



REmap 2030

Hoja de ruta para las energías renovables



Resumen de las conclusiones

Copyright © IRENA 2014

Salvo que se indique lo contrario, el contenido de esta publicación se puede utilizar, compartir y reimprimir libremente, siempre que se reconozca a IRENA como fuente original.

Este informe se publicó por primera vez en enero de 2014 como una primera entrega de las conclusiones obtenidas de REmap 2030. Se han actualizado en la presente edición algunos datos y contenidos (concretamente, las páginas 26-30, inclusive la figura 7, y las páginas 41-42, inclusive la tabla 3).

Acerca de IRENA

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) es una organización intergubernamental que apoya a los países en su transición a un futuro energético sostenible y que actúa esencialmente como plataforma para la cooperación internacional, centro de excelencia y repositorio de conocimientos de políticas, tecnología, recursos y finanzas sobre energías renovables. IRENA promueve que se adopte de forma general y sostenible el uso de todas las formas de energías renovables, es decir la bioenergía, la geotérmica, la hidroeléctrica, la oceánica, la solar y la eólica, en aras del desarrollo sostenible, el acceso a la energía, la seguridad energética y la prosperidad y el crecimiento económico derivado de las bajas emisiones de carbono.

El informe completo REmap 2030, este Resumen de las Conclusiones y otros materiales de apoyo están disponibles para descargar (en inglés) en www.irena.org/remap

Para mayor información o para enviar sus comentarios puede contactar al equipo REmap en remap@irena.org o secretariat@irena.org

Los informes REmap también se encuentran disponibles en www.irena.org/publications

Referencia bibliográfica del informe

IRENA (2014), REmap 2030: Hoja de ruta para las energías renovables, Resumen de las conclusiones, junio de 2014, IRENA, Abu Dabi. www.irena.org/remap

Exención de responsabilidad

Si bien la presente publicación promueve la adopción y el uso de las energías renovables, la Agencia Internacional de Energías Renovables no apoya ningún proyecto, producto o proveedor de servicios concreto.

Las denominaciones utilizadas y la presentación del material que se incluye aquí no implican que se expresen opiniones de ningún tipo.



REmap 2030

Hoja de ruta
para las energías renovables

Prólogo



En 2011, el Secretario General de las Naciones Unidas lanzó la iniciativa Energía Sostenible para Todos (SE4ALL – *Sustainable Energy for All*) con tres objetivos vinculados entre sí que se deberían alcanzar de aquí a 2030: asegurar el acceso universal a los servicios de energía modernos; duplicar la tasa mundial de mejora en la eficiencia energética; y duplicar la participación de las energías renovables en la matriz energética. IRENA se sumó a este esfuerzo mundial y fue designada como plataforma central de la iniciativa SE4ALL para la energía renovable. REmap 2030 es la solución propuesta por IRENA para trabajar juntos para duplicar la cuota de energías renovables en la matriz energética.

REmap 2030 es al mismo tiempo un llamamiento a la acción y una excelente noticia. La buena noticia es que actualmente existe la tecnología necesaria para lograr el objetivo antes de 2030 e incluso para sobrepasarlo. Lo que resulta sorprendente es que si se tienen en cuenta los costos externos, la transición a las energías renovables podría no suponer costos adicionales.

El llamamiento a la acción es el siguiente: salvo que los países adopten las medidas necesarias ahora, no alcanzaremos el objetivo por un margen considerable. Si todo sigue como hasta la fecha, con las políticas actualmente en vigor, el aumento de la participación de energías renovables en el mundo pasará del 18% actual a tan solo el 21%, en vez del 36% o más que cabría esperar.

REmap 2030 supone un esfuerzo internacional sin precedentes que aúna el trabajo de 82 expertos nacionales de 42 países, quienes colaboraron en un programa de un año de duración, y que constó de seminarios web de ámbito mundial, reuniones regionales y talleres nacionales con expertos en tecnología, organismos de la industria y políticos. Sus conclusiones fueron claras: en comparación con los sistemas energéticos que utilizan combustibles fósiles, las energías renovables ofrecen una mayor participación, son mejores para la salud, crean más puestos de trabajo y facilitan la reducción de las emisiones de carbono (un objetivo más urgente cada día). Muchas tecnologías de energías renovables ya ofrecen la opción más rentable económicamente para la provisión de servicios de energía, mientras que la innovación y su uso progresivo continúan reduciendo los costos.

Pero entre todas estas mejoras, aún circulan falsas ideas sobre el efecto positivo de las energías renovables a la hora de impulsar un crecimiento sostenible e inclusivo a escala mundial. Los responsables políticos no son suficientemente conscientes de los desafíos y oportunidades a los que se enfrentan, y los electorados nacionales no pueden obtener información objetiva y transparente de manera sencilla. El objetivo REmap 2030 es contribuir a subsanar estas deficiencias.

Por supuesto, no existe una única solución aplicable a todos los casos. Cada país es diferente, por lo que cada uno deberá actuar de forma distinta. REmap 2030 es una invitación a los países para que forjen el futuro para las energías renovables más adecuado a sus circunstancias, fundamentado en los datos más completos y transparentes de que se disponen. Asimismo, se trata de un documento vivo. Al resumen le acompañará un informe más exhaustivo, seguido de una serie de estudios sobre países y asuntos concretos. Este resumen actualizado complementa la publicación de un informe más exhaustivo, al que seguirá una serie de estudios sobre países y asuntos concretos.

No obstante, REmap 2030 plantea en el fondo una elección sencilla. Se pueden llevar a cabo las acciones necesarias para crear un futuro saludable, próspero y sostenible para con el medio ambiente gracias a las energías renovables, o se puede seguir como hasta ahora y ver cómo nuestras esperanzas de vivir un futuro basado en un sistema de energía sostenible se alejan cada vez más en el tiempo. En mi opinión, no cabe elección alguna. Las energías renovables no son una opción. Son una necesidad. REmap ofrece el camino para que esto suceda.

Adnan Z. Amin
Director General
Agencia Internacional de Energías Renovables

Mensaje de Energía Sostenible para Todos



Con la puesta en marcha de la iniciativa Energía Sostenible para Todos (SE4ALL) en 2011, el Secretario General de las Naciones Unidas envió un mensaje al mundo: para lograr un progreso sostenible y equitativo, debemos modificar el modo en que abastecemos de energía a nuestra sociedad. Además de garantizar el acceso universal a los servicios energéticos modernos y mejorar la eficiencia energética, tenemos que duplicar la participación de energías renovables en la matriz energética global de aquí a 2030.

Lograr energía sostenible para todos exige una inversión en nuestro futuro común, que deberá estar totalmente integrada en la Agenda post 2015. En 2014, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ha añadido más urgencia al llamamiento del Secretario General. Como señala el informe del Grupo, realizar un cambio a escala global hacia las energías limpias, es la mejor opción para proteger el clima mundial, con su epicentro en la eficiencia energética y las energías renovables.

En este contexto, la publicación REmap 2030 no podría ser más oportuna. Se trata de la hoja de ruta mundial, con base en un análisis sin precedentes de los 26 mercados energéticos más importantes, y muestra no solo lo que debemos hacer, sino cómo hacerlo. Una conclusión notable que ofrece es que no solo es posible duplicar la cuota de energías renovables antes de 2030, sino que se puede conseguir de un modo más económico que con las demás alternativas. Dicho de otro modo, una de las soluciones clave al mayor problema de nuestro tiempo (el cambio climático), es también es una de las opciones más rentables.

Asimismo, REmap 2030 muestra cómo el resto de los objetivos principales de la iniciativa Energía Sostenible para Todos —garantizar el acceso universal a los servicios energéticos modernos y duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética— se potencian con este impulso hacia las energías renovables. Proporciona la posibilidad para cientos de millones de personas sin acceso a la red eléctrica de beneficiarse de energía limpia, saludable y de producción local, y demuestra la poderosa relación simbiótica entre las energías renovables y la eficiencia energética, donde el progreso de las primeras fomenta el progreso de la segunda.

Nuestro reto es garantizar que estos mensajes alcancen la mayor audiencia posible. No solo deben conocer REmap 2030 los responsables políticos y los científicos expertos del clima, sino también las entidades financieras, los empresarios, los líderes del sector y los agentes de capital de riesgo. El mensaje está claro: el mundo se encuentra al alba de una nueva revolución industrial, que se alimentará de fuentes de energía limpia, saludable e inagotable. Aprovechemos esta oportunidad con entusiasmo para construir un mundo mejor.

Kandeh Yumkella
Representante Especial del
Secretario General de las Naciones Unidas
y Director General de Energía Sostenible para Todos

Agradecimientos

Este estudio fue preparado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA); lo diseñó Dolf Gielen, Director de Innovación y Tecnología, quien también lidera el equipo de REmap de IRENA. Deger Saygin coordinó el análisis. Los estudios en los países los llevaron a cabo distintos analistas: Ruud Kempener, Masaomi Koyama, Asami Miketa y Nicholas Wagner, con el apoyo de Varun Gaur y Emily Kwok. El análisis socioeconómico y político estuvo a cargo de expertos internos de la Agencia: Rabia Ferroukhi, Arslan Khalid, Álvaro López-Peña, Shunichi Nakada y Michael Taylor, con el apoyo de Kathleen Daniel y Estrella Piechulek. El análisis se ha enriquecido sustancialmente con los comentarios y las sugerencias aportados por Zuzana Dobrotkova, Elizabeth Press, Jeff Skeer y Frank Wouters. Craig Morris (consultor) fue el responsable de la edición técnica.

El estudio recoge las aportaciones de los numerosos puntos focales de los países de IRENA y de los expertos de REmap, quienes proporcionaron información, revisaron los análisis de los países o los borradores de la hoja de ruta, y participaron en las reuniones de revisión. Sus comentarios y sugerencias fueron de gran valor y determinaron el resultado de la hoja de ruta. Entre estos expertos y puntos focales se incluyen:

Alemania: Alexander Haack, Rainer Hinrichs-Rahlwes, David Jacobs, Niklas Martin, Tobias Nagler, Thomas Pregger, Martin Schoepe, Gerhard Stryi-Hipp, Sven Teske, Ellen von Zitzewitz; **Arabia Saudita:** Thamer AlMahoudi, Ibrahim Babelli, Ahmed Al Sadhan, Otman Al Saleh, Hussain Shibli, Maqbool Moos; **Australia:** Helen Bennett, Shari Lapthorne, Arif Sayed, Tim Sill, Veronica Westacott; **Bélgica:** Reinhilde Bouckaert, Els van de Velde; **Canadá:** Michael Paunescu, Nadja Schauer; **China:** Dong Ming Ren, Kaare Sandholt; **Comisión Europea:** Thierry Bertouille, Tom Howes, Oyvind Vessia; **Corea del Sur:** Jiwoon Ahn, Yong-Kyung Chung, Sangjun Lee, Yungsoo Shin, Jin Yong Soh, S.K.Gavin Yu; **Dinamarca:** Therese Kofoed Jensen, Hans Jørgen Koch, Jakob Stenby Lundsager, Trine Tougaard; **Ecuador:** Jorge Burbano, Daniel Ortega, Alfredo Samaniego, Luis Villafuerte; **Emiratos Árabes Unidos:** Ayu Abdullah, Steve Griffiths, Dane McQueen, Sgouris Sgouridis; **Estados Unidos:** Doug Arent, Carla Frisch, Michael Mills, Timothy Williamson; **Francia:** Cécile Gracy, Remy Lauranson; **India:** D.K. Khare; **Indonesia:** Herman Darnel Ibrahim; **Italia:** Maria Gaeta, Luca Miraglia, Estella Pancaldi, Riccardo Toxiri, Jan Okko Ziegler; **Japón:** Junichi Fujino, Mirei Isaka, Yoshihiro Kaga, Kenji Kimura, Yuki Kudoh, Daisuke Kunii, Hiranao Matsubara, Toshiaki Nagata, Mika Ohbayashi, Tetsuro Oi, Yoshiaki Shibata, Manabu Utagawa, Tatsuya Wakeyama, Yoh Yasuda; **Malasia:** Wei-nee Chen, Gladys Mak, Lim Shean Pin; ; Marruecos: Karim Choukri; **México:** Margott Galvan, Eduardo Iglesias Rodríguez, Ricardo Saldana; **Nigeria:** Eli Jidere Bala; **Países Bajos:** Rick Bosman, Marc Londo, Karina Veum; **Reino Unido:** Nick Clements, Jonathan Radcliffe, Rachel Solomon Williams; **Rusia:** Evgeniy Nadezhdin; **Sudáfrica:** Andre Otto; **Turquía:** Selahattin Çimen, Mustafa Erkeç, Sebahattin Öz, Yusuf Yazar; **Ucrania:** Oleksandr Grytsyk, Igor Kovalov, Mykola Pashkevych; **Uruguay:** Pablo Caldeiro, Magdalena Preve; **Tonga:** Inoke F. Vala.

