEI).
<b>Página Web:</b>	Energy Technology Systems Analysis Program, IEA ( <a href="https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools/model-generators/times">https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools/model-generators/times</a> )

Nombre: POLES (Prospective Outlook on Long-term Energy Systems)		POLES	
<p>POLES es utilizado y desarrollado por Enerdata en colaboración con el JRC IPTS<sup>5</sup> de la Comisión Europea y la Universidad de Grenoble-CNRS (laboratorio EDDEN). Este modelo proporciona un análisis cuantitativo, basado en escenarios empíricos y objetivos del sector energético para actores clave como: empresas privadas, gobiernos, organizaciones internacionales, entre otras. POLES es un modelo de simulación de equilibrio parcial de la economía mundial para el sector energético hasta 2050, con modelación completa de la producción inicial de los recursos energéticos hasta la demanda de energía del usuario final y las emisiones de GEI. El proceso de simulación utiliza modelos recursivos dinámicos año por año con precios endógenos de la energía internacional y ajustes rezagados de la oferta y la demanda por región mundial.</p> <p>Las bases de datos de POLES se actualizan cada año, lo que permite a los usuarios describir rutas completas de desarrollo del sector energético hasta 2050 con cobertura mundial, de manera actualizada.</p> <p>Además, está bien adaptado para pronosticar los efectos de diferentes acciones con impacto en la energía como: políticas energéticas, incentivos a energías renovables y eficiencia energética, cuestiones de seguridad energética, etc.; así como cuestiones relacionadas con el clima como: limitación de emisiones de GEI, reparto del esfuerzo entre países. POLES captura los impactos del sistema de energía gracias a los precios endógenos del combustible y las previsiones nacionales consistentes con el entorno global.</p> <p>A pesar de que POLES puede generar cambios en los valores agregados sectoriales o mutaciones entre ellos, POLES no es un modelo macroeconómico puesto que no integra el círculo retroactivo sobre el PIB.</p>		<b>Tipo de Modelo</b>	<b>Sectores analizados</b>
		<i>Bottom-up</i> : modelo global de energía. ➤ Simulación.	Oferta y demanda de energía (residencial y servicios, industria, transporte, sistemas industriales no energéticos)
		<b>Impactos que evalúa</b>	<b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b>
		Económico: Si. Ambiental: Si. Social: No.  Beneficios: Modelo global que cubre varias regiones.	Licencia/Permiso: Si. Capacitación disponible: No. Volumen de datos requeridos: Alto. Habilidades técnicas requeridas: Altas.
		<b>País(es) que lo utiliza(n)</b>	<b>Organización(es) responsable(s):</b>
		El único país de América Latina y el Caribe que lo ha utilizado es México.  Muy utilizado por países europeos.	Principalmente gobiernos, universidades trabajando, en colaboración con los gobiernos, empresas privadas, organizaciones internacionales, entre otras.
<b>Datos de entrada:</b>	Recursos energéticos, recursos de petróleo y gas, generación de energía, perfiles de emisión, PIB, población, y costos tecnológicos.		
<b>Datos de salida:</b>	Emisiones de gases de efecto invernadero, precios de la energía y difusión de tecnologías, entre otros.		
<b>Página Web:</b>	<a href="http://www.enerdata.net/enerdatauk/solutions/energy-models/poles-model.php">http://www.enerdata.net/enerdatauk/solutions/energy-models/poles-model.php</a>		

<sup>5</sup> JRC IPTS: *Join Research Centre, Institute of Prospective Technological Studies of the European Commission.*


<b>IMACLIM-R/IMACLIM-BR (MEG- Modelo de equilibrio general)</b>				
<p>El modelo IMACLIM-R es un modelo híbrido de equilibrio general dinámico de la economía mundial que cubre el período 2001-2100 en pasos anuales a través de la iteración recursiva de equilibrios estáticos anuales y módulos dinámicos. El equilibrio estático anual determina los precios relativos, salarios, mano de obra, valor, flujos físicos, utilización de la capacidad, tasas de ganancia y ahorros en un año t como resultado de las condiciones de equilibrio a corto plazo entre la demanda y la oferta de bienes, capital y trabajo mercados. Los módulos dinámicos son formas reducidas específicas del sector de modelos ricos en tecnología, que toman los equilibrios estáticos en un año t como entrada, evalúan la reacción de los sistemas técnicos a las señales económicas y envían nuevos coeficientes de entrada-salida a la parte estática del modelo para permitir el cálculo del equilibrio para el año t + 1. IMACLIM-R, al igual que IMACLIM-BR, es parte del conjunto de modelos IMACLIM.</p> <p>IMACLIM-BR es una plataforma de modelado híbrido de equilibrio general específica de la economía brasileña diseñada para construir proyecciones consistentes del sistema de energía, las emisiones GEI y el sistema económico de Brasil a mediano y largo plazo. Al igual que la mayoría de los modelos híbridos MEG, IMACLIM-BR se basa en un marco de contabilidad híbrido de economía-energía donde los flujos económicos y flujos físicos se equilibran para crear los marcos de contabilidad híbridos.</p> <p>En el caso del modelo IMACLIM-BR, se utiliza el modelo LEAP específicamente para modelar la demanda de energía, el modelo MESSAGE para los escenarios de referencia del suministro eléctrico y el modelo BLUM para las emisiones correspondientes al uso de suelo. Finalmente se incorporarán, de manera iterativa, los factores técnicos obtenidos (datos de entrada) al modelo <i>top-down</i> (IMACLIM-Brasil). Un modelo híbrido de entrada-salida pasa por un cuidadoso proceso de ajustes de nomenclatura y manipulaciones de valores para asegurar la compatibilidad total de las Cuentas Nacionales con el Balance Energético.</p>	<b>Tipo de Modelo</b>	<b>Sectores analizados</b>		
	<b>Impactos que evalúa</b>	<b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b>		
	<b>País(es) que lo utiliza(n)</b>	<b>Organización(es) que lo utiliza(n)</b>		
	<b>Datos de entrada:</b>	Para la versión global, los principales controladores son: población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales, recursos energéticos; generación de energía; perfiles de emisión; PIB; Población; recursos de petróleo y gas; costo tecnológico, entre otros.		
	<b>Datos de salida:</b>	Proyecciones exhaustivas de producción a nivel sectorial y proyecciones de indicadores económicos. Impactos de diversas medidas de mitigación.		
		Modelo híbrido ( <i>Top-down/Bottom-up</i> ).	Electricidad y refinería, demanda de energía, uso de suelo y agricultura, usuarios finales.	
	Económico: Si. Ambiental: Si. Social: Si.  Beneficios: Análisis global, resultados muy detallados.	Licencia/Permiso: Si. Capacitación disponible: No. Volumen de datos requeridos: Muy Alto. Habilidades técnicas requeridas: Muy Altas.		
	El modelo IMACLIM, únicamente se ha empleado, dentro de los países LAC, en Brasil. No obstante, Chile, Perú y Colombia han usado modelos de equilibrio general bastante similares.	gobierno y en algunos casos, universidades trabajando, en colaboración con el gobierno, en la planeación energética del país.		

<b>Nombre:</b> <b>EPPA (Emissions Predictions and Policy Analysis)</b>			
<p>El modelo de Proyección Económica y Análisis de Políticas (EPPA) proporciona proyecciones del desarrollo económico mundial y de emisiones, junto con el análisis de las medidas de control de emisiones propuestas.</p> <p>Se utiliza para analizar los procesos que producen emisiones de GEI y para evaluar las consecuencias de políticas climáticas propuestas, proporcionando estimaciones de la magnitud de dichas propuestas, desde sus costos y la distribución entre las naciones, hasta poder aclarar las formas en que los cambios están mediados por el comercio internacional.</p> <p>EPPA es un modelo de equilibrio general computarizado (CGE) multisectorial y multi-región de la economía mundial. Utiliza el conjunto de datos del GTAP (Global Trade Analysis Project por sus siglas en inglés, red mundial de investigadores que realiza análisis cuantitativos de política internacional), aumentado por datos sobre las emisiones de GEI, aerosoles y otras especies relevantes, impuestos y detalles de sectores económicos seleccionados. Se incluye también el análisis de la incertidumbre sobre las principales influencias humanas, como el crecimiento de la población, la actividad económica y el ritmo y la dirección del avance tecnológico.</p> <p>El modelo EPPA puede utilizarse para proyectar la actividad económica, el uso de energía y las emisiones de GEI para cada una de las 12 regiones hasta el año 2100. El modelo también puede simular diferentes escenarios de políticas de mitigación de GEI y analizar los impactos y consecuencias de estas políticas.</p> <p>El modelo EPPA se deriva del modelo General Equilibrium Environmental (GREEN), que fue desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). El proceso de mejora y ampliación del modelo es continuo y actualmente se cuenta con la versión 6.0.</p>	<b>Tipo de Modelo</b>	<b>Sectores analizados</b>	
	<i>Top-down:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Equilibrio general.</li> <li>➤ Simulación.</li> </ul>	Agricultura, Energía, Silvicultura y Uso de la Tierra, Hogares, Recursos Hídricos, y Ecosistemas Terrestres.	
	<b>Impactos que evalúa</b>	<b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b>	
	Económico: Si. Ambiental: Si. Social: No. Beneficios: Permite el análisis de incertidumbres como el crecimiento poblacional y la actividad económica.	Licencia/Permiso: Si. Capacitación disponible: No. Volumen de datos requeridos: Medio / Alto. Habilidades técnicas requeridas: Alta.	
	<b>País(es) que lo utiliza(n)</b>	<b>Organización(es) responsable(s):</b>	
Se ha utilizado el modelo en 3 países de América Latina y el Caribe: Colombia, México y Brasil.	Este modelo es utilizado en investigaciones del Instituto Tecnológico de Massachusetts.		
<b>Datos de entrada:</b>	Datos económicos: capital, mano de obra, PIB; datos de población nacional; datos de eficiencia de la tecnología disponible; y datos de energía: oferta y demanda de energía, perfiles de emisión.		
<b>Datos de salida:</b>	Proyecciones de variables económicas y energéticas: PIB; uso de energía; producción sectorial; consumo; entre otras; Proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero: CO <sub>2</sub> ; CH <sub>4</sub> ; N <sub>2</sub> O; HFC; PFC y SF <sub>6</sub> ; Otras proyecciones de contaminación del aire: CO; VOC; NO <sub>x</sub> ; SO <sub>2</sub> ; NH <sub>3</sub> ; carbono negro; y carbono orgánico.		
<b>Página Web:</b>	<a href="https://globalchange.mit.edu/research/research-tools/human-system-model/download">https://globalchange.mit.edu/research/research-tools/human-system-model/download</a>		

Nombre: LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System)				
<p>LEAP es una herramienta que permite crear modelos de diferentes sistemas de energía, ampliamente utilizado para el análisis de políticas energéticas y para la evaluación de medidas de mitigación de GEI en más de 190 países en todo el mundo, gracias a que permite realizar análisis complejos de energía, de forma flexible, transparente e intuitiva, tanto a escala de ciudades y estados como de naciones, regiones y a nivel global. Entre sus principales usuarios se encuentran agencias gubernamentales, académicos, organizaciones no gubernamentales, compañías de consultoría y servicios de energía.</p> <p>Esta herramienta es un referente para los países que realizan planificación integrada de recursos, evaluaciones de mitigación de GEI y estrategias de desarrollo de bajas emisiones (LEDS), especialmente para los países en desarrollo. Al menos 32 países utilizaron LEAP para crear escenarios de energía y emisiones que fueron la base de sus Contribuciones Previstas a Nivel Nacional sobre Cambio Climático (iNDC). Este modelo se basa en la caracterización de usuarios finales de energía y las tecnologías que éstos usan, así como de la oferta energética con que cuentan. Permite crear un escenario de demanda, usando la lógica <i>What if</i> (Que pasaría sí). Esto es, ante un escenario de demanda final de energía, el LEAP asigna los flujos energéticos entre las distintas tecnologías de la oferta energética con las que cuenta cada país, con restricciones preestablecidas (Di Sbroiavacca, 2011). Se compone de seis bloques que son: 1) análisis de la demanda energética; 2) análisis del abastecimiento energético; 3) análisis de las diferencias estadísticas; 4) análisis de las variaciones de stock; 5) análisis de los recursos y; 6) variables explicativas. LEAP proporciona una gama de metodologías de contabilidad, simulación y optimización que son lo suficientemente potentes para modelar la generación del sector eléctrico y la planificación de expansión de capacidad, y suficientemente flexibles y transparentes para permitir a LEAP incorporar fácilmente datos y resultados de otros modelos más especializados.</p>	<p><b>Tipo de Modelo</b></p> <p><i>Bottom-up/demand-driven:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Simulación, Sectorial, Multisectorial.</li> <li>➤ Optimización.</li> </ul>	<p><b>Sectores analizados</b></p> <p>Oferta y demanda de energía desglosada de manera particular en los sectores y subsectores deseados.</p>		
	<p><b>Impactos que evalúa</b></p> <p>Económico: Si. Ambiental: Si. Social: Si (costos y beneficios) Beneficios: Posibilidad de desagregar sectores, simplicidad de uso.</p>	<p><b>Requerimientos técnicos y de funcionalidad</b></p> <p>Licencia/Permiso: Si. Capacitación disponible: Si. Volumen de datos requeridos: Bajo - Medio. Habilidades técnicas requeridas: Baja - Media.</p>		
	<p><b>País(es) que lo utiliza(n)</b></p> <p>18 países: Argentina, Colombia, Ecuador, Haití, Jamaica, México, Paraguay, Perú, Venezuela, Bahamas, Brasil, Dominica, República Dominicana, Chile, Uruguay, Nicaragua, Guyana y Antigua y Barbuda.</p>	<p><b>Organización(es) responsable(s):</b></p> <p>Principalmente gobiernos y en algunos casos, universidades trabajando, en colaboración con los gobiernos, en la planeación energética del país.</p>		
	<p><b>Datos de entrada:</b></p>	<p>Urbanización, tamaño promedio de los hogares, datos de PIB / PIN, valor agregado por sector / subsector, tasas de interés, consumo de energía y producción por sector y combustible, factores de emisión de los inventarios de GEI, recursos energéticos con los que cuenta el país, especificaciones de las tecnologías.</p>		
	<p><b>Datos de salida:</b></p>	<p>Consumo total de energía, elasticidades del consumo de energía respecto al PIB, crecimiento de las diferentes fuentes de energía, penetración planteada en el escenario de combustibles alternativos y emisiones GEI.</p>		
<p><b>Página Web:</b></p>	<p><a href="https://www.energycommunity.org/default.asp">https://www.energycommunity.org/default.asp</a></p>			



## I. Anexo. Fichas de Casos. País-Modelo.

APOYO A LA INICIATIVA DE PLANIFICACIÓN NACIONAL SOBRE CONTAMINANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA EN 12 PAÍSES. CASO MÉXICO (Modelo Long-range Energy Alternatives Planning - LEAP)		 LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System)	
<b>Objetivo:</b>	Desarrollar prioridades para la estrategia nacional para reducir contaminantes climáticos de vida corta (CCVC).		
<b>Metodología:</b>	Se realizó una revisión exhaustiva de los documentos actuales, informes y base de datos y políticas relacionadas con los contaminantes criterio, GEI, demografía, energía, agricultura, residuos sólidos, automóviles, petróleo, gas, y las aguas residuales, permitiendo la identificación y posterior análisis de nueve sectores claves de carbono negro y metano. Lo cual se utilizó como datos de entrada de la herramienta LEAP para la compilación de inventarios de emisiones de CCVC, la generación de escenarios de mitigación y la estimación de los beneficios de la acción, utilizando datos disponibles a nivel nacional, y en algunos casos, estadísticas reconocidas internacionalmente para priorizar sus acciones y evaluaciones preliminares realizadas, a fin de desarrollar una planificación nacional de rápido inicio para los CCVC, que incluye todos los elementos de planificación nacional a más largo plazo, y solo con el nivel de detalle permitido de acuerdo con la información disponible.		
<b>Descripción:</b>	El Apoyo a la Planificación Nacional ( <i>SNAP, por sus siglas en inglés</i> ) para Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC) es una iniciativa transversal, a través de la cual la Coalición Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta ( <i>CCAC, por sus siglas en inglés</i> ) colabora con aquellos países que deseen desarrollar sus prioridades para la estrategia nacional para reducir los CCVC, además de identificar formas de superar las barreras y desarrollar capacidades en los países para su planificación estratégica. México y el PNUMA son los socios principales de esta iniciativa junto con el Instituto Ambiental de Estocolmo ( <i>SEI, por sus siglas en inglés</i> ) y el Molina Center for Strategic Studies in Energy and the Environment (MCE2) como implementadores; siendo México uno de los cuatro países piloto (además de Bangladesh, Colombia y Ghana) para desarrollar una planificación nacional de rápido inicio para los CCVC, que incluye elementos de planificación nacional a más largo plazo.		
<b>País:</b>	México	<b>Año de elaboración:</b>	2013
<b>Tipo de modelo:</b>	<i>Bottom-up / demand-driven</i> <sup>6</sup> , Simulación, Sectorial, Multisectorial. <i>Top-down</i> , Equilibrio Parcial.	<b>Sectores analizados:</b>	Agricultura (ganadería, quema de caña de azúcar y labranza), transporte (vehículos diésel y gasolina), residuos (quema a cielo abierto de residuos municipales, rellenos sanitarios, aguas residuales), extracción y distribución de combustibles fósiles (minas de carbón, petróleo y gas, coque), residencial (estufas de leña), procesos industriales (fundición, hornos de ladrillos), generación de energía, incendios forestales, demanda de energía de industria y servicios que incluye sectores comerciales y residenciales
<b>Organizaciones participantes:</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en colaboración con el Molina Center for Strategic Studies in Energy and the Environment.	<b>Resultados:</b>	La definición de estrategias de mitigación de CCVC como parte de las políticas y programas actuales, incluida la Estrategia de Desarrollo de Bajas Emisiones ( <i>LEDS, por sus siglas en inglés</i> ), las Comunicaciones Nacionales, los programas de calidad del aire y la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC).
<b>Financiamiento:</b>	Coalición Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta (CCAC).	<b>Datos utilizados:</b>	Datos de población nacional, PIB, consumo de energía y producción por sector y combustible; inventarios de GEI; políticas / planes nacionales de energía.
<b>Barreras y retos que superaron:</b>	Disponibilidad de información	<b>Ventajas:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licencia gratuita para universidades, centros de investigación y ONG.</li> <li>• Los cálculos incorporados de LEAP manejan todos los cálculos contables de energía, emisiones y costos-beneficios "no controvertidos."</li> <li>• LEAP puede simular todos los sectores, todas las tecnologías y todos costos dentro de un sistema de energía, así como las externalidades para cualquier contaminante, costos de desmantelamiento y costos de demanda no satisfechos.</li> </ul>
<b>Documentos de Referencia:</b>	<a href="https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013_Plan_Nacional_de_Contaminantes.pdf">https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013_Plan_Nacional_de_Contaminantes.pdf</a> Manual OLADE pág. 196, 208. Disponible en: <a href="http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0378.pdf">http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0378.pdf</a>		
<b>Página Web:</b>	<a href="https://www.energycommunity.org/default.asp">https://www.energycommunity.org/default.asp</a>		

<sup>6</sup> Basado en la caracterización de usuarios finales en lo referente al tipo de energía y las tecnologías usadas por estos, así como la caracterización de la oferta energética.

Implicaciones Económicas y Sociales: Escenarios de Mitigación - IES BRASIL (MAPS BRASIL)  
(IMACLIM Brasil)



<b>Objetivo:</b>	Evaluar las implicaciones económicas y sociales de diferentes conjuntos de medidas de mitigación de GEI en Brasil hasta 2030.		
<b>Metodología:</b>	Se desarrolló el modelo denominado IMACLIM-Brasil, que es un modelo híbrido de equilibrio general dinámico que cubre el período 2010-2030 en series anuales, a través de la iteración recursiva del equilibrio estático anual y los módulos dinámicos, el cual integra los resultados de la modelación de la demanda resultado de LEAP, del modelo MESSAGE, los escenarios de referencia del suministro eléctrico y el modelo BLUM, las emisiones correspondientes al uso de suelo. De este modo, se facilita la incorporación, de manera iterativa, de factores técnicos (datos de entrada) al modelo <i>top-down</i> . Se utiliza un sistema de contabilidad doble con dos matrices (flujos monetarios y flujos físicos) conectadas permanentemente, a través de una tercera matriz (precios), que es variable y endógena al modelo.		
<b>Descripción:</b>	MAPS Brasil está basado en la proyección de diversos escenarios que maximicen el desarrollo económico y social en Brasil, a partir de la implementación de políticas de mitigación de emisiones, entre las que se encuentran impuestos y regímenes. Estas políticas parten de impuestos a las emisiones y de regímenes de comercio de derechos de emisión que incentiven a la reducción de las mismas. Posteriormente, se cuantifican los impactos de estas medidas sobre diferentes indicadores económicos como el PIB, la creación de empleos y la deuda gubernamental.		
<b>País:</b>	Brasil	<b>Año de elaboración:</b>	2012-2015
<b>Tipo de modelo:</b>	Modelo híbrido ( <i>Top-down/Bottom-up</i> )	<b>Sectores analizados:</b>	Elaboración de escenarios de mitigación en 4 sectores: i) electricidad y refinería; ii) energía demanda; iii) uso de suelo y agricultura; y iv) usuarios finales.
<b>Organizaciones participantes:</b>	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Postgrado e Investigación en Ingeniería (COPPE / UFRJ), Foro Brasileño sobre el Cambio Climático (FBMC) y el Ministerio de Medio Ambiente.	<b>Resultados:</b>	Análisis exhaustivo a nivel sectorial y macroeconómico, a través de la vinculación de metodologías en un proceso iterativo, que permite cuantificar de manera muy precisa los impactos económicos en función del tamaño y el enfoque de las medidas de mitigación.
<b>Financiamiento:</b>	Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID) y la dirección General de Cooperación Internacional de los países bajos (DGIS).	<b>Datos utilizados:</b>	Para la versión global, los principales controladores son: Población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales, Recursos energéticos; Generación de energía; Perfiles de emisión; PIB; Población; Recursos de petróleo y gas; Costo tecnológicos, entre otros.
<b>Barreras y retos que superaron:</b>	Durante el desarrollo, toda vez que un modelo híbrido de entrada-salida pasa por un cuidadoso proceso de ajustes de nomenclatura y manipulaciones de valores para asegurar la compatibilidad total de las Cuentas Nacionales con el Balance Energético.	<b>Ventajas:</b>	Profundiza en los impactos sectoriales de dichos efectos sobre los precios y el producto generado específico de cada sector. Los resultados obtenidos por el modelo se muestran consistentes con la teoría económica.
<b>Documentos de Referencia:</b>	Wills, W y et al. (2014). Brazilian Mitigation Scenarios Beyond 2020: Modelling and Methodologies. CDKN project on linking sectorial and economy-wide models.		
<b>Página Web:</b>	<a href="http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/Mitigation_actions_plans/Final_Working_Paper.pdf">http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/Mitigation_actions_plans/Final_Working_Paper.pdf</a>		

ESCENARIOS REFERENCIALES PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE (Mitigation Action Plans & Scenarios- MAPS CHILE)



<b>Objetivo:</b>	Generar evidencia acerca de las opciones de mitigación del cambio climático.		
<b>Metodología:</b>	<p>Desarrollo de un modelo de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE, por sus siglas en inglés), utilizado para evaluar los impactos de equilibrio general –sobre el conjunto de la economía, considerando la interacción entre los diversos sectores analizados en el proyecto—sobre las emisiones agregadas e indicadores macroeconómicos (como PIB, empleo, salarios). Este modelo se construyó a partir de la Línea Base de emisiones de GEI nacional 2013-2030, las líneas base sectoriales, los gastos en capital (CAPEX) y en operación (OPEX) de cada una de las medidas de mitigación que conforman los distintos escenarios.</p> <p>La línea base de emisiones para el periodo 2007-2030 se construyó a partir de los siete sectores más relevantes en términos de emisión y captura en el país: i) generación eléctrica y transporte de electricidad ii) minería e industrias, que incluye cobre, procesos industriales y otras industrias; iii) transporte y urbanismo; iv) comercial, residencial y público; v) agropecuario y cambio de uso de suelo; vi) forestal y cambio de uso de suelo, y vii) residuos. Considera la proyección de la economía chilena a partir del año 2006, sin incluir esfuerzos para reducir emisiones de GEI, pero sí la evolución tecnológica natural de los sectores económicos. Para cada sector se desarrolló un modelo que representa las condiciones potenciales de operación en el periodo 2007-2030 y que entrega como resultado las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en base anual. Para lo que, cada modelo proyecta las variables determinantes de las emisiones de GEI en el horizonte de tiempo antes mencionado.</p> <p>Posteriormente, se desarrollaron nueve escenarios de mitigación de GEI, utilizando el modelo de simulación MESSAGE, y se compararon contra la línea base.</p>		
<b>Descripción:</b>	<p>Este Programa se ha desarrollado en 3 fases:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Fase 1. Proyección del escenario Línea Base 2007-2030 o Crecimiento sin Restricciones y el escenario Requerido por la Ciencia (<i>RBS, por sus siglas en inglés</i>).</li> <li>Fase 2. Escenario Línea Base 2013-2030, definición de 96 medidas de mitigación en 7 sectores, desarrollo de 9 escenarios de mitigación y, análisis de los efectos macroeconómicos de los escenarios de mitigación.</li> <li>Fase 3. Elaboración de instrumentos que faciliten su visualización, analizar cobeneficios de las medidas de mitigación e identificar opciones de mitigación para el horizonte 2030-2050, con un enfoque no tradicional, o “out of the box”, efectos de la mitigación (sectores transporte y comercial-público) sobre los contaminantes locales, factibilidad de implementación de medidas en sector transporte, MAPS Jóvenes (MAPS Youth) y análisis de efectos distributivos.</li> </ol> <p>Este programa analiza tanto los efectos sectoriales de las políticas de mitigación como los efectos macroeconómicos, con lo que se obtuvieron cerca de cien medidas de mitigación para siete sectores productivos, entre las que comprenden el etiquetado de neumáticos eficientes o la creación de una infraestructura para ciclistas. Como resultado de la comparación de escenarios, se obtuvo que los que más logran reducir las emisiones en Chile son los denominados de esfuerzo alto y medio donde se consideran impuestos a las emisiones.</p>		
<b>País:</b>	Chile	<b>Año de elaboración:</b>	2011 - 2015
<b>Tipo de modelo:</b>	<i>Bottom-up/top-down</i> . Modelo de equilibrio general dinámico estocástico.	<b>Sectores analizados:</b>	Siete sectores más relevantes en emisiones y captura en el país: i) generación eléctrica y transmisión de energía ii) minería e industrias; iii) transporte y urbanismo; iv) comercial, residencial y público; v) agropecuario y cambio de uso de suelo; vi) forestal y cambio de uso de suelo, y vii) residuos.
<b>Organizaciones participantes:</b>	Gobierno de Chile (Ministerios de Relaciones Exteriores, Hacienda, Agricultura, Minería, Transporte y Telecomunicaciones, Energía, y Medio Ambiente), UNDP y la Universidad de Chile.	<b>Resultados:</b>	<p>Si Chile sigue las tendencias actuales y no implementa grandes cambios en la mitigación de sus emisiones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las emisiones netas crecerían cerca de un 50% entre 2013 y 2020; y 100% entre 2013 y 2030.</li> <li>El sector generación y transporte de electricidad sería el que más contribuye en emisiones al 2020 (38,5% participación).</li> </ul> <p>Chile tiene múltiples opciones para reducir sus emisiones de GEI</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cerca de 100 diversas medidas de mitigación para 7 sectores productivos y la economía en su conjunto, agrupadas en 9 escenarios.</li> <li>Al año 2020 se estiman reducciones entre 4,1 y 16,8 millones de tCO<sub>2</sub>eq, comparado con las proyecciones de línea base 2013 (reducciones de 3,5 y 14,4% respectivamente).</li> </ul>
<b>Financiamiento:</b>	Fundación del Fondo de Inversión Infantil (CIFF), la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y los gobiernos de Suiza, Dinamarca y Chile.	<b>Datos utilizados:</b>	Crecimiento de la población, distintos escenarios de crecimiento del PIB, los escenarios de evolución del tipo de cambio nominal y los escenarios de precios de combustibles, línea base de emisiones de GEI nacional 2013-2030, las líneas base sectoriales, los gastos en capital (CAPEX) y en operación (OPEX) de cada una de las medidas de mitigación.