REmap también se ha visto favorecido con los comentarios y sugerencias recibidos de instituciones internacionales:

Agencia Internacional de la Energía (AIE): Cédric Philibert; **Asociación del Cobre:** Nigel Cotton; **Asociación Mundial de la Biomasa:** Heinz Kopetz; **Asociación Mundial de Energía Eólica:** Jami Hossain; **Banco Mundial:** Vivien Foster; **Centro de Eficiencia Energética para la iniciativa Energía Sostenible para Todos (SE4ALL):** Pedro Filipe Paralta Carqueija; **Consejo Europeo de Energía Geotérmica:** Luca Angelino; **Consejo Europeo de Energías Renovables:** Rainer Hinrichs-Rahlwes; **Despliegue de la Tecnología de Energía Renovable (RETD - *Renewable Energy Technology Deployment*) de la AIE:** David de Jager; **Instituto de Economía Energética, Japón:** Yuhji Matsuo y Kaoro Yamaguchi; **Organización Latinoamericana de Energía (OLADE):** Fabio Garcia; **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente:** Mark Radka; **Programa de Sistemas de Energía Fotovoltaica de la AIE/Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica:** Gaëtan Masson.

Los participantes en el **Programa de Análisis de Sistemas de Tecnología Energética de la AIE (ETSAP - *Energy Technology Systems Analysis Programme*)** aportaron reflexiones analíticas: Edi Assoumou, Alessandro Chiodi, Umberto Ciorba, Kari Espegren, Maria Gaeta, George Giannakidis, Hiroshi Hamasaki, Maryse Labriet, Amit Kanudia, Kenneth Bernard Karlsson, Tom Kober, Nadia Maïzi, Brian O’Gallachoir, Júlia Seixas, Sofia Simoes, GianCarlo Tosato.

Damos las gracias a Morgan Bazilian (Laboratorio Nacional de Energías Renovables), Tomas Kåberger (Fundación de Energía Renovable de Japón), Steve Sawyer (Consejo Mundial de Energía Eólica) y Giorgio Simbolotti (Organismo de Nuevas Tecnologías, Energía y Medio Ambiente de Italia – ENEA) por revisar el manuscrito.

Muchos expertos y panelistas participaron en los talleres que se celebraron con el fin de recabar contribuciones para este estudio, lo cual dio como resultado nuevos y útiles comentarios, opiniones e información. Algunos de estos debates tuvieron lugar con motivo de:

- Taller sobre REmap de IRENA, Malta, 5 de septiembre de 2012
- Taller sobre REmap de IRENA, Abu Dabi, 14 de noviembre de 2012
- Semana Internacional de la Energía de Singapur, 31 de octubre de 2013
- Taller sobre REmap de IRENA, Abu Dabi, 12 y 13 de noviembre de 2013
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, acto paralelo a la 19.ª Conferencia de las Partes (COP-19), Varsovia, 22 de noviembre de 2013

IRENA es el responsable único y absoluto del análisis y de las conclusiones.

Índice

1. Visión general de REmap 2030	11
2. Acciones para acelerar el despliegue de las energías renovables	14
3. Marco institucional y diálogo nacional	15
4. Vías para duplicar la cuota mundial de energías renovables	21
5. Opciones tecnológicas para cumplir el objetivo	35
6. Medidas nacionales y cooperación internacional.....	43
Referencias	49
Lista de siglas	52
Glosario.....	53
Conclusiones de los países	54

Tablas

Tabla 1. Desglose de la cuota de energías renovables a escala mundial, total y por sectores.....	24
Tabla 2. Efectos sobre el empleo de las Opciones REmap	30
Tabla 3. Visión general de REmap 2030.....	41

Figuras

Figura 1.	Duplicar la cuota de energías renovables a 2030	15
Figura 2.	Caracterización de las Opciones REmap	17
Figura 3.	Los 26 países REmap	20
Figura 4.	Pasos para duplicar la cuota de energías renovables	22
Figura 5.	Desglose de la energía renovable mundial utilizada en 2010 y en REmap 2030, por tecnologías y sectores	25
Figura 6.	Curva de costos tecnológicos para los 26 países REmap desde la perspectiva de gubernamental en 2030	27
Figura 7.	Costos y beneficios de sustitución medios ponderados, por sectores.....	29
Figura 8.	Cuotas actuales y previstas de energías renovables en el consumo de energía final total por país, 2010-2030	31
Figura 9.	Relación entre el potencial de las energías renovables de los países y los costos de sustitución	32
Figura 10.	Emisiones de dióxido de carbono según REmap 2030.....	33
Figura 11.	Previsiones sobre la cuota de energías renovables en el consumo total de energía final, 2030	34
Figura 12.	Previsiones de crecimiento de tecnologías concretas para la producción de electricidad renovable	35
Figura 13.	Compensación de energías renovables frente a los combustibles fósiles.....	36
Figura 14.	Demanda mundial de bioenergía primaria por sectores con las Opciones REmap, 2030. .	37
Figura 15.	Curva de oferta mundial de biomasa primaria en 2030	38
Figura 16.	Guía de políticas en el ciclo de vida de la tecnología.....	44

1. Visión general de REmap 2030

La cuota de las energías renovables a escala mundial puede alcanzar y superar el 30% en 2030. Actualmente, ya se dispone de las tecnologías necesarias para lograr este objetivo. La eficiencia energética y la mejora en el acceso a la energía pueden potenciar la participación de las energías renovables en la matriz energética hasta un 36%. Para ir un paso más allá será necesario pensar con mente abierta, cerrando anticipadamente las instalaciones energéticas convencionales, aprovechando los avances tecnológicos y logrando un cambio social impulsado por los consumidores. El presente resumen del informe, elaborado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) mediante amplias consultas y un compromiso global, proporciona una hoja de ruta a escala mundial para duplicar la cuota de energías renovables en la matriz energética.

- **REmap 2030** marca el camino para duplicar la cuota de energías renovables en el consumo de energía final total (CEFT) en el mundo¹. Las políticas existentes y las que se están considerando —denominadas **Caso de Referencia** en este estudio— supondrían a escala mundial que la actual cuota de 18% pase a ser de 21% en 2030. Este estudio identifica **Opciones REmap (REmap Options)** adicionales. Al duplicar la cuota de mejora en eficiencia energética y ofrecer acceso universal a los servicios de energía modernos mediante energías renovables, la cuota de éstas aumentaría hasta un 36%².
- Para prolongar la transición más allá de duplicar la cuota de energías renovables, se necesita intensificar las políticas de investigación, desarrollo y despliegue, así como las normas, el control de calidad, la cooperación tecnológica y la capacidad en el desarrollo de proyectos. Estas opciones tecnológicas se presentan bajo el nombre de **RE+**.
- En la actualidad, la biomasa supone el 75% del consumo total de energía renovable, y el uso de la biomasa tradicional abarca más del 50% de todas las energías renovables. Sin embargo, no todos los tipos de biomasa tradicional que se utilizan son sostenibles. A medida que disminuya el uso de la biomasa tradicional, **la proporción de energías renovables modernas se incrementará en más del triple**. Dado que la demanda energética no cesa de crecer, se necesita **cuadruplicar las energías renovables modernas en términos absolutos**. Los costos tecnológicos han disminuido considerablemente y continuarán descendiendo gracias a la innovación tecnológica, la competencia, los mercados en expansión y la simplificación de la normativa regulatoria³.
- A escala nacional, el caso de referencia para el despliegue de las energías renovables para 2030 varía entre el 1% y el 43%, con una media ponderada del 21% para los 26 países REmap (incluyendo la utilización de la biomasa tradicional). Si se aplicaran por completo las Opciones REmap, el rango estaría entre el 6% y el 66%, con una media ponderada del 27% (excluyendo la utilización de la biomasa tradicional). La media aumentaría hasta el 30% a escala global.
- El grado de voluntad de implementación de las energías renovables suele corresponderse con el nivel del precio de la energía. La perspectiva macroeconómica y las consideraciones económicas empresariales difieren en muchos países.

El argumento económico para una transición a las energías renovables se vuelve aún más convincente cuando se incluyen los beneficios socioeconómicos, tales como la mitigación del cambio climático, los efectos en la salud y la creación de empleo. Una cuota elevada compuesta por una gama de energías renovables ofrece flexibilidad, aumenta la independencia energética y hace que el suministro de energía en su conjunto sea más fiable y asequible.

¹ El CEFT incluye el total de la energía renovable combustible y no combustible utilizada a partir de todos los vectores energéticos como combustible (para el sector del transporte) y para generar calor (para los sectores de la industria y los edificios), así como electricidad y calefacción urbana. Se excluye el uso no energético, que es el uso de vectores energéticos como materias primas para producir productos químicos y polímeros. En el presente informe se utiliza este indicador para medir la cuota de la energía renovable, en consonancia con el Informe sobre seguimiento mundial (Banco Mundial *et al.*, 2013a).

² El uso de una métrica diferente, tal es el caso de la energía primaria, produciría más del doble por la misma cantidad de energías renovables.

³ La cuota de energías renovables en el CEFT se calcula como la suma del uso total de energías renovables procedente de todas las fuentes de energía (p. ej., biomasa, energía solar térmica) y de la cuota de calefacción urbana y consumo eléctrico procedente de energías renovables dividida entre el CEFT. Se puede calcular para el conjunto de los sectores de uso final de un país o para cada sector por separado.

- El análisis de IRENA sugiere que los **costos medios de sustitución** para duplicar la cuota de energías renovables es de 2,5 dólares de los Estados Unidos (USD) por gigajulio (GJ)⁴ del uso de energías renovables finales en 2030⁵. En comparación, con un precio de 100 USD por barril, un GJ de petróleo crudo cuesta en torno a 17 USD. El costo medio de sustitución por país varía entre 12 y 14 USD por GJ.
- Los costos crecientes de los sistemas energéticos en todo el mundo ascienden a una media de 133.000 millones de USD anualmente hasta 2030, mientras que la media de las necesidades crecientes de inversión se sitúa en torno a los 265.000 millones de USD por año hasta 2030. Los subsidios a las energías renovables aumentarían hasta los 315.000 millones de USD en 2030 con el despliegue completo de las Opciones REmap, aunque en algunos países los subsidios podrían alcanzar su máximo antes de 2030. En comparación, los subsidios mundiales para los combustibles fósiles supusieron 544.000 millones de USD en 2012. Los subsidios para los combustibles fósiles caerán cuando aumente el porcentaje de energías renovables.
- Se estima que los beneficios medios para la salud por mitigación de la contaminación atmosférica provocada por el uso de combustibles fósiles van de los 1,9 USD a los 4,6 USD por GJ, mientras que los beneficios derivados de la mitigación del dióxido de carbono (CO₂) se sitúan entre 3 USD y 12 USD por GJ. El costo total y los beneficios se traduce en un ahorro neto de al menos 123.000 millones de USD, y podrían ascender hasta los 738.000 millones de USD en 2030. **En comparación con el caso de referencia, las energías renovables pueden generar una reducción de 8,6 gigatoneladas (Gt) de CO₂ en 2030**, en consonancia con la consiguiente reducción potencial de la eficiencia energética. La energía renovable y la eficiencia energética ofrecen conjuntamente la perspectiva de una reducción considerable de CO₂, que limite un aumento máximo de la temperatura mundial de 2 grados centígrados.
- Las opciones darán como resultado la creación de una media de 900.000 puestos de trabajo para 2030, en comparación con el caso de referencia, que se generarán directamente de las actividades principales, sin tener en cuenta las aportaciones intermedias necesarias para fabricar el equipo que genere energía renovable o para construir y gestionar las instalaciones.

El crecimiento de las energías renovables debe darse en los cuatro sectores en los que se utiliza la energía: edificios, transporte, industrial y eléctrico. El consumo mundial de electricidad seguirá creciendo con más rapidez que el consumo de energía final total; hasta alrededor de un 25% del CEFT en 2030.