<b>Barreras y retos que superaron:</b>	<p>Poca disponibilidad de algunos datos para los sectores de estudio. Por ejemplo, se observó que en Chile no existen datos para los precios de diferentes medidas de mitigación. Por lo anterior, se consideraron precios de referencia internacionales para realizar las proyecciones de costos.</p> <p>La dificultad del modelo utilizado en Chile radica en la metodología y disponibilidad de datos, donde se utiliza un modelo híbrido de entrada-salida para evaluar los efectos de mitigación de GEI.</p>	<b>Ventajas:</b>	<p>Radica en su capacidad predictiva en cuanto a la obtención de la reducción de emisiones en el tiempo y la reducción de emisiones <i>per cápita</i>. Además, el programa obtiene un modelo macroeconómico que arroja los efectos de los escenarios sobre diferentes indicadores económicos (PIB y empleo).</p>
<b>Documentos de Referencia:</b>	<p>MAPS Chile (2013). Escenarios referenciales para la mitigación del cambio climático en Chile. Disponible en: <a href="http://www.mapschile.cl/files/Fase_1_MAPS_Chile.pdf">http://www.mapschile.cl/files/Fase_1_MAPS_Chile.pdf</a>. Recuperado el: 01/03/2017.</p>		
<b>Página Web:</b>	<p><a href="http://portal.mma.gob.cl/cambio-climatico/proyecto-maps-chile/">http://portal.mma.gob.cl/cambio-climatico/proyecto-maps-chile/</a>  <a href="http://www.mapschile.cl/documentos-de-interes/">http://www.mapschile.cl/documentos-de-interes/</a></p>		

ESTRATEGIA COLOMBIANA DE DESARROLLO BAJO EN CARBONO (ECDDBC)  
(Mitigation Action Plans & Scenarios- MAPS Colombia)



<b>Objetivo:</b>	Identificar y valorar acciones encaminadas a evitar el crecimiento acelerado de las emisiones de GEI a medida que los sectores crecen, desarrollando planes de acción de mitigación en cada sector productivo del país, promoviendo las herramientas para su implementación, incluyendo un sistema de monitoreo y reporte.		
<b>Metodología:</b>	<p>El programa MAPS en Colombia, al igual que en Brasil, Perú y Chile, tiene un papel muy importante en el diseño de su Plan Estratégico para el Cambio Climático, cuyas metas son: i) identificar y evaluar acciones para desacoplar el crecimiento de las emisiones de GEI del crecimiento de los sectores económicos, ii) desarrollar planes de acción de mitigación en cada sector productivo, y iii) crear o desarrollar herramientas para implementación, incluyendo monitoreo e informes.</p> <p>Para la definición de la ECDDBC se construyeron escenarios futuros de emisiones de GEI hasta el año 2040, identificaron medidas de mitigación sectoriales, evaluaron los costos y el potencial de abatimiento de las mismas. Las medidas identificadas y analizadas se basan en el uso eficiente de la energía y en el aprovechamiento de energías renovables. Estas medidas se evaluaron con dos herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Una <b>metodología económica</b> para estimar los costos de las mismas en cada uno de los sectores (análisis sectorial), la cual permite, por ejemplo, la comparación de diferentes tipos de medidas, como la introducción de alumbrado público más eficiente o el uso de programas de forestación, y</li> <li>➤ Un <b>modelo macroeconómico</b> para evaluar los impactos integrados de medidas específicas bajas en carbono en el resto de la economía, incluido el crecimiento económico y el empleo.</li> </ul> <p>Al igual que el modelo chileno, se preparó una trayectoria simple de emisiones de referencia para el año 2040 utilizando una combinación de proyecciones de PIB, población y uso de energía.</p>		
<b>Descripción:</b>	<p>La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDDBC) es un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo, que busca desligar el crecimiento de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) del crecimiento económico nacional a través de medidas sectoriales de mitigación que contribuyen al desarrollo y económico y competitividad de los sectores. La ECDDBC está integrada por 5 componentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Escenarios: Identificar y formular alternativas sectoriales de desarrollo bajo en carbono.</li> <li>2. Planeación: Introducir la variable de desarrollo bajo en carbono en la planeación sectorial a partir de las medidas identificadas.</li> <li>3. Implementación y seguimiento: Impulsar la implementación de los 8 Planes de Acción Sectorial de Mitigación (PAS) y NAMAs; regionalizar la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono; y monitoreo de avances.</li> <li>4. Construcción de capacidades: Generar capacidades en actores nacionales y locales para abordar la mitigación del cambio climático y sus cobeneficios. Promover el cambio climático en las instituciones como un tema transversal al desarrollo.</li> <li>5. Plataforma de comunicación y cooperación internacional: Socializar a través de diversos medios de comunicación los avances de la ECDDBC, así como consolidar una red de cooperantes internacionales.</li> </ol>		
<b>País:</b>	Colombia	<b>Año de elaboración:</b>	2010-2016.
<b>Tipo de modelo:</b>	<i>Bottom-up/top-down</i> . Modelo híbrido de equilibrio general. Simulación de emisiones con MARKAL y LEAP.	<b>Sectores analizados:</b>	Industria, Energía, Minería, Transporte, Vivienda, Residuos y Agricultura.
<b>Organizaciones participantes:</b>	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), a través de la Dirección de Cambio Climático, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación (DNP), los Ministerios Sectoriales de Colombia y la Universidad de Los Andes.	<b>Resultados:</b>	Se identificaron medidas con un alto potencial de mitigación en el sector integrado por la agricultura, la silvicultura y el uso de suelo como son la reforestación de zonas como el Orinoco, sistemas de silvicultura y protección en contra de la deforestación; así como en el transporte público urbano.  La mitigación en el sector eléctrico es mínima debido a que prevalece la generación hidroeléctrica.
<b>Financiamiento:</b>	Recibió apoyo técnico y financiero de 14 diferentes iniciativas internacionales y socios, incluidos el Ministerio de medio ambiente, vivienda y desarrollo sustentable (MADS) y el Departamento de Planeación Nacional (DNP).	<b>Datos utilizados:</b>	Para la versión global, los principales controladores son: Población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales, Recursos energéticos; Generación de energía; Perfiles de emisión; PIB; Población; Recursos de petróleo y gas; Costo tecnológicos, entre otros.
<b>Barreras y retos que superaron:</b>	La dificultad del modelo utilizado en Colombia radica en la metodología y disponibilidad de datos, donde se utiliza un modelo híbrido de entrada-salida para evaluar los efectos de mitigación de GEI. Además, el análisis puntual de diferentes medidas de mitigación de GEI genera mayor complejidad por la necesidad de crear curvas marginales de abatimiento.	<b>Ventajas:</b>	La capacidad predictiva en cuanto a la obtención de la reducción de emisiones en el tiempo y la reducción de emisiones per cápita. Además, el programa obtiene un modelo macroeconómico que arroja los efectos de los escenarios sobre diferentes indicadores económicos (PIB y empleo).
<b>Documentos de Referencia:</b>	Barbará, D. Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDDBC).		
<b>Página Web:</b>	<a href="http://www.cambioclimatico.gov.co/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono">http://www.cambioclimatico.gov.co/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono</a> <a href="http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Estrategia_Colombiana_de_Desarrollo_Bajo_en_Carbono/FOLLETO_DE_PRESENTACION_ECDDBC.pdf">http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Estrategia_Colombiana_de_Desarrollo_Bajo_en_Carbono/FOLLETO_DE_PRESENTACION_ECDDBC.pdf</a>		

PLANIFICACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO (PlanCC) – PERÚ  
(Modelo de equilibrio general computable)



<b>Objetivo:</b>	Contribuir a la transición del Perú hacia un desarrollo bajo en emisiones, incorporando la variable del cambio climático en la planificación del desarrollo del país.		
<b>Metodología:</b>	<p>Desarrollo de un modelo de equilibrio general computable, en el que el análisis <i>top-down</i> emplea modelos econométricos con distintas metodologías (series de tiempos y paneles de datos de efectos fijos) para estimar las relaciones entre el PIB <i>per cápita</i> y las emisiones, utilizando datos históricos y proyecciones futuras considerando el crecimiento económico y los avances tecnológicos. Este modelo fue también alimentado con información sectorial, a partir de una componente BAU <i>bottom-up</i>, que consiste en la medición de las emisiones a partir de información micro de los sectores fuentes de emisión. Con esto se logra reproducir la senda de emisiones del escenario “Todo sigue igual” (BAU) al 2050 y permite estimar el ahorro de emisiones ante cambios en la actividad productiva o en el uso de suelos en la Amazonía peruana, dando lugar a cinco escenarios de mitigación: Rápido, Ahorro, Sostenible y Requerido por la Ciencia (RBS, <i>por sus siglas en inglés</i>).</p> <p>Se comparó la línea base con el escenario de mayor optimismo en cuanto a reducción de emisiones que es el escenario denominado “sostenible”, que integra 33 medidas de mitigación con un potencial de mitigación ambicioso; analizando también los efectos sobre el PIB, la inversión, distribución del ingreso, pobreza, ahorro, competitividad, salud e impactos ambientales.</p>		
<b>Descripción:</b>	<p>El PlanCC se realiza en el marco del Programa MAPS en Perú. Este Plan consta de 3 fases:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Fase 1. Pre-inversión 2012-2014, en el que se identificaron 77 acciones de mitigación técnicamente viables y cinco escenarios de adopción de estas medidas para el año 2050 en seis sectores (energía, transporte, residuos, agricultura, forestal y procesos industriales).</li> <li>Fase de apoyo a la iNDC 2014-2015.</li> <li>Fase 2. Planificación 2015-2016, diseño y elaboración de políticas públicas, herramientas y metodologías para el desarrollo bajo en emisiones de GEI.</li> <li>Fase 3. Implementación 2017-2020.</li> </ol> <p>De las 77 medidas de mitigación y los cinco escenarios que integra el PlanCC, la implementación de las 33 medidas de mitigación contenidas en el escenario “sostenible” generarían a largo plazo, un impacto económico positivo en el Perú. Incluso, se demuestra que este escenario resultaría en mayores niveles de inversión en el periodo de estudio, ingresos adicionales para la población, mejor calidad ambiental, una mejora de la competitividad, mayor seguridad energética y mayores niveles del PIB. Específicamente, este escenario podría reducir las emisiones <i>per cápita</i> a la mitad de lo proyectado al 2050 en el escenario BAU, pasando de 8 a 4.3 tCO<sub>2</sub>e, con un ligero incremento en el PIB <i>per cápita</i> de más de 5 veces entre 2010 y 2050. El escenario “sostenible” requiere además, inversiones adicionales por más de 7 mil 300 millones soles.</p>		
<b>País:</b>	Perú.	<b>Año de elaboración:</b>	2012-2014 (Fase 1); 2015-2016 (Fase 2) y 2017-2020 (Fase 3).
<b>Tipo de modelo:</b>	<i>Top-down/Bottom-up</i> : Modelo híbrido de equilibrio general computable.	<b>Sectores analizados:</b>	Energía, transporte, procesos industriales, agricultura, forestal y residuos.
<b>Organizaciones participantes:</b>	Ministerio de Economía y Finanzas, Ministerio de Asuntos Exteriores, Centro Nacional de Planeación Estratégica (CEPLAN), Helvetas Swiss Inter-Cooperation y Libélula.	<b>Resultados:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actualización del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Perú al año 2009.</li> <li>Construcción de cinco escenarios de mitigación del cambio climático en Perú al 2050.</li> <li>Identificación de 77 opciones de mitigación para el Perú al 2050.</li> <li>Elaboración de Curva de Costo Marginal (MACC).</li> </ul>
<b>Financiamiento:</b>	Fundación del Fondo de Inversión Infantil (CIFF), la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y el Gobierno de Suiza.	<b>Datos utilizados:</b>	Para la versión global, los principales controladores son: Población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales, Recursos energéticos; Generación de energía; Perfiles de emisión; PIB; Población; Recursos de petróleo y gas; Costo tecnológicos, entre otros.
<b>Barreras y retos que superaron:</b>	Al igual que el caso de Chile y Colombia, la dificultad de este modelo radica en la metodología y disponibilidad de datos, donde se utiliza un modelo híbrido de entrada-salida para evaluar los efectos de mitigación de GEI. El uso de una matriz de contabilidad social (SAM) para recoger los principales flujos de la economía y el cálculo de la intensidad de emisiones por actividad económica, a través de la actualización de inventarios.	<b>Ventajas:</b>	Permite la evaluación de un número amplio de medidas de mitigación en diversos sectores en un periodo de largo plazo como es el año 2050, teniendo entre sus datos de salida, impactos específicos en distintos indicadores económicos.
<b>Documentos de Referencia:</b>	<p>Apoyo consultoría (2014). Modelo de equilibrio general para la evaluación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero: evaluación de medidas transversales (2010-2050). Disponible en: <a href="http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/7-Modelo-de-Equilibrio-General-Computable.pdf">http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/7-Modelo-de-Equilibrio-General-Computable.pdf</a>.</p> <p>PlanCC (2014). Escenarios de mitigación del cambio climático en el Perú al 2050. Disponible en: <a href="http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/plancc_escenarios_de_mitigacion_del_cambio_climatico_en_el_peru_al_2050_analisis_de_resultados-14-1.pdf">http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/plancc_escenarios_de_mitigacion_del_cambio_climatico_en_el_peru_al_2050_analisis_de_resultados-14-1.pdf</a></p>		
<b>Página Web:</b>	<a href="http://planccperu.org/">http://planccperu.org/</a>		

PLANIFICACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO (PlanCC) – PERÚ  
(Modelo de equilibrio general computable)



<b>Objetivo:</b>	Contribuir a la transición del Perú hacia un desarrollo bajo en emisiones, incorporando la variable del cambio climático en la planificación del desarrollo del país.		
<b>Metodología:</b>	<p>Desarrollo de un modelo de equilibrio general computable, en el que el análisis <i>top-down</i> emplea modelos econométricos con distintas metodologías (series de tiempos y paneles de datos de efectos fijos) para estimar las relaciones entre el PIB <i>per cápita</i> y las emisiones, utilizando datos históricos y proyecciones futuras considerando el crecimiento económico y los avances tecnológicos. Este modelo fue también alimentado con información sectorial, a partir de una componente BAU <i>bottom-up</i>, que consiste en la medición de las emisiones a partir de información micro de los sectores fuentes de emisión. Con esto se logra reproducir la senda de emisiones del escenario “Todo sigue igual” (BAU) al 2050 y permite estimar el ahorro de emisiones ante cambios en la actividad productiva o en el uso de suelos en la Amazonía peruana, dando lugar a cinco escenarios de mitigación: Rápido, Ahorro, Sostenible y Requerido por la Ciencia (<i>RBS, por sus siglas en inglés</i>).</p> <p>Se comparó la línea base con el escenario de mayor optimismo en cuanto a reducción de emisiones que es el escenario denominado “sostenible”, que integra 33 medidas de mitigación con un potencial de mitigación ambicioso; analizando también los efectos sobre el PIB, la inversión, distribución del ingreso, pobreza, ahorro, competitividad, salud e impactos ambientales.</p>		
<b>Descripción:</b>	<p>El PlanCC se realiza en el marco del Programa MAPS en Perú. Este Plan consta de 3 fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>e) Fase 1. Pre-inversión 2012-2014, en el que se identificaron 77 acciones de mitigación técnicamente viables y cinco escenarios de adopción de estas medidas para el año 2050 en seis sectores (energía, transporte, residuos, agricultura, forestal y procesos industriales).</li> <li>f) Fase de apoyo a la iNDC 2014-2015.</li> <li>g) Fase 2. Planificación 2015-2016, diseño y elaboración de políticas públicas, herramientas y metodologías para el desarrollo bajo en emisiones de GEI.</li> <li>h) Fase 3. Implementación 2017-2020.</li> </ul> <p>De las 77 medidas de mitigación y los cinco escenarios que integra el PlanCC, la implementación de las 33 medidas de mitigación contenidas en el escenario “sostenible” generarían a largo plazo, un impacto económico positivo en el Perú. Incluso, se demuestra que este escenario resultaría en mayores niveles de inversión en el periodo de estudio, ingresos adicionales para la población, mejor calidad ambiental, una mejora de la competitividad, mayor seguridad energética y mayores niveles del PIB. Específicamente, este escenario podría reducir las emisiones <i>per cápita</i> a la mitad de lo proyectado al 2050 en el escenario BAU, pasando de 8 a 4.3 tCO<sub>2</sub>e, con un ligero incremento en el PIB <i>per cápita</i> de más de 5 veces entre 2010 y 2050. El escenario “sostenible” requiere además, inversiones adicionales por más de 7 mil 300 millones soles.</p>		
<b>País:</b>	Perú.	<b>Año de elaboración:</b>	2012-2014 (Fase 1); 2015-2016 (Fase 2) y 2017-2020 (Fase 3).
<b>Tipo de modelo:</b>	<i>Top-down/Bottom-up</i> : Modelo híbrido de equilibrio general computable.	<b>Sectores analizados:</b>	Energía, transporte, procesos industriales, agricultura, forestal y residuos.
<b>Organizaciones participantes:</b>	Ministerio de Economía y Finanzas, Ministerio de Asuntos Exteriores, Centro Nacional de Planeación Estratégica (CEPLAN), Helvetas Swiss Inter-Cooperation y Libélula.	<b>Resultados:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Perú al año 2009.</li> <li>• Construcción de cinco escenarios de mitigación del cambio climático en Perú al 2050.</li> <li>• Identificación de 77 opciones de mitigación para el Perú al 2050.</li> <li>• Elaboración de Curva de Costo Marginal (MACC).</li> </ul>
<b>Financiamiento:</b>	Fundación del Fondo de Inversión Infantil (CIFF), la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y el Gobierno de Suiza.	<b>Datos utilizados:</b>	Para la versión global, los principales controladores son: Población, PIB, PIB per cápita, número de hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales, Recursos energéticos; Generación de energía; Perfiles de emisión; PIB; Población; Recursos de petróleo y gas; Costo tecnológicos, entre otros.
<b>Barreras y retos que superaron:</b>	Al igual que el caso de Chile y Colombia, la dificultad de este modelo radica en la metodología y disponibilidad de datos, donde se utiliza un modelo híbrido de entrada-salida para evaluar los efectos de mitigación de GEI. El uso de una matriz de contabilidad social (SAM) para recoger los principales flujos de la economía y el cálculo de la intensidad de emisiones por actividad económica, a través de la actualización de inventarios.	<b>Ventajas:</b>	Permite la evaluación de un número amplio de medidas de mitigación en diversos sectores en un periodo de largo plazo como es el año 2050, teniendo entre sus datos de salida, impactos específicos en distintos indicadores económicos.
<b>Documentos de Referencia:</b>	<p>Apoyo consultoría (2014). Modelo de equilibrio general para la evaluación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero: evaluación de medidas transversales (2010-2050). Disponible en: <a href="http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/7-Modelo-de-Equilibrio-General-Computable.pdf">http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/7-Modelo-de-Equilibrio-General-Computable.pdf</a>.</p> <p>PlanCC (2014). Escenarios de mitigación del cambio climático en el Perú al 2050. Disponible en: <a href="http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/plancc_escenarios_de_mitigacion_del_cambio_climatico_en_el_peru_al_2050_analisis_de_resultados-14-1.pdf">http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/plancc_escenarios_de_mitigacion_del_cambio_climatico_en_el_peru_al_2050_analisis_de_resultados-14-1.pdf</a></p>		
<b>Página Web:</b>	<a href="http://planccperu.org/">http://planccperu.org/</a>		

**POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN LOS SISTEMAS AISLADOS DE LA AMAZONIA: BRASIL, BOLIVIA, COLOMBIA Y PERÚ**  
(HOMER *Modelo* de optimización para sistemas eléctricos)



<b>Objetivo:</b>	Evaluar el potencial económico de generación fotovoltaica en la región amazónica de cuatro países: Brasil, Bolivia, Colombia, Perú, el cual se define como la configuración óptima del sistema que resultaría en menores costos a valor presente en comparación con los sistemas utilizados actualmente.		
<b>Metodología:</b>	El procedimiento utilizado en este estudio para evaluar el desempeño técnico-económico de las tecnologías de generación apropiadas a sistemas aislados de la Amazonia enfatizó dos opciones: motores de combustión por compresión (ciclo Diesel) y sistemas híbridos fotovoltaicos-diesel. Se recopilaron las características de las unidades de generación de los sistemas aislados de cada país en la Amazonía, distribuidas por rango de capacidades, con el objetivo de clasificarlas por sistemas típicos, que representasen sus diferentes rangos de capacidad y las demandas que éstos atienden. Se utilizaron costos de inversión y operación recopilados por fabricantes y operadores, y con base en eficiencias de operación reales, se caracterizó cada sistema típico. Se utilizó el modelo HOMER para realizar simulaciones de sistemas de generación convencional y sistemas híbridos térmicos-fotovoltaicos e identificar el potencial económico de generación óptimo para dicha región.		
<b>Descripción:</b>	Se definió el potencial económico de estos países, como la configuración óptima del sistema que resultaría en menores costos a valor presente en comparación con los sistemas utilizados actualmente (motores recíprocos a diésel y combustóleo), utilizado el modelo HOMER.		
<b>País:</b>	Brasil, Bolivia, Colombia y Perú.	<b>Año de elaboración:</b>	2013.
<b>Tipo de modelo:</b>	<i>Bottom-up</i> , Modelo de equilibrio parcial subsectorial que desarrolla simulación y optimización.	<b>Sectores analizados:</b>	Sector energético (sistemas de generación convencional y sistemas híbridos térmicos-fotovoltaicos).
<b>Organizaciones participantes:</b>	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Postgrado e Investigación en Ingeniería (COPPE/UFRJ).	<b>Resultados:</b>	Los resultados de la simulación mostraron que, en algunas configuraciones de sistemas típicos, específicamente en los que los generadores diésel eran de menor tamaño, los sistemas híbridos presentaban menores costos a valor presente.
<b>Financiamiento:</b>	No disponible.	<b>Datos utilizados:</b>	PIB, número de usuarios del servicio de energía eléctrica. Precios de combustibles, costos variables de O&M, entre otros.
<b>Barreras y retos que superaron:</b>	No disponible.	<b>Ventajas:</b>	HOMER simula el funcionamiento de una microrred híbrida durante todo un año, en pasos de tiempo de un minuto a una hora.
<b>Documentos de Referencia:</b>	Chavez Rodriguez, M.F. y et al. (2013). Potencial de aproveitamento de painéis fotovoltaicos nos sistemas isolados da Amazônia: Brasil, Bolívia, Colômbia e Peru. XV Congresso Brasileiro de Energia - CBE. OLADE (2017). Manual de Planificación energética. Quito, Ecuador. 2da edición, marzo 2017. Pág. 206. Disponible en: <a href="http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0378.pdf">http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0378.pdf</a> . Consultado el: 01/03/2018.		
<b>Página Web:</b>	<a href="https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html">https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html</a>		




**POLÍTICAS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN BRASIL Y MÉXICO: Resultados del Modelo MIT EPPA**  
(MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model)



<b>OBJETIVO:</b>	Demostrar si los compromisos que México y Brasil asumieron para el año 2020 durante las reuniones climáticas de la ONU en Copenhague y Cancún son alcanzables, comparando opciones de reducción de gases de efecto invernadero en ambos países, así como explorar similitudes y diferencias en sus potenciales para la mitigación del cambio climático.		
<b>Metodología:</b>	Se utilizó el modelo EPPA para analizar 8 diferentes escenarios y sus impactos sobre distintos indicadores económicos, incluyendo objetivos y métodos de mitigación específicos para cada uno de éstos. Los escenarios fueron desarrollados mediante LAMP/CLIMACAP, considerando que el comercio de emisiones entre sectores dentro de una región siempre está permitido, pero el comercio entre regiones es parcialmente limitado: se permite el comercio entre países latinoamericanos y el comercio entre países no latinoamericanos, pero los países de América Latina no comercian con países no latinoamericanos. Esta restricción se hizo para asegurar la comparabilidad entre los modelos regionales y globales que participan en el ejercicio.		
<b>Descripción:</b>	Este estudio evaluó las implicaciones a corto y largo plazo, tanto para Brasil como para México, de siete escenarios de políticas posterior al 2020, con respecto a electricidad, uso final de la energía (industria, transporte y, residencial y comercial) y cambios de uso de suelo. Estos escenarios son: 1) Escenario 1b (Línea base de política): compromisos de mitigación; 2) Escenario 2a (precio US\$10/tCO <sub>2</sub> e, a partir de 2020 y aumentando 4% cada año; 3) Escenario 2c (Precio US\$50/tCO <sub>2</sub> e): a partir de 2020 y aumentando 4% cada año; 4) Escenario 2d (20% de reducción de GEI): límite de emisiones totales, reduciendo los niveles de CO <sub>2</sub> e de 2010 en 5% en 2010, 10% en 2030, 15% para 2040 y 20% de 2050 en adelante; 5) Escenario 2e (50% reducción GEI): límite máximo riguroso de emisiones, reduciendo los niveles de CO <sub>2</sub> e de 2010 en 12.5% para 2020, 25% para 2030, 37.5% para 2040, y 50% de 2050 en adelante; 6) Escenario 2f (20% de reducción en emisiones de combustibles fósiles e industria): se reducen en un 5% en 2020y aumentando linealmente hasta el 20% en 2050, con respecto a 2010; y 7) Escenario 2 g (50% de reducción en emisiones de combustibles fósiles e industria): un tope a las emisiones de CO <sub>2</sub> , reduciendo 12.5% en 2020 y aumentando linealmente a 50% en 2050, con respecto a 2010.		
<b>País:</b>	Brasil y México	<b>Año de elaboración:</b>	2015
<b>Tipo de modelo:</b>	EPPA (MEG). <i>Top-down</i> , modelo dinámico de equilibrio general plurirregional y multisectorial.	<b>Sectores analizados:</b>	Sectores de demanda intermedia y final, y sectores de suministro y conversión de energía.
<b>Organizaciones participantes:</b>	Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y la Escuela de Economía de Sao Paulo.	<b>Resultados:</b>	Brasil y México pueden cumplir con sus compromisos de mitigación de GEI hacia el año 2020, aunque con tenues costos diferenciados entre ellos. Asimismo, cuentan con diversas opciones para la reducción de sus emisiones: uso de tecnología de bajo carbono existentes y nuevas en sus procesos de producción y uso final de energía, así como el aumento de la eficiencia energética, la cual juega un papel relevante. Para lograr metas de reducción substanciales, ambos países requieren cambios a gran escala en sus sistemas energéticos, como lo es la descarbonización total de la electricidad. Sin embargo, esto implica impactos económicos sustanciales, como pérdidas en su PIB durante un periodo de 30 años en un rango del 4 al 11% para México y de 0 a 4% para Brasil, siendo visible que los efectos son más agresivos para los indicadores de México. Si bien Brasil y México tienen muchos desafíos por delante, como en el caso del sector transporte, el cual requiere de alternativas que ayuden a reducir eficientemente el uso de la energía (como mayor flexibilidad de la flota, transporte público o tecnologías más limpias como transporte eléctrico tanto público como privado), están en la dirección correcta para la mitigación de sus emisiones de GEI.
<b>Financiamiento:</b>	Mario Molina Center, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq).	<b>Datos utilizados:</b>	Datos económicos y energéticos.

<b>Barreras y retos que superaron:</b>	Al igual que los otros modelos MEG, la dificultad de este modelo radica en la metodología, donde se agrupa un análisis sectorial y macroeconómico de los efectos de mitigación de GEI.	<b>Ventajas:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El modelo EPPA se puede usar como un modelo independiente de la economía global para el estudio del gas de efecto invernadero emisiones y política ambiental.</li> <li>• El modelo proporciona valores de referencia para algunas de las entradas requeridas.</li> </ul>
<b>Documentos de Referencia:</b>	Octaviano, C. et al (2015). Climate change policy in Brazil and Mexico: Results from the MIT EPPA model. ENEECO-03057; No of Pages 15.		
<b>Página Web:</b>	<a href="https://globalchange.mit.edu/research/research-tools/eppa">https://globalchange.mit.edu/research/research-tools/eppa</a> ; <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988315001292">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988315001292</a>		

<b>PLAN DE EXPANSIÓN DE MENOR COSTO PARA EL AÑO 2010 - JAMAICA</b> (Wien Automatic System Planning - WASP-IV)			
<b>Objetivo:</b>	Ubicar estrategias de expansión para el desarrollo del plan de energía de bajo costo en Jamaica.		
<b>Metodología:</b>	<p>Para el proceso de planificación de la oferta fue utilizado el modelo WASP. El horizonte de tiempo del plan fue de 20 años. El nivel de confiabilidad requerido es de un LOLP (<i>Loss of Load Probability</i>) equivalente a dos días por año (0.55%). El costo de la energía no servida utilizado fue de US\$ 2.32/kWh, la tasa de descuento 11.95%. El objetivo de energía no servida esperada no debía exceder 1% en un año calendario y fue establecido un margen de reserva mínimo de 25%. No se colocaron restricciones ambientales para la realización del Plan de Energía de Bajo Costo (<i>LCEP, por sus siglas en inglés</i>).</p> <p>Las características de las plantas para la entrada al modelo fueron definidas con base en su desempeño histórico en 2009; año en que aproximadamente el 95% de la producción de energía eléctrica en Jamaica fue con base en centrales térmicas de derivados de petróleo, el resto eran centrales hidroeléctricas de pequeña escala y eólicas.</p>		
<b>Descripción:</b>	<p>En Jamaica las inversiones para la expansión de la capacidad de generación en el sistema eléctrico pretendían ser realizadas por medio del desarrollo del “Plan de Expansión de Menor Costo para el año 2010” (LCEP-Low Cost Energy Plan) (OUR, 2010), responsabilidad de la Oficina de Regulación de Servicios Públicos (<i>OUR, por sus siglas en inglés</i>), considerando los objetivos estratégicos de la Política Nacional Energética 2009-2030.</p> <p>Se consideraron tres estrategias de expansión para el desarrollo del Plan: Caso Gas Natural, Caso Gas Natural/Carbón y Caso <i>Business-as-usual</i>. La diferencia entre los tres casos depende básicamente de la disponibilidad de gas natural licuado (GNL) en el 2013, y de la disponibilidad de carbón al 2016. Se simuló las tres estrategias en el WASP, y el plan óptimo para cada estrategia resultó en costos de US\$5.77 billones, US\$5.84 billones y US\$8.17 billones, respectivamente. Posteriormente, se realizó el análisis de sensibilidad con base en demandas optimistas y pesimistas, y diferentes escenarios de precios.</p>		
<b>País:</b>	Jamaica	<b>Año de elaboración:</b>	2010
<b>Tipo de modelo:</b>	<i>Bottom-up</i> , Modelo subsectorial de equilibrio parcial. Uso de optimización.	<b>Sectores analizados:</b>	Sector energético.

## Referencias bibliográficas

A.M. Thomson, K. C.-A.-L. (2011). RCP4.5: A pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. In *Climatic Change* (pp. 77-94).

Apoyo Consultoría, P. C. (2014). Modelo de equilibrio general para la evaluación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero: evaluación de medidas transversales (2010-2050). Retrieved from PlanCC: <http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/7-Modelo-de-Equilibrio-General-Computable.pdf>.

Bajo en Carbono. (16 de Octubre de 2013). Desarrollo de un portafolio de inversión en infraestructura y servicios de bajas emisiones en ciudades: herramientas y enfoques. Obtenido de <https://es.slideshare.net/bajoencarbono/congreso-investigacion-cambio-climtico>

Barbará, D. (2014). Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDDB).

Benavides, C., Gonzalez, L., Diaz, M., & Fuentes. (2015). The Impact of a Carbon Tax on the Chilean Electricity. *Energies* 2015.

Böhringer, C., & Rutherford, T. (2009). Integrated assessment of energy policies: Decomposing top-down and bottom-up.

Botterud, A. (2003). Long Term Planning in Restructured power Systems: Dynamic Modelling of Investments on New Power Generation under Uncertainty. NTNU: Norwegian University of Science and Technology.

Carbon Brief. Clear on climate. (2018). How 'integrated assessment models' are used to study climate change. Obtenido de <https://www.carbonbrief.org/qa-how-integrated-assessment-models-are-used-to-study-climate-change>

Centro Mario Molina. (septiembre de 2010). La ruta de México hacia una economía sustentable de baja intensidad de carbono.

CEPAL. (2012). Evaluación de las mejoras ambientales en el transporte público de Santiago, 2007-2010. Santiago.

Chávez, M. (2013). Potencial de aproveitamento de painéis fotovoltaicos nos sistemas isolados da Amazônia: Brasil, Bolívia, Colômbia e Peru. XV Congresso Brasileiro de Energia - CBE.

Chisari, O., Maquieyra, J., & Miller, S. (2012). Manual sobre Modelos de Equilibrio General Computado para Economías de LAC con Énfasis en el Análisis Económico del Cambio Climático. Banco Interamericano de Desarrollo.

CIS Consultores en Transporte. (2001). Informe Ejecutivo Estudio "Análisis Modernización de Transporte Público, V Etapa". Santiago de Chile: Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN).

CNE, C. N. (2009). Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2008-2022.

- de Dios Ortuzar, J., & Willumsen, L. (2011). Modelling Transport.
- Di Sbroiavacca, e. a. (2016). Emissions reduction scenarios in the Argentinean Energy Sector. *Energy Economics* Volume 56, 552-563.
- DNP. (2014). Análisis de los Impactos Económicos del Cambio Climático para Colombia utilizando un MEG4C.
- Dyner, I. (2001). From planning to strategy in the electricity industry. *Energy Policy*, 1145-1154.
- ECN. (2011). Design of a European sustainable hydrogen model. Retrieved from ECN: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/e11041.pdf>
- Harberger, A. (1962). The Incidence of the Corporate Income Tax. *Journal of Political Economy*(70), 215-240.
- Helgesen, P. I. (2013). Top - down and Bottom - up: Combining energy system models and macroeconomic general equilibrium models. CensSES working paper .
- IAEA. (2008). Cuba: A country profile on the development of sustainable energy.
- IIASA. (2001). Model MESSAGE. . International Institute for Applied Systems Analysis .
- Jäger, T., Schmidt, S., & Karl, U. (2009). Ein System Dynamics Modell des deutschen Strommarktes - Modellentwicklung und Anwendung in der Unternehmenspraxis. *Energiesystemanalyse*, 79-97.
- Kepaptsoglou, K., & Karlaftis, M. (2009). Transit Route Network Design Problem: Review. *JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING*, 15. doi:10.1061/(ASCE)0733-947X(2009)135:8(491)
- LouLou, R., Goldstein , G., & Noble, K. (2004). Documentation for the MARKAL Family of Models. ETSAP.
- Loulou, R., Remne, U., Kanudia, A., & Lehtila, A. (2005). Documentation for the TIMES Model.
- MAPS CHILE, P. (2013). Escenarios referenciales para la mitigación del cambio climático en Chile. Retrieved from MAPS CHILE: [http://www.mapschile.cl/files/Fase\\_1\\_MAPS\\_Chile.pdf](http://www.mapschile.cl/files/Fase_1_MAPS_Chile.pdf).
- Octaviano, C. e. (2015). Climate change policy in Brazil and Mexico: Results from the MIT EPPA model. *ENEECO-0305*, 15.
- OLADE. (2017). Manual de Planificación Energética 2017.
- P. Criqui, A. K. (2003). Greenhouse gas reduction pathways in the UNFCCC Process up to 2025 - Technical Report. Grenoble, Francia: CNRS-IEPE.
- PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. (2013). IMAGE Integrated Model to Assess the Global Environment.
- PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. (2018). Distribution of land-use systems.

- Pereira, A., & Saraiva, J. (2009). A decision support tool for generation expansion planning in competitive markets using System Dynamics models. Bucharest.
- PNUMA. (2014). Hacia una economía verde en Uruguay: condiciones favorables y oportunidades.
- Serra-Puche, J. (1984). A General Equilibrium Mod. En H. Scarf, & J. Shoven, Applied General Equilibrium (págs. 447-481).
- Soria, R. (2013). Biogás: Una alternativa para la expansión de generación eléctrica en el Ecuador. Revista Técnica de Energía, 9, 232.
- Sterman, J. D. (1991). Obtenido de [http://web.mit.edu/jsterman/www/Skeptic's\\_Guide.pdf](http://web.mit.edu/jsterman/www/Skeptic's_Guide.pdf)
- Stern, N. (2016). Economics: Current climate models are grossly misleading. Nature. 2016 Feb 25;530(7591):407-9. doi: 10.1038/530407a.
- Torres Chacón, J. L. (2010). Aspectos de economía avanzada. Málaga: Universidad de Málaga.
- Vogt Schiln, A., Hallegatte, S., & de Gouvello, C. (2014). Marginal abatement cost curve and the quality of emission reductions a case study on Brazil, Climate Policy (Vol. 15:6). doi:10.1080/14693062.2014.953908
- Vogt-Schilb, A., & Hallegatte, S. (04 de 11 de 2013). Science Direct. Obtenido de Marginal abatement cost curves and the optimal timing of mitigation measures: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151301152X>
- Vogt-Schilb, A., Meunier, G., & Hallegatte, S. (2018). When starting with the most expensive option makes sense: Optimal timing, cost and sectoral allocation of abatement investment. Journal of Environmental Economics and Management. Vol. 88, 210-233.
- Wei, Y.-M., Wu, G., Fan, Y., & Liu, L.-C. (2006). Progress in energy complex system modelling. Int. J. Global Energy Issues Vol. 25, Nos. 1/2, 109-128.
- Wills, W., Grottera, C., Weiss, M., Wanderlei, M., Dos Santos, L., Moura, G., & Moreira, M. (2014). Brazilian Mitigation Scenarios Beyond 2020: Modelling and Methodologies. (A. Pereira, Ed.) CDKN Linking Project, COPPE/UFRJ.





## Anexo C. Estudio de Casos





## Anexo C. Estudio de Casos

### Contenido

1. Fichas Rápidas de Casos de Estudio en Energías Renovables.....	309
Sector: Energías Renovables - Costa Rica.....	321
Sector: Energías Renovables - Chile.....	332
Sector: Transporte - Chile.....	338
Sector: Eficiencia Energética -México.....	351
2. Otros casos de referencia.....	358
2.1. Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en 12 países. Caso México con el soporte LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning).....	361
2.2. Programa MAPS.....	362
2.2.1. IES-Brasil .....	362
2.2.2. MAPS Chile .....	364
2.2.3. Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), modelo MEG con simulación con MARKAL y LEAP.....	365
2.2.4. Planificación ante el cambio climático (PlanCC) .....	367
2.3. Super OLADE (Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2008-2022) .....	368
2.4. Homer (Potencial de aprovechamiento de paneles fotovoltaicos en los sistemas aislados de la Amazonia: Brasil, Bolivia, Colombia y Perú).....	370
2.5. Análisis Multi-modelo (Políticas de cambio climático en Brasil y México).....	371
2.6. WASP-IV (Wien Automatic System Planning).....	372
2.7. RETSceen (Biogás: Una alternativa para la expansión de generación eléctrica en el Ecuador).....	373
3. EXPERIENCIA UNIÓN EUROPEA .....	375
3.1. Modelo M3E.....	375
3.2. Modelo POLES - GEM-E3 (Escenarios de política climática global para 2030) .....	377
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	379

### Tablas

Tabla 1. Proceso de modelación - Plan de la expansión de la generación eléctrica .....	324
Tabla 2. Proceso de modelación - Mesa Redonda de Geotermia.....	334
Tabla 3. Proceso de Modelación - Transporte.....	343
Tabla 4. Proceso de Modelación - Hoja de Ruta.....	354

## Ilustraciones

Ilustración 1. Proceso de operación y planeación en el corto y mediana plazo del transporte.....	341
Ilustración 2. Proceso de modelación para la planeación a largo plazo de Chile. .....	342
Ilustración 3. Secuencia metodológica de MODEM. ....	342
Ilustración 4. Enfoque metodológico: Esquema de modelado .....	363
Ilustración 5. Estructura del Modelo M3E.....	376

## Estudios de Caso en América Latina y el Caribe

Como parte de la Guía de Planeación se presentan valiosos **casos de estudio** de experiencias de países de la región LAC en los sectores prioritarios planteados en este estudio: **energía renovable, eficiencia energética y transporte**; con el objetivo de brindar **ejemplos prácticos en la aplicación de modelos para la planeación ante el cambio climático**, incluyendo situaciones favorables de instrumentos de política y otras intervenciones que contribuyeron al éxito en la adopción de tecnologías.

Los casos de estudio presentados han generado evidencia adecuada, datos cualitativos basados en la comprensión de la modelación, y recomendaciones de planeación en la dirección correcta de apoyar una futura implementación tecnológica con potencial de mejores resultados y mayores impactos.

Por definición una **buena práctica**, por su impacto y replicabilidad, tiene el potencial de convertirse en parte de un marco normativo (por ejemplo: un principio, norma, lineamiento, mandato, etc.).

Los casos fueron seleccionados, no por ser una situación perfecta, sino por su carácter de prácticas “prometedoras” que en su mayoría se encuentran en fase de ser probados y replicados; incluyen estructuras epistemológicas integrales en la formulación y aplicación de modelos para la planeación y contribuyen con lecciones aprendidas en el establecimiento de un robusto proceso de planeación.

Las experiencias de los casos de estudio, además de ser técnica, legal y económicamente viables y replicables, cumplieron con al menos alguno de los siguientes criterios considerados como de una buena práctica:

**Efectividad y éxito:** un caso práctico que ha probado su relevancia estratégica y metodológica como la manera más efectiva de alcanzar una meta (ej.: diseño de una política, proceso de planeación, implementación de medidas, etc.), que ha sido adoptada en diversos contextos y ha tenido un impacto positivo.

**Sustentable:** una buena práctica cubre necesidades actuales (ambientales, económicas, sociales y políticas) sin comprometer la habilidad de cubrir necesidades futuras.

**Sensibilizado:** demuestra como los actores involucrados directa o indirectamente en el proceso pueden mejorar su bienestar.

**Viabilidad técnica:** el estudio debe ser relativamente fácil de aprender y aplicar. Cuando el impacto de la acción se comprueba, la viabilidad es probada.

**Participativo:** procesos participativos son esenciales para validar las acciones y la propiedad de las decisiones.

**Replicabilidad y adaptabilidad:** debe tener un potencial de replicabilidad y de adaptarse a metas similares en diversas simulaciones.

**Manejo de riesgos:** una buena práctica contiene un mecanismo de manejo o mitigación de riesgo y es un practica resiliente por sí misma.

## 1. Fichas Rápidas de Casos de Estudio en Energías Renovables



NOMBRE DEL CASO:	Proceso de planeación del desarrollo eléctrico y elaboración de Plan de Expansión de la Generación 2016-2035				
PAÍS:	Costa Rica	AÑO:	2016 - 2018	SECTOR/SUBSECTOR:	Energía/ Electricidad
INSTITUCIÓN(ES) RESPONSABLE(S)	Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) - Dirección de Planificación y Desarrollo Eléctrico y Dirección Corporativa de Electricidad Unidad de Sostenibilidad		ACTORES INVOLUCRADOS:	<i>Políticas Energéticas:</i> Ministerio de Ambiente y Energía, MINAE <i>Planificación:</i> Secretaria de Planificación Sector Energía, SEPSE	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	El Instituto Costarricense de Electricidad, debe por Ley, asegurar el suministro eléctrico nacional en el corto y largo plazo. Para cumplir esta tarea debe garantizar el equilibrio de la oferta y la demanda de la electricidad. El instrumento utilizado en la planificación para asegurar la adecuada oferta eléctrica en los años venideros es la realización periódica de planes de expansión de la generación eléctrica que proporcionen respuestas a los requerimientos definidos en las proyecciones de demanda eléctrica futura.				
MODELOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS:	<b>Redes Neuronales:</b> Estas simulaciones proveen una estimación de las ventas a clientes finales en cada sector de consumo, a la que se le aplican factores de pérdidas y de carga del sistema para estimar la demanda de generación y potencia máxima del sistema.				

	<p><b>SUPER OLADE 6.0:</b> Se utiliza el módulo de demanda con el fin de transformar la proyección de la demanda anual (potencia MW y energía GWh) a datos mensuales por bloque de demanda.</p> <p><b>OPTGEN 7.2.7:</b> Se utiliza para generar planes de expansión de mínimo costo. Las inversiones se optimizan en conjunto con los costos operativos, para lo cual la operación se simula con detalle utilizando el modelo SDDP. Ambos modelos están integrados y comparten la misma base de datos.</p> <p><b>SDDP:</b> Utiliza la denominada programación dinámica dual estocástica para simular el comportamiento de un sistema interconectado, incluyendo líneas de transmisión (opción que no se utiliza en el presente caso). Esta herramienta es muy valiosa para la simulación de los planes de expansión nacionales porque está especialmente formulado para resolver las complejidades de sistemas hidrotérmicos con múltiples embalses.</p>
<b>OBJETIVO DE LA MODELACIÓN:</b>	Plantear una estrategia de desarrollo del sistema de generación del país en el largo plazo que sirva de referencia para la toma de decisiones de los diferentes actores que participan en el desarrollo eléctrico del país.
<b>RESULTADOS:</b>	Plan de la expansión de largo plazo de la generación (PEG) 2016 - 2035. Escenarios de inversión y desarrollo del sector eléctrico de bajo carbono orientados hacia la neutralidad de emisiones de carbono al 2030 de la generación eléctrica. <b>Construcción de cuatro escenarios:</b> (1) planta hidroeléctrica Diquís, (2) estrategia GNL, (3) estrategia mixta y (4) escenario de desarrollo geotérmico acelerado.
<b>IMPACTO:</b>	El propósito del PEG es plantear una estrategia de desarrollo del sistema de generación del país en el largo plazo que sirva de referencia para la toma de decisiones de los diferentes actores que participan en el desarrollo eléctrico del país. El PEG define un plan de largo plazo, focalizado en las decisiones críticas y estratégicas de la expansión de la generación. Estas decisiones deben cumplir con criterios económicos y ambientales, así como enmarcarse en las políticas nacionales e institucionales en materia energética.
<b>FACTORES DE ÉXITO:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Un proceso riguroso del ciclo de planificación de la expansión.</li> <li>✓ Un equipo de planificación y modelación capacitado y con experiencia.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disponer de herramientas de modelación para llevar a cabo los procesos.</li> <li>✓ Una base de datos actualizada y confiable.</li> <li>✓ Disponer de fuentes primarias de datos: hidrología / proyectos / despacho / ventas entre otras.</li> </ul>
<p><b>LECCIONES APRENDIDAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Contar con una política energética de largo plazo, orientada al logro de la sostenibilidad energética del país con un bajo nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).</li> <li>✓ La planificación es imperante para el buen desarrollo de los sistemas eléctricos.</li> <li>✓ Se requiere disponer de buenas bases de datos.</li> <li>✓ Las herramientas de modelación se deben ajustar a la realidad del país y de manera continua.</li> <li>✓ La planificación es un proceso dinámico y cambiante.</li> <li>✓ Creación de equipos de trabajo interdisciplinarios.</li> </ul>
<p><b>REFERENCIAS:</b></p>	<p><b>Expertos:</b>  Miguel Víquez Camacho, Director de Planificación Ambiental Planificación y Desarrollo Eléctrico, ICE.  Fanny Solano Abarca., Proceso Expansión del Sistema Planificación y Desarrollo Eléctrico, ICE.  Jairo Quirós y Guido Godínez, investigadores del EPERLab de la Universidad de Costa Rica.</p> <p><b>Documentos:</b>  <a href="#">Instituto Costarricense de Electricidad. (mayo de 2017). <i>Plan de expansión de la generación eléctrica.</i></a></p>



NOMBRE DEL CASO:	<b>Desarrollo del Sector Geotérmico en Chile Mesa Redonda de Geotermia, Gestión del Sector Energía</b>				
PAÍS:	Chile	AÑO:	2016 - 2018	SECTOR/SUBSECTOR:	Energía/Energías Renovables y Mercado Eléctrico
INSTITUCIÓN(ES) RESPONSABLE(S)	Banco Mundial y Ministerio de Energía de Chile		ACTORES INVOLUCRADOS:	<p><i>Instituciones técnicas:</i> Fundación Chile y Centro de Energía de la Universidad de Chile.</p> <p><i>Algunos participantes:</i> Comisión Nacional de Energía, Coordinador Eléctrico Nacional, Universidad de Chile, SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería), ACERA (Asociación Chilena de Energías Renovables), ENEL Green Power, ENAP (Empresa Nacional del Petróleo), EDC y el Consejo Geotérmico.</p>	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	En Chile existe un potencial geotérmico de cerca de 3000MW que aún no ha sido explotado a cabalidad. La Mesa de Geotermia comienza como una instancia multidisciplinaria con el objetivo				



	de analizar las actuales problemáticas que ha tenido la geotermia en Chile y posibles beneficios futuros y eventuales políticas de incentivo a la inversión en este tipo de tecnología.
<b>MODELOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS:</b>	<p><b>Modelo PET:</b> Modelo de optimización de la expansión del parque generador y red de transmisión de sistemas eléctricos.</p> <p><b>Modelo PLP:</b> Modelo de coordinación hidrotérmica de largo plazo, que resuelve la operación de sistemas eléctricos a mínimo costo.</p> <p><b>Modelo PCP:</b> Modelo de predespacho de sistemas eléctricos de corto plazo, que resuelve la operación de sistemas eléctricos con resolución horaria.</p>
<b>OBJETIVO DE LA MODELACIÓN:</b>	Determinar los impactos y eventuales beneficios, tanto económicos como operacionales, que provocaría la entrada masiva de centrales geotérmicas en el sistema eléctrico chileno. Determinar la brecha económica que lograría hacer competitiva a la geotermia en Chile. Analizar impactos y beneficios en una ventana de tiempo amplia, simulando la operación del sistema chileno hasta el año 2050.
<b>RESULTADOS:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Determinación de la brecha entre el costo de desarrollo del sistema eléctrico chileno y el de la geotermia hasta el año 2050.</li> <li>➤ Determinación del impacto, de los beneficios y de los costos de la entrada de la geotermia en diversos escenarios de expansión del sistema eléctrico chileno.</li> <li>➤ Se obtuvo una visión de la problemática que enfrentará el sistema eléctrico chileno con la entrada masiva de energías renovables, lo que ha llevado a ampliar el diálogo sectorial y gubernamental en la inclusión de nuevas tecnologías.</li> <li>➤ Establecer primeros lineamientos para políticas de incentivo a la energía geotérmica y otras energías renovables.</li> </ul>
<b>IMPACTO:</b>	El impacto del trabajo aún no ha sido determinado ni monitoreado debido a lo reciente del estudio. Sin embargo, ya se ha establecido una hoja de ruta para determinar los incentivos a la energía geotérmica y otras energías renovables por parte del gobierno, a partir de lo resuelto en la Mesa de Geotermia. Además, se ha instalado en la agenda política del país los temas de descarbonización de la matriz eléctrica chilena y de la necesidad futura de tecnologías de acumulación flexibles, temas que surgieron del análisis de resultados de las proyecciones a largo plazo realizadas en la Mesa de Geotermia.
<b>FACTORES DE ÉXITO:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La validación del proceso por parte de los mismos participantes, a pesar de lo largo que pueda resultar el ejercicio, es importante para lograr acuerdo y continuidad en el trabajo.</li> <li>✓ También es esencial que la validez técnica provenga de distintos organismos, tanto académicos, como gubernamentales y privados.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En el aspecto político, la continuidad de políticas de Estado que trasciendan a los gobiernos, es esencial para que los trabajos de modelación, logren resultados en el largo plazo. Además, la validación del proceso realizado por los gobiernos entrantes en momentos de cambio, es importante para la continuidad.</li> </ul>
<p><b>LECCIONES APRENDIDAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elaborar escenarios: es esencial abarcar las mayores discrepancias en un set de escenarios a analizar y eventualmente realizar análisis de sensibilidades para determinar qué aspectos, parámetros o supuestos son relevantes.</li> <li>✓ Darse el tiempo suficiente para llegar a un lenguaje común al trabajar con grupos de personas de distintas profesiones y experiencias. Esto permite dar continuidad al trabajo sin tener que repasar etapas pasadas.</li> <li>✓ Establecer objetivos y alcances: es de gran relevancia aclarar desde un inicio los objetivos y alcances principales del trabajo y defenderlos a lo largo del proceso. Pueden surgir opiniones solicitando abarcar algún tópico una vez comenzado el proceso de modelación lo que, si bien puede ser interesante de abarcar, puede también alargar el proceso. Es importante dejar una ventana para analizar estos nuevos temas en proyectos futuros.</li> </ul>
<p><b>REFERENCIAS:</b></p>	<p><b>Expertos:</b>  Manuel Díaz, investigador del Centro de Energía de la Universidad de Chile.  Rodrigo Sepulveda, ingeniero de proyectos de investigación del Centro de Energía de la Universidad de Chile.</p> <p><b>Documentos:</b>  <a href="#">Ministerio de Energía. Gobierno de Chile. (julio de 2018). Mesa de Geotermia. Rol de la geotermia en el desarrollo de la matriz eléctrica chilena.</a>  <a href="#">Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. (2018) <i>Centro de Energía.</i></a></p>

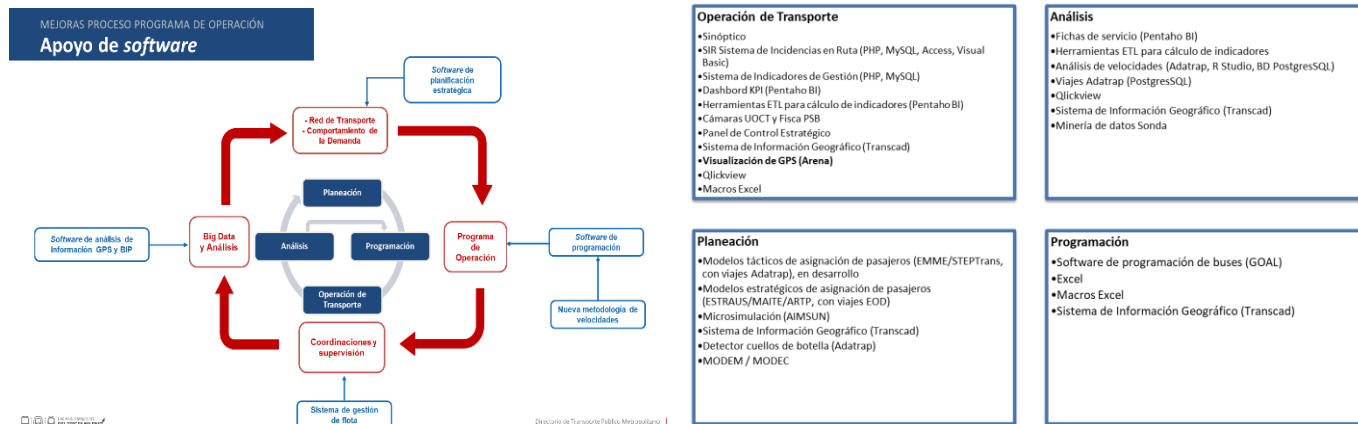


<b>NOMBRE DEL CASO:</b>	<b>Evolución de la movilidad en Santiago de Chile: El rol de las herramientas de modelación y lecciones de la interfaz ciencia-política</b>				
<b>PAÍS:</b>	Chile	<b>AÑO:</b>		<b>SECTOR/SUBSECTOR:</b>	Energía/Transporte
<b>INSTITUCIÓN(ES) RESPONSABLE(S)</b>	Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT)		<b>ACTORES INVOLUCRADOS:</b>	Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia, Universidad de Chile  Pontificia Universidad Católica de Chile  Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN)  SEREMITT  CEPAL	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:</b>	La necesidad urgente de implementar políticas públicas que apunten a un uso eficiente de la energía en el sector transporte para reducir los efectos en el medioambiente, pero también para disminuir la dependencia de Chile de combustibles importados y la vulnerabilidad que ello implica, por lo que, comprender las interrelaciones en el dinamismo de la energía y el uso del suelo, las emisiones, la demografía, la gobernanza y los procesos sociales y biofísicos en el desarrollo urbano de las grandes				

ciudades como Santiago de Chile, ha generado a lo largo de los últimos 30 años capacidades y conocimiento científico importante; principalmente con enfoque en los múltiples lazos entre movilidad, calidad del aire y más recientemente descarbonización, jugando un rol relevante en la elaboración de políticas de Chile.

**MODELOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS:**

**Sistema de Información Geográfico:** Transcad, pago solo con tarjeta Bip del transporte público.  
**ESTRAUS:** Modelo de simulación del equilibrio entre oferta y demanda en el mercado de transporte urbano.  
**MODEM:** Inventarios de emisiones para las principales ciudades del país en fuentes móviles (vehículos motorizados).  
**MODEC:** Modelo de simulación evaluación económica ambiental.  
 Modelo de exposición a contaminantes por los usuarios.  
 Modelo de emisiones de buses.



**OBJETIVO DE LA MODELACIÓN:**

- 1) Análisis de Modernización de Transporte Público de Santiago de Chile
- 2) Evaluación de las mejoras ambientales en el transporte público de Santiago. Hacia una economía baja en carbono.
- 3) Mejoras en el Proceso de Operación del Sistema Transantiago

	<p>4) Programa de Vialidad y Transporte Urbano, de Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT): planificar y evaluar socialmente las iniciativas de inversión en infraestructura y gestión de los sistemas de transporte a nivel nacional, regional y local.</p> <p>5) Estrategia Nacionales (ejemplo: Estrategia de Electromovilidad 2017)</p>
<b>RESULTADOS:</b>	<p>En el 2000</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restricción de circulación a no catalíticos en la renovación de la flota</li> <li>• Combustibles más limpios: baja en el contenido de S en diésel y gasolina (5000 to 15 ppm)</li> <li>• Modelación: Desarrollo de MODEM. Modelo de Cálculo de Emisiones Vehiculares para áreas urbanas y ampliación a 22 ciudades, con una cobertura del 82.3% de la población.</li> <li>• Sistema de transporte Transantiago y salto tecnológico.</li> </ul> <p>Años recientes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de información geográfico (pago único Bip!)</li> <li>• Plan de Seguimiento Ambiental de Transantiago con MODEM</li> <li>• Secuencia Metodológica de Evaluación Ambiental de Proyectos de Transporte MODEM-MODEC. Cálculo de beneficios económicos: ambientales y de transporte-</li> <li>• Nuevo plan de descontaminación (Santiago Respira)</li> <li>• Estrategia de Electro Movilidad en Chile</li> <li>• Pronóstico numérico y medidas preventivas ~3 días previos.</li> </ul> <p>Lo que viene</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Renovación del sistema de buses en superficie, con una flota más moderna, mejores recorridos y más calidad de servicio: Primera etapa: 690 buses de alto estándar (200 eléctricos y 490 diésel euro VI) que ingresarán paulatinamente hasta el primer semestre del 2019.</li> <li>• Expansión del Metro: nuevas líneas 7, 8 y 9, extensión de las líneas 2, 3 y 4.</li> <li>• Modelo de demanda por vehículos eléctricos.</li> </ul>
<b>IMPACTO:</b>	<p>Las políticas y los cambios tecnológicos han tenido éxito en la reducción de la contaminación aguda por PM, pero no tanto para otros contaminantes (ver Figura). La planeación de la movilidad</p>

	debe cambiar de dirección de vehículos motorizados hacia un fuerte despliegue del transporte público como medio de acceso a la ciudad.
<b>FACTORES DE ÉXITO:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Contar con inventarios de emisiones actualizados y robustos sobre calidad del aire y emisiones de carbono son clave para el desarrollo de políticas que promuevan las tecnologías ecológicamente racionales.</li> <li>✓ Interfaz ciencia-política</li> <li>✓ Institucionalidad: procesos, acuerdos y metodologías</li> <li>✓ En el gobierno: contar con un organismo técnico especializado en planificación de transporte.</li> <li>✓ En la academia: generación de capacidades en las universidades, a través de centros, institutos, grupos de investigación, y apoyo financiero constante a proyectos de investigación y estudiantes.</li> <li>✓ Recopilación de datos: análisis de Big Data, con soporte de herramientas digitales como el pago único y centralizado con la tarjeta Bip!</li> </ul>
<b>LECCIONES APRENDIDAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Crear una interfaz entre la ciencia y la política. En Chile, esto se ha logrado gracias a la vinculación que los planeadores y tomadores de decisión de distintos órdenes y niveles han buscado asesoría de los científicos y la academia, en la planeación del transporte, desde hace 30 años.</li> <li>✓ Generar evidencia científica, recopilar datos y ejercidos de modelación que han soportado la toma de decisiones durante muchos años. Sin embargo, la relación política-ciencia sigue siendo esporádica, en formatos de consultorías de corto plazo relacionadas a problemas puntuales y muy comúnmente dejando fuera esfuerzos robustos. reportes, evaluaciones y estudios publicados.</li> <li>✓ Incluir las ciencias sociales, en colaboración y complemento con los estudios de ciencias naturales, serán fundamentales en el apoyo a la toma de decisión en un mundo de cambios acelerados; para orientar esos cambios y comportamientos a las tecnologías adecuadas al complejo sistema climático y la sociedad humana.</li> </ul>
<b>REFERENCIAS:</b>	<p><b>Expertos:</b></p> <p>Veronica Alvarez, Programa de Vialidad y Transporte Urbano, SECTRA.</p> <p>Marcela A. Munizaga, profesora e investigadora asociada del Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia CR2, Universidad de Chile</p>

**Documentos:**

[Secretaría de Planificación de Transporte. Coordinación de Planificación y Desarrollo. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. \(2018\)](#)

[Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Gobierno de Chile. \(2014\). \*Problemas de Movilidad Urbana: Estrategias y Medidas para su Mitigación.\*](#)

[Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. \(2018\)](#)

[Ministerio de Energía. Gobierno de Chile. \(2018\). \*Estrategia de electromovilidad en Chile. Documento en consulta.\*](#)

[Gallardo, L, et al. \(2018\). \*Evolution of air quality in Santiago: The role of mobility and lessons from the science-policy interface.\* Elem Sci Anth, 6: 38.](#)

## Sector: Energías Renovables - Costa Rica

### 1. Sector – país

Energía Eléctrica – Costa Rica

### 2. Nombre de la acción / programa y año

Elaboración del plan de largo plazo para la expansión de la generación eléctrica.

### 3. Institución(es) responsable(s) y actores involucrados

Ministerio de Ambiente y Energía, MINAE.

Secretaría de Planificación Sector Energía, SEPSE.

Dirección de Planificación y Desarrollo Eléctrico, Instituto Costarricense de Electricidad, ICE.

### 4. Modelos y herramientas

- a. **Redes Neuronales:** Las redes neuronales son una técnica de inteligencia artificial que trata de emular el comportamiento del cerebro humano y sus neuronas mediante algoritmos matemáticos. La red adquiere conocimiento de la demanda de energía eléctrica de cada sector de consumo por medio de un proceso de aprendizaje a partir de series de datos históricos. Permite estimar escenarios de la demanda: baja, media y alta, para cada ciclo de planificación (dos años), esto debido a incertidumbre asociada a las proyecciones, basados en variables económicas y demográficas. La demanda de largo plazo se estima proyectando por separado el crecimiento de cinco sectores: Residencial, General, Gran Industria, Industria Menor y Alumbrado Público. A partir de las proyecciones de la demanda de cada sector, se obtiene la demanda agregada nacional de Costa Rica. Las simulaciones con redes neurales proveen una estimación de las ventas a clientes finales en cada sector de consumo. A esta estimación se le aplican factores de pérdidas y de carga del sistema para estimar la demanda de generación y potencia máxima del sistema
- b. **SUPER OLADE 6.0:** se utiliza el módulo de demanda con el fin de transformar la proyección de la demanda anual (potencia MW y energía GWh) a datos mensuales por bloque de demanda.
- c. **OPTGEN 7.2.7:** es un modelo integrado, formulado como un problema de gran escala de optimización mixta entera-lineal. Se utiliza para generar planes de expansión de mínimo costo. Las inversiones se optimizan en conjunto con los costos operativos, para lo cual la operación se simula con detalle utilizando el modelo SDDP. Ambos modelos están integrados y comparten la misma base de datos.
- d. **SDDP:** Utiliza la denominada programación dinámica dual estocástica para simular el comportamiento de un sistema interconectado, incluyendo líneas de transmisión (opción que no se utiliza en el presente caso). La herramienta es muy valiosa para la simulación de los planes de expansión nacionales porque está



especialmente formulado para resolver las complejidades de sistemas hidrotérmicos con múltiples embalses.

## **5. Contexto**

### **a. Antecedentes: describir la situación de partida y la problemática en un período de tiempo.**

El ICE es una institución autónoma del Estado costarricense con el mandato legal de proveer la energía eléctrica que la sociedad requiera para su desarrollo. El Decreto-Ley No.449 que crea al ICE en 1949, establece que la gestión técnica, los programas de trabajo, las obras y proyectos que emprenda son su responsabilidad y no dependen de ningún otro órgano del Estado.

El Instituto Costarricense de Electricidad, debe por Ley, asegurar el suministro eléctrico nacional en el corto y largo plazo. Para cumplir esta tarea debe garantizar el equilibrio de la oferta y la demanda de la electricidad. Un faltante de capacidad en el país tendría un impacto muy grave, habida cuenta de los altos costos que implicaría para la sociedad costarricense un desabastecimiento. Al mismo tiempo, inversiones excesivas aumentan el costo de la energía y causan un daño a la economía nacional en su conjunto. El instrumento utilizado en la planificación para asegurar la adecuada oferta eléctrica en los años venideros es la realización periódica de planes de expansión de la generación eléctrica que proporcionen respuestas a los requerimientos definidos en las proyecciones de demanda eléctrica futura.

### **b. Principal propósito:**

El propósito del Plan de Expansión de la Generación es plantear una estrategia de desarrollo del sistema de generación del país en el largo plazo que sirva de referencia para la toma de decisiones de los diferentes actores que participan en el desarrollo eléctrico del país. El Plan de Expansión define un plan de largo plazo, focalizado en las decisiones críticas y estratégicas de la expansión de la generación. Estas decisiones deben cumplir con criterios económicos y ambientales, así como enmarcarse en las políticas nacionales e institucionales en materia energética.

### **c. Barreras por superar**

- i. Diseño de modelos físicos, operacionales y de comportamiento de usuarios dentro de cada uno de los sectores de consumo.
- ii. Captura, sistematización, codificación de los datos de ventas para alimentar las bases de datos y conocer el comportamiento de los clientes.
- iii. Nivel de oposición y conflictividad de algunas partes interesadas (comunidades y organizaciones ambientalistas) para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos.

### **d. Actividades: principales llevadas a cabo (planeación e**

### implementación)

- i. Ciclos de planificación del Plan de la Expansión de la Generación (dos -tres años):
  - ii. Etapa uno: Preparación base de datos (Dos meses)
    1. Proyecciones de la demanda eléctrica nacional del largo plazo, con un horizonte de 20 años.
    2. Proyección de largo plazo de los precios de los combustibles.
    3. Actualización de las bases de datos para los modelos: hidrología, portafolio de proyectos disponibles, costos por tecnología, actualización de los proyectos de generación de las distribuidoras, calibración de los modelos, planes de mantenimientos y salidas del parque de generación y modelación periódica de las tecnologías de generación renovables variables.
    4. Introducción de los datos a los modelos.
  - iii. Etapa dos: Simulaciones y resultados: (cuatro meses)
    1. Ajuste de Plan de Referencia
    2. Estudios de casos para los escenarios de proyecciones de demanda.
    3. Tabla del plan recomendado
    4. Presentación del Plan recomendado ante la Alta Dirección
    5. Ajustes o nuevas sensibilidades
  - iv. Etapa tres: Descripción de las estrategias de desarrollo
  - v. Etapa cuatro: Elaboración del documento del plan de generación de la expansión.
- e. Resultados: principales resultados en relación a las actividades:**

Documento del plan de generación de la expansión para el periodo 2018 - 2034

## 6. Planteamiento metodológico

### a. Metodología:

La metodología desarrollada permite establecer un plan de largo plazo, focalizado en las decisiones críticas y estratégicas de la expansión de la generación y en la búsqueda de soluciones óptimas por etapas, por lo que se le puede llamar *Proceso Progresivo por Etapas*. El proceso de toma de decisiones para conformar el PEG se realiza por etapas progresivas. En la primera etapa se determina cuál es la siguiente inversión en nueva capacidad y cuál es la holgura de tiempo para tomar la decisión. Para ello se generan series de planes de largo plazo de mínimo costo para diferentes condiciones

de demanda y de disponibilidad de proyectos candidatos. Se identifican los proyectos que aparecen regularmente en los planes generados en los años inmediatos al período fijo. De estos proyectos, se escogen aquellos que forman parte del plan de mínimo costo o que están cercanos a él en la mayoría de los casos. Estos proyectos se fijan en el PEG y como la decisión de inicio debe tomarse a corto plazo, se equiparan a decisiones ya tomadas. En la segunda etapa se supone que los proyectos decididos en la primera etapa están en ejecución y se repite el procedimiento para escoger los proyectos de la segunda etapa. Este ciclo se repite hasta que la fecha de decisión de la ejecución de los siguientes proyectos pueda ser postergada a un futuro intermedio, sin comprometer la seguridad del abastecimiento o la satisfacción de las políticas energéticas.

**b. Proceso de planeación de la acción:**

Tabla 1. Proceso de modelación - Plan de la expansión de la generación eléctrica

Diseño del Concepto / Mapa Mental	Selección de Modelo / herramienta	Línea base (Situación de Partida) y escenarios alternativos	Estrategia de análisis	Análisis de recursos y capacidades
<p>¿Es suficiente la capacidad que se está instalando a corto plazo?</p> <p>¿Qué tan interesantes es en el SEN?</p> <p>¿Es interesante la geotermia?</p> <p>¿Es interesante seguir desarrollando proyectos hidroeléctricos a filo de agua considerando la oposición creciente de las distintas partes interesadas?</p> <p>¿Es económicamente interesante la instalación intensiva de eólico y solar a pesar de que requieren respaldos importantes para</p>	<p><b>Redes Neuronales:</b> es el método más adecuado para evaluar el desempeño y estimación de la demanda.</p> <p><b>SUPER OLADE:</b> Se utiliza el módulo demanda, para la transformación de la anual a datos mensuales por bloque de demanda. Para poder ingresar al SDDP.</p> <p><b>OPTGEN:</b> Es un modelo integrado con SDDP y comparten la misma base de datos, estima planes de mínimo costo, optimiza las operaciones en conjunto con los costos</p>	<p>Se definen estrategias de desarrollo de la expansión para el largo plazo. Para cada una se analizan sensibilidades que abarcan las diferentes preocupaciones o líneas a seguir.</p> <p>Parte de los análisis resultantes del PEG es medir las emisiones de CO2 de cada una de las estrategias estudiadas, para ellos se utilizan coeficientes diferentes o índices de emisiones para cada tipo de tecnología.</p>	<p>Para la opción de un plan de mínimo costos, se realiza de forma iterativa:</p> <p>1. Se completa la base de datos de los modelos y se incluyen las restricciones de cada caso de estudio. 2. Con el OPTGEN se generan varios juegos de planes para conocer posibles alternativas de secuencia de proyectos. 3. Se escoge uno de estos planes como plan base inicial. 4. Se simula con mayor detalle el sistema utilizando el modelo SDDP, verificando que cumpla con los criterios de</p>	<p>Se dispone de amplia experiencia en la elaboración de los planes de expansión. Personal especializado en el uso de los modelos. Series históricas de datos mayores a 25 años, bases de datos de alta confiabilidad</p>

Diseño del Concepto / Mapa Mental	Selección de Modelo / herramienta	Línea base (Situación de Partida) y escenarios alternativos	Estrategia de análisis	Análisis de recursos y capacidades
<p>manejar la intermitencia?</p> <p>Alcance: Nivel nacional</p> <p>Periodo: 2018-2034</p>	<p>operativos, ha sido probado exitosamente.</p> <p><b>SDDP</b> apropiado para sistemas hidrotérmicos con múltiples embalses.</p>		<p>confiabilidad, lo cual puede requerir ajustes a las fechas de entrada de los proyectos. 5. Se calcula, fuera del modelo, el costo total del plan de obras, incluyendo los costos de inversión y los costos operativos y de falla obtenidos en la simulación del SDDP. 6. Se prueba un nuevo plan, y se vuelve al punto 4. 7. Se continúa iterando hasta lograr el plan de mínimo costo</p>	

### Estrategias de desarrollo analizadas en el Plan de Expansión:

Cada ciclo de planificación aborda decisiones relativas a los ejes centrales de la estrategia de desarrollo propuesta para el sistema de generación. Estos ejes centrales los constituyen los proyectos candidatos más grandes e importantes disponibles en el país y acordes con las políticas energéticas del país. Estos proyectos se estudian bajo diferentes escenarios de demanda y combinación de otras fuentes para conformar series óptimas de planes de mínimo costo. Estas series de planes definen estrategias alternas de desarrollo energético. La valoración de los planes de mínimo costo permite seleccionar una estrategia propuesta para el país, en la que se fijan las decisiones que se deben tomar para atender la demanda en el mediano y largo plazo, y determinar las características fundamentales del PEG.

### Criterios para la formulación del plan de la expansión de la generación

**Política Energética:** Los planes de expansión del ICE se sujetan a los lineamientos de las políticas energéticas del país, expresados en los planes nacionales de desarrollo y de energía. No obstante, también se calculan planes no conformes con la política, con el propósito de explorar otras alternativas que requerirían cambios de política. La política energética del VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 está orientada al logro de la sostenibilidad energética del país con un

bajo nivel de emisiones, indicando lo siguiente: “Con esto se entiende que el país debe aspirar a contar con un sistema energético nacional con un bajo nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), basado en el uso de fuentes limpias y renovables, en condiciones de absorber los aumentos en la demanda de manera consistente, con precios lo más competitivos que sean posible en el entorno internacional y capaz de sustentar el bienestar de la mayoría de la población.

**Horizonte de planteamiento:** El Plan de Expansión de la Generación Eléctrica cubre el horizonte de planeamiento 20 años, dentro del cual se pueden diferenciar tres períodos. El período de obras en construcción abarca el primer quinquenio, y se comprueba premisas que satisfacen la demanda o bien incorporar generación adicional. El período de decisiones de expansión, donde se optimiza la mejor secuencia de proyectos y se establece el programa de inversión y el período de referencia, donde se evalúan las necesidades de inversión y preparación de futuros proyectos.

**Entorno Centroamericano:** El Plan de Expansión se diseña considerando el sistema costarricense aislado, donde las inversiones propuestas satisfacen la demanda nacional prevista sin depender de importaciones o exportaciones de los países vecinos. La línea SIEPAC, actualmente en operación, dará un gran impulso a la integración eléctrica centroamericana. Con la posibilidad de mayores volúmenes de trasiego, el Mercado Eléctrico Centroamericano (MER) irá madurando rápidamente. Sin embargo, el MER es todavía incipiente por lo que el país no puede depender de contratos regionales de suministro para atender la demanda nacional. No obstante, en la operación del sistema se aprovechan plenamente las ventajas inmediatas que la interconexión y el mercado regional ofrecen, comprando y vendiendo energía para beneficio de los usuarios del sistema eléctrico.

**Variable ambiental:** Los criterios ambientales globales responden a las políticas energéticas del país que orientan el desarrollo de la expansión de largo plazo. Desde una perspectiva de impactos de cada proyecto, se procura seleccionar alternativas ambientalmente viables. Los proyectos considerados en los planes de expansión dentro del período de corto plazo han sido evaluados social y ambientalmente y en sus costos y beneficios se han incluido los respectivos costos y beneficios ambientales. Los proyectos considerados en las etapas intermedia y de referencia pueden no haber completado sus estudios ambientales de detalle. En estos casos, al igual que con los proyectos genéricos, se supone que la información preliminar de sus costos incluye una estimación de las medidas de mitigación ambiental. En todos los casos, la decisión posterior de ejecutar cada proyecto requiere la verificación de la viabilidad ambiental y la obtención de las licencias y permisos correspondientes.

**Confiabilidad:** En sistemas predominantemente hidroeléctricos,

como el de Costa Rica, es necesario utilizar un criterio de confiabilidad asociado con las probabilidades de ocurrencia de eventos hidrológicos secos. En estos sistemas las situaciones críticas usualmente se asocian con la escasez de agua en la época seca. Los sistemas están limitados por fallas o faltantes de energía y no necesariamente de potencia. La capacidad para satisfacer la demanda es una combinación de la potencia instalada y la disponibilidad de agua suficiente en las plantas hidroeléctricas. Dado que la aportación de caudales se considera una variable estocástica, la satisfacción de la demanda también lo es y se le debe tratar probabilísticamente. El criterio de confiabilidad sustituye al criterio de “margen de reserva” que normalmente se usa en los sistemas térmicos, sirve además para aceptar o rechazar los posibles planes de expansión, con base en la cuantificación de la probabilidad de satisfacer la demanda ante la variabilidad de los escenarios hidrológicos. El criterio de confiabilidad es un concepto integrado que incluye tres aspectos que se deben comprobar para cada uno de los meses del período analizado: 1) En el 95% de las series hidrológicas el déficit mensual de energía no debe exceder el 2% de la demanda de dicho mes; 2) El valor esperado de déficit en el 5% de las series más secas no debe exceder el 5% de la demanda de dicho mes; 3) No más del 10% de las series deben presentar déficit de cualquier tipo.

**Óptimo Económico:** Se define como plan óptimo aquel que, cumpliendo con todos los criterios de planeamiento, en particular los criterios de confiabilidad, minimiza el costo total para la economía del país. Una vez establecida una proyección de la demanda, el plan óptimo minimiza el costo total de inversión y operación necesario para satisfacer esa demanda. Dentro de la función a minimizar se incluye el costo de falla, que valora el costo que representa para la sociedad el no servir completamente la energía demandada.

#### **Otros parámetros económicos**

**Evaluación social de los planes:** La evaluación de los planes de expansión se hace en términos económicos para la sociedad costarricense. Por esta razón, los proyectos del ICE, de las demás empresas eléctricas y de los generadores privados son tratados en forma similar, sin distinción por la propiedad o por la fuente de financiamiento. Tampoco se incluyen los impuestos en el costo del combustible.

**Costos constantes en el tiempo:** La evaluación económica se expresa en dólares americanos constantes, con una base de precios de diciembre de un año dado. Se parte del supuesto que los costos y beneficios de cada uno de los componentes del plan no variará substancialmente con respecto a los demás componentes durante el período de análisis, a excepción de los combustibles, para los

cuales se utiliza una proyección de precios.

Tasa social de descuento: Se utiliza una tasa de 12% para descontar todos los flujos de dinero en el tiempo.

Costo de racionamiento: Para la simulación de los planes y la determinación del plan de mínimo costo, se utilizó un costo de racionamiento de 800 USD/MWh para fallas menores al 2% de la demanda y 2 000 USD\$/MWh para fallas mayores. Estas cifras se utilizan como señal del costo que tiene para la sociedad, el no satisfacer la energía demandada. Este dato es de gran interés porque influye en la cantidad de instalación requerida para evitar el racionamiento, y también en la magnitud de los costos marginales de corto plazo esperados.

**Cambio Climático:** Se dispone de 53 series hidrológicas (1965-2017) que se utilizan para modelar el comportamiento hidroeléctrico, contienen un historial amplio de variación climática, que engloba incluso cualquier cambio climático ocurrido en los últimos 50 años. Conforme se cuantifique mejor el cambio climático, las sucesivas revisiones del PEG tendrán que ir incorporando en su análisis este efecto, cuyo ámbito deberá comprender además de los recursos hidrológicos, el viento y el solar. En el presente PEG se supone que los efectos del cambio climático que puedan ocurrir en las próximas dos décadas están dentro de la variabilidad climática ya contenida en la modelación del sistema para las plantas hidroeléctricas, que aportan la mayor parte de la generación del país.

**Diversificación de fuentes de energía eléctrica:** Se procura integrar de manera segura y oportuna, nuevas fuentes de energía a la matriz de generación nacional. Conforme estas fuentes muestren niveles de costos competitivos y puedan ser gestionables dentro del sistema costarricense, las energías renovables no convencionales serán consideradas en las simulaciones del PEG.

**c. Principales retos confrontados durante la modelación o aplicación de herramientas**

La modelación de las fuentes renovables de generación variables, principalmente solar y eólicas para satisfacer la demanda, dentro del PEG: Dado que estas fuentes estas sujetas la variabilidad climática, produciendo un efecto de intermitencia al sistema, asociado a los costos cambiantes en los mercados.

**d. Principales retos confrontados durante la interpretación de los resultados**

Que los resultados reflejen comportamientos muy cercanos a la realidad en temas como despacho de los embalses, generación promedio esperada, estacionalidad.

**e. ¿Qué tan útil fue la aplicación de modelos y herramientas en el**

### **proceso de planeación y el grado de aplicación de resultado?**

Estas herramientas contribuyen a tomar la mejor decisión de inversión en expansión de la generación, dado su grado de especificidad para la planificación de sistema hidrotérmicos y otras fuentes renovables, como eólica, solar, biomasa.

#### **f. ¿Cómo se seleccionó la tecnología ¿Fue ex ante o ex post?**

El plan evalúa las distintas fuentes de energías renovables disponibles optimizando el plan, que satisface la demanda al mínimo costo. A estos planes se le estiman las emisiones de CO<sub>2</sub>e, para lo que se recurre a coeficientes medios por tecnología dados en tCO<sub>2</sub>/GWh. Con estos coeficientes y la generación por tipo de tecnología se calcula el índice de emisiones para el sistema de generación, reconocidos por los organismos internacionales.

### **7. Validación**

Los planes de desarrollo eléctrico del país son elaborados por el ICE en conformidad con las políticas y lineamientos generales del Plan Nacional de Desarrollo (PND) y del Plan Nacional de Energía (PNE) que publican el Ministerio de Planificación y el Ministerio de Ambiente y Energía, respectivamente.

Este proceso es sometido a discusión con los distintos equipos técnicos de la Dirección de Planificación y Desarrollo, a fin de validar los criterios, realizar las distintas sensibilidades, analizar la congruencia de los resultados y la confiabilidad de cada uno de los planes para cada una de las etapas del ciclo de planificación. Una vez que se cuenta con el plan recomendado se somete a un proceso de aprobación de la Alta Dirección, como responsable de la satisfacción de la demanda eléctrica nacional.

### **8. Resultados**

Plan de la expansión de largo plazo de la generación de energía eléctrica.

### **9. Impacto**

El propósito del Plan de Expansión de la Generación es plantear una estrategia de desarrollo del sistema de generación del país en el largo plazo que sirva de referencia para la toma de decisiones de los diferentes actores que participan en el desarrollo eléctrico del país. El Plan de Expansión define un plan de largo plazo, focalizado en las decisiones críticas y estratégicas de la expansión de la generación. Estas decisiones deben cumplir con criterios económicos y ambientales, así como enmarcarse en las políticas nacionales e institucionales en materia energética.

### **10. Factores de éxito:**

- Se contó con un proceso riguroso del ciclo de planificación de la expansión
- Un equipo de planificación y modelación capacitado y con experiencia
- Disponer de herramientas de modelación para llevar a cabo los procesos
- Una base de datos actualizada y confiable



-Disponer de fuentes primarias de datos: hidrología / proyectos / despacho / ventas entre otras.