Es necesario utilizar electricidad renovable y sustituir el uso de combustibles fósiles en los tres sectores de uso final (edificios, transporte e industria) si se quiere llegar a duplicar la cuota de energías renovables. Si se despliegan las Opciones REmap, la cuota total de las energías renovables modernas en 2030 alcanzaría el 44% de la energía eléctrica, el 38% en edificios, el 26% en la industria y el 17% en transporte. Alrededor del 40% del potencial de energías renovables para 2030 se concentra en la generación de energía eléctrica, mientras que el 60% se ubica en los otros tres sectores de uso final.

- Los gobiernos subestiman el cambio que se va a producir. La energía solar fotovoltaica es un buen ejemplo: según las previsiones gubernamentales totales, se producirán menos de 500 gigavatios (GW) de energía solar fotovoltaica en 2030, mientras que REmap 2030 demostró que una combinación de las tendencias actuales del mercado junto con unas políticas propicias podría producir 1.250 GW.
- Si se despliegan las Opciones REmap, el uso del carbón presenta el mayor cambio, con un descenso de hasta un 26%; la utilización de gas y petróleo descendería un 15%, en comparación con el caso de referencia. Una cuota mayor de energías renovables en el conjunto del suministro energético alteraría el equilibrio y afectaría a los flujos comerciales internacionales. **El consumo total de energías renovables excedería el consumo de cada uno de los tres combustibles fósiles en términos de energía primaria.**
- La biomasa domina la cartera de las energías renovables. Se debe prestar más atención a garantizar la sostenibilidad a fin de acelerar el uso de la biomasa, especialmente en los sectores de

⁴ 1 gigajulio (GJ) = 0,0238 toneladas equivalentes de petróleo (tep) = 0,0341 toneladas equivalentes de carbón (tec) = 0,238 gigacalorías (Gcal) = 278 kilovatios-hora (kWh) = 0,175 barriles equivalentes de petróleo (BEP) = 0,947 millones de unidades térmicas británicas (MBtu).

⁵ Los de sustitución representan la diferencia entre los costos actualizados de las opciones de REmap y la tecnología energética convencional utilizada para producir la misma cantidad de energía dividida por el uso total de energías renovables en términos de energía final.

uso final. Además, se deberían explorar soluciones innovadoras para la electrificación⁶.

Tanto los mercados como los responsables políticos desempeñan un papel fundamental. Los mercados proporcionan soluciones asequibles, pero un futuro sostenible exige una orientación normativa. Las políticas deben propiciar las inversiones y estimular la transformación y el crecimiento de los mercados, centrándose no solo en las ganancias a corto plazo, sino en el efecto a largo plazo. Unas políticas eficaces deben tener en cuenta las cuestiones relacionadas con los sistemas y las infraestructuras, como la oferta y la demanda de biomasa, la capacidad de generación de electricidad y el valor transformador de las redes inteligentes. Las fuerzas del mercado desempeñan una función clave en la búsqueda de soluciones eficientes y en la ampliación de las mejores prácticas.

- Se han determinado cinco ámbitos clave de acción nacional: rutas de transición para las energías renovables; instrumentalización de las empresas y del conocimiento; integración de la energía renovable; innovación tecnológica; y facilitadores. Se necesitan políticas específicas para acelerar el progreso en estos ámbitos.
- Es preciso centrarse en el diseño general del sistema en lugar de en la fuente de energía renovable más barata. Los gobiernos deben garantizar el desarrollo de una infraestructura adecuada, incluyendo las redes eléctricas y el almacenamiento, para integrar cuotas más altas de energías renovables variables.
- Se debe llevar a cabo una investigación pre-comercial en los sectores tecnológicos emergentes. Especialmente, se necesitan nuevas soluciones de energías renovables para los sectores de uso final.

La cooperación internacional permitirá un incremento en la adopción y utilización de energías renovables en todo el mundo. Las economías de escala, el aumento en la comercialización de los productos de consumo de electricidad y biomasa, un aprendizaje tecnológico más rápido y el intercambio de experiencias son indispensables si se quiere superar la cuota de energías renovables del 36%; y estos objetivos solo se pueden lograr si los países trabajan conjuntamente.

El potencial de las energías renovables varía por países y, por lo tanto, se deben tener en cuenta los agrupamientos y las áreas concretas de cooperación. Entre las áreas de atención se incluyen las siguientes:

- Ampliación de los mercados internacionales para un aprendizaje tecnológico acelerado y economías de escala.
- Una base de conocimientos mejorada, inclusive una mejor información sobre el uso de la biomasa, el potencial de las fuentes de energía renovable y los costos tecnológicos comparativos.
- Una evaluación más detallada del vínculo existente entre el acceso, la eficiencia y la cuota de la energía renovable, así como el uso de la tierra, el agua y la energía.
- Promoción del papel de los productos de biomasa sostenibles y de la electricidad renovable como vectores energéticos comercializados en los mercados internacionales.
- Intensificación del intercambio de experiencias y mejores prácticas de planificación y políticas para las energías renovables.

⁶ Por electrificación se entiende que los servicios facilitados por los sectores de uso final que actualmente utilizan tecnologías basadas en combustible (p. ej. vehículos de pasajeros a gasolina, procesos de producción industrial con carbón) se reemplazan por servicios equivalentes que funcionan con electricidad (p. ej., vehículos eléctricos, electrólisis para los procesos de producción química). Esto aumenta la cuota del uso de electricidad en el CEFT de los sectores de uso final porque se utiliza menos combustible mientras que se consume más electricidad.

2. Acciones para acelerar el despliegue de las energías renovables

La consecución del objetivo de duplicar la cuota de energías renovables para 2030 exige medidas en los sectores público y privado. Actualmente existen numerosas barreras, por lo que es necesario adoptar medidas para superarlas. El análisis REmap ha identificado distintos ámbitos de acción. La mayoría de las acciones serán de ámbito nacional, pero en muchas regiones una cooperación de carácter más internacional puede ayudar a acelerar una transición energética. Las acciones y las políticas deben adaptarse para que reflejen las necesidades concretas de las regiones, sectores y tecnologías, e involucren a las múltiples partes interesadas (Banco Mundial *et al.*, 2013b). A continuación se exponen los ámbitos de acción prioritarios:

1. Planificación realista pero ambiciosa de vías de transición

- Evaluar la situación del año base y las tendencias del caso de referencia para las energías renovables para 2030.
- Elaborar una hoja de ruta nacional a fin de lograr los objetivos. Supervisar el progreso y volver a evaluar los objetivos, la eficacia, y la eficiencia del marco periódicamente.
- Optimizar los procesos de planificación y garantizar su coherencia y su carácter inclusivo en diferentes niveles, lo que concierne las planificaciones municipal, nacional y regional.
- Garantizar la capacidad humana e institucional para desarrollar y respaldar la transición.

2. Crear y habilitar un entorno empresarial propicio

- Establecer una serie de marcos de políticas creíbles y previsibles para el sector eléctrico y los sectores de uso final (edificios, transporte e industria) que se puedan mantener durante periodos más largos.
- Reducir el riesgo de los inversores a fin de reducir el costo de capital.
- Garantizar la igualdad de condiciones para las energías renovables comerciales y otras opciones

energéticas de manera que los costos y los beneficios se valoren adecuadamente.

- Promover los mercados tecnológicos internacionales; p. ej., mediante normativas y certificación.

3. Gestionar el conocimiento de las opciones tecnológicas y su despliegue

- Crear una base sólida de conocimientos y de acceso público sobre los costos tecnológicos, el potencial y opciones de las tecnologías de energías renovables.
- Establecer y fortalecer programas que aumenten la concienciación y refuercen la capacidad de los fabricantes, instaladores y usuarios.

4. Garantizar una integración fluida en la infraestructura existente

- Crear la infraestructura adecuada, como redes de transmisión e interconectores.
- Facilitar el suministro sostenible de biomasa para favorecer el crecimiento de la bioenergía.
- Considerar cuestiones relativas a los vínculos en el desarrollo de estrategias para energías renovables, especialmente entre energías renovables, eficiencia y acceso; el uso de energía, agua y tierra; y el desarrollo energético e industrial.

5. Impulsar la innovación

- Garantizar los mecanismos de apoyo adecuados para las energías renovables emergentes según su estado y perspectiva de desarrollo.
- Revisar las aplicaciones que entrañan un gran consumo de energía y elaborar programas para superar el desfase tecnológico.

3. Marco institucional y diálogo nacional

Energía Sostenible para Todos (SE4ALL)

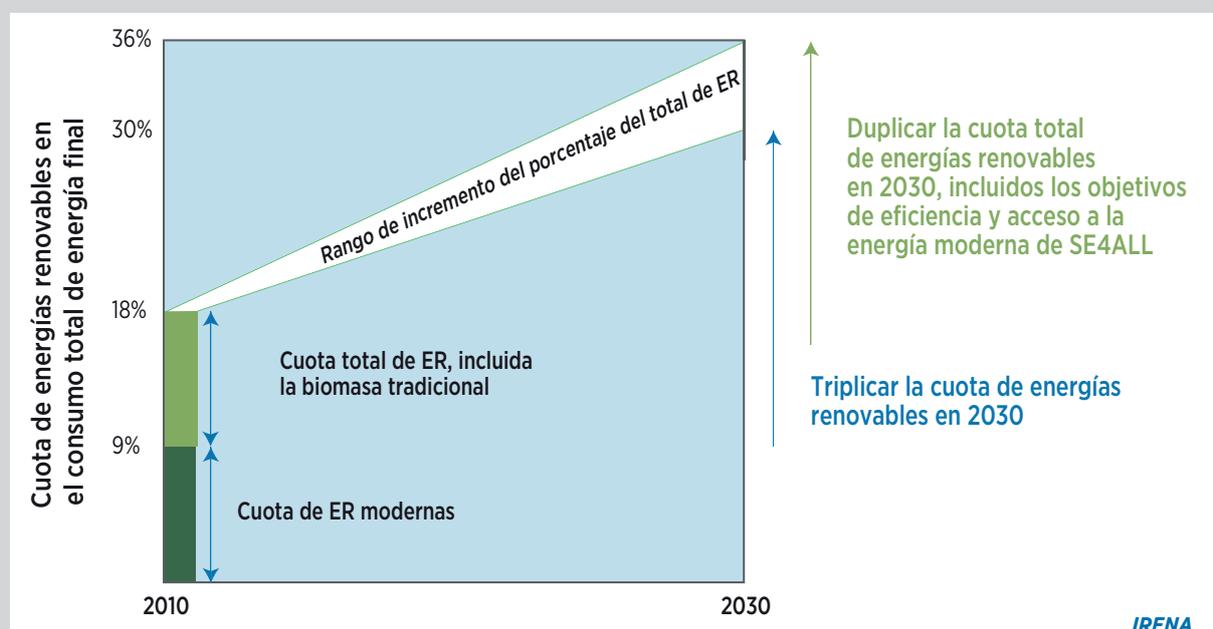
En 2012, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2014 a 2024 como el Decenio de las Naciones Unidas de la Energía Sostenible para Todos, con el que destacaba la importancia de las cuestiones energéticas para el desarrollo sostenible y para la elaboración de la agenda para el desarrollo post 2015 (Asamblea General de la ONU, 2012).

Ese mismo año, el Secretario General de las Naciones Unidas estableció el Grupo de Alto Nivel sobre la Energía Sostenible para Todos (SE4ALL) a fin de desarrollar un programa de acción mundial sustentado en tres objetivos interconectados: 1) asegurar el acceso universal a los servicios de energía modernos; 2) duplicar la tasa de mejora en la eficiencia energética; y 3) duplicar la cuota de las energías renovables en el conjunto de fuentes de energía (SE4ALL, 2012). IRENA es la plataforma central para las energías renovables de la iniciativa SE4ALL.

IRENA se estableció en abril de 2011 como el organismo intergubernamental encargado del despliegue de energías renovables. A finales de 2013, la Agencia contaba con 122 miembros y con más de 45 países en vías de adhesión. Los miembros solicitaron a la Agencia que valorara de qué modo se podía llevar a la práctica la aspiración de duplicar la cuota de energías renovables a escala mundial (IRENA, 2012a). IRENA desarrolló REmap 2030 para examinar la viabilidad del tercer objetivo (incluyendo la interconexión entre las energías renovables y las estrategias de eficiencia energética) con mayor detalle.