## 11. Limitaciones

- Las políticas ambientales respecto al aprovechamiento de los recursos dentro de las áreas protegidas silvestres y territorios indígenas.
- Declaratoria de moratoria de uso de cuencas con alto potencial hidroeléctrico.
- Nivel de conflictividad y oposición social para el desarrollo de proyectos en particular hidroeléctricos.
- Decisiones políticas, que no ajustan a los criterios técnicos de la expansión del sistema podrían poner en riesgo el suministro de la demanda o bien, a una sobre instalación del sistema.
- Las empresas de distribución están cubriendo sus propias demandas con plantas propias, sin que pase la recomendación de un plan de expansión.

## 12. Lecciones aprendidas

- La planificación es imperante para el buen desarrollo de los sistemas eléctricos.
- Se requiere disponer de buenas bases de datos.
- Las herramientas de modelación se deben ajustar a la realidad del país
- La planificación en un proceso dinámico y cambiante
- Creación de equipos de trabajo interdisciplinarios

## 13. Replicabilidad y escalamiento

### ¿Cuáles son las posibilidades de replicar la acción y por qué?

Son altas, en el caso de Costa Rica, el proceso de la elaboración del PEG está certificado bajo la norma ISO 9001:2015. Por lo que es totalmente replicable, pero se debe ajustar a la realidad de cada entorno.

### ¿Se crearon capacidades nacionales que se puedan utilizar / replicar?

Se dispone de un departamento cuya tarea principal es la elaboración del PEG, contando con recursos calificados.

### ¿Cuáles son las condiciones óptimas?

Que el personal receptor disponga de una base de conocimiento mínimo en ciencias exactas que faciliten la transferencia de éste.

Entrenamiento constante en el uso de los modelos, tendencias y nuevas herramientas de planificación y modelación.

### ¿Cuáles son los elementos que son flexibles a diversificar/escalar y cuáles no?

Todas.

## 14. Documentos publicados de consulta

Proyecciones de la demanda eléctrica de Costa Rica 2018 - 2040. Grupo ICE, 2018.

Plan de expansión de la generación eléctrica 2016 -2035. Grupo ICE 2015

Plan nacional de desarrollo. Gobierno de Costa Rica 2015 - 2018

Plan nacional de energía 2016 -2030. Ministerio de Ambiente y Energía 2015

Plan de expansión de la transición 2015 - 2025. Grupo ICE 2014

Inventario de Gases de Efecto Invernadero el Sistema Eléctrico Nacional. Grupo ICE, 2017

Plan estratégico para la promoción y desarrollo de fuentes renovables no convencionales 2016 -2035. Grupo ICE 2015.

## Sector: Energías Renovables - Chile

### 1. Sector - país

Energías Renovables y Mercado Eléctrico - Chile

### 2. Nombre de la acción / programa y año

Desarrollo del Sector Geotérmico en Chile - Mesa Redonda de Geotermia (dic/2016 - mar/2018).

Gestión del Sector Energía

### 3. Institución(es) responsable(s) y actores involucrados

Banco Mundial.

Ministerio de Energía de Chile.

Fundación Chile.

Centro de Energía de la Universidad de Chile.

Comisión Nacional de Energía.

Coordinador Eléctrico Nacional.

Universidad de Chile.

SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería).

ACERA (Asociación Chilena de Energías Renovables).

ENEL Green Power.

ENAP (Empresa Nacional del Petróleo).

EDC.

Consejo Geotérmico.

### 4. Modelos y herramientas

- a. **PET:** Modelo de optimización de la expansión del parque generador y red de transmisión de sistemas eléctricos.
- b. **PLP:** Modelo de coordinación hidrotérmica de largo plazo, que resuelve la operación de sistemas eléctricos a mínimo costo.
- c. **PCP:** Modelo de pre-despacho de sistemas eléctricos de corto plazo, que resuelve la operación de sistemas eléctricos con resolución horaria.

### 5. Contexto

#### a. Antecedentes:

En Chile existe un potencial geotérmico de cerca de 3000 MW que no aun ha sido explotado a cabalidad. La Mesa de Geotermia comienza como una instancia multidisciplinaria con el objetivo de analizar las actuales problemáticas que ha tenido la geotermia en Chile y posibles beneficios futuros y eventuales políticas de

incentivo a la inversión en este tipo de tecnología.

**b. Principal propósito:**

- i. Determinar los impactos y eventuales beneficios, tanto económicos como operacionales, que provocaría la entrada masiva de centrales geotérmicas en el sistema eléctrico chileno.
- ii. Determinar la brecha económica que lograría hacer competitiva a la geotermia en Chile.
- iii. Analizar impactos y beneficios en una ventana de tiempo amplia, simulando la operación del sistema chileno hasta el año 2050.

**c. Barreras por superar:**

- i. Establecer los verdaderos costos de inversión y desarrollo de la geotermia en Chile.
- ii. Establecer acuerdos en supuestos en proyecciones de demanda eléctrica, precios de combustibles y costos de inversión de tecnologías alternativas.
- iii. Determinar parámetros de operación factibles en la realidad del sistema chileno.

**d. Actividades: principales:**

- i. Implementación de metodología de largo y corto plazo.
- ii. Determinación de acuerdos en supuestos y escenarios a modelar.
- iii. Implementación base de datos de modelos de planificación de largo plazo con resolución mensual.
- iv. Implementación base de datos de modelos de operación de corto plazo con resolución horaria.

**e. Resultados**

- i. Definición del costo de desarrollo de la geotermia bajo distintos supuestos técnicos ad-hoc al mercado chileno.
- ii. Determinación de la brecha o diferencia existente entre el costo de las tecnologías actualmente competitivas en el mercado eléctrico chileno y el costo de centrales geotérmicas. Se estableció la proyección de esta brecha al año 2050 bajo distintos escenarios.
- iii. Determinación de políticas de incentivo a la inversión de la geotermia y plazos tentativos para la implementación de ellas.

## 6. Planteamiento metodológico

### a. Metodología:

El proceso surge con la inquietud de buscar alternativas de incentivo a la entrada de la energía geotérmica a la matriz de generación chilena. Socialmente la incorporación de energías limpias al país es bien vista y apoyada, pero comercialmente la energía geotérmica no se ha logrado instaurar en el país y políticamente se desconocen las ventajas y desventajas de esta tecnología como para implantar políticas de incentivo. Dentro del análisis se destaca la necesidad de entender y determinar los verdaderos beneficios y costos que tendría esta tecnología en Chile y su impacto en la operación económica del sistema. Esto conlleva a determinar primero el costo de desarrollo de centrales geotérmicas en el país bajo distintos escenarios, posteriormente estudiar en el largo plazo cuánta energía geotérmica es la óptima para el país bajo supuestos de costos de otras tecnologías y demanda eléctrica. Finalmente, se debe analizar el impacto de la entrada de energía geotérmica en la operación de corto plazo del sistema eléctrico, determinando por ejemplo su aporte a la seguridad del sistema o a los costos de operación de este.

### b. Proceso de planeación de la acción (modelación paso a paso):

Tabla 2. Proceso de modelación – Mesa Redonda de Geotermia

Diseño del Concepto / Mapa Mental	Selección de Modelo / herramienta	Línea base (Situación de Partida) y escenarios alternativos	Estrategia de análisis	Análisis de recursos y capacidades
<p>¿Por qué no se ha logrado al día de hoy la entrada de la energía geotérmica?</p> <p>¿Cuáles son sus beneficios y costos?</p> <p>¿Qué barreras de entrada existen hoy y como superarlas?</p>	<p>Horizonte de evaluación de largo plazo (años) o de corto plazo (semanas). Resolución de los resultados (mensual o horario)</p>	<p>Proyecciones de precios de combustibles, proyecciones de demanda eléctrica, proyecciones de costos de inversión.</p>	<p>El análisis se debe enfocar en el entendimiento del impacto de la tecnología en la matriz energética bajo distintos escenarios.</p>	<p>Se evalúa el tiempo utilizado en el proceso de modelación, el personal utilizado en la elaboración de la información de entrada y el análisis de resultados.</p>

### c. Principales retos confrontados durante la modelación o aplicación de herramientas:

Elaboración de los escenarios y definición de supuestos y parámetros. Ante distintas fuentes de información, el reto consistía

en acordar con los participantes fuente que fueran de confianza para cada uno de ellos y ante discrepancias se debían acordar los números a utilizar. También fue un reto explicar y dar a conocer los conceptos y algoritmos que cada modelo utiliza como método de resolución y validarlos ante cuestionamientos. Defender la objetividad de la metodología y la necesidad de separar en una etapa de análisis de largo plazo y otra de corto plazo.

**d. Principales retos confrontados durante la interpretación de los resultados:**

Dar a entender conceptos técnicos a los participantes de otras profesiones o experiencias resultó ser el mayor reto al presentar los resultados. Defender la objetividad de los modelos y la validez de sus resultados también fue un reto ante los cuestionamientos de ciertos grupos.

**e. ¿Qué tan útil fue la aplicación de modelos y herramientas en el proceso de planeación y el grado de aplicación del resultado?**

Los modelos permitieron abarcan un amplio espectro de parámetros y supuestos que, combinados, planteaban dudas de cómo se interrelacionarían. La resolución conjunta de modelos de largo y corto plazo permitió además dar un gran nivel de detalle a los resultados para una mejor toma de decisiones.

**f. ¿Cómo se seleccionó la tecnología? ¿Fue *ex ante* o *ex post*?**

Los modelos utilizados fueron seleccionados *ex ante*, dado el conocimiento de estos modelos en instancias previas y por su validez dada en el sector eléctrico.

## **7. Validación**

Todas las etapas del proceso de modelación y simulación de escenarios fueron sometidas a la evaluación y discusión vía sesiones de trabajos tipo mesa redonda, en donde acordaron primero los supuestos a utilizar, los escenarios a modelar y posteriormente se presentaron los resultados obtenidos, siendo estos discutidos entre todos los presentes. En la mesa participaron varios equipos técnicos, tanto de organismos de gobierno como de empresas privadas, quienes exponían su visión crítica al proceso, a los resultados obtenidos y a las conclusiones derivadas del estudio.

## **8. Resultados**

- Determinación de la brecha entre el costo de desarrollo del sistema eléctrico chileno y el de la geotermia hasta el año 2050.
- Determinación del impacto, de los beneficios y de los costos de la entrada de la geotermia en diversos escenarios de expansión del sistema eléctrico chileno.
- Se obtuvo una visión de la problemática que enfrentará el sistema eléctrico chileno con la entrada masiva de energías renovables, lo que ha llevado a ampliar el diálogo sectorial y gubernamental en la inclusión

de nuevas tecnologías.

- Establecer primeros lineamientos para políticas de incentivo a la energía geotérmica y otras energías renovables.

## **9. Impacto**

El impacto del trabajo aún no ha sido determinado ni monitoreado debido a lo reciente del estudio. Sin embargo, ya se ha establecido una hoja de ruta para establecer los incentivos a la energía geotérmica y otras energías renovables por parte del gobierno, a partir de lo determinado en la Mesa de Geotermia. Además, se ha instalado en la agenda política del país los temas de descarbonización de la matriz eléctrica chilena y de la necesidad futura de tecnologías de acumulación flexibles, temas que surgieron del análisis de resultados de las proyecciones a largo plazo realizadas en la Mesa de Geotermia.

## **10. Factores de éxito**

La validación del proceso por parte de los mismos participantes, a pesar de lo largo que pueda resultar el ejercicio, es principal para lograr acuerdo y continuidad en el trabajo. También es esencial que la validez técnica provenga de distintos organismos, tanto académicos, como gubernamentales y privados. En el sentido político, la continuidad de políticas de Estado que trasciendan a los gobiernos es esencial para que este tipo de trabajos logre resultados en el largo plazo. Además, la validación del proceso por parte de los gobiernos entrantes en cambios de administración es importante para la continuidad de este tipo de ejercicios.

## **11. Limitaciones**

La principal restricción en un proceso como este es el tiempo o plazo de evaluación y estudio. Esto da un marco de qué tan amplio será el alcance y los objetivos que se busquen cumplir lo que finalmente determina el nivel de detalle de los modelos a utilizar, el número de escenarios a implementar y el tipo de resultados a analizar. También la arista de recursos limita un ejercicio como este, dado que finalmente los recursos económicos destinados para un proceso como este determinan el tiempo que se puede utilizar en la modelación y en el debate técnico de los resultados.

## **12. Lecciones aprendidas**

- Elaboración de escenarios: es esencial abarcar las mayores discrepancias en un set de escenarios a analizar y eventualmente realizar sensibilidades para determinar qué aspectos, parámetros o supuestos son relevantes.
- Es importante darse el tiempo suficiente para llegar a un lenguaje común al trabajar con grupos de personas de distintas profesiones y experiencias. Esto permite dar continuidad al trabajo sin caer constantemente en repasar etapas pasadas.
- Objetivos y alcances: es de gran relevancia aclarar desde un inicio los objetivos y alcances principales del trabajo y defenderlos a lo largo del proceso. Pueden surgir opiniones solicitando abarcar algún tópico una

vez comenzado el proceso de modelación lo que si bien puede ser interesante de abarcar, puede también alargar el proceso. Es importante dejar una ventana para analizar estos nuevos temas en proyectos futuros.

### **13. Replicabilidad y escalamiento**

#### **¿Cuáles son las posibilidades de replicar la acción y por qué?**

El proceso es altamente replicable dado que la metodología permite enfocar el análisis a distintos tipos de tecnologías renovables o de planificación de matrices energéticas, considerando periodos de tiempo de corto y largo plazo.

#### **¿Se crearon capacidades nacionales que se puedan utilizar / replicar?**

Más que crear nuevas capacidades, se utilizaron capacidades ya existentes reuniéndolas en una misma instancia, logrando un trabajo conjunto.

#### **¿Cuáles son las condiciones óptimas?**

Las condiciones óptimas de trabajo consisten en tener un grupo técnico con experiencia y de alto alcance (academia, sector privado y público), y tener el suficiente tiempo para desarrollar la modelación y la investigación previa para elaborar correctamente los escenarios a analizar.

#### **¿Cuáles son los elementos que son flexibles a diversificar /escalar y cuáles no?**

Los elementos flexibles para escalar corresponden básicamente a los supuestos o parámetros que se deseen estudiar o analizar. Por ejemplo, en el caso de la Mesa de Geotermia se consideraron supuestos de costos de desarrollo de la geotermia, pero no se consideraron, por ejemplo, escenarios de variaciones en precios de combustibles. El proceso además se enfocó en una única tecnología renovable, esto podría ser escalable a más tecnologías.

### **14. Documentos publicados de consulta**

Informe Final Mesa de Geotermia: <http://www.minenergia.cl/mesa-geotermia/>



## Sector: Transporte - Chile

### 1. Sector - país

Transporte - Chile

### 2. Nombre de la acción / programa y año

Evolución de la movilidad en Santiago de Chile: El rol de las herramientas de modelación y lecciones de la interfaz ciencia-política.

### 3. Institución(es) responsable(s) y actores involucrados

Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT)  
Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia, Universidad de Chile  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN)  
SEREMITT  
CEPAL

### 4. Modelos y herramientas

- a. **ESTRAUS**: modelo de equilibrio simultáneo de distribución, partición modal y asignación conjunta, que simula el comportamiento de un sistema multimodal de transporte urbano, con múltiples categorías de usuarios y propósitos de viaje, con restricción de capacidad de las vías y de los vehículos que prestan servicios de transporte público.
- b. **AIMSUN**: software de simulación de tráfico permite evaluar operaciones de tráfico y diseñar y simular la oferta vial de acuerdo a las características operacionales y de demanda vehicular de un cierto sector.
- c. **TRANSCAD**: sistema de información geográfico que sirve para la planeación, gestión y análisis del Sistema de Transporte.
- d. **MODEM**: modelo de emisiones para la planeación a largo plazo que transforma datos en emisiones
- e. **MODEC**: modelo que puede determinar el valor económico de las variaciones de emisiones, tomando en cuenta los impactos en salud.
- f. **GOAL**: sistema de software para la gestión del transporte en autobús que optimiza la programación de horarios, vehículos y conductores en empresas de transporte de pasajeros en autobús.

### 5. Contexto

#### a. Antecedentes:

Un tercio del consumo energético final en Chile corresponde al sector transporte y, de esta fracción, el 98% corresponde a derivados del petróleo (Balance Nacional de Energía 2015), volviéndolo responsable de cerca de un 20% del total de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del país además del impacto local por polución que ese consumo produce en las concentraciones

urbanas. Esta situación plantea la necesidad urgente de implementar políticas públicas que apunten a un uso eficiente de la energía en el sector transporte para reducir los efectos en el medioambiente, pero también para disminuir la dependencia de Chile de combustibles importados y la vulnerabilidad que ello tiene aparejado. Por lo tanto, la necesidad de comprender las interrelaciones en el dinamismo de la energía y el uso del suelo, las emisiones, la demografía, la gobernanza y los procesos sociales y biofísicos en el desarrollo urbano de las grandes ciudades como Santiago de Chile, ha generado a lo largo de los últimos 30 años capacidades y conocimiento científico importante; principalmente con enfoque en los múltiples lazos entre movilidad, calidad del aire y más recientemente descarbonización, jugando un rol muy importante en la elaboración de políticas de Chile.

**b. Principal propósito:**

- i. Análisis de Modernización de Transporte Público de Santiago de Chile
- ii. Evaluación de las mejoras ambientales en el transporte público de Santiago. Hacia una economía baja en carbono.
- iii. Mejoras en el Proceso de Operación del Sistema Transantiago
- iv. Programa de Vialidad y Transporte Urbano, de Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT): planificar y evaluar socialmente las iniciativas de inversión en infraestructura y gestión de los sistemas de transporte a nivel nacional, regional y local.
- v. Estrategia Nacionales (ejemplo: Estrategia de Electromovilidad 2017)

**c. Barreras por superar:**

- i. Diseño de modelos y formulación del propósito, selección de supuestos y datos de entrada. La formulación del principal objetivo o criterio: *“recorridos eficientes”, autobuses llenos (pasajeros/m<sup>2</sup>), eficiencia del pasajero (tiempo de viaje)*, etc.
- ii. Diseño de modelos físicos, operacionales y de comportamiento de usuarios (sociales); así como la obtención de la información de dichos modelos. Comportamientos sociales en cuanto a cambios tecnológicos, de rutas, tarifas, etc. ¿Cómo inducir cambios de comportamiento?
- iii. Estimar las proyecciones de la demanda y evaluar socialmente iniciativas de inversión en infraestructura y gestión de sistemas de transporte.
- iv. Valor social del tiempo de viaje de pasajeros urbanos e interurbanos
- v. Evaluación social de proyectos peatonales
- vi. Actualización de metodologías de estimación de CO<sub>2</sub> para

todos los subsectores de la movilidad.

- vii. Interfaz ciencia-política
- viii. Planeación de los subsidios implementados. (ejemplo: Escenarios de Subsidio a la Tarifa del Adulto Mayor)
- ix. Comunicación entre ministerios, carencia de institucionalidad adecuada
- x. Electro movilidad: ¿cómo llegar a la gran escala? Caracterización de la demanda del parque vehicular.

#### **d. Actividades**

Se estudia y se actualiza una política pública para un uso eficiente de la energía en el sector transporte para reducir los efectos en el medioambiente y disminuir la dependencia de combustibles.

#### **e. Resultados**

Algunas lecciones y aprendizajes fueron:

- Contar con datos actualizados y robustos de la calidad del aire y emisiones de carbono es un aspecto clave para la creación de políticas públicas que promuevan las tecnologías ecológicamente racionales.
- Los organismos gubernamentales de carácter técnico especializados en planificación de transporte son de gran ayuda en el proceso de planeación de la política pública. Es decir, contar con institucionalidad en procesos, acuerdos y metodologías.
- En el proceso de elaboración de políticas públicas en materia ambiental, es necesario crear un interfaz ciencia-política. De este modo, la aproximación a los resultados esperados es mayor.

Además, los principales resultados son:

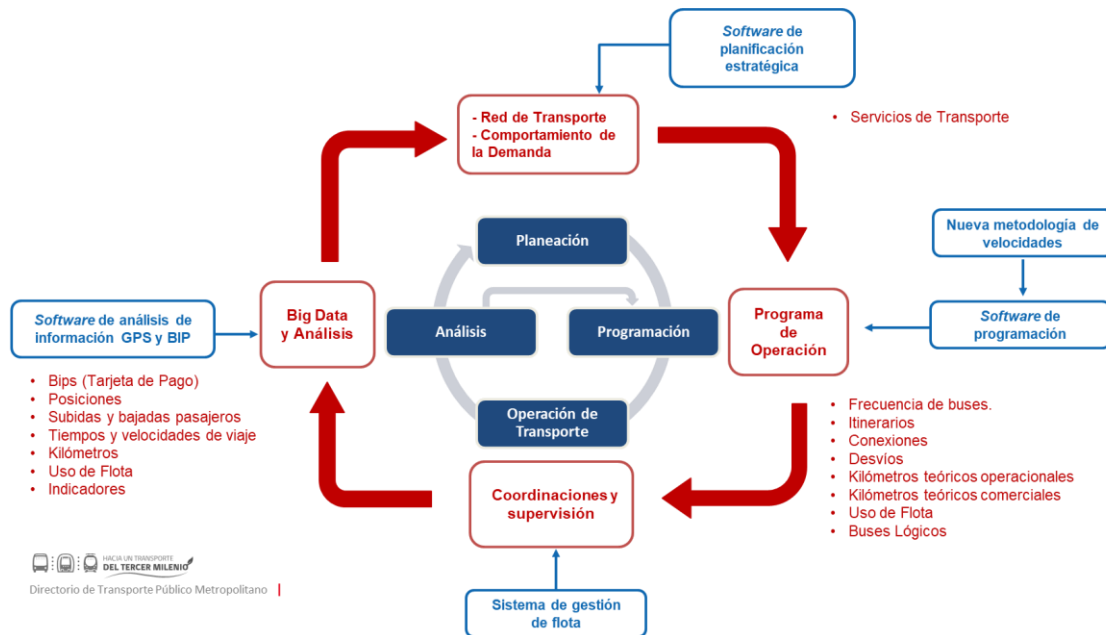
- Modernización y expansión del sistema de transporte público de Santiago para transitar a una economía baja en carbono. Además, mejoras en la operación del Sistema Transantiago.
- Programa de Vialidad y Transporte Urbano para planificar y evaluar las iniciativas de inversión en infraestructura y gestión de los sistemas de transporte a nivel nacional, regional y local.
- Estrategias nacionales para la descarbonización, como la Estrategia de Electro Movilidad en Chile.

## **6. Planteamiento metodológico**

### **a. Metodología**

A continuación se muestra el proceso de operación y planeación en el corto y mediana plazo del transporte en Chile:

Ilustración 1. Proceso de operación y planeación en el corto y mediana plazo del transporte.

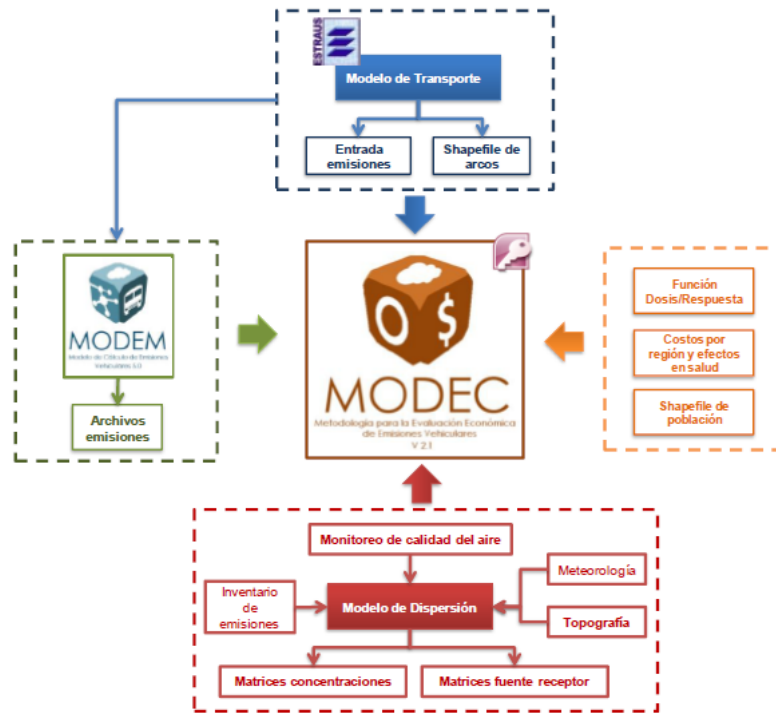


1

Fuente: Transporte público metropolitano de Chile.

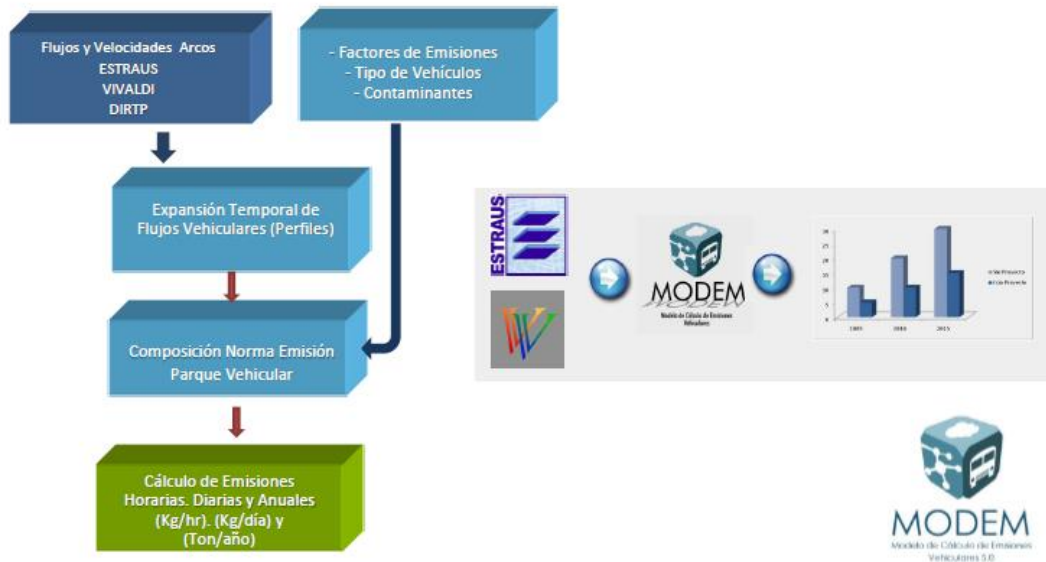
También existe el proceso de modelación para la planeación en el más largo plazo, específico para cálculo y seguimiento de emisiones y beneficios económicos de planes o proyectos de transporte a partir de simulaciones y bases de datos de operación análisis del sistema de transporte, que se realiza en convenio con el Ministerio del Medio Ambiente:

Ilustración 2. Proceso de modelación para la planeación a largo plazo de Chile.



Fuente: Transporte público metropolitano de Chile.

Ilustración 3. Secuencia metodológica de MODEM.