En enero de 2013, IRENA publicó el documento de trabajo *Doubling the Global Share of Renewable Energy: A Roadmap to 2030* (Duplicando la cuota de energías renovables a nivel global: Hoja de ruta a 2030) (IRENA, 2013a). Esta publicación, basada en un análisis de las hipótesis de la energía en el mundo en 2030, mostró que es factible duplicar la cuota de energías renovables y que se requieren acciones en todas las

Figura 1. Duplicar la cuota de energías renovables a 2030



Duplicar la cuota de las energías renovables implica triplicar la cuota de las energías renovables modernas.

Nota: Actualmente, el mundo obtiene el 18% de su energía a partir de fuentes renovables, pero solo un 9% corresponde a energías renovables modernas; y el 9% restante es biomasa tradicional, la cual solo es sostenible parcialmente. Por ello, para alcanzar la meta de duplicar la energía renovable sostenible, las energías renovables modernas deben sustituir a la biomasa tradicional prácticamente por completo. En consecuencia, la cuota de energías renovables modernas debe triplicarse del 9% de 2010 hasta el 30% o más para 2030.

ER = energías renovables; CEFT = consumo energético final total

regiones. También reveló una brecha considerable entre la cuota de energías renovables que se alcanza a escala mundial en 2030, según los planes nacionales existentes sobre energías renovables, y el objetivo de doblar la cuota que persigue la iniciativa SE4ALL. Para reducir esta brecha se necesitarán importantes avances en la mejora de la eficiencia energética y en la consecución del acceso universal a la energía.

La figura 1 muestra la cuota de energías renovables en 2010 como una cuota del CEFT. El 9% del CEFT se compone de energías renovables modernas, y alrededor de otro 9% corresponde a la biomasa tradicional, lo cual supone un 18% de la cuota total de energías renovables en 2010. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) define la biomasa tradicional como «el uso de madera, carbón vegetal, residuos agrícolas y estiércol animal para cocinar y para calefacción en el sector residencial. Suele tener una eficiencia de conversión baja (entre un 10% y un 20%) y a menudo depende de un suministro de biomasa insostenible» (AIE, 2012a). El cálculo del uso de biomasa tradicional en 2010 coincide con la definición de la AIE, la cual supone que todo el uso de biomasa en los sectores de los edificios en los países no pertenecientes a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) es tradicional, a menos que un país REmap aporte un desglose más detallado que permita la elaboración de un informe más exhaustivo (IRENA, 2014a).

A pesar de que la AIE recopila datos sobre el uso de la biomasa en el sector de los edificios y propone una metodología para desglosar los datos facilitados entre los usos modernos y tradicionales, los volúmenes totales reportados generan una gran incertidumbre. Esto se debe a varias razones. Los volúmenes concretos utilizados en algunos países que no pertenecen a la OCDE a menudo no se registran, sino que se calculan mediante métodos simplificados como la extrapolación de los datos históricos en virtud del crecimiento del PIB. Asimismo, dado que la definición de biomasa tradicional es amplia, el volumen total cambia según la definición y el método de cálculo, lo cual deriva en incoherencias a lo largo de los años. Por lo tanto, existe un margen amplio de incertidumbre.

REmap 2030 no es simplemente otra hoja de ruta. Más bien compromete a los responsables políticos a que mejoren los datos subyacentes y persigan esas previsiones.

Para alcanzar la meta de duplicar las energías renovables, las energías renovables modernas deben sustituir a la biomasa tradicional casi por completo. Consiguientemente, la proporción de energías renovables modernas debe triplicarse del 9% de 2010 hasta el 30% o más para 2030.

IRENA debatió sobre el desarrollo de una hoja de ruta más detallada para sus miembros en la tercera reunión del Consejo de IRENA en julio de 2012 (IRENA, 2012b) y organizó dos talleres de consulta con miembros de IRENA en septiembre y noviembre de 2012, a los que asistieron representantes de 18 países. Los principales comentarios que se recibieron fueron que una hoja de ruta por parte de IRENA serviría para racionalizar las actividades internas y externas de la Agencia, y que esta debería fundamentarse en un proceso transparente para la implicación de los países y las revisiones inter pares, de modo que los expertos de los países puedan aprender de las aportaciones de cada uno (IRENA, 2012c, d). REmap 2030 es un documento en evolución (IRENA, 2012e).

En el primer trimestre de 2014 se publicará un informe completo sobre la hoja de ruta, que aportará resultados detallados acerca del análisis y la información adicional relacionada con el objetivo de duplicar la cuota de energías renovables (IRENA, 2014a). Tanto este resumen de la hoja de ruta, como el informe completo, se basan en los análisis de los 26 países REmap realizados por la Secretaría de IRENA en coordinación con expertos nacionales. Estos análisis por países estarán disponibles en los próximos meses y son documentos vivos que se actualizarán periódicamente.

Las bases del proceso REmap 2030 —junto con los resultados del análisis mundial— se presentaron en la tercera reunión de la Asamblea y en el documento de trabajo REmap en 2013. El avance propuesto consistía en un proceso reiterativo de tres pasos basado en un compromiso completo de los miembros, y formado por tres elementos:

- Vías para duplicar la cuota de energías renovables a escala mundial;
- Opciones tecnológicas para lograr el objetivo; y
- Oportunidades de cooperación internacional para hacer realidad esta visión.

Metodología e hipótesis

Se optó por un enfoque analítico en función de una valoración de la brecha entre los planes nacionales de energías renovables, el objetivo de duplicar la cuota de renovables y las previsiones para 2030, así como del

gran número de análisis regionales y sectoriales para determinar, valorar y priorizar las acciones sectoriales interregionales y de regiones concretas. IRENA colaboró con el Banco Mundial, la AIE y otras partes para establecer las referencias de SE4ALL para las energías renovables. En el segundo trimestre de 2013 se publicó el Global Tracking Report (Informe sobre el seguimiento mundial) (Banco Mundial et al., 2013a).

Como punto de partida, el análisis de 2013 debía centrarse en los aspectos económicos y los requisitos previos para una transición. Para garantizar un proceso transparente, inclusivo y abierto, IRENA invitó a todos sus miembros a que identificaran y nombraran a los puntos focales y expertos nacionales de REmap a fin de que prestaran su apoyo a REmap 2030. Los expertos aportaron previsiones generales sobre la oferta y la demanda de energía hasta 2030, incluyendo las políticas de energías renovables y los objetivos que estaban en marcha o previstos. Además, los expertos ofrecieron ideas y conocimientos respecto a la viabilidad técnica, económica y política de las distintas opciones para el despliegue de las energías renovables en los sectores eléctrico y de uso final durante este periodo, y respecto al modo de interacción entre los diferentes sectores y las tecnologías de energías renovables. Estas observaciones no constituyen las posiciones oficiales de los gobiernos participantes,

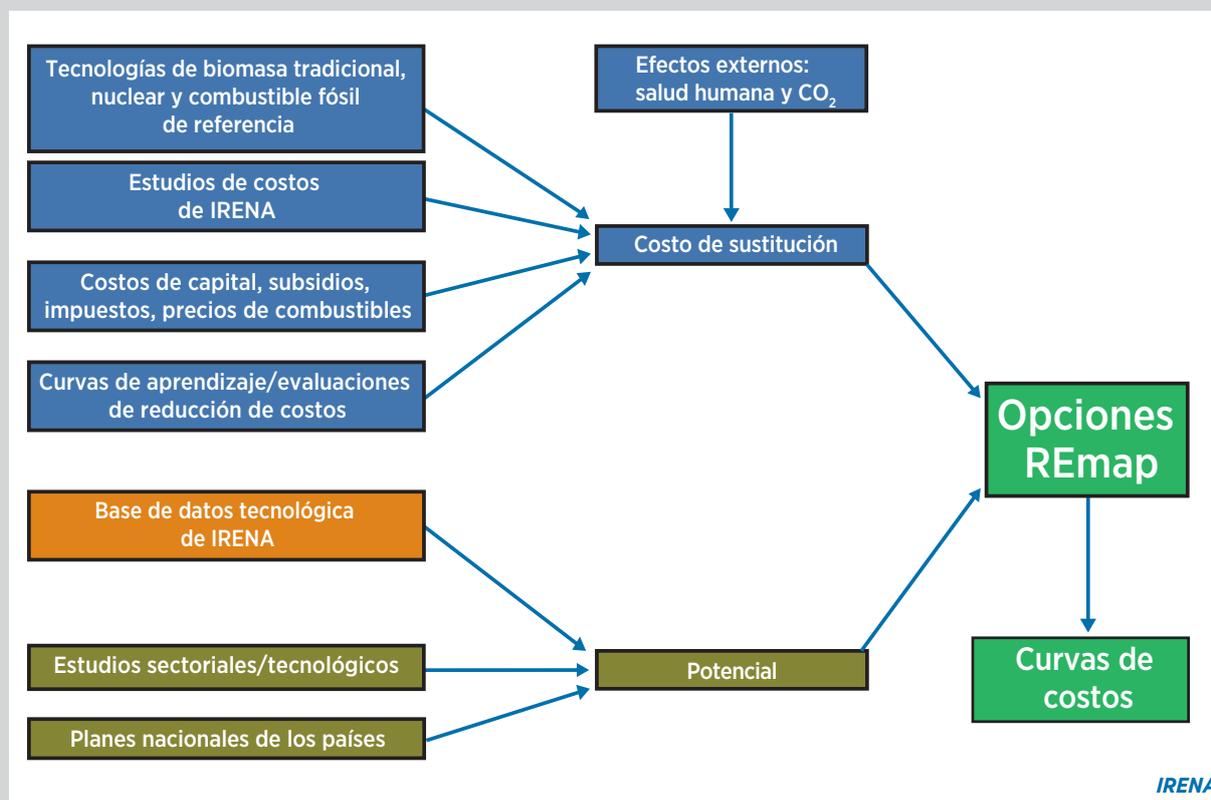
sino que son opiniones de centros de investigación fiables designados por el país.

Se analizaron detalladamente los siguientes 26 países, que componen el 74% de la previsión de consumo de energía final total en el mundo para 2030:

Alemania, Arabia Saudita, Australia, Brasil, Canadá, China, Corea del Sur, Dinamarca, Ecuador, Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos, Francia, India, Indonesia, Italia, Japón, Malasia, Marruecos, México, Nigeria, Reino Unido, Rusia, Sudáfrica, Tonga, Turquía y Ucrania.

La figura 2 muestra los pasos metodológicos del análisis REmap. En primer lugar, los países proporcionaron sus planes nacionales actuales, que se cotejaron para elaborar los **casos de referencia** de las condiciones habituales, incluyendo los objetivos para las energías renovables. A continuación se investigaron las opciones de tecnología adicional. Estas tecnologías adicionales se denominan **Opciones REmap** y, básicamente, ilustran lo que supondría duplicar la proporción de energías renovables. La elección del enfoque de opciones en lugar de un enfoque de hipótesis es deliberada: REmap 2030 es un estudio exploratorio, no un ejercicio de

Figura 2. Caracterización de las Opciones REmap



IRENA

fijación de objetivos, por lo que los países pueden tomar decisiones informadas sobre la implementación de las opciones identificadas.

Las Opciones REmap constituyen la parte central del análisis, puesto que definen los potenciales de las tecnologías de energías renovables adicionales. No representan un potencial teórico o técnico, sino un cálculo «realista» para cada país en virtud de factores como la disponibilidad de recursos del país, la renovación de las capacidades existentes (y el promedio de tiempo), procedimientos de planificación (p. ej., años necesarios para ejecutar un proyecto) y aspectos ambientales. Cada opción tecnológica también se caracteriza por su costo.

Sobre la base de las Opciones REmap, se desarrollaron curvas de costos nacionales y, posteriormente, se combinaron en **curvas de costos mundiales** para aportar dos perspectivas: la gubernamental y la empresarial. Desde la perspectiva gubernamental, los costos internacionales no incluyen ni subsidios, ni impuestos energéticos, y se utiliza una tasa de descuento estándar del 10%. Este enfoque permite realizar una comparación entre países y un análisis de costos y beneficios de cada país. Desde la perspectiva empresarial, el proceso se repitió para incluir los precios nacionales (inclusive, por ejemplo, impuestos energéticos, subsidios y costo de capital), a fin de generar una curva de costos localizada que incluya los impuestos, los subsidios y el costo de capital para cada país.