Fuente: Transporte público metropolitano de Chile.

b. Proceso de planeación de la acción:

Tabla 3. Proceso de Modelación - Transporte

Diseño del Concepto / Mapa Mental	Selección de Modelo / herramienta	Línea base (Situación de Partida) y escenarios alternativos	Estrategia de análisis	Análisis de recursos y capacidades
<p>Diseño del sistema de transporte público (PDSTP) formulación del Problema de programación bi-nivel (1 nivel optimizar el comportamiento del sistema, 2 nivel simular el comportamiento de los usuarios)</p> <p>Objetivo final: maximizar el bienestar social derivado de la operación del sistema de transporte público</p>	<p>Modelos propios: ESTRAUS/Vivaldi</p> <p>MODEM y MODEC</p>	<p>Línea Base:</p> <p>Matriz de viajes</p> <p>Encuestas OD</p>	<p>BigData:</p> <p>GPS buses (1 registro cada 30 segundos)</p> <p>Datos de emisiones y velocidades</p> <p>Transacciones bip!: 35-40 M registros por semana</p>	<p>Información no disponible por el momento.</p>

c. Describa los principales retos confrontados durante la modelación o aplicación de herramientas

Diseño de modelos y formulación del propósito, selección de supuestos y datos de entrada. La formulación del principal objetivo o criterio: *“recorridos eficientes”, autobuses llenos (pasajeros/m<sup>2</sup>), eficiencia del pasajero (tiempo de viaje), etc.*

Diseño de modelos físicos, operacionales y de comportamiento de usuarios (sociales); así como la obtención de la información de dichos modelos. Comportamientos sociales en cuanto a cambios tecnológicos, de rutas, tarifas, etc. ¿Cómo inducir cambios de comportamiento?

d. Describa los principales retos confrontados durante la interpretación de los resultados

Manejo y procesamiento de bases de datos, interpretación, análisis y validación. (ejemplo: uso de varias tarjetas Bip! Por un mismo usuario, caracterización del usuario, estimación del paradero de bajada, etc.)

e. ¿Qué tan útil fue la aplicación de modelos y herramientas en el

### proceso de planeación y el grado de aplicación de resultado?

Existe amplia evidencia de los último 30 años, de múltiples instancias donde los planeadores y tomadores de decisión de distintos órdenes y niveles han buscado asesoría de los científicos y la academia, en la planeación del transporte.

La generación de evidencia científica, la recopilación de datos y los ejercidos de modelación han soportado la toma de decisiones durante todos estos años. Sin embargo, la relación política-ciencia sigue siendo esporádica, en formatos de consultorías de corto plazo relacionadas a problemas puntuales y muy comúnmente dejando fuera esfuerzos robustos, reportes, evaluaciones y estudios publicados.

En general el uso de datos y modelos actualmente apoya las siguientes actividades de planeación: Uso de datos:

- Diseño de servicios
- Evaluación del sistema
- Decisiones de infraestructura
- Intervenciones operacionales
- Modelos y herramientas de cálculo:
  - Modelo de fuga de usuarios
  - Modelo de velocidades de buses
  - Modelo de emisiones de buses
  - Modelo de exposición a contaminantes de los usuarios

## 7. Validación

Múltiples encuestas *ex ante* y *ex post* a la implementación de tecnologías. Incluyendo las encuestas Origen Destino, el estudio: “*Validating travel behavior estimated from Smart card data*”(Munizaga, Devillaine, Navarrete, & Silva, 2014) y un último estudio del comportamiento de los usuarios acerca de electromovilidad utilizando *discrete choice models*: “*Enel e-mobility program for employees*”.

## 8. Resultados

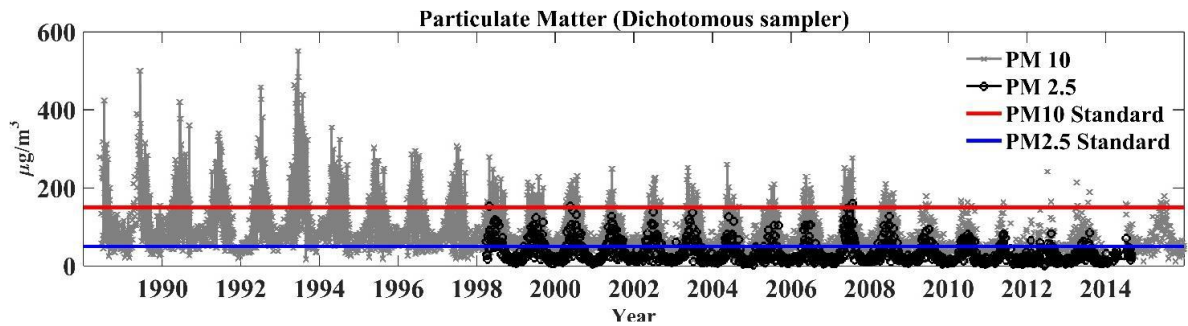
- Restricción de circulación a no catalíticos en la renovación de la flota
- Combustibles más limpios: baja en el contenido de S en diésel y gasolina (5000 to 15 ppm)
- Modelación: Desarrollo de MODEM. Modelo de Cálculo de Emisiones Vehiculares para áreas urbanas y ampliación a 22 ciudades, con una cobertura del 82.3% de la población.
- Sistema de transporte *Transantiago* y salto tecnológico.
- Sistema de información geográfico (pago único *Bip!*)
- Plan de Seguimiento Ambiental de Transantiago con MODEM
- Secuencia Metodológica de Evaluación Ambiental de Proyectos de Transporte MODEM- MODEC. Cálculo de beneficios económicos: ambientales y de transporte
- Nuevo plan de descontaminación (Santiago Respira)
- Estrategia de Electro Movilidad en Chile
- Pronóstico numérico y medidas preventivas -3 días previos
- Renovación del sistema de buses en superficie, con una flota más moderna, mejores recorridos y más calidad de servicio: Primera etapa: 690 buses de alto estándar (200 eléctricos y 490 diésel euro VI) que ingresarán paulatinamente hasta el primer semestre del 2019.
- Expansión del Metro: nuevas líneas 7, 8 y 9, extensión de las líneas 2, 3 y 4.
- Modelo de demanda por vehículos eléctricos.

## 9. Impacto

Las políticas y los cambios tecnológicos han tenido éxito en la reducción de la contaminación aguda por PM, pero no tanto para otros contaminantes (ver Gráfica 1). La planeación de la movilidad debe cambiar de dirección de vehículos motorizados hacia un fuerte despliegue del transporte público como medio de acceso a la ciudad (ver Gráfica 2).

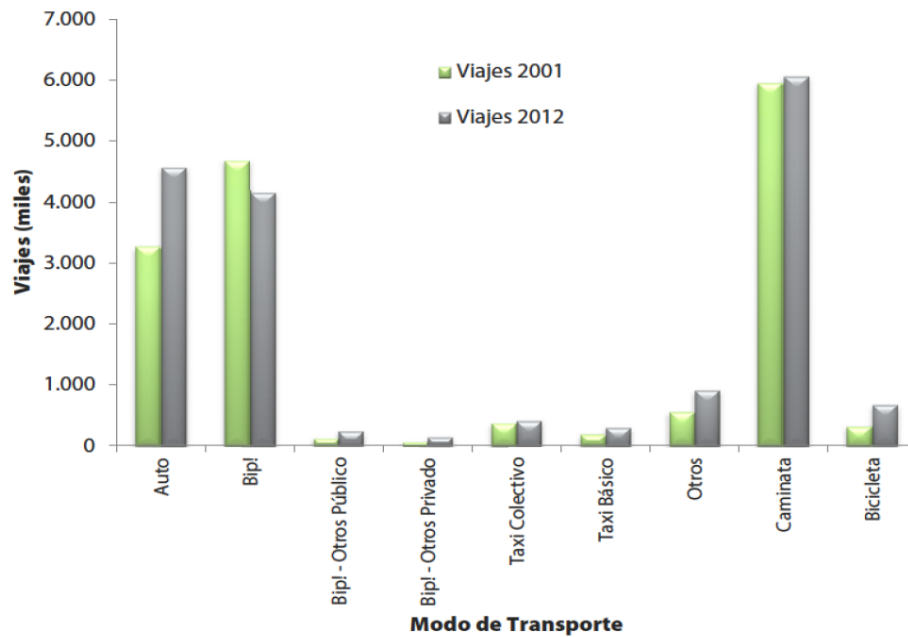


Gráfica 1. Materia Particulada, Gran Santiago de Chile



Fuente: Transporte público metropolitano de Chile.

Gráfica 2. Evolución de la participación modal 2001-2012, día laboral en temporada normal (viajes motorizados comparables)



Fuente: Transporte público metropolitano de Chile.

### Gráfica 3. Política Energética Nacional

Reducción de emisiones GEI respecto del escenario "Políticas Actuales" en MtCO<sub>2</sub>e

Sector	2020	2025	2030
<b>Escenario Metas PEN</b>			
Generación de Electricidad	0,03	2,97	8,78
Transporte	0,52	2,53	5,07
Industria y Minería	0,41	1,40	2,38
Comercial, Público y Residencial	0,12	0,55	1,09
<b>Total, Sector de Energía</b>	<b>1,09</b>	<b>7,46</b>	<b>17,33</b>
<b>Escenario Esfuerzo Adicional</b>			
Generación de Electricidad	0,03	2,97	8,78
Transporte	0,99	2,53	8,70
Industria y Minería	0,41	1,40	3,47
Comercial, Público y Residencial	0,14	0,55	3,19
<b>Total, Sector de Energía</b>	<b>1,57</b>	<b>7,46</b>	<b>24,14</b>

Fuente: Política energética nacional de Chile.

## 10. Factores de éxito

Contar con inventarios de emisiones actualizados y robustos sobre calidad del aire y emisiones de carbono son clave para el desarrollo de políticas que promuevan las tecnologías ecológicamente racionales.

- Interfaz ciencia-política
- Institucionalidad: procesos, acuerdos y metodologías
- En el gobierno: contar con un organismo técnico especializado en planificación de transporte.
- En la academia: generación de capacidades en las universidades, a través de centros, institutos, grupos de investigación, y apoyo financiero contante a proyectos de investigación y estudiantes.
- Recopilación de datos: análisis de *Big Data*, con soporte de herramientas digitales como el pago único y centralizado con la tarjeta *Bip!*

## 11. Limitaciones

Los cambios tecnológicos no han sido aún suficientes para lograr los retos climáticos, el comportamiento de los usuarios ante los cambios tecnológicos, tarifarios y operativos se ha mostrado como una limitante clave, ¿cómo analizarlo e inducirlo?

También los análisis de costo-beneficio en la instrumentación de políticas han estado limitados a mirar los impactos en la salud y las emisiones, sin

considerar otros impactos como visibilidad, daños a las cosechas, la vegetación, la seguridad alimentaria, la contaminación al agua, entre otros. Los mismos modelos de co-beneficios a la salud no están habilitados a las características específicas de Chile. También ha habido poca atención en los ejercicios de planeación a la contaminación en espacios interiores y en la exposición al tráfico, con énfasis en el cambio de efectos del corto plazo (agudo) al largo plazo (crónico), considerando el envejecimiento de la población y el declive de los episodios de altas concentraciones de material particulado en los últimos años.

## 12. Lecciones aprendidas

- Existe amplia evidencia de los último 30 años, de múltiples instancias donde los planeadores y tomadores de decisión de distintos órdenes y niveles han buscado asesoría de los científicos y la academia, en la planeación del transporte. Creando una interfaz entre la ciencia y la política.
- La generación de evidencia científica, la recopilación de datos y los ejercicios de modelación han soportado la toma de decisiones durante muchos años. Sin embargo, la relación política-ciencia sigue siendo esporádica, en formatos de consultorías de corto plazo relacionadas a problemas puntuales y muy comúnmente dejando fuera esfuerzos robustos. reportes, evaluaciones y estudios publicados.
- El predominio de soluciones tecnológicas, en materia de calidad del aire y cambio climático, diseñadas en un marco de política neoliberal, vienen acompañadas de un abrumador énfasis en economía, ciencias naturales y de ingeniería, con muy poca atención en ciencias sociales y políticas. Las ciencias sociales, en colaboración y complemento con los estudios de ciencias naturales, serán fundamentales en el apoyo a la toma de decisión en un mundo de cambios acelerados; para orientar esos cambios y comportamientos a las tecnologías adecuadas al complejo sistema climático y la sociedad humana. Esto se refleja también en la academia y los ejercicios de modelación, donde una pequeña fracción respecto a los expertos trabajando se ocupan de las áreas de desarrollo urbano, aspectos sociológicos, antropológicos y de ciencias políticas, y especialmente en referencia con el cambio climático.
- En la planeación del transporte debe resaltar aquellas opciones “ganadora” por sus beneficios en calidad del aire y forzantes climáticos, resaltando la consideración de compuestos volátiles de vida corta en las estrategias de todos los niveles: nacionales, sectoriales, internacionales; restricciones o impuestos a los vehículos a Diésel, introducción de vehículos eléctricos, reverdecimiento de la matriz energética con fortalecimiento de la pequeña escala sobre todo en vivienda social; así como potencializando las soluciones que además apunten al desarrollo sostenible de la sociedad en un largo plazo.

### 13. Replicabilidad y escalamiento

- a. A nivel nacional se ha extendido la capacidad del modelo de cálculo de emisiones vehiculares MODEM a 22 ciudades y el modelo MODEC a 5 nuevas ciudades. También se han creado metodologías de análisis y desarrollo de factores de deterioro y caracterización de emisiones de la flota con sistemas remotos y mesas técnicas de evaluación social en transporte. Además, se han creado y expandido capacidades nacionales a través de 5 oficinas regionales de SECTRA, que cuentan con instrumentos de política homólogos como: Planes Maestros de Transporte Urbano, escenarios de desarrollo urbano y Planes Maestros de Gestión de Tránsito,
- b. A nivel regional sobresalen varias experiencias donde se han adoptado políticas en la región LAC siguiendo lo ejemplo de Chile: regulación en la calidad del combustible y la tecnología de los vehículos, la introducción temprana de combustibles más limpios de sistemas BTS rápidamente de propago por el continente. Por lo tanto, se espera que las conclusiones de este caso sean de utilidad y se propaguen las mejores prácticas en cuanto a los ejercicios de modelación de corto, mediana y largo plazo y la generación de datos a través de sistemas de pago únicos y centralizados para la planeación del sector transporte. Así como el apoyo de la interfaz ciencia-academia que actualmente existe con la facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile a través de sus distintos centros, y grupos de investigación.

### 14. Documentos publicados de consulta

- Amaya, M., Cruzat, R., Munizaga, M.A. (2017) Estimating the residence zone of frequent public transport users to make travel pattern and time use analysis. *Journal of Transport Geography*. Online first: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.017>
- Byon, Y.J., Cortés, C.E., Young-Seon Jeong, Martinez, F.J., Munizaga, M.A., y Zúñiga, M. (2017). Developing Headway Adherence Indices and Insights for Bunching for Public Transit with GPS. *International Journal of Civil Engineering*. Online first: <https://doi.org/10.1007/s40999-017-0153-3>
- Cortés, C., Gibson, J., Gschwender, A., Munizaga, M.A. y Zúñiga, M. (2011) Commercial bus speed diagnosis based on GPS-monitored data. *Transportation Research part C: Emerging Technologies*, 19(4), 695-707
- Devillaine, F., Munizaga, M.A. y Trepanier, M. (2012) Detection activities of public transport users by analyzing smartcard data. *Transportation Research Record*, 2276, 48-55
- Gibson, J. Munizaga, M.A., Tirachini, A., Schneider, C. (2016) Estimating the Bus User Time Benefits of Implementing a Median Busway: Methodology and Case Study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 84,

72-83

- Gschwender, A., Munizaga, M.A. y Simonetti, C. (2016) Using Smartcard and GPS data for policy and planning: the case of Transantiago. *Research in Transport Economics*, 59, 242-249
- Munizaga, M.A. y Palma, C. (2012) Estimation of a disaggregate multimodal public transport origin-destination matrix from passive Smart card data from Santiago, Chile. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 24, 9-18
- Munizaga, M.A., Devillaine, F., Navarrete, C., Silva, D. (2014) Validating travel behavior estimated from smart card data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44, 70-79
- Yap, M., Munizaga, M.A. (2018) Workshop 8 report: Big data in the digital age and how it can benefit public transport users. *Research in Transport Economics*. *Research in Transport Economics (RETREC)*
- <http://www.sectra.gob.cl/>
- <http://mtt.gob.cl/promovilidad/informe-final-promovilidad>
- <http://portal.mma.gob.cl/tag/santiago-respira/>
- [http://www.minenergia.cl/archivos\\_bajar/ucm/consulta/Estrategia\\_Elec\\_tromovilidad\\_en%20Chile.pdf](http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/ucm/consulta/Estrategia_Elec_tromovilidad_en%20Chile.pdf)

## Sector: Eficiencia Energética –México

### 1. Sector – país

Eficiencia Energética –México

### 2. Nombre de la acción / programa y año

Hoja de Ruta: potencial y aprovechamiento de la eficiencia energética en el sector industrial en México. 2018. (SENER, 2018)

### 3. Institución(es) responsable(s) y actores involucrados

Secretaría de Energía (SENER)

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)

Fundación Bariloche.

### 4. Modelos y herramientas

LEAP incluyendo análisis de cobeneficios

### 5. Contexto

#### a. Antecedentes:

La Ley de Transición Energética, publicada a finales de 2015, define los instrumentos de planeación para la política nacional energética en materia de energías limpias y eficiencia energética. Estos son: 1) la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios (Estrategia); 2) el Programa Especial de la Transición Energética (PETE), y; 3) el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE). Asimismo, se establecen como metas de eficiencia energética lograr una tasa anual promedio de 1.9% en la reducción de la intensidad de consumo final de energía hasta 2030 y de 3.7% promedio anual hasta 2050. En particular, la Ley indica que CONUEE es la responsable de definir las metas del país en eficiencia energética y de desarrollar una hoja de ruta para alcanzar esas metas. La Hoja de Ruta sobre eficiencia energética es un elemento clave para alcanzar las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (sigla en inglés NDC). En el caso de México, las NDC buscan reducir las emisiones del país en un 22% para el 2030 – incluyendo una reducción del 5% en el sector industrial. Varios programas relacionados a la eficiencia energética han sido implementados en México durante los últimos treinta años. Sin embargo, la adhesión a estas iniciativas ha sido voluntaria, así como las metas, por lo que ha sido difícil implementar sistemas de monitoreo. Por otro lado, las Hojas de Ruta de eficiencia energética usualmente se tratan de avances tecnológicos, sin embargo, la Ley de Transición Energética requiere que la CONUEE defina actores, tiempos y recursos en los diferentes sectores de consumo.

#### **b. Principal propósito:**

Identificar a los actores relevantes, tiempos y la naturaleza de los recursos requeridos para desarrollar las acciones de eficiencia energética establecidas en la Estrategia de Transición para promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más limpios (Estrategia).

#### **c. Barreras por superar:**

Barreras transversales que están relacionadas con las distorsiones de mercado, implicaciones financieras, la difusión de información entre la población, la coordinación institucional, la implementación de regulación en la materia, la preparación técnica e investigación. Algunos pueden ser: subsidios energéticos, limitaciones de información para la generación recopilación, disponibilidad y gestión de datos e indicadores, insuficientes campañas de información sobre eficiencia energética, necesidad de consolidar capacidades técnicas, bajo nivel de coordinación intrainstitucional en el sector público, insuficientes instrumentos fiscales y financieros, investigación y desarrollo sobre eficiencia energética insuficiente.

Además, también existen barreras sectoriales. En el sector de edificaciones, hay presupuesto y capacidades limitadas a nivel municipal para desarrollar y cumplir reglamentos de construcción orientados a la eficiencia energética. En la industria hay falta de financiamiento, discontinuidad de política pública de largo plazo, descoordinación interinstitucional. En transporte, la falta de cumplimiento de normativa ambiental, insuficiente infraestructura y financiamiento en la promoción de electromovilidad. En sector agropecuario, poco apoyo desarrollo de las tecnologías de eficiencia energética en el campo, corporativismo, información insuficiente sobre la eficiencia energética en este sector.

#### **d. Actividades**

- Se realizó un análisis general de la situación de la industria en México y de sus subsectores. Mediante un conjunto de criterios y talleres participativos se justificaron, respaldaron, priorizaron y ratificaron los subsectores prioritarios.
- Se identificaron, consensaron y analizaron 50 medidas técnicas y de buenas prácticas (por una evaluación comparativa de benchmarking internacional), de las cuales 37 medidas resultaron viables, desde el punto de vista de su evaluación técnico-económica (de acuerdo con las hipótesis técnicas y de costos adoptadas) en el marco de una prospectiva energética realizada con el Modelo LEAP.
- Se evaluaron las condiciones de entorno, y las barreras específicas de las medidas seleccionadas de cada uno de los subsectores priorizados, desde un abordaje ascendente (bottom up) en tres talleres participativos y en entrevistas con actores clave.
- Se realizó un análisis de las experiencias internacionales y regionales sobre el tema de eficiencia energética en la industria y de las políticas,

estrategias e instrumentos que están en aplicación en México.

- Se elaboró una propuesta de instrumentos, debatida y socializada en los talleres participativos, para alcanzar el cumplimiento satisfactorio de los resultados esperados. Se fortaleció con un esquema basado en incentivos y requerimientos. Se complementó con actividades existentes de tipo regulatoria, entre otras.
- Se elaboró un apartado sobre indicadores para el monitoreo y evaluación (M&E) de este tipo de proyectos.
- Se abordó el tema de equidad de género y se consideró en la propuesta de acciones de eficiencia energética en la industria, dando como resultado un análisis del contexto actual al respecto, el cual contiene algunas recomendaciones que podrían ser de utilidad para el desarrollo de incentivos en los distintos subsectores.
- Finalmente, se incluyó un capítulo de conclusiones de acuerdo con los hallazgos identificados en la investigación realizada, el proceso participativo y la modelación. (SENER, 2018)

#### **e. Resultados**

Uno de los principales resultados del estudio está asociado al ahorro energético obtenido por la aplicación de las medidas adoptadas. El valor máximo de ahorro con respecto al escenario base o Business-as-usual (BAU) en el año 2030 de las 50 medidas identificadas se ubicó en el 9.9% de la demanda industrial, resultando en una reducción de la intensidad energética del 8% respecto del escenario base en el año 2030. Las emisiones directas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) evitadas al 2030 para el total de la industria con respecto al BAU ascienden a 9.7 millones de tCO<sub>2</sub>e, lo que equivale a una reducción del 9%. Las emisiones evitadas del sistema energético se ubican en 24.1 millones de tCO<sub>2</sub>e y representan un 4.2% de las emisiones totales del BAU en dicho año. (SENER, 2018)

### **6. Planteamiento metodológico**

#### **a. Metodología:**

Se modeló el sistema energético mexicano completo con la asistencia de la herramienta Long-range Energy Alternatives Planning system (LEAP), para visualizar y cuantificar las interrelaciones existentes.

#### **b. Proceso de planeación de la acción:**



Tabla 4. Proceso de Modelación - Hoja de Ruta

Diseño del Concepto / Mapa Mental	Selección de Modelo / herramienta	Línea base (Situación de Partida) y escenarios alternativos	Estrategia de análisis	Análisis de recursos y capacidades
<p>Realizar un análisis general de la situación actual de la industria en México.</p> <p>Definir las preguntas principales, sobre qué medidas de eficiencia energética pueden llevarse a cabo en México, en base a las medidas documentadas a nivel internacional.</p> <p>Objetivo final: Estimar y cuantificar los ahorros de energía potenciales derivados de un conjunto de medidas concretas y factibles vinculadas directamente con eficiencia energética</p>	<p>Las prospectivas del sector energético en México se realizan mediante el uso de varios modelos y se actualiza anualmente en el "Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional"</p> <p>El ejercicio de medidas de eficiencia energética en el sector industrial se realizó utilizando el modelo LEAP.</p>	<p>Para la selección de sectores y subsectores correspondientes a las grandes industrias, se realizaron análisis históricos de la evolución del consumo energético. En consecuencia, se mantuvieron los siguientes subsectores estratégicos: hierro y acero, cemento, vidrio, química y papel y se añadieron algunos sectores como el azucarero, vinculados a Pymes.</p> <p>En cuanto a los subsectores, la industria básica del hierro y el acero y la del cemento utilizaron cerca del 47% del total de las ramas con mayor consumo energético o 24.9% del total del sector industrial</p>	<p>La selección y adecuación de las medidas de eficiencia energética se realizó a partir de una profunda revisión de literatura, entrevistas a personas de los sectores público y privado, así como la validación de los representantes de la industria. En algunos casos se adquirieron publicaciones oficiales de algunas cámaras industriales con datos técnicos sobre sus procesos productivos y se incluyeron en la modelación.</p>	<p>Se realizaron 3 talleres con la participación de: representantes de los subsectores industriales de las industrias del hierro y acero, química, azucarera, metalmecánica, del cemento, del vidrio, del papel, representantes del sector Pymes, representantes de Cámaras y Asociaciones y del sector académico. Instituciones de gobierno, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), todos ellos convocados por la Conuee.</p>

### **c. Principales retos confrontados durante la modelación o aplicación de herramientas**

No en todos los casos se contó con información disponible, por lo que el equipo de trabajo utilizó estimaciones propias, realizadas en el marco del proyecto.

## **7. Resultados**

La Hoja de Ruta contiene cinco capítulos, a través de los cuales revisa el marco legal para el desarrollo de la misma; contextualiza las tendencias actuales a nivel global y nacional en los distintos temas relativos a la eficiencia energética; presenta un diagnóstico que identifica los retos particulares que ha enfrentado la eficiencia energética en años recientes; describe el escenario de transición energética desarrollado durante la elaboración de la Estrategia, evaluando 50 principales medidas sectoriales utilizando la herramienta LEAP, que dio origen a la meta de eficiencia energética establecida en dicho documento rector, y en el último capítulo se definen actores clave, tiempos máximos de ejecución y recursos necesarios para implementar cada acción de política pública, en materia de eficiencia energética, que coadyuve al logro de la meta nacional.

Puntos clave:

- Diálogos de validación de medidas sectoriales
- Establecimiento de metas a largo plazo con base a simulación sectorial.
- Incluye la evaluación de diagnósticos actuales.
- Retos identificados en años recientes.
- Análisis de escenarios de transición con objetivos específicos.
- Identificación de actores claves en todos los órdenes de gobierno
- Tiempos de ejecución y recursos necesarios.

## **8. Impacto**

### **a. Describe el impacto y desarrollos a los cuales las acción y resultados contribuyeron en el largo plazo.**

Por mencionar algunos impactos:

En industria:

- Sistemas de Gestión de Energía para grandes consumidores de energía
- Programas de apoyo específicos de eficiencia energética en PyMEs
- Expansión y actualización de las normas y los sistemas de control sobre eficiencia energética de nuevos productos y sistemas
- Diseñar e implementar una estrategia para la recuperación y aprovechamiento del calor industrial residual

En el sector eléctrico (transmisión y distribución de energía)

- Diseñar programas para fomentar ahorros en el consumo final de electricidad con obligaciones, estándares y mercados de certificados blancos
- Reforzar el Programa de Reducción de Pérdidas de la Red
- Consolidar la Hoja de Ruta para redes inteligentes

En edificaciones:

- Fortalecer la certificación y etiquetado energético de edificaciones
- Fortalecer la certificación y etiquetado energético de equipos domésticos
- Instrumentación del Código de Conservación de Energía en edificaciones nuevas

**b. Explica cómo el impacto se midió por monitoreo de indicadores o evaluación.**

La Fase II de la Hoja de Ruta implica determinar una visión a largo plazo, se tomaron como punto de partida la visión y el objetivo deseados que establece el artículo 11 de la LTE en su Capítulo III, como meta indicativa a ser establecida en el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de Energía (PRONASE), de acuerdo con las metas de mediano y largo plazo de la Estrategia. Utilizando el modelo Long-range Energy Alternatives Planning System (LEAP) se evaluaron escenarios de mediano y largo plazo, y en qué forma las medidas de eficiencia energética propuestas contribuyen a las metas de eficiencia energética y al cumplimiento de las metas de mitigación de GEI en el marco de las NDCs de México. Esta evaluación prospectiva contribuyó a la elección de instrumentos

## 9. Limitaciones

Por mencionar algunas:

- Capacidades insuficientes en los tres niveles de gobiernos para regular e impulsar la eficiencia energética
- Autonomía reglamentaria de estados y municipios en materia de construcciones.
- Recursos y capacidades limitadas, y cortos periodos de gestión en los gobiernos locales.
- Vigilancia insuficiente para el cumplimiento de la normatividad en materia de construcción.
- Dispersión de la propiedad comercial y residencial.
- Bajo involucramiento del sector privado y de la banca comercial para el financiamiento de proyectos de remodelación energética.
- Paradigma erróneo que considera que construir bajo estándares de EE es más caro. Agendas y prioridades divergentes entre los sectores del sector

edificación.

#### **10. Lecciones aprendidas**

- Potencial de ahorro y uso eficiente no aprovechado
- En México existe un buen número de programas relacionados con el aprovechamiento del uso de la energía dirigido a la industria, en particular a la manufacturera, sin embargo, su impacto y difusión se concentran en la Zona Metropolitana del Valle de México.
- Existe una brecha de información sobre la realidad de los consumos por fuentes, usos y procesos productivos, que dificulta la orientación clara de las acciones de intervención para lograr la mayor efectividad de estas.
- Tomar en cuenta preocupaciones del sector industrial.
- Existe la necesidad de fortalecer instrumentos de fomento de la eficiencia energética.

#### **11. Documentos publicados de consulta**

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313765/HojadeRutadeEficienciaEnergeticavOdeB24012017SCC\\_07112017\\_VF.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313765/HojadeRutadeEficienciaEnergeticavOdeB24012017SCC_07112017_VF.pdf)

## 2. Otros casos de referencia

A continuación, se enlista diez ejemplos seleccionados de experiencias exitosas de los países de la región LAC en la aplicación de modelos y herramientas en su planificación ante el cambio climático y establecimiento de metas de sus contribuciones nacionales determinadas:

No.	Modelo	Tipo	País
<b>Experiencia América Latina</b>			
1	<b>LEAP</b> ( <i>Long-range Energy Alternatives Planning system</i> ).	<i>Bottom-up demand driven</i> (gestión de la demanda).  Simulación de Escenarios ( <i>what-if</i> ) Optimización: última versión	México
2	IES-Brasil (Implicaciones Económicas y Sociales. Escenarios de Mitigaciones).  IMACLIM-Brasil	<i>Bottom up - top down</i> .  Modelo híbrido de equilibrio general dinámico. Utiliza: ➤ Modelo Message ➤ Modelo BLUM ➤ Modelo LEAP	Brasil
3	MAPS CHILE	<i>Bottom up - top down</i> .  Modelo híbrido de equilibrio general estático y dinámico computable (MEG).	Chile
4	<b>Programa MAPS</b> ( <i>Mitigation Action Plans and Scenarios</i> ).	<i>Bottom up - top down</i> .  Modelo híbrido de equilibrio general estático y dinámico computable (MEG): ➤ Modelación económica con un modelo de equilibrio general y, ➤ Simulación de emisiones con MARKAL y LEAP.	Colombia
5	Proyecto PlanCC (Planificación ante el Cambio Climático)	<i>Bottom up - top down</i> .  Modelo híbrido de equilibrio general estático y dinámico computable (MEG).	Perú

No.	Modelo	Tipo	País
6	<b>Super - Olade</b> (Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2008-2022).	<i>Bottom up (Análisis del sector eléctrico).</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Optimización con el modelo SUPER.</li> <li>➤ Simulación a partir del modelo de programación dual dinámica estocástica (SDDP).</li> </ul>	Guatemala
7	<b>HOMER</b> (Potencial de aprovechamiento de paneles fotovoltaicos en los sistemas aislados de la Amazonia: Brasil, Bolivia, Colombia y Perú).	<i>Bottom-up.</i> Modelo de equilibrio parcial subsectorial que desarrolla simulación y optimización.	Brasil, Bolivia, Colombia y Perú
8	<b>EPPA</b> (Emissions Prediction and Policy Analysis). Análisis de modelos múltiples.	<i>Bottom up - top down.</i> Modelo dinámico de equilibrio general computable plurirregional y multisectorial (MEG). Modelo del MIT.	México y Brasil
9	<b>WASP</b> (Wien Automatic System Planning).	<i>Bottom-up.</i> Modelo subsectorial de equilibrio parcial y optimización.	Jamaica
10	<b>RETScreen</b> (Biogás: Una alternativa para la expansión de generación eléctrica en el Ecuador).	<i>Bottom-up.</i> Modelo de simulación de equilibrio parcial para el análisis sector/tecnología.	Ecuador
<b>Experiencia Unión Europea</b>			
11	<b>Modelo M3E.</b>	<i>Bottom-up.</i> Modelo de simulación y equilibrio parcial para el análisis de escenarios de emisiones para sectores difusos.	España
12	<b>Modelo POLES - GEM-E3</b> (Escenarios de política climática global para 2030).	<i>Top-down/bottom-up.</i> Modelo híbrido: Utiliza POLES, modelo de simulación sectorial global para el desarrollo de escenarios de energía y GEM-E3, modelo de equilibrio general	Unión Europea

No.	Modelo	Tipo	País
		aplicado, que representa simultáneamente 18 regiones mundiales, vinculadas a través del comercio bilateral endógeno.	

## 2.1. Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en 12 países. Caso México con el soporte LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning)

**País(es):** México

**Organización(es) encargada(s):** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en colaboración con el Molina Center for Strategic Studies in Energy and the Environment.

**Tipo de Modelo(s):** *Bottom-up / demand-driven*<sup>1</sup>, Simulación, Sectorial, Multisectorial.

*Top-down*, Equilibrio Parcial.

**Sectores analizados:** Sector energético: eléctrico, transporte, gestión de la demanda

**Año:** 2013.

**Principal(es) Financiamiento(s):** Coalición Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta (CCAC).

**Objetivo:** Desarrollar prioridades para la estrategia nacional para reducir contaminantes climáticos de vida corta (CCVC).

### **Descripción:**

El Apoyo a la Planificación Nacional (*SNAP, por sus siglas en inglés*) para Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC) es una iniciativa transversal, a través de la cual la Coalición Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta (*CCAC, por sus siglas en inglés*) colabora con aquellos países que deseen desarrollar sus prioridades para la estrategia nacional para reducir los CCVC.

En el largo plazo, busca apoyar la integración de los CCVC en la planificación nacional existente; identificar y priorizar las estrategias que los países pueden emprender y pueden implementar a través del marco regulatorio en calidad del aire y cambio climático, así como en la política de desarrollo existentes. Además, de identificar formas de superar las barreras y desarrollar capacidades en los países para su planificación estratégica. México y el PNUMA son los socios principales de esta iniciativa junto con el Instituto Ambiental de Estocolmo (*SEI, por sus siglas en inglés*) y el Molina Center for Strategic Studies in Energy and the Environment (MCE2) como implementadores.

México fue uno de los cuatro países piloto (además de Bangladesh, Colombia y Ghana) apoyado por CCAC para desarrollar una planificación nacional de rápido inicio para los CCVC, que incluye todos los elementos de planificación nacional a más largo plazo, y solo con el nivel de detalle permitido de acuerdo con la información disponible, para lo cual utilizó el LEAP para la compilación de inventarios de emisiones de CCVC, generar escenarios de mitigación y estimar los beneficios de la acción, utilizando datos disponibles a nivel nacional, y en algunos casos, estadísticas reconocidas internacionalmente para priorizar sus acciones y evaluaciones preliminares realizadas.

---

<sup>1</sup> Basado en la caracterización de usuarios finales en lo referente al tipo de energía y las tecnologías usadas por estos, así como la caracterización de la oferta energética.



Esto ha permitido a México, la definición de estrategias de mitigación de CCVC como parte de las políticas y programas actuales, incluida la Estrategia de Desarrollo de Bajas Emisiones (*LEDS, por sus siglas en inglés*), comunicaciones nacionales, programas de gestión de la calidad del aire y clima plan de acción.

## 2.2. Programa MAPS

El Programa MAPS, Escenarios y Planes de Acción de Mitigación por sus siglas en inglés, surgió con base a la experiencia desarrollo de Escenarios de Mitigación a Largo Plazo de Sudáfrica, como una cooperación sur-sur entre países en desarrollo para establecer las bases de una transición a largo plazo a economías carbono eficiente y climáticamente resilientes.

Durante un periodo del 2010 al 2015 Brasil, Chile, Perú y Colombia llevaron a cabo un proceso colaborativo, pero propio de cada país y acoplado a su contexto local. La colaboración transformó la forma de crear capacidades locales y diseminar resultados; creando un nivel más alto de aceptación de los sectores a las metas de planeación climática. El proceso logro la interacción de actores relevantes, desarrollando conexiones e intercambio de conocimiento, creando un proceso innovador de adopción y aprendizaje. En este sentido el programa MAPS fue un programa sumamente exitoso que contribuyó a la elaboración de los planes de mitigación ante el cambio climático, alineados al desarrollo económico de los países participantes. El programa fue dirigido por los propios gobernantes; y totalmente dependiente de las habilidades de los equipos especializados de cada país para obtener los objetivos deseados, según sus mandatos ambientales y procedimientos.

A continuación, se resume brevemente la experiencia y resultados de cada país:

### 2.2.1. IES-Brasil

**País(es):** Brasil.

**Organización(es) encargada(s):** Instituto Alberto Luiz Coimbra de Postgrado e Investigación en Ingeniería (COPPE / UFRJ), Foro Brasileño sobre el Cambio Climático (FBMC) y el Ministerio de Medio Ambiente.

**Tipo de Modelo:** *Top-down/bottom-up*: IMACLIM-Brasil, modelo híbrido de equilibrio general dinámico que cubre el período 2010-2030 en pasos anuales a través de la iteración recursiva del equilibrio estático anual y los módulos dinámicos.

**Sectores analizados:** cuatro sectores: i) electricidad y refinería; ii) energía demanda; iii) uso de suelo y agricultura; y iv) usuarios finales.

**Año:** 2012-2015.

**Principal(es) Financiamiento(s):** El financiamiento para la realización de MAPS Brasil ha provenido de Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID) y la dirección General de Cooperación Internacional de los países bajos (DGIS).

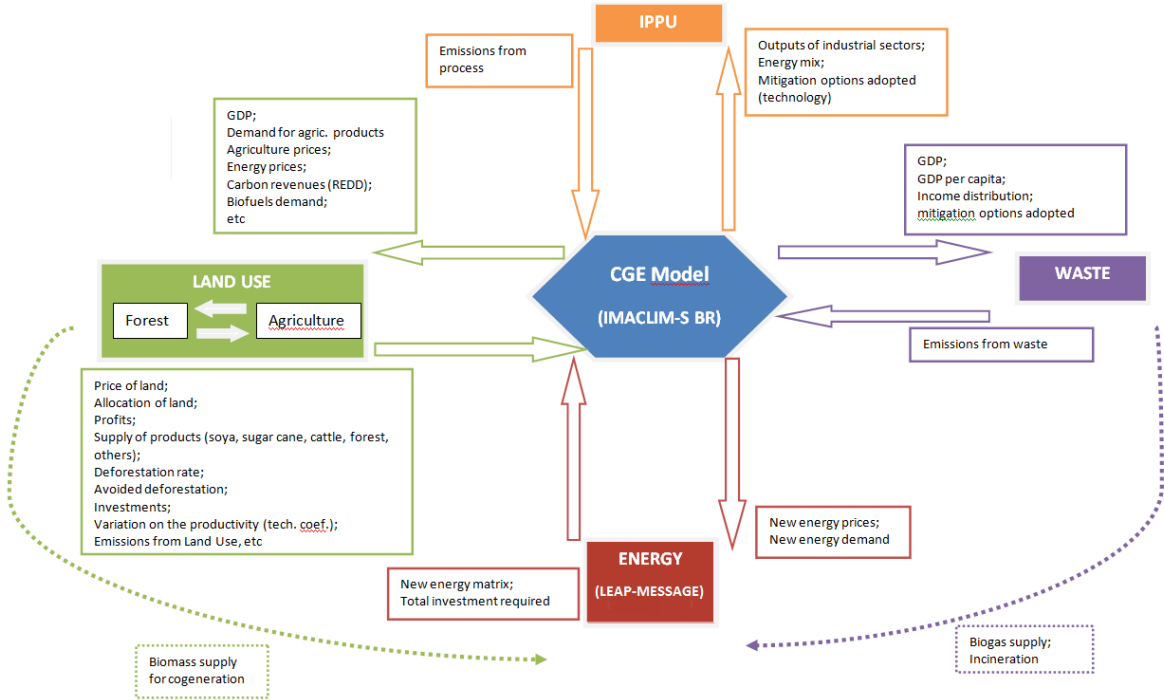
**Objetivo:** Evaluar las implicaciones económicas y sociales de diferentes conjuntos de medidas de mitigación de GEI en Brasil hasta 2030.

**Descripción:**

El modelo brasileño para el programa MAPS está basado en la proyección de diversos escenarios que maximicen el desarrollo económico y social en Brasil, a partir de la implementación de políticas de mitigación de emisiones, entre las que se encuentran impuestos y regímenes. Estas políticas parten de impuestos a las emisiones y de regímenes de comercio de derechos de emisión que incentiven a la reducción de las mismas. Posteriormente, se cuantifican los impactos de estas medidas sobre diferentes indicadores económicos como el PIB, la creación de empleos y la deuda gubernamental. Además, se profundiza en los impactos sectoriales de dichos efectos sobre los precios y el producto generado específico de cada sector. Los resultados obtenidos por el modelo se muestran consistentes con la teoría económica.

Este modelo muestra gran complejidad, ya que integra diversas metodologías y modelos para representar las diversas opciones de producción (cuatro modelos sectoriales: electricidad y refinería, energía demanda, uso de suelo y agricultura; y usuarios finales). Como se muestra en la Ilustración 4, se utiliza el modelo LEAP específicamente para modelar la demanda de energía, el modelo MESSAGE para los escenarios de referencia del suministro eléctrico y el modelo BLUM para las emisiones correspondientes al uso de suelo; para finalmente incorporar, de manera iterativa, los factores técnicos (datos de entrada) al modelo *top-down* (IMACLIM-Brasil). Los resultados muestran la importancia de tener una descripción precisa del sistema de energía vinculado a un modelo de equilibrio general computable (MEG).

Ilustración 4. Enfoque metodológico: Esquema de modelado



Fuente: IES-Brasil.

Se identifica como principal ventaja la posibilidad de realizar un análisis exhaustivo a nivel sectorial como a nivel macroeconómico, a través de una

vinculación de metodologías en un proceso iterativo. Además, permite cuantificar de manera muy precisa los impactos económicos en función del tamaño y el enfoque de las medidas de mitigación. En cuanto a la entrada de datos, para la versión global los principales controladores fueron: población, PIB, PIB *per cápita*, número de hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales, recursos energéticos; generación de energía; perfiles de emisión; PIB; población; recursos de petróleo y gas; costos tecnológicos, entre otros.

Las dificultades radican en el desarrollo, donde un modelo híbrido de entrada-salida pasa por un cuidadoso proceso de ajustes de nomenclatura y manipulaciones de valores para asegurar la compatibilidad total de las Cuentas Nacionales con el Balance Energético. Para ello, se utiliza un sistema de contabilidad doble con dos matrices (flujos monetarios y flujos físicos) conectadas permanentemente a través de una tercera matriz (precios), que es variable y endógena al modelo. Este sistema de contabilidad doble permite obtener un puente de comunicación y reconciliación entre las dos visiones parciales y complementarias: el enfoque *top-down* y el enfoque *bottom-up*.

## 2.2.2. MAPS Chile

**País(es):** Chile.

**Organización(es) encargada(s):** Gobierno de Chile (participación de siete ministerios del país), UNDP y Universidad de Chile.

**Tipo de Modelo:** *Bottom-up/top-down*. Modelo híbrido de equilibrio general computable.

**Sectores analizados:** siete sectores más relevantes en emisiones y captura en el país: i) generación eléctrica y transmisión de energía ii) minería e industrias; iii) transporte y urbanismo; iv) comercial, residencial y público; v) agropecuario y cambio de uso de suelo; vi) forestal y cambio de uso de suelo, y vii) residuos.

**Año:** 2011-2015

**Objetivo:** Generar evidencia acerca de las opciones de mitigación del cambio climático.

**Principal Financiamiento:** El financiamiento para la realización de MAPS Chile fue proporcionado por: Fundación del Fondo de Inversión Infantil (CIFF), la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y los gobiernos de Suiza, Dinamarca y Chile.

**Objetivo:** Generar evidencia acerca de las opciones de mitigación del cambio climático.

**Descripción:**

El proyecto MAPS Chile, parte de la creación de un modelo de equilibrio general computable. Para ello, se parte de una línea base de emisiones para los años 2007-2030, considerando una proyección de la economía chilena situada en el año 2006 sin considerar esfuerzos para reducir emisiones de GEI, pero incluyendo la evolución tecnológica natural de los sectores económicos. Posteriormente, se compara dicha proyección con la línea de emisiones recomendada para poder crear nueve escenarios distintos de mitigación de GEI. Este programa analiza tanto los efectos sectoriales de las políticas de mitigación como los efectos macroeconómicos. Se obtuvo cerca de cien medidas de mitigación para los siete

sectores productivos. Algunas de ellas comprenden el etiquetado de neumáticos eficientes o la creación de una infraestructura para ciclistas. Por último, se analizan los diferentes escenarios con respecto a la línea base para poder generar conclusiones de la efectividad de cada uno de ellos. Se obtuvo que los escenarios que más logran reducir las emisiones en Chile son los denominados de esfuerzo alto y medio donde se consideran impuestos a las emisiones. Se obtuvo que, si Chile sigue las tendencias actuales y no implementa grandes cambios en la mitigación de sus emisiones, las emisiones netas crecerían cerca de un 50% entre 2013 y 2020; y 100% entre 2013 y 2030. Además, el sector de generación y transporte de electricidad sería el que más contribuye en emisiones al 2020 (38.5% participación). Por otra parte, se encontró que Chile tiene múltiples opciones para reducir sus emisiones de GEI. Específicamente Cerca de 100 diversas medidas de mitigación para 7 sectores productivos y la economía en su conjunto, agrupadas en 9 escenarios, donde al año 2020 se estiman reducciones entre 4.1 y 16.8 millones de tCO<sub>2</sub>e, comparado con las proyecciones de línea base 2013 (reducciones de 3.5 y 14.4%, respectivamente).

Las ventajas de este modelo radican en su capacidad predictiva en cuanto a la obtención de la reducción de emisiones en el tiempo y la reducción de emisiones *per cápita*. Además, el programa obtiene un modelo macroeconómico que arroja los efectos de los escenarios sobre diferentes indicadores económicos (PIB y empleo). Respecto a la entrada de datos, para la versión global, los principales controladores fueron: Población, PIB, PIB *per cápita*, número de hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales, recursos energéticos; generación de energía; perfiles de emisión; PIB; población; recursos de petróleo y gas; costos tecnológicos, entre otros.

En cuanto a las barreras del modelo, se encuentra la poca disponibilidad de algunos datos para los sectores de estudio. Por ejemplo, se observó que en Chile no existen datos para los precios de diferentes medidas de mitigación. Por lo que se consideraron precios de referencia internacionales para realizar las proyecciones de costos.

La dificultad del modelo utilizado en Chile radica en la metodología y disponibilidad de datos, donde se utiliza un modelo híbrido de entrada-salida para evaluar los efectos de mitigación de GEI.

### 2.2.3. Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), modelo MEG con simulación con MARKAL y LEAP

**País(es):** Colombia.

**Organización(es) encargada(s):** El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Universidad de Los Andes.

**Tipo de Modelo(s):** *Bottom-up/top-down*: Modelación económica con un modelo de equilibrio general y simulación de emisiones con MARKAL y LEAP.

**Sector(es) de estudiado(s):** Los sectores analizados fueron: Industria, Energía, Minería, Transporte, Vivienda, Residuos y Agricultura.

**Año:** 2010-2016.

**Principal(es) Financiamiento(s):** Recibió apoyo técnico y financiero de 14 diferentes iniciativas internacionales y socios, incluidos el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sustentable (MADS) y el Departamento de Planeación Nacional (DNP).

**Objetivo:** Realizar el plan estratégico para el cambio climático del país.

**Descripción:**

El programa MAPS en Colombia, al igual que el resto de los países que utilizaron este modelo, toma un papel muy importante en el plan estratégico para el cambio climático del país donde se establecen las siguientes metas: i) identificar y evaluar acciones para desacoplar el crecimiento de las emisiones de GEI del crecimiento de los sectores económicos, ii) desarrollar planes de acción de mitigación en cada sector productivo, y iii) crear o desarrollar herramientas para implementación, incluyendo monitoreo e informes. Para ello, se realizó una construcción de escenarios futuros de las emisiones de GEI hasta el año 2040. Posteriormente, se identificaron medidas de mitigación sectoriales y se evaluaron los costos y el potencial de abatimiento de las medidas identificadas. Las medidas identificadas y analizadas parten principalmente del uso eficiente de energía y del uso de energías renovables.

El estudio utilizó dos herramientas importantes para llevar a cabo las evaluaciones de emisiones bajas de carbono: la primera fue una metodología económica para estimar los costos de las medidas con bajas emisiones de carbono en cada uno de los sectores (análisis sectorial). Esta metodología permite, por ejemplo, la comparación de diferentes tipos de medidas, como la introducción de alumbrado público más eficiente o el uso de programas de forestación. La segunda herramienta es un modelo macroeconómico para evaluar los impactos integrados de medidas específicas bajas en carbono en el resto de la economía, incluido el crecimiento económico y el empleo.

Al igual que el modelo chileno, se preparó una trayectoria simple de emisiones de referencia para el año 2040 utilizando una combinación de proyecciones de PIB, población y uso de energía. Se obtuvo, que el sector con mayor potencial para la reducción de emisiones en Colombia es el integrado por la agricultura, la silvicultura y el uso de suelo. Esto se da debido a los reducidos impactos de los sectores energéticos debido a la dominancia de la energía hidroeléctrica. Se identificaron medidas de mitigación con enorme potencial como la continuación e implementación de transportes públicos urbanos, la reforestación de zonas como el Orinoco, sistemas de silvicultura y protección en contra de la deforestación.

La dificultad del modelo utilizado en Colombia radica en la metodología y disponibilidad de datos, donde se utiliza un modelo híbrido de entrada-salida para evaluar los efectos de mitigación de GEI. Además, el análisis puntual de diferentes medidas de mitigación de GEI genera mayor complejidad por la necesidad de crear curvas de abatimiento marginal.

## 2.2.4 Planificación ante el cambio climático (PlanCC)

**País(es):** Perú.

**Organización(es) encargada(s):** Centro Nacional de Planeación Estratégica (CEPLAN), Ministerio de Economía y Finanzas, Ministerio de Asuntos Exteriores, Helvetas Swiss Inter-cooperation y Libélula.

**Tipo de Modelo(s):** *Top-down/bottom-up*: Modelo híbrido de equilibrio general computable.

**Sectores analizados:** Energía, transporte, procesos industriales, agricultura forestal y residuos.

**Año:** 2012-2014 (fase 1) y 2015-2016 (fase 2).

**Principal(es) Financiamiento(s):** El financiamiento para la realización del PlanCC Perú fue proporcionado por: Fundación del Fondo de Inversión Infantil (CIFF), la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y el gobierno de Suiza.

**Objetivo:** El Proyecto Planificación ante el Cambio Climático (PlanCC) tiene como finalidad contribuir a la transición del Perú hacia un desarrollo bajo en emisiones.

### **Descripción:**

En el programa MAPS en Perú, se analizaron 77 propuestas de acciones de mitigación técnicamente viables en el país y cinco posibles escenarios de adopción de estas medidas para el año 2050. Para ello, se generó dentro de los cinco escenarios, una línea base tomando en cuenta la evidencia histórica y proyecciones futuras considerando el crecimiento económico y los avances tecnológicos. Posteriormente, se comparó la línea base con el escenario de mayor optimismo, en cuanto a reducción de emisiones. Este escenario, nombrado “sostenible”, cuenta con 33 medidas de mitigación que representan un potencial de mitigación ambicioso. De esta comparación se analizó también los efectos sobre el PIB, la inversión, distribución del ingreso, pobreza, ahorro, competitividad, salud e impactos ambientales.

Según el análisis, la implementación de las medidas de mitigación contenidas en el escenario “sostenible”, generarían a largo plazo un impacto económico positivo en el Perú. Incluso, se demuestra que este escenario resultaría en mayores niveles de inversión en el periodo de estudio, ingresos adicionales para la población, mejor calidad ambiental, una mejora de la competitividad, mayor seguridad energética y mayores niveles del PIB. Específicamente, este escenario podría reducir las emisiones per cápita a la mitad de lo proyectado al 2050.

Este modelo de carácter híbrido, parte de dos componentes: el modelo Top Down, donde se emplearon modelos econométricos con distintas metodologías (series de tiempos y paneles de datos de efectos fijos) para estimar las relaciones entre el PIB per cápita y las emisiones, utilizando datos históricos. Por otro lado, el componente Bottom up, donde se realizó un análisis sectorial detallado. De manera sectorial se analizó el comportamiento de las emisiones derivadas de cada sector a partir del modelamiento de variables o *drivers* que inciden en su comportamiento. Con esto se logra reproducir la senda de emisiones del escenario “Todo sigue igual” (BAU) al 2050 y permite estimar el ahorro de emisiones ante cambios en la actividad productiva o en el uso de suelos en la Amazonía peruana. Respecto a la entrada de datos, para la versión global, los principales controladores fueron: Población, PIB, PIB per cápita, número de

hogares, y productos sectoriales. Para los modelos sectoriales, recursos energéticos; generación de energía; perfiles de emisión; PIB; población; recursos de petróleo y gas; costos tecnológicos, entre otros.

Al igual que el caso de Chile y Colombia, la dificultad de este modelo radica en la metodología y disponibilidad de datos, donde se utiliza un modelo híbrido de entrada-salida para evaluar los efectos de mitigación de GEI. El uso de una matriz de contabilidad social (SAM) para recoger los principales flujos de la economía y el cálculo de la intensidad de emisiones por actividad económica a través de la actualización de inventarios, lo vuelve un modelo elaborado.

### 2.3. Super OLADE (Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2008-2022)

**País(es):** Guatemala.

**Organización(es) encargada(s):** Ministerio de Energía y Minas, Comisión Nacional de Energía Eléctrica y División de Proyectos Estratégicos.

**Tipo de Modelo(s):** *Bottom-up*: Análisis sectorial. Optimización a partir del modelo SUPER OLADE. Simulación con el modelo de Programación dual dinámica estocástica (SDDP) a largo plazo.

**Sectores analizados:** Sector eléctrico.

**Año:** 2009

**Principal(es) Financiamiento(s):** Gobierno de Guatemala.

**Objetivo:** Cumplir con los lineamientos, acciones y estrategias establecidas en la Política Energética aprobada por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala.

#### **Descripción:**

Este modelo tuvo como objetivo cumplir con los lineamiento, acciones y estrategias establecidas en la Política Energética aprobada por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, priorizando la garantía del suministro de la energía eléctrica mediante la utilización óptima de los recursos renovables incluyendo consideraciones ambientales. Para ello, se generó la proyección del crecimiento de la demanda de energía eléctrica para el tiempo de estudio, con base en modelos econométricos de regresión múltiple, a partir de los cuales se obtuvieron cuatro escenarios. Se utilizaron como variables independientes el PIB y el número de usuarios del servicio de energía eléctrica. Se asumió, una relación logística entre la generación bruta y el PIB, así como una relación lineal-exponencial entre la generación bruta y el número de usuarios. Los escenarios dependían de requerimientos de demanda adicionales de proyectos industriales a corto plazo como proyectos de la industria cementera. Posteriormente, se realizó un inventario de los proyectos de generación candidatos para ser incluidos dentro del procedimiento de optimización, los cuales contarán con información histórica, tanto geográfica como tecno-económica. A partir de los cuatro escenarios de demanda final y las consideraciones de plantas de generación eléctrica viables, se utilizó el modelo SUPER-OLADE para evaluar los diferentes escenarios de demanda y modelar la expansión de la generación e interconexión de los sistemas hidro-térmicos analizados. Con esto, se pudo generar planes indicativos mediante la optimización de las obras de generación. A partir de esto, se incluyó una

probabilidad de retraso en la entrada de operación de las plantas y un sistema de interconexión Guatemala-México como un generador adicional al sistema.