26 países REmap componen el 74% de la previsión del CEFT en el mundo para 2030.

Al recopilar los datos de los 26 países, IRENA tuvo que armonizar las previsiones del caso de referencia para garantizar la coherencia entre países (p. ej., los límites del sistema de los sectores de uso final, el plazo previsto de los planes nacionales, etc.), dado que este estudio es un primer intento de recopilar este tipo de información. Por este motivo, los expertos de IRENA cotejaron para REmap 2030 los borradores de orden cero de los análisis de los países para mejorar la comparabilidad, ya que los distintos planes de los países se basan en los diferentes supuestos y límites del sistema.

Se encontraron otras incoherencias al identificar las Opciones REmap. Algunos países aportaron datos o previsiones, pero, para la mayoría de ellos, IRENA trabajó junto con los expertos de los países para recopilar la información. Las variables exigidas para esta valoración incluyen parámetros específicos del país como el perfil

de vida útil de los activos de generación de energía, la disponibilidad de recursos, el costo de capital local y la disponibilidad de tecnologías. Finalmente, se obtuvo información sobre el precio de la energía, en parte de los países y en parte de otras fuentes secundarias.

Aunque el análisis se basa en los 26 países REmap, los resultados y las conclusiones que se presentan son válidos para el mundo en su conjunto. La combinación del caso de referencia y las Opciones REmap, conforme a los análisis de los 26 países REmap, se define como **REmap 2030**; cuando los resultados hacen referencia a la situación mundial.

IRENA desarrolló la **herramienta REmap (REmap tool)** para incluir los datos en un balance de energía y una lista de opciones tecnológicas clave, incluyendo las contribuciones previstas para 2030. Se utilizaron los datos sobre costos procedentes de las publicaciones sobre costos de IRENA y de informes de tecnología de IRENA y ETSAP-AIE (ETSAP - *Energy Technology Systems Analysis Programme*) para cumplimentar la herramienta, y que los expertos nacionales pudieran validarlos y actualizarlos en caso de ser necesario (IRENA, 2013d, e, f). La herramienta incluye el costo (capital, operación y mantenimiento) y el rendimiento técnico (capacidad de referencia de la instalación, factor de planta y eficiencia de conversión) de las tecnologías renovables y convencionales (combustibles fósiles, energía nuclear y biomasa tradicional) para cada sector analizado; es decir, los sectores de la industria, los edificios, el transporte, la energía eléctrica y la calefacción urbana. La herramienta también incluye los precios nacionales e internacionales de la energía y las tasas de descuento.

La información que se recopiló fue fundamental para validar y mejorar las previsiones de los indicadores existentes, y también fue un recurso muy útil para los países que estaban desarrollando, examinando o actualizando sus propios planes de energías renovables. Se elaboraron directrices diferentes sobre la metodología (IRENA, 2013g) y cálculos de costos (IRENA, 2013h), así como un manual detallado de la herramienta (IRENA, 2013i). La herramienta REmap permite que los expertos elijan opciones adicionales de energías renovables, evalúen su efecto en la cuota de energías renovables en el país y valoren su posición dentro de la curva de costos del país. Asimismo, la herramienta permite realizar un análisis y una comparación coherentes de los resultados entre los países. Por último, el análisis de los modelos de ingeniería de los sistemas energéticos complementa la herramienta REmap.

Además de las Opciones REmap, existen también las **Opciones RE+**, que se fundamentan en estudios de IRENA, bases de datos de tecnología y otras publicaciones. Su propósito es investigar qué medidas de acompañamiento (en concreto, transferencias entre

modalidades y eficiencia) harán que la proporción de energías renovables aumente aún más. El análisis muestra que las Opciones REmap no están al límite técnico; es posible contar con más energías renovables. Es importante que los responsables políticos allanen el camino para progresar y alcanzar nuevas tecnologías a largo plazo.

Diálogo con los países y próximos pasos en el análisis REmap

La labor de REmap 2030 recibió el apoyo de una red de 82 expertos nacionales de 42 países. El análisis REmap se benefició de una cooperación amplia y transparente entre IRENA y los expertos de los países que ayudaron a dar forma al análisis. Se organizaron seminarios web a nivel mundial el 13 de junio, el 6 de septiembre y el 24 de septiembre de 2013 para informar a todos los expertos nacionales de REmap acerca de la herramienta y los resultados preliminares, así como para recabar opiniones sobre el contenido y los pasos a seguir (IRENA, 2013j, k).

Se organizaron conferencias telefónicas y visitas a los países para debatir los resultados. Se celebraron importantes talleres de revisión para los expertos del sector y expertos nacionales de REmap el 12 y el 13 de noviembre en Abu Dabi, y el 29 de noviembre en Bruselas (IRENA, 2013i; IRENA y RETD-AIE, 2013). En Manila y en Singapur se organizaron actos independientes para la difusión regional (IRENA, 2013m, n). El borrador final se presentó y analizó con los miembros de IRENA durante la sexta reunión del Consejo, celebrada los días 10 y 11 de diciembre de 2013 en Abu Dabi.

IRENA también obtuvo contribuciones procedentes de una red de expertos externos. Se organizaron talleres sobre la elaboración de modelos con el Programa de Análisis de Sistemas de Tecnología Energética de la AIE (IRENA y ETSAP-AIE, 2013) y el Taller Internacional de la Energía (IRENA, 2013o). Este último dio como resultado un esfuerzo de colaboración para comparar los resultados de los países. Asimismo, IRENA y el RETD-AIE iniciaron un nuevo proyecto de colaboración denominado «Factor 2» para analizar la evolución de los sistemas energéticos, con el fin de duplicar la proporción de energías renovables de aquí a 2030. Se organizó una sesión de REmap 2030 en la red de investigación internacional para sociedades con bajas emisiones de carbono (LCS-RNet). Se preparó un documento de trabajo independiente sobre REmap 2030 para las empresas y se debatió durante una sesión de REmap en el Consejo Empresarial Mundial de Desarrollo Sostenible (IRENA, 2013p). Además, REmap fue presentado en la reunión del grupo *ad hoc* de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) durante la Plataforma de Durban para una Acción Reforzada en abril de 2013, y en la 77.ª Asamblea General

del Comité Electrotécnico Internacional celebrada en octubre. En la 19.ª Conferencia de las Partes de la CMNUCC celebrada en Varsovia, Polonia, se organizó una sesión especial sobre los beneficios de duplicar la cuota de energías renovables para la mitigación de los gases de efecto invernadero (IRENA, 2013q).

Tal como señalaron los miembros de IRENA durante los talleres de consulta, una parte importante de REmap 2030 es el despliegue de energías renovables en los sectores de uso final. Por ello, IRENA integró en REmap 2030 sus dos actividades de hojas de ruta tecnológicas relativas a la fabricación y a las ciudades. Para el sector de la fabricación, IRENA publicó su primera hoja de ruta tecnológica, *Doubling the Global Share of Renewable Energy by 2030: The Crucial Role of the Global Manufacturing Industry* (Duplicar la proporción mundial de la energía renovable para 2030: el papel fundamental de la industria mundial de la fabricación) (IRENA, 2014 b).

Esta hoja de ruta ofrece una visión general del potencial técnico y económico de energías renovables por tecnologías, regiones y subsectores. También propone siete ámbitos de actuación en los que los responsables políticos y la industria pueden colaborar para acelerar el despliegue de las energías renovables. Respecto a las ciudades, IRENA está terminando de elaborar una hoja de ruta similar. Las actas del taller sobre las ciudades correspondientes están disponibles en línea (IRENA, 2013r).

A modo de documento de referencia para sus hojas de ruta tecnológicas sobre el almacenamiento de electricidad e integración de la energía renovable, IRENA publicó una guía para las autoridades competentes, *Smart Grid and Renewables: A Guide for Effective Deployment* (Redes inteligentes y energías renovables: guía para un despliegue eficaz) (IRENA, 2013s). Proporciona una introducción de fácil lectura de todas las tecnologías de redes inteligentes disponibles para facilitar la integración de las energías renovables en la red, posicionando a IRENA como fuente autorizada de información sobre soluciones de redes.

REmap 2030 es un documento vivo. IRENA ampliará el ámbito y grado de detalle del análisis a lo largo de 2014 y 2015. IRENA continuará cooperando con los países y otras partes clave interesadas para asegurarse de que REmap 2030 ofrezca una perspectiva mundial de las oportunidades y desafíos futuros. La implicación de los países sigue siendo un elemento fundamental en la hoja de ruta. En el informe completo (IRENA, 2014a) se abordan los siguientes pasos del análisis de REmap y de las oportunidades existentes para la cooperación internacional. IRENA invita a sus miembros y a otras partes interesadas a que se unan a los equipos de acción de REmap para que participen en las acciones de seguimiento.

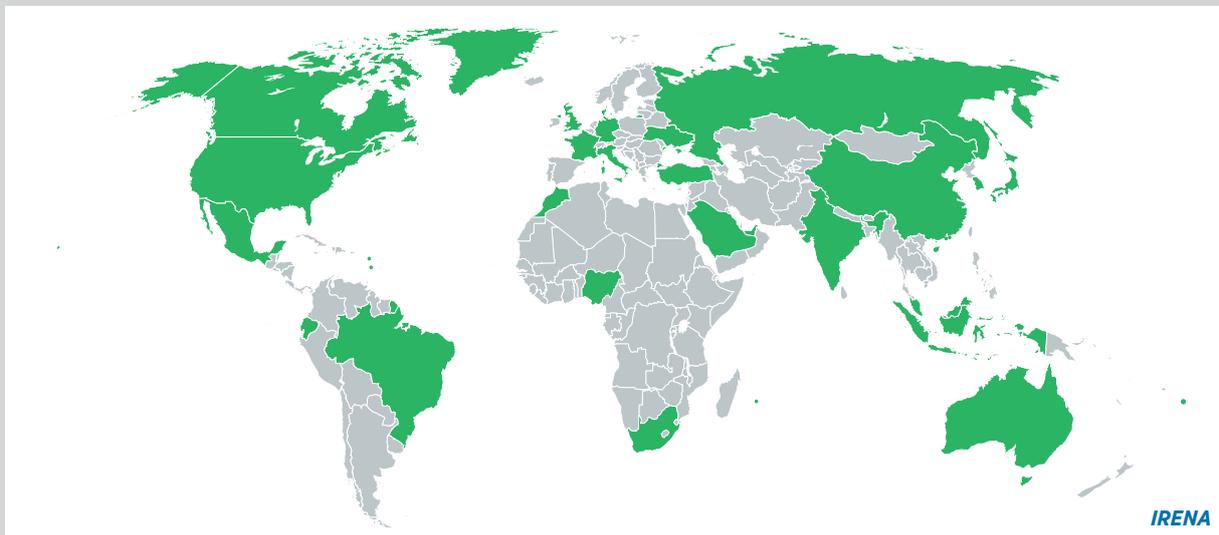
En próximas rondas de REmap 2030, IRENA trabajará con los países actuales de REmap y con nuevas disciplinas para mejorar los datos subyacentes. Con cada ronda de mejoras, los resultados tendrán más precisión y, lo que es más importante, las recomendaciones dirigidas a los responsables políticos también la tendrán. Este es el motivo por el que IRENA cree que no solo son importantes para el estudio las previsiones concretas de tecnologías específicas, sino también la interacción especial con los países miembros.

Por eso, REmap 2030 no es simplemente otra hoja de ruta. Su objetivo principal es más bien comprometer a los responsables políticos a que mejoren (y en

última instancia a que continúen) sus propios planes energéticos.

El nivel y el alcance de REmap y la habilidad de IRENA para cooperar con los países se enriquecieron enormemente con las contribuciones voluntarias aportadas por Alemania y Japón. Estas contribuciones proporcionaron los medios para un análisis en profundidad que de otra manera, no habría sido posible. El análisis de la biomasa se ha visto respaldado con la adscripción del Centro de Investigación Internacional de Japón para las Ciencias Agrícolas. Los gobiernos que pusieron a sus expertos a disposición para el análisis de los países y la revisión de REmap, aportaron otras contribuciones en especie.

Figura 3. Los 26 países REmap



4. Vías para duplicar la cuota mundial de energías renovables

Las vías para duplicar la cuota mundial de energías renovables se ilustran en la figura 4, que presenta los resultados de las Opciones REmap, los objetivos de la iniciativa SE4ALL y de RE+. En la actualidad, las energías renovables componen el 18% del CEFT en el mundo; un 9% corresponde a las energías renovables modernas y el otro 9%, a la biomasa tradicional, cuyo uso a escala mundial es difícil de cuantificar.

La figura 4 muestra el *status quo* en 2010 (barra gris a la izquierda): la zona de la barra de color gris claro representa la cuota de biomasa tradicional. En el caso de referencia (barra verde claro), el uso de energías renovables crece lentamente y aumenta su proporción del 18% del CEFT en 2010 hasta solo un 21% en 2030. Sin embargo, el análisis de IRENA demostró que los mercados ya están creciendo con mayor rapidez de la prevista por los gobiernos y que se puede conseguir más de lo que estos prevén a un menor costo.

Con medidas políticas que garanticen la adopción de las Opciones REmap (barra verde oscuro), la cuota de energías renovables podría aumentar mucho más (hasta un 27% en los 26 países REmap) y las Opciones REmap también supondrían un cambio de la biomasa tradicional —y de sus consecuencias para el medio ambiente y la salud— por la biomasa moderna. Esto significaría prácticamente triplicar la cuota de energías renovables modernas del 9% en 2010 hasta casi un 27% en REmap 2030. Este aumento por tres implicaría un costo de 2,5 USD por GJ en 2030. Además, esta transición resulta en ahorros económicos una vez que se tienen en cuenta los costos externos de los combustibles fósiles, que no se reflejan en el precio del mercado en la actualidad.

En 2010, un 9% del consumo de energía final total correspondía a biomasa tradicional y otro 9%, a energías renovables modernas. Solo un 3,6% era electricidad renovable, principalmente energía hidroeléctrica.

Las Opciones REmap no asumen la eliminación total de la biomasa tradicional. Para alcanzar los objetivos de la iniciativa SE4ALL respecto al acceso a la energía moderna (primera barra azul de la figura 4), será necesario hacer esfuerzos políticos adicionales. En la actualidad, más de un tercio de la población mundial todavía depende de la madera y de los residuos animales como fuente de energía, especialmente para cocinar. La contaminación resultante del aire interior (humo) implica grandes riesgos para la salud. Un cambio a cocinas limpias que utilicen biomasa moderna ofrecería cocinas eficientes, disminuiría el consumo de energía y reduciría drásticamente los efectos negativos para la salud. Del mismo modo, mil millones de personas podrían aún carecer de acceso a la electricidad en 2030; este acceso adicional a la electricidad, en parte en forma de pequeños generadores de energía renovable distribuidos (como mini-redes y sistemas de energía solar para uso doméstico), impulsaría la cuota de energías renovables en el CEFT hasta un 30%⁷.

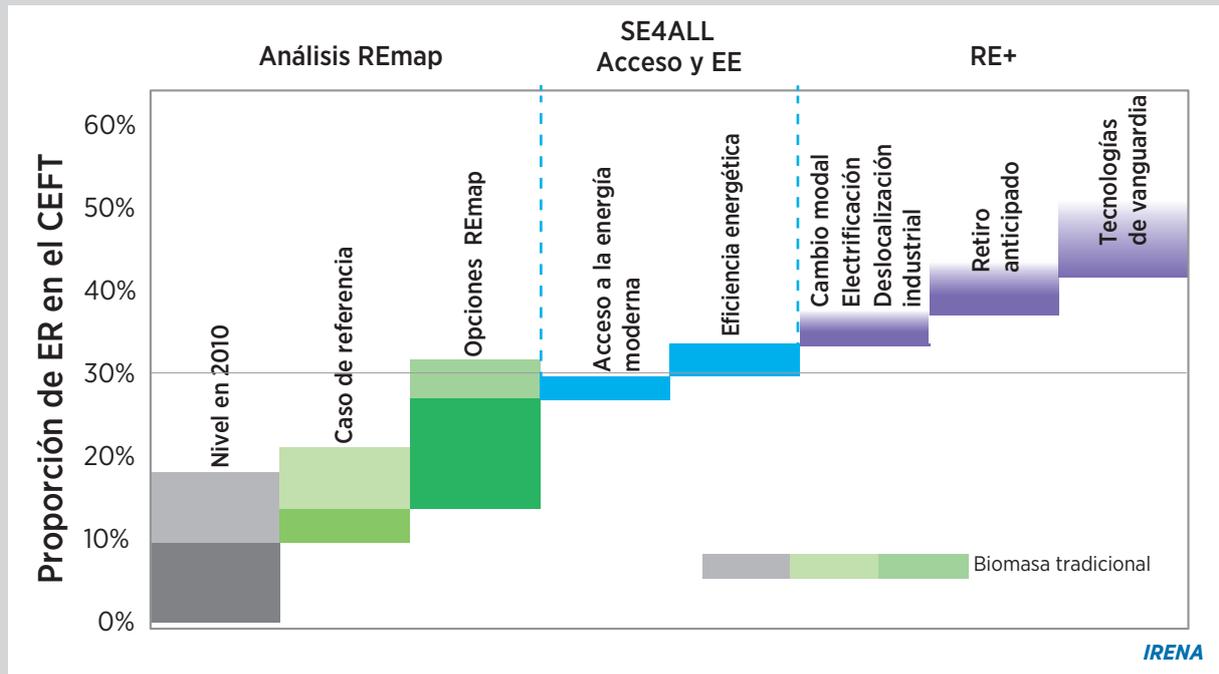
Existen importantes sinergias entre el acceso, la eficiencia y las energías renovables.

La segunda barra azul representa los efectos del objetivo de la eficiencia energética de la iniciativa SE4ALL en la cuota de energías renovables para 2030. Gracias a una mayor eficiencia energética, la misma cantidad de energías renovables cubriría un porcentaje mayor de la demanda y aumentaría la cuota de energías renovables. Un aumento en la eficiencia y la primera barra de RE+ podrían alzar la cuota de energías renovables hasta un 36%.

RE+ (las tres barras moradas) representa las tecnologías y medidas que pueden aumentar aún más la proporción de energías renovables; las Opciones REmap junto con los otros dos objetivos de SE4ALL no representan un límite. En RE+ se incluyen cambios modales en

⁷ La sustitución de la biomasa tradicional por biomasa moderna reduce el consumo de biomasa a la mitad y se obtiene el mismo servicio energético, lo que reduce la cuota de energías renovables en el consumo de energía y, al mismo tiempo, aumenta su cuota de servicios energéticos prestados.

Figura 4. Pasos para duplicar la cuota de energías renovables



El mundo podría duplicar la cuota de energías renovables en el consumo de energía final total para 2030.

Nota: Las zonas sombreadas representan la biomasa tradicional. El caso de referencia se refiere a la cuota de energías renovables para 2030 según las políticas vigentes actualmente en los 26 países REmap. Las Opciones REmap muestran el crecimiento adicional para 2030 basado casi exclusivamente en las energías renovables modernas y con una reducción de la biomasa tradicional por debajo del 2% del CEFT. Las barras azules representan los objetivos de la iniciativa SE4ALL para acceder a la energía moderna y a la eficiencia energética (EE), y elevarían la proporción de energías renovables hasta cerca del 34% en 2030. Las barras moradas (RE+) representan otros ámbitos de acción que se podrían seguir para ampliar aún más la cuota de energías renovables.

ER = energías renovables; CEFT = consumo energético final total

transporte, electrificación y tecnológicos, que todavía no están disponibles en el mercado actual (tecnologías «de vanguardia»), así como otras acciones a las que es difícil asignar un valor monetario.

Un «cambio modal» significa un cambio de modos, como es el caso en el que la gente deja de usar el coche para usar, por ejemplo, autobuses, trenes o bicicletas (eléctricas). Por lo general, «electrificación» se refiere a la transición hacia un uso de tecnologías basadas en la electricidad en todos los sectores; ejemplos destacados son las cocinas eléctricas y calor derivado de bombas de calor que utilizan electricidad. Conviene señalar que estas acciones a menudo se llevan a cabo por su conveniencia, independientemente del costo; por ejemplo, los norteamericanos ya comentan que los vehículos eléctricos (VE) contribuirán a resolver los problemas locales de contaminación; China es, con diferencia, el mayor mercado mundial de bicicletas eléctricas; y Europa sigue ampliando sus ya de por sí bien desarrolladas redes de transporte público. Por último, por «deslocalización industrial» se entiende que las nuevas instalaciones industriales se construirán donde la energía renovable sea abundante y económica, al igual que la antigua industria se solía ubicar donde

El retiro anticipado de las centrales existentes puede acelerar el despliegue de la energía renovable en el consumo de energía final.

se tenía fácil acceso a la energía convencional. A medida que la industria se interesa cada vez más por las energías renovables, éstas se pueden integrar con mayor facilidad en el suministro general.

Hasta la fecha, las empresas se reubican principalmente en países con energía hidráulica relativamente económica; un ejemplo ilustrativo reciente serían las nuevas instalaciones de producción de aluminio en Islandia. Pero cada vez será más frecuente que las empresas se trasladen para buscar energía solar y eólica más barata.

La segunda barra morada señala las posibles repercusiones de un «retiro anticipado» de plantas de

generación, en la cuota de energías renovables. Por lo general, el crecimiento de las energías renovables está limitado por el aumento de la demanda energética y las tasas de reemplazo de los activos de generación de energía. El retiro anticipado de los equipos energéticos convencionales en los sectores de la industria, edificios y eléctrico puede crear nuevas oportunidades para el crecimiento de las energías renovables. Este proceso ya se está haciendo realidad en algunos países europeos (por ejemplo, en Alemania e Italia), donde el reciente y rápido crecimiento de la energía eólica y fotovoltaica está derivando en un cierto exceso de capacidad, lo cual reduce el tiempo de operación anual de las centrales de gas y carbón. Un tiempo de funcionamiento menor o un retiro anticipado afecta a las empresas que gestionan las centrales existentes y supone un costo adicional. Generalmente, las instalaciones convencionales se diseñan para que tengan una vida útil de 40 años o más, y cuanto más tiempo están en funcionamiento sin necesidad de modernizarse, más rentables se vuelven. Los responsables políticos se enfrentan al reto de promover el retiro anticipado de las instalaciones convencionales que dificultan un mayor crecimiento de las energías renovables, ya que una vez que una central convencional ha amortizado su financiación, sigue siendo rentable a pesar de que sea ineficiente y contaminante.

Por último, la tercera barra morada representa el efecto de una amplia gama de tecnologías incipientes con indicios prometedores, pero cuya competitividad a gran escala para 2030 no está aún asegurada. Por ejemplo, se está desarrollando una serie de opciones tecnológicas en el ámbito de la energía oceánica, desde los colectores de energía undimotriz hasta las turbinas submarinas. Es importante que los responsables políticos recuerden que, si bien 2030 es el plazo previsto para este debate, no representa el final del camino para las energías renovables. Si deseamos que prosiga la transición hacia las energías renovables después de 2030, no solo debemos incrementar el uso de la biomasa y de las energías eólica, solar y geotérmica en la actualidad, sino que hay que allanar el camino para otras opciones que serán competitivas en el futuro.

Opciones REmap por sectores

Por lo general, la energía se consume para proporcionar servicios energéticos; en algunos casos, la energía se transforma en un vector energético diferente antes de su consumo (por ejemplo, la energía eólica se capta con aspas para generar energía mecánica, que después se utiliza para producir electricidad). Los servicios energéticos varían según el sector, pero hoy en día el calor predomina en la industria y el transporte (se utiliza en el motor de combustión interna para aportar fuerza motriz) y en los edificios

Se tiene un gran potencial de transformación de energías renovables en el sector de edificios.

en los países industrializados. No obstante, a fin de ofrecer orientaciones sobre los sectores concretos a los responsables políticos, REmap 2030 investiga los tres sectores de uso final de la industria, edificios y transporte; sus demandas de servicios energéticos; así como los tipos de combustible o tecnologías renovables que pueden satisfacer las demandas de estos sectores. El sector eléctrico abarca cada uno de estos tres sectores como vector energético de alto valor (véase la tabla 1).