Con lo anterior, se pretendía entre otras cosas, ubicar la fecha óptima en que las plantas debían estar disponibles para operar y crear los planes de expansión del sistema de generación. Como resultado se obtuvieron las composiciones de las matrices energéticas de capacidad instalada considerando la capacidad al inicio del periodo y la que se tendría al final del período de estudio del Plan. Se obtuvo que la capacidad con recursos renovables sobrepasaría el 50% para los tres escenarios y se aseguraría el suministro de energía necesaria dada las demandas obtenidas. Además, se armó un cronograma de ingreso de las plantas según los escenarios de demanda y se obtuvieron los costos aproximados (en valor presente) de las inversiones dependiendo del escenario específico. Los datos de entrada utilizados comprenden entre otros, al PIB, al número de usuarios del servicio de energía eléctrica, los precios de combustibles y los costos variables de O&M.

A continuación, se utilizó el modelo de Programación dual dinámica estocástica (SDDP) para determinar el despacho óptimo de los sistemas de generación que minimizara el costo de operación (combustibles, costos variables de O&M). Con ello, como análisis adicional se obtuvo que la probabilidad de déficit de energía eléctrica se mantenía constante en cero y el costo marginal de la demanda medido en US\$/MWh se reducía en el tiempo. Por último, se obtuvieron las tendencias en la emisión de GEI por escenario y se concluyó en que los planes de expansión generarían menores emisiones de CO<sub>2</sub> y que existiría migración de la producción por combustión interna a generación de electricidad en plantas térmicas.

Las limitantes en este modelo surgen de la incapacidad de predecir los impactos de estas políticas en indicadores macroeconómicos e indicadores de desarrollo.



## 2.4. Homer (Potencial de aprovechamiento de paneles fotovoltaicos en los sistemas aislados de la Amazonia: Brasil, Bolivia, Colombia y Perú)

**País(es):** Brasil, Bolivia, Colombia y Perú.

**Organización(es) encargada(s):** Instituto Alberto Luiz Coimbra de Postgrado e Investigación en Ingeniería (COPPE/UFRJ).

**Tipo de Modelo(s):** *Bottom-up*, Modelo de equilibrio parcial subsectorial que desarrolla simulación y optimización.

**Sectores analizados:** Sector energético (sistemas de generación convencional y sistemas híbridos térmicos-fotovoltaicos).

**Año:** 2013.

**Principal(es) Financiamiento(s):** *No disponible.*

**Objetivo:** Evaluar el potencial económico de generación fotovoltaica en la región amazónica de cuatro países: Brasil, Bolivia, Colombia y Perú.

### **Descripción:**

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el potencial económico de generación fotovoltaica en la región amazónica de cuatro países: Brasil, Bolivia, Colombia y Perú. Los autores definieron este potencial económico como la configuración óptima del sistema que resultaría en menores costos a valor presente en comparación con los sistemas utilizados actualmente (motores recíprocos a diésel y óleo combustible). Para este fin, fue utilizado el modelo HOMER, donde se realizaron simulaciones de sistemas de generación convencional y sistemas híbridos térmicos-fotovoltaicos.

Inicialmente, se recopilaron las características de las unidades de generación de los sistemas aislados en la Amazonía por país, distribuidas por rango de capacidades, con el objetivo de clasificarlas por sistemas típicos, que representasen sus diferentes rangos de capacidad y las demandas que éstos atienden. Se utilizaron costos de inversión y operación recopilados por fabricantes y operadores, y con base en eficiencias de operación reales, se caracterizó cada sistema típico.

Los resultados de la simulación mostraron que, en algunas configuraciones de sistemas típicos, específicamente en los que los generadores diésel eran de menor tamaño, los sistemas híbridos presentaban menores costos a valor presente.

No obstante, dada las pequeñas diferencias de costos, fue realizado un análisis de sensibilidad en el HOMER para evaluar los impactos de los precios de los combustibles sobre las configuraciones de los sistemas fotovoltaicos (aumentando o disminuyendo la capacidad de FV en algunos casos). Los resultados del análisis de sensibilidad mostraron que, en la mayoría de configuraciones, un pequeño incremento en los precios de combustible o una reducción de los costos de capital de FV resultaban en un incremento significativo en la capacidad óptima de los fotovoltaicos.

Finalmente, el potencial económico de FV en los sistemas aislados en la Amazonía resultó en 231 MW, y fue estimado como la suma de las configuraciones óptimas de FV para cada sistema típico de generación aislada. Esta suma se basó en la

cantidad de unidades de generación por rangos de capacidad de las centrales térmicas de los sistemas aislados de la Amazonía.

## 2.5. Análisis Multi-modelo (Políticas de cambio climático en Brasil y México)

**País(es):** Brasil y México.

**Organización(es) encargada(s):** Instituto tecnológico de Massachusetts (MIT) y la Escuela de Economía de Sao Paulo.

**Tipo de Modelo(s):** EPPA (MEG). *Bottom-up / Top-down*, modelo dinámico de equilibrio general plurirregional y multisectorial.

**Sectores analizados:** Sectores de Demanda Intermedia y Final, y sectores de Suministro y Conversión de Energía.

**Año:** 2015.

**Principal(es) Financiamiento(s):** Mario Molina Center, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq).

**Objetivo:** Demostrar que los compromisos de México y Brasil para el año 2020 durante las reuniones climáticas de la ONU en Copenhague y Cancún, son accesibles, pero tienen diferentes costos para cada país.

### **Descripción:**

El modelo EPPA simula la economía mundial a través del tiempo para producir escenarios de gases de efecto invernadero, aerosoles, otros contaminantes atmosféricos y sus precursores, emitidos por actividades humanas. Estos escenarios de emisiones se utilizan para evaluar los impactos económicos de diferentes medidas de mitigación ambiental. En el caso específico del modelo usado para el trabajo "Climate change policy in Brazil and Mexico", se analizan diversos escenarios y sus impactos puntuales sobre distintos indicadores económicos. Precisamente, se colecta la información para 16 regiones y 21 sectores diferentes para generar 8 escenarios diversos incluyendo objetivos y métodos de mitigación específicos para cada uno de ellos.

Este modelo presenta dos componentes muy interesantes, en primera instancia el modelo incluye una representación de la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de gas (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>), y calcula las reducciones de las medidas específicas de control. Por otra parte, el modelo también se centra en la dinámica de las tendencias de emisión, en analizar las elecciones de energía resultantes y en explicar los costos macroeconómicos de los escenarios de política climática, además de generar estimaciones del uso final de energía para cada sector. Los datos de entrada de este modelo comprenden tanto datos económicos como energéticos.

Dentro de los resultados obtenidos, en general se observa que Brasil y México tienen varias opciones para la reducción de emisiones; ya sea utilizando tecnología existente de baja emisión de carbono, implementando nuevas tecnologías bajas en emisión de carbono dentro de sus procesos productivos, o aprovechando los incrementos en eficiencia energética. No obstante, se encuentra que existen diferencias sustanciales entre los impactos económicos y

la composición de los sistemas de energía particulares de cada país. Por otra parte, se obtuvo que para conseguir reducciones sustanciales de las emisiones de GEI, se requieren cambios significativamente grandes en sus sistemas de energía para cada país. En el caso de los impactos económicos de estas medidas, es visible que los efectos son más agresivos para los indicadores de México. Específicamente, los impactos de un escenario más riguroso en ambos países generarían pérdidas en el PIB durante un periodo de 30 años del 4 al 11% en México y de 0 a 4% en Brasil.

Al igual que los otros modelos MEG, la dificultad de este modelo radica en la metodología, donde se agrupa un análisis sectorial y macroeconómico de los efectos de mitigación de GEI.

## 2.6. WASP-IV (Wien Automatic System Planning)

**País(es):** Jamaica.

**Organización(es) encargada(s):** Oficina de regulación de servicios públicos (OUR).

**Tipo de Modelo(s):** *Bottom-up*, Modelo subsectorial de equilibrio parcial. Uso de optimización.

**Sectores analizados:** Sector energético.

**Año:** 2010.

**Principal(es) Financiamiento(s):** Gobierno de Jamaica.

**Objetivo:** Analizar las inversiones para la expansión de la capacidad de generación en el sistema eléctrico.

### **Descripción:**

En Jamaica, las inversiones para la expansión de la capacidad de generación en el sistema eléctrico pretendían ser realizadas por medio del desarrollo del “Plan de Expansión de Menor Costo para el año 2010” (LCEP-Low Cost Energy Plan) (OUR, 2010), el cual era responsabilidad de la Oficina de regulación de servicios públicos (OUR), y tomaba consideraciones de los objetivos estratégicos de la Política Nacional Energética 2009-2030.

Para el proceso de planificación de la oferta fue utilizado el modelo WASP. El horizonte de tiempo del plan fue de 20 años. El nivel de confiabilidad requerido es de un LOLP (*Loss of Load Probability*) equivalente a dos días por año (0.55%). El costo de la energía no servida utilizado fue de US\$ 2.32/kWh, la tasa de descuento 11.95%. El objetivo de energía no servida esperada no debía exceder 1% en un año calendario, y fue establecido un margen de reserva mínimo de 25%. No se colocaron restricciones ambientales para la realización del LCEP.

Las características de las plantas para la entrada al modelo fueron definidas con base en su desempeño histórico en 2009. El 2009 en Jamaica, aproximadamente 95% de la producción de energía eléctrica fue con base en centrales térmicas de derivados de petróleo, el resto son cubiertos por centrales hidroeléctricas de pequeña escala y centrales eólicas.

Se consideraron tres estrategias de expansión para el desarrollo del LCEP: Caso Gas Natural, Caso Gas Natural/Carbón, Caso *Business-as-usual*. La diferencia

entre los tres casos dependía básicamente de la disponibilidad de GNL en el 2013, y de la disponibilidad de carbón al 2016. Se simularon las tres estrategias en el WASP, y el plan óptimo para cada una resultó en costos de US\$5.77 Billones, US\$5.84 Billones y US\$8.17 Billones, respectivamente. Posteriormente se realizaron análisis de sensibilidad con base en demandas optimistas y pesimistas, y diferentes escenarios de precios.

El estudio concluye que, la adición de nueva capacidad que opere en base es requerida con urgencia, pero dadas las restricciones de tiempo de construcción, y disponibilidad de combustible es poco probable que tal capacidad pueda ser comisionada antes de 2014.

La variable más crítica para la determinación del tipo de planta a ser instalada en el corto y medio plazo involucra la disponibilidad de gas natural, en términos de precio, cantidad y tiempos. El costo asociado a no cambiar la estrategia del país, y continuar dependiendo de los combustible líquidos fósiles, podría ser aproximadamente US\$0.5 MM por día.

## 2.7. RETScreen (Biogás: Una alternativa para la expansión de generación eléctrica en el Ecuador)

**País(es):** Ecuador.

**Organización(es) encargada(s):**

**Tipo de Modelo(s):** *Bottom-up*, Modelo de simulación de equilibrio parcial para el análisis sector/tecnología.

**Sectores analizados:** energía limpia, generación eléctrica.

**Año:** 2013.

**Principal(es) Financiamiento(s):** *No disponible.*

**Objetivo:** Analizar políticas de incentivo a biogás para generación eléctrica distribuida en Ecuador.

### **Descripción:**

El modelo RETScreen fue usado para analizar políticas de incentivo a biogás para generación eléctrica distribuida en Ecuador. Los autores usaron como insumo los datos del III Censo Nacional Agropecuario para caracterizar cinco tipos de unidades productivas agropecuarias (UPAs) según su tamaño (hectáreas). Para cada una se determinó el tipo y número de animales. El RETScreen fue usado, en primera instancia, para calcular el volumen de biogás generado por año para cada tipo de UPA. Luego, el modelo fue usado para calcular la cantidad de electricidad que se podría generar por año, el costo nivelado y los indicadores financieros del proyecto (TIR, VPN, tiempo de recuperación del capital). Estos resultados mostraron que para UPAs pequeñas el periodo de recuperación de capital es mayor a 10 años y sus indicadores económicos (TIR, VPN) presentan resultados poco atractivos. Por el contrario, cuando las UPAs son medianas y grandes, los indicadores mejoran y el tiempo de recuperación de capital oscila entre seis y siete años.

Con base en este análisis, se propuso los lineamientos para una política nacional de biogás que incentive: a) en pequeñas UPAs, el autoconsumo de biogás para cocción y aplicaciones térmicas menores; b) en UPAs medianas, la operación de

un biodigestor centralizado de grande porte, administrado en esquema de cooperativa, a la cual se aportarían los residuos orgánicos de las UPAs asociadas para la producción de biogás, que a su vez sería usado para generar electricidad para la venta al Sistema Nacional Interconectado (SNI); c) en UPAs de grandes proporciones, la operación a plena carga un biodigestor mediano, cuyo biogás sirva como combustible para una termoeléctrica que aporte electricidad al SNI.

Los resultados obtenidos con el modelo RETScreen sirven generalmente como datos de entrada para modelos de planificación energética integrada más complejos. Usualmente, resultados como el costo nivelado de energía (LCOE) y factores de desempeño de la planta alimentan bases de datos de programas como MESSAGE o LEAP.

### 3. EXPERIENCIA UNIÓN EUROPEA

De igual manera, el análisis de experiencias exitosas fuera de la región de América Latina y el Caribe, se vuelve sumamente relevante. Esto se da por los enormes esfuerzos en la creación de herramientas y modelos para cuantificar los impactos de las medidas de mitigación y adaptación en diversas partes del mundo. Sobre todo, en los países europeos y en la Unión Europea como conjunto.

A continuación, se enlistan algunos ejemplos seleccionados de experiencias exitosas para la aplicación de modelos y herramientas en la planificación ante el cambio climático y el establecimiento de metas de las NDC en países europeos.

#### 3.1. Modelo M3E

**País(es):** España.

**Organización(es) encargada(s):** Oficina Española del Cambio Climático (OECC).

**Tipo de Modelo(s):** *Bottom-up*, Modelo de simulación y equilibrio parcial para el análisis de escenarios de emisiones para sectores difusos.

**Sectores analizados:** Energía, transporte, procesos industriales, agricultura, forestal, sector residencial, institucional y comercial, y residuos.

**Año:** 2014.

**Principal(es) Financiamiento(s):** Gobierno de España.

**Objetivo:** Crear una hoja de ruta de los sectores difusos a 2020, la cual regirá las acciones en materia de cambio climático de España, estableciendo el marco general de actuación en materia de mitigación y de adaptación.

**Descripción:**

Es el modelo empleado por España para el desarrollo de la hoja de ruta de los sectores difusos a 2020. El modelo busca una solución para lograr los niveles de reducción marcados anualmente por la senda de cumplimiento hasta 2020, conforme a la Decisión de la Comisión 2013/162/UE.

M3E es un modelo matemático sobre una hoja de cálculo capaz de analizar las medidas de mitigación propuestas, el cual incluye un optimizador lineal. Se han añadido funcionalidades conforme avanzan los trabajos de análisis y se detecta la necesidad de su inclusión. Como resultado final, se ha obtenido una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones en materia de mitigación de cambio climático.

El modelo M3E (Modelización de medidas para la mitigación en España) es un modelo matemático consistente en la evaluación conjunta de medidas de mitigación sectoriales en 8 años de duración del periodo de compromiso. Se analizan medidas de mitigación propuestas para cada año, partiendo de una serie de variables de entrada agrupadas por categorías. M3E permite obtener unas variables de salida en función de las condiciones que se quieran aplicar.

Las variables de entrada se definen para cada medida incluida en el modelo y para cada año analizado, siempre teniendo en cuenta que los valores asignados se refieren a la unidad definida para la medida concreta (m<sup>2</sup> de vivienda, t de bioresiduo, 1 millón de pasajeros-km, entre otros). Estas variables se agrupan en las siguientes seis categorías: Definición de la medida, inversión, operación y

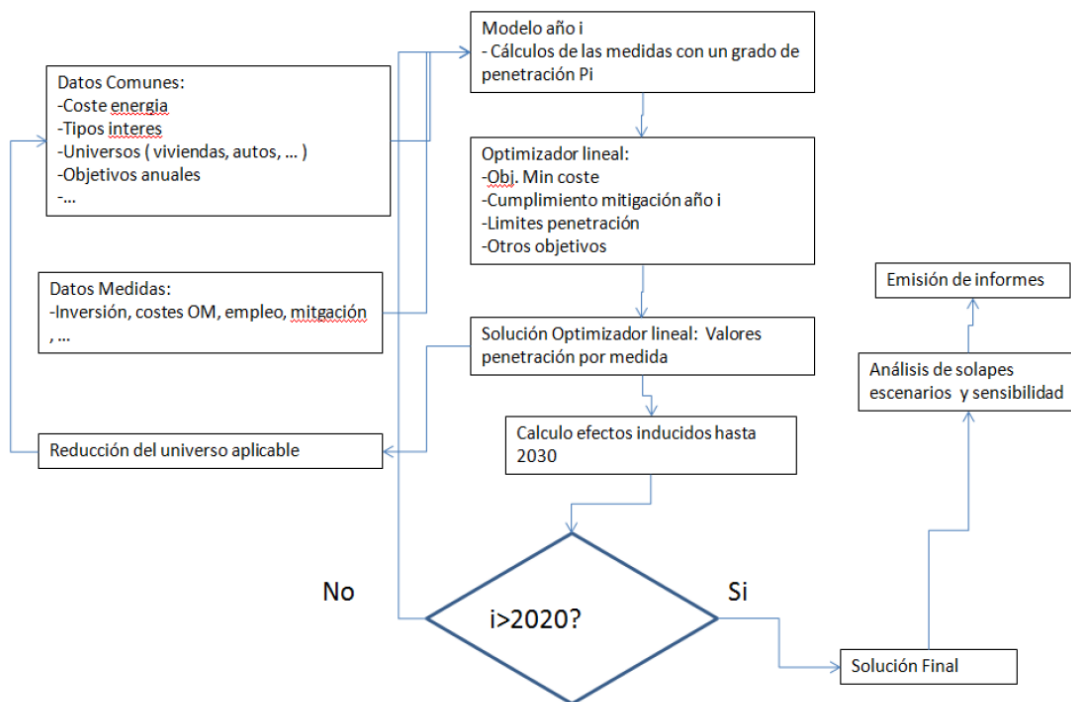
mantenimiento, horizonte temporal, CO<sub>2</sub> – energía, aplicación de la medida. Asimismo, se define un universo de actuación para cada medida.

El modelo identifica la mitigación por medida en los años en los que aplica, a la vez que detrae del universo en cada año aquellas unidades (viviendas, vehículos, etc.) sobre los que ya ha actuado en años anteriores.

M3E, basándose en los datos de entrada, aplica un motor de resolución de problemas de programación lineal para buscar un objetivo (minimizar un coste), cumpliendo una serie de restricciones como son las de cumplir el objetivo de mitigación y proponer grados de aplicación de las medidas realistas, en base a unos valores máximos y mínimos. En este caso, el objetivo es aplicar el modelo para minimizar el coste de aplicación de las medidas maximizando el empleo.

El modelo esta soportado en un formato Excel lo que da flexibilidad para la incorporación y modificación de datos, así como su gestión futura sin conocimiento de otro tipo de programas muy específicos. La estructura del modelo es visible en la Ilustración 5.

Ilustración 5. Estructura del Modelo M3E



Fuente: (OECC, 2014).

En base a los datos de entrada y la ejecución del optimizador lineal, la hoja calcula para cada año y medida parámetros como el valor actual neto (VAN) y el coste marginal de abatimiento (CMA) por tonelada de CO<sub>2</sub>. Teniendo en cuenta el porcentaje de penetración determinado por el optimizador lineal, la hoja de cálculo ofrece unos resultados totales para cada año y medida de las siguientes variables: mitigación en sectores difusos y en sectores ETS,

mitigación total, inversión y gastos anuales, costes totales, ahorro en energía, empleo, actividad económica local e ingresos fiscales, ya sea por inversión o anuales.

Adicionalmente el modelo evalúa aspectos tales como la posible superposición de medidas que podría dar lugar a una doble contabilidad de la mitigación producida. Es posible realizar análisis de sensibilidad sobre parámetros clave como son los costes de energía y los tipos de descuento del dinero.

Se ubican varias medidas de mitigación dentro del escenario proyectado del modelo, estas pertenecen a los sectores de mayor emisión de GEI. Dentro de estos destacan la búsqueda de eficiencia dentro del sector transporte y el aprovechamiento de energías renovables.

### 3.2. Modelo POLES - GEM-E3 (Escenarios de política climática global para 2030)

**País(es):** Unión Europea.

**Organización(es) encargada(s):** Centro Común de Investigación (FJR).

**Tipo de Modelo(s):** *Top-Down/Bottom-up*, Modelo híbrido. Utiliza POLES, modelo de simulación sectorial global para el desarrollo de escenarios de energía; y GEM-E3, modelo de equilibrio general aplicado, que representa simultáneamente 18 regiones mundiales, vinculadas a través del comercio bilateral endógeno.

**Sectores analizados:** Energía, transporte, procesos industriales, agricultura, forestal, sector residencial, institucional y comercial, y residuos.

**Año:** 2007.

**Principal(es) Financiamiento(s):** Comisión Europea.

**Objetivo:** Proporcione una descripción detallada de los escenarios, así como el enfoque y la hipótesis seguidos para permitir la evaluación de las opciones tecnológicas y económicas para la reducción de las emisiones globales de GEI.

**Descripción:**

El enfoque utilizado por el JRC - IPTS se basa principalmente en un conjunto de herramientas analíticas que consiste en los dos modelos POLES y GEM-E3. POLES, al ser un modelo de equilibrio parcial centrado en los sectores emisores de gases de efecto invernadero, fue utilizado para modelar tres escenarios: una línea de base, un escenario de referencia de eficiencia energética y un escenario de reducción de emisiones de gas de efecto invernadero. El último escenario se realizó principalmente a través de la introducción de los precios del carbono que se diferencian por sectores y regiones; y lo cuales varían con el tiempo. El modelo se desarrolla en el marco de una estructura jerárquica de módulos interconectados a nivel internacional, regional y nacional. Además, contiene módulos tecnológicamente detallados para sectores de gran consumo energético, incluidos los sectores de: generación de energía, producción de hierro y acero, aluminio y cemento, así como sectores de transporte modal. No obstante,



dicha versión del modelo POLES no incluía las emisiones de la agricultura y el uso de la tierra y el cambio de uso de la tierra. Por lo anterior, se utilizaron los modelos DIMA y MAGICC para generar estas proyecciones.

Se realizó un análisis de la respuesta, de todos los sectores de la economía, al límite máximo de carbono impuesto a partir del modelo global de equilibrio general multisectorial GEM-E3, que complementa la evaluación de POLES del desarrollo de los sectores energéticos. La metodología del equilibrio general computable (EGC) permite la exploración del orden de magnitud del ajuste macroeconómico necesario para cumplir con la restricción mundial de GEI y su distribución regional. También toma en cuenta las interacciones entre todos los sectores y agentes en la economía, así como los efectos relacionados con el comercio. Por lo tanto, el escenario de mitigación de GEI obtenido con el modelo POLES se replicó en el modelo GEM-E3 y complementó con casos de sensibilidad que examinan el efecto de la acción unilateral de la Unión Europea. Algunos de los datos de entrada utilizados comprenden, los recursos energéticos; generación de energía; perfiles de emisión; PIB; población; recursos de petróleo y gas; y costos tecnológicos.

Se obtuvieron dos objetivos de reducción de emisiones para 2020: Escenario de reducción del 21% y 31%, en comparación con el nivel de emisiones de 1990, y se observaron los impactos sobre los precios de carbono, las emisiones de GEI y los impactos en el PIB, entre otros.

Las dificultades radican en el desarrollo, donde un modelo híbrido de entrada-salida pasa por un cuidadoso proceso de ajustes de nomenclatura y manipulaciones de valores para asegurar la compatibilidad total de las Cuentas Nacionales con el Balance Energético. El uso de diversos modelos para la elaboración de proyecciones específicas y la integración en un modelo único genera una mayor complejidad de elaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System)

OLADE (2017). Manual de Planificación energética. Quito, Ecuador. 2da edición, marzo 2017. Pág. 208. Disponible en: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0378.pdf>. Consultado el: 01/03/2018.

INECC (2013). Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en México. Informe Final. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_Contaminantes.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013_Plan_Nacional_de_Contaminantes.pdf). Consultado el: 26/03/2018.

Molina, L.T.; González, R; Zavala, M.A. Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en México. Septiembre 2013. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/305642256\\_Apoyo\\_a\\_la\\_Iniciativa\\_de\\_Planificacion\\_Nacional\\_sobre\\_Contaminantes\\_Climaticos\\_de\\_Vida\\_Corta\\_en\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/305642256_Apoyo_a_la_Iniciativa_de_Planificacion_Nacional_sobre_Contaminantes_Climaticos_de_Vida_Corta_en_Mexico). Consultado el: 26/03/2018.

IES-Brasil

Wills, W y et al. (2014). Brazilian Mitigation Scenarios Beyond 2020: Modelling and Methodologies. CDKN project on linking sectoral and economy-wide models.

MAPS Chile

MAPS Chile (2013). Escenarios referenciales para la mitigación del cambio climático en Chile. Disponible en: [http://www.mapschile.cl/files/Fase\\_1\\_MAPS\\_Chile.pdf](http://www.mapschile.cl/files/Fase_1_MAPS_Chile.pdf). Consultado el: 01/03/2017.

Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), modelo MEG con simulación con MARKAL y LEAP

Barbará, D. Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC).

Planificación ante el cambio climático (PlanCC)

Apoyo consultoría (2014). Modelo de equilibrio general para la evaluación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero: evaluación de medidas transversales (2010-2050). Disponible en: <http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/7-Modelo-de-Equilibrio-General-Computable.pdf>. Consultado el: 01/03/2017

PlanCC (2014). Escenarios de mitigación del cambio climático en el Perú al 2050. Disponible en: [http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/plancc\\_escenarios\\_de\\_mitigacion\\_del\\_cambio\\_climatico\\_en\\_el\\_peru\\_al\\_2050.\\_ analisis\\_de\\_resultados-14-1.pdf](http://planccperu.org/wp-content/uploads/2016/05/plancc_escenarios_de_mitigacion_del_cambio_climatico_en_el_peru_al_2050._ analisis_de_resultados-14-1.pdf). Consultado el: 01/03/2017

## Super OLADE

Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE. (2009). Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2008-2022.

## Homer

Chavez Rodriguez, M.F. y et al. (2013). Potencial de aproveitamento de painéis fotovoltaicos nos sistemas isolados da Amazônia: Brasil, Bolívia, Colômbia e Peru. XV Congresso Brasileiro de Energia - CBE.

OLADE (2017). Manual de Planificación energética. Quito, Ecuador. 2da edición, marzo 2017. Pág. 206. Disponible en: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0378.pdf>. Consultado el: 01/03/2018.

## Análisis Multi-modelo (EPPA)

MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change (2005). Massachusetts Institute of Technology.

Octaviano, C. et al (2015). Climate change policy in Brazil and Mexico: Results from the MIT EPPA model. ENEECO-03057; No of Pages 15.

## WASP-IV (Wien Automatic System Planning)

OLADE (2017). Manual de Planificación energética. Quito, Ecuador. 2da edición, marzo 2017. Pág.207. Disponible en: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0378.pdf>. Consultado el: 01/03/2018.

## RETScreen

Soria, R., y Carvajal, P. (2013). Biogás: Una alternativa para la expansión de generación eléctrica en el Ecuador. Revista Técnica Energía, 9, pp. 232.

OLADE (2017). Manual de Planificación energética. Quito, Ecuador. 2da edición, marzo 2017. Pág.206. Disponible en: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0378.pdf>. Consultado el: 01/03/2018.

## Modelo M3E

Oficina Española del Cambio Climático (2014). Hoja de Ruta de los Sectores Difusos a 2020. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/Hoja\\_de\\_Ruta\\_2020\\_tcm7-351528.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/Hoja_de_Ruta_2020_tcm7-351528.pdf).

## Modelo POLES - GEM-E3

JFR European Commission (2007). Global Climate Policy Scenarios for 2030 and beyond. Disponible en: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/eur23032en.pdf>.



Proyecto Financiado por:



Dirigido por:



Elaborado por:

**IDOM**

**IDOM Ingeniería S.A. de C.V.**  
Av. Paseo de la Reforma No. 404 Piso 5. Colonia Juárez.  
Delegación Cuauhtémoc  
C.P. 06600. Ciudad de México.

---