La cuota de energías renovables por sectores de uso final (industria, edificios y transporte) en la tabla 1 se calcula según dos indicadores. El primero suma el uso total de energía renovable procedente de todos los vectores energéticos (biomasa, energía solar térmica, etc.) y divide esta suma por el CEFT del sector, excluyendo el total de la calefacción urbana y el consumo de electricidad. De esta manera se excluye la contribución de las energías renovables a la calefacción urbana y a la electricidad en los sectores de uso final. El segundo indicador incluye dicha contribución. Las proporciones de energía renovable para la generación de calefacción urbana y electricidad se facilitan por separado.

La tabla 1 muestra que en el caso de referencia solo se aumenta mínimamente la cuota de energías renovables en los sectores de uso final en el periodo comprendido entre 2010 y 2030 (para el CEFT del sector, incluidas la electricidad y la calefacción urbana); en el transporte sube tres puntos porcentuales y en los edificios, seis. En todos los sectores de uso final, el aumento es de tan solo cinco puntos porcentuales (del 9% al 14%). Estos avances no son suficientes para duplicar la cuota de energías renovables en el mundo. La única excepción estaría en el sector del transporte, donde la proporción de energías renovables se duplicaría del 3% de 2010 al 6% en 2030, incluyendo el uso de la electricidad. Si se ponen en práctica todas las Opciones REmap, la cuota de la energía renovable aumentaría hasta el 27% en 2030; el triple de la cuota de energías renovables modernas. La proporción de energías renovables aumenta a un ritmo similar en los edificios y es incluso mayor (se multiplica al menos por cinco) en el sector del transporte. El aumento es aproximadamente 2,4 veces superior en los sectores de la industria y la energía eléctrica.

Tabla 1. Desglose de la cuota de energías renovables a escala mundial, total y por sectores

	Cuota de energías renovables:	Como % de:	2010	Referencia 2030	REmap 2030	Uso de ER REmap 2030 (EJ/año)
Industria	Calor ¹	Consumo de calor	8%	9%	19%	25
	Calor, electricidad y CU ²	CEFT del sector	11%	15%	26%	51
Edificios (excluida la biomasa tradicional)	Calor ¹	Consumo de calor	12%	16%	35%	25
	Calor, electricidad y CU ²	CEFT del sector	14%	20%	38%	50
Transporte	Combustibles ¹	CEFT por combustible	3%	5%	15%	16
	Combustibles y electricidad ²	CEFT del sector	3%	6%	17%	18
Energía eléctrica ³		Generación	18%	26%	44%	62
Calefacción urbana (CU) ³		Generación	4%	14%	27%	5
Total (como % del CEFT)	Energías renovables modernas (excluida la biomasa tradicional) (véase la figura 6 para consultar la curva de costos que traza el avance de la cuota de ER modernas)		9%	14%	27%	119
	Moderna + acceso		18%	21%	30%	132
	Moderna + acceso+ EE (presupone la ejecución de los tres objetivos de SE4ALL)				34%	
	Modernas + acceso + EE + "RE+"				>36%	

El mayor progreso se realizará en la industria, los edificios y el transporte, no en el sector eléctrico.

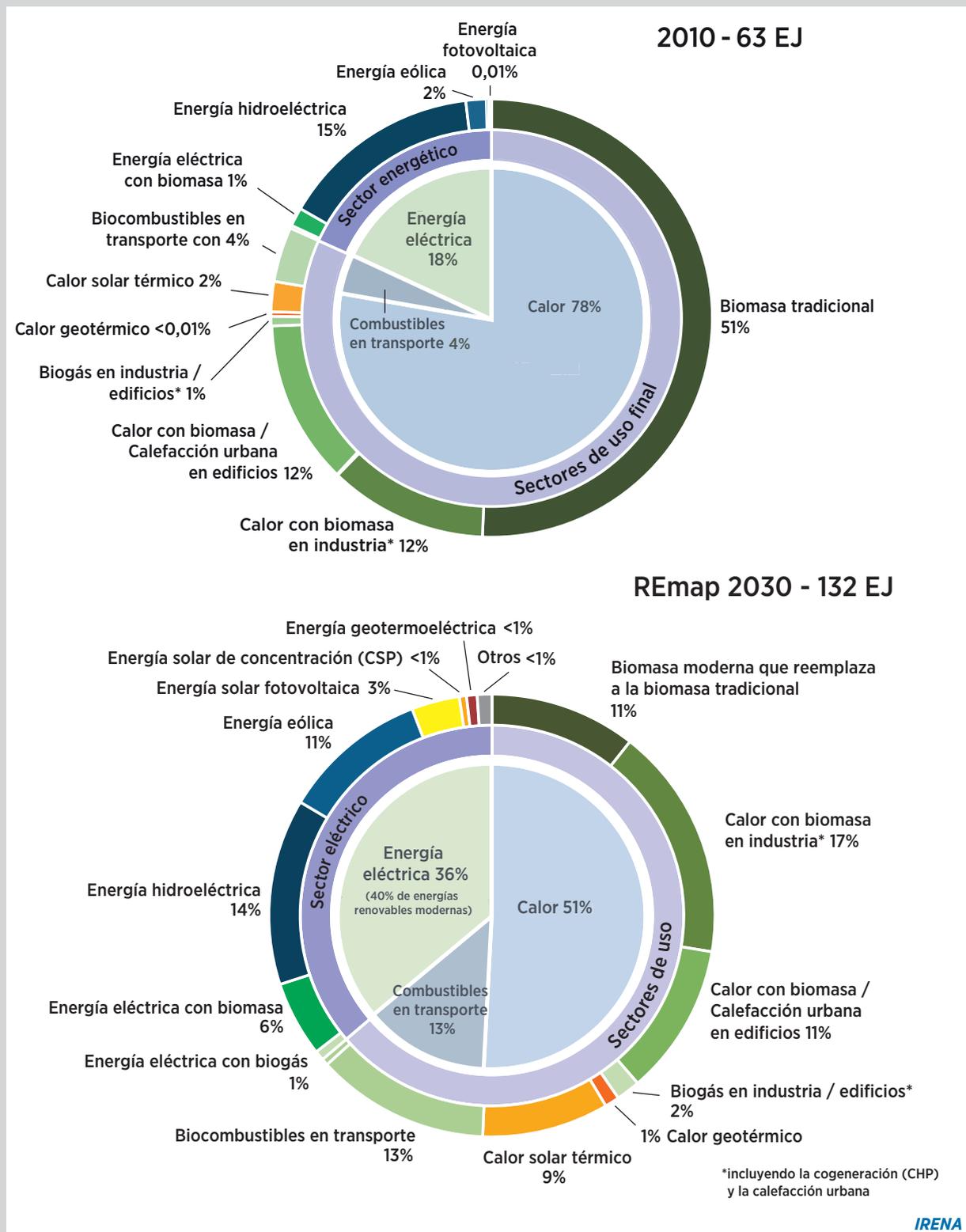
- 1 Representa el total de las energías renovables combustibles y no combustibles utilizadas a partir de todos los vectores energéticos para generar calor (para los sectores de la industria y los edificios), dividido entre el CEFT del sector, y excluyendo la electricidad y la calefacción urbana. En el sector del transporte, representa el uso total de combustible procedente de energías renovables, dividido entre el CEFT del sector y excluyendo la electricidad.
- 2 Representa el total de las energías renovables combustibles y no combustibles utilizadas a partir de todos los vectores energéticos para generar calor (para los sectores de la industria y los edificios), y el total del consumo de electricidad y calefacción urbana generado por energías renovables, dividido entre el CEFT del sector. Para el sector del transporte, representa el uso total de combustible procedente de energías renovables y el consumo total de electricidad generado por energías renovables, dividido entre el CEFT del sector.
- 3 Representa la electricidad total generada por fuentes de energía renovable, dividido entre la producción total de electricidad, o el total de calefacción urbana generado por fuentes de energía renovable, dividido entre la producción total de calefacción urbana. Los valores absolutos (en EJ) para los sectores de la energía eléctrica y calefacción urbana se refieren a la generación total, pero no al consumo. Por lo tanto, no se deberían añadir al uso total de combustible y de calefacción renovables en los sectores de uso final al calcular la cuota total de energías renovables en el CEFT.

EE = eficiencia energética; CU = calefacción urbana; ER = energías renovables; CEFT = consumo energético final total

La tabla 1 muestra que solo existe una diferencia principal en la industria, donde la cuota de energías renovables, incluyendo la electricidad y la calefacción urbana, es del 26%, esto equivale a siete puntos porcentuales más en REmap 2030 en comparación con el caso en el que se excluyen la calefacción urbana y la electricidad renovable (19%). Sin embargo, a pesar de todos los debates sobre la electrificación del sector del transporte, se calcula que la electricidad solo añadirá dos puntos porcentuales a la cuota de las energías renovables en este sector en REmap 2030, en comparación con la ausencia de adiciones en 2010. La alta eficiencia de los VE es uno de los motivos de la modesta aportación en términos de CEFT; aproximadamente un 10% del parque automovilístico sería eléctrico.

La comparación del caso de referencia con las Opciones REmap para 2030 revela otra conclusión notable: el mayor aumento porcentual en la cuota de energías renovables se da en los edificios, donde esta energía aumenta cerca de 24 puntos porcentuales. Asimismo, en términos relativos, la mayor diferencia entre 2010 y REmap 2030 se observa en el sector del transporte, donde la cuota de energías renovables en los combustibles se multiplica por cinco, en gran parte debido a las previsiones de que los biocombustibles avanzados se vuelvan cada vez más competitivos.

Figura 5. Desglose de la energía renovable mundial utilizada en 2010 y en REmap 2030, por tecnologías y sectores



El uso de energías renovables a escala mundial crecerá un 110% en términos absolutos. Para duplicar la cuota de energías renovables, el mundo debe centrarse especialmente en los sectores de uso final y no únicamente en la electricidad; la biomasa continuará siendo la mayor fuente de energía renovable en 2030.

Nota: REmap 2030 (figura inferior) estima que las cuotas de uso de energías renovables estarán en 36% para la energía eléctrica y en 64% para los sectores de uso final, inclusive el uso de la biomasa tradicional. Si se excluye la biomasa tradicional, las proporciones de los sectores de la energía eléctrica y de uso final son del 40% y del 60%, respectivamente.

Existen distintas metodologías que los países utilizan para calcular la cuota de energías renovables en la matriz energética. Por ejemplo, los países de la Unión Europea (UE) y Ucrania calculan su cuota de energías renovables según el consumo bruto final de energía. En comparación, Indonesia utiliza el suministro total de energía primaria (por ejemplo petróleo crudo y los pedazos de carbón antes de convertirlos en gasolina y electricidad —la «energía final»— que llega a los consumidores). A pesar de lo útil que resulta esta distinción para poner de manifiesto las pérdidas del sistema para las fuentes de energía que utilizan combustible (fósil, nuclear y biomasa), supone también un problema cuando se comparan estas fuentes de energía con las energías eólica y solar, ya que no tienen combustible y, por lo tanto, no existen pérdidas entre la energía primaria y final. Al calcular el consumo de recursos finitos, es razonable centrarse en el consumo de energía primaria: contamos lo que tomamos de la naturaleza. Pero ¿qué ocurre si queremos comparar la proporción de la energía procedente del carbón respecto de la energía eólica? Una central de carbón tiene una eficiencia del 33%, por lo que su valor energético primario (los pedazos de carbón) es tres veces superior a su valor energético final (la electricidad); como consecuencia, centrarse en la energía primaria sobrevalora en gran medida la contribución del carbón.

El crecimiento en la cuota de energías renovables (incluida la biomasa tradicional) de los 26 países REmap se duplicaría cuando esta se expresa según el CEFT. Cuando el crecimiento se expresa en términos de energía primaria⁸, basado en alguno de las metodologías más comunes (por ejemplo, el del contenido energético físico y el método de sustitución), el crecimiento sería entre un 20% y un 30% superior.

Opciones REmap por fuentes

La figura 5 muestra la proporción de las distintas fuentes de energías renovables en el consumo de energía final total en el mundo (no únicamente en los 26 países REmap) en 2010, así como en 2030, incluyendo el crecimiento adicional derivado de las Opciones REmap. La mayor fuente de energía renovable seguirá siendo claramente la bioenergía, que se puede utilizar no solo para generar energía eléctrica, sino que también puede proporcionar calefacción y carburantes. Las diversas formas de biomasa sólida, líquida y gaseosa componen el 61% del uso de las energías renovables en REmap 2030. No obstante, tal como se ha mencionado anteriormente, el cambio principal dentro de la biomasa

⁸ Con base en uno de los dos criterios metodológicos más comunes, es decir, el método del contenido energético físico o el método de sustitución parcial.

será el paso de las tecnologías y los combustibles tradicionales a los modernos.

Hoy en día, la energía hidroeléctrica representa la mayor proporción de electricidad renovable, pero en 2030 las Opciones REmap aumentarán considerablemente tanto la cantidad absoluta como la proporción del consumo de energía eólica, ya que el despliegue de energía eólica superará al de la energía hidroeléctrica en 2030. La energía solar fotovoltaica también conformará una parte sustancial de la generación de energía. La calefacción solar térmica proporcionará cerca de diez veces más energía en comparación con los sectores de la industria y los edificios en la actualidad, si se aplican todas las Opciones REmap.

Por último, cabe señalar que el sector eléctrico apenas representa un tercio de la cuota de energías renovables en el CEFT, mientras que los otros dos tercios proceden del uso de calefacción y carburantes en los tres sectores de uso final.

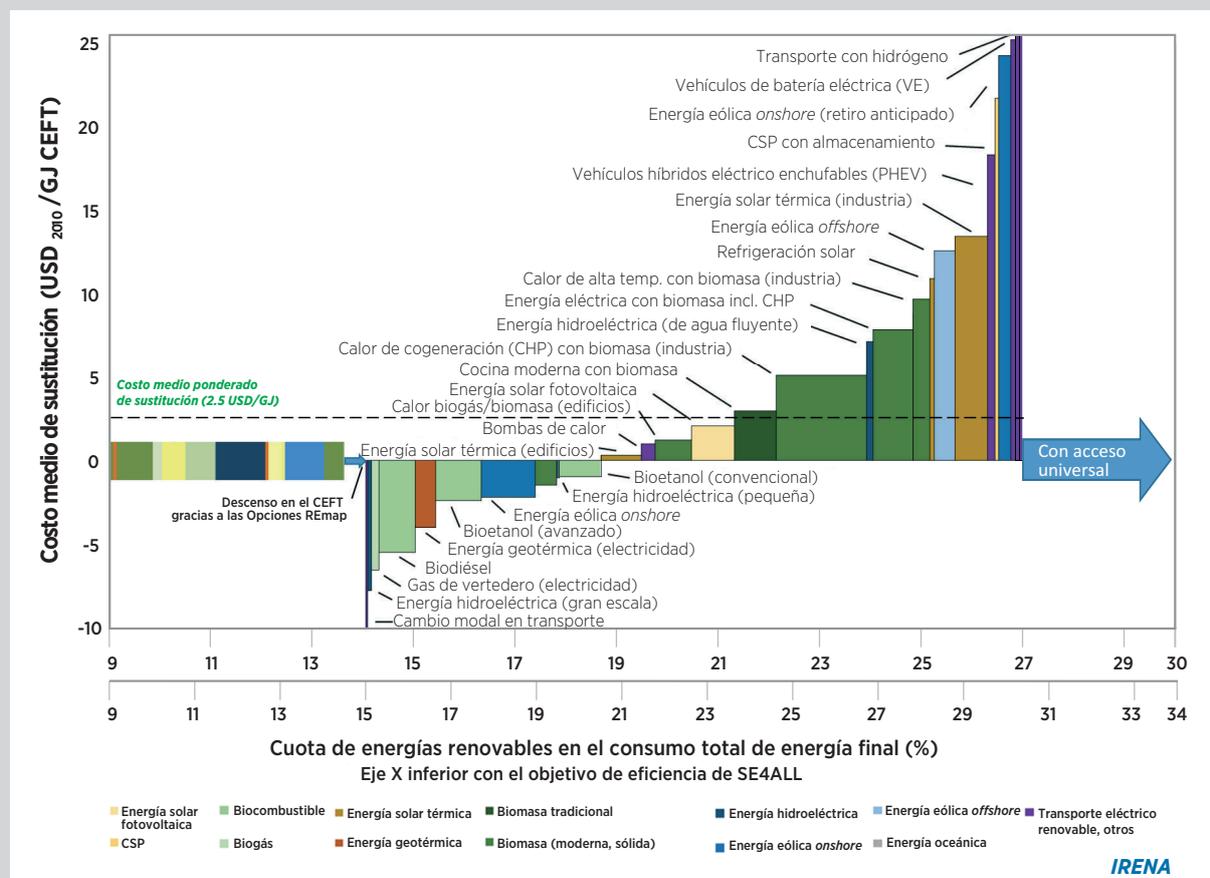
Los costos de sustitución de las Opciones REmap

Una vez que se identificaron las Opciones REmap, se crearon las curvas de costos para determinar el costo de sustitución para cada opción. La figura 6 muestra la curva de costos para los 26 países REmap analizados, calculados desde la perspectiva gubernamental, empleando una tasa de descuento normalizada del 10%, sin impuestos ni subsidios para los combustibles fósiles. Este enfoque permite realizar una mejor valoración de los costos para la sociedad que la perspectiva empresarial, que incluye impuestos nacionales y subsidios equivalentes a las redistribuciones del producto nacional. Estas opciones se suman y se muestran individualmente según el costo medio de sustitución.

La figura destaca las tres categorías principales del posible despliegue tecnológico, tal como se prevé en el análisis REmap 2030:

1. La barra horizontal en el extremo izquierdo muestra el crecimiento de energías renovables modernas en el caso de referencia. Se tiene un aumento en la proporción de energías renovables modernas del 9% en 2010 hasta aproximadamente el 14% en 2030, como se ve en la figura 4. La repercusión en los costos no se determinó para el caso de referencia, puesto que se asume que este crecimiento se producirá de cualquier modo. En el caso de referencia ya se ha sustituido parte del uso tradicional de biomasa, lo que conlleva un CEFT más bajo y, por ello, se eleva la cuota de las energías renovables. En la figura 6, las zonas verdes del caso

Figura 6. Curva de costos tecnológicos para los 26 países REmap desde la perspectiva de gubernamental en 2030



El costo medio de duplicar la cuota de energías renovables modernas es mínimo: 2,5 USD por GJ. Para lograrlo es necesario poner en práctica todas las opciones.

Nota: La barra horizontal del 9% al 14% representa los avances del caso de referencia. La curva de costos muestra cómo las Opciones REmap en los 26 países REmap alcanzan el 27%, tal y como reflejan las barras verdes de la figura 4 (el eje X superior). El objetivo de la eficiencia energética de SE4ALL hace ascender aún más la cuota de energías renovables (el eje X inferior).

CHP = cogeneración (combined heat and power); CSP = energía solar de concentración (concentrated solar power); ER = energías renovables; CEFT = consumo energético final total

de referencia señalan la biomasa, que representa cerca de la mitad del crecimiento. La otra mitad está formada por opciones del sector eléctrico: la energía hidroeléctrica y eólica, seguida de la solar. Las aplicaciones de calefacción solar completan el crecimiento de las energías renovables.

- Las Opciones REmap, elevan el porcentaje de energías renovables modernas desde alrededor del 14% hasta cerca del 27% (eje X superior) y abarca desde las opciones que resultan en costos negativos (ahorros) hasta las opciones más costosas. Las tendencias que se observan en la Figura 6 producirían un ahorro de hasta 10 USD por GJ, mientras que las opciones más costosas alcanzarían los 25 USD por GJ. Estos cálculos se basan en los costos de sustitución para las tecnologías renovables, en vez de en los costos

finales de los servicios energéticos, los cuales pueden verse influidos por otros factores. Por consiguiente, el ahorro se produce cuando existe una alternativa renovable que sea menos costosa que la tecnología convencional existente. De igual modo, las cifras de costos positivos señalan costos adicionales derivados de la sustitución, y no únicamente el costo de esa fuente de energía renovable concreta.

Se deben tener en cuenta las consecuencias para la salud y el medio ambiente al formular políticas.

3. La figura también muestra la contribución de los otros dos objetivos de la iniciativa SE4ALL a la cuota de energías renovables en términos del CEFT. Posteriormente, gracias a la aplicación del objetivo de acceso a la energía moderna, la cuota de energías renovables alcanzaría el 30% (la flecha azul en el extremo derecho). Si se aplicara el objetivo de la eficiencia energética, la proporción de energías renovables ascendería hasta el 34% (el eje X inferior).

La zona entre la curva y el eje X es una medida del costo total al año en 2030. Los ahorros económicos compensan la mayor parte de los incrementos en costos. Los costos netos anualizados divididos entre el uso de energías renovables finales totales suponen un costo medio de sustitución para el total de las Opciones REmap de aproximadamente 2,5 USD por GJ. Este resultado sugiere que la cuota de energías renovables se puede duplicar con una limitada adición de costos.

El costo medio incremental entre 2010 y 2030 es de 133.000 millones de USD al año en todo el mundo, tan solo un 3% más que en caso de referencia. No obstante, si se añade el valor de la reducción de emisiones de CO₂ —incluso suponiendo un costo moderado para estas emisiones— se observa que las Opciones REmap no costarían un 3% más, sino que reducirían los costos totales del sistema. De aquí a 2030, las energías renovables son al menos tan importantes como la eficiencia energética respecto al potencial de reducción de CO₂, importancia que es incluso mayor a partir de 2030.

El informe completo (IRENA, 2014a) ofrece tanto esta curva de costos desde una perspectiva gubernamental como la curva de costos desde una perspectiva empresarial (que incluye impuestos y los efectos de los mercados energéticos).

Esta curva muestra el potencial agregado de las Opciones REmap seleccionadas. Las Opciones REmap son las posibilidades realistas de las tecnologías de energías renovables que van más allá de los planes nacionales de los países, y que tienen en cuenta la disponibilidad de los recursos, la edad de los activos de generación de energía, los procedimientos de planificación, etc. Se pueden generar más carteras tecnológicas basándose en las distintas interpretaciones de los parámetros que conforman las Opciones REmap.

Las autoridades competentes tendrán la tentación de elegir las opciones de bajo costo (las del extremo izquierdo de la curva) y evitar las opciones más costosas (las del extremo derecho), pero la figura pretende ofrecer una perspectiva mundial, y no todas las opciones están disponibles en todo el mundo. Por lo tanto, la curva de costos no se debe malinterpretar como una

serie de medidas de izquierda a derecha, ordenadas según el costo, que se pueden elegir por separado; en realidad, existen interacciones y todas estas opciones se deben poner en práctica conjuntamente para alcanzar el nivel de costos y las cuotas de energías renovables indicadas. Por ejemplo, algunas opciones generan ahorro o mejoran la eficiencia, ayudando a reducir los costos de opciones más caras por debajo de aquellas que de otro modo se seguirían dando.

La posición en la curva de costos también está sujeta a cambios, dependiendo de los impuestos, subvenciones y otros efectos externos. Los efectos macroeconómicos también pueden modificar la posición. Centrarse en las opciones individuales más baratas no conllevará una transición general menos cara; conseguir tal propósito exige un enfoque integral y solo se duplicará la cuota de energías renovables en el CEFT para 2030 con los costos presentados si se ejecutan todas estas opciones simultáneamente.

Además, los planes actuales deben tener en cuenta el efecto del aprendizaje tecnológico; lo que actualmente parece costoso puede que ya no lo sea a mediados de siglo, especialmente si se promueven las tecnologías ya emergentes. La aceleración del aprendizaje tecnológico es otro motivo por el cual se deben considerar las opciones con un mayor costo. Los gobiernos podrían optar por invertir en tecnologías que sean costosas ahora a fin de reducir los costos de inversión de las unidades mediante mejoras de la tecnología y economías de escala.

Algunas de las opciones tecnológicas que aparecen a la derecha de la curva de costos suponen una inversión mayor. Sin embargo, eso no significa que el potencial de las Opciones REmap de bajo costo se haya agotado, ni que únicamente quede por cumplir el potencial de las tecnologías de alto costo. En realidad, destaca dos conclusiones importantes sobre el nivel de ambición por país:

1. Algunos países con un potencial muy elevado de recursos renovables cuentan con pocas políticas para utilizar dicho potencial a un bajo costo o dejan que sea únicamente el mercado el que se encargue del despliegue (por ejemplo, Rusia).
2. Otros países que ya tienen una cuota alta de energías renovables se muestran satisfechos con sus resultados y consideran menos necesario adoptar más medidas (por ejemplo, Brasil).

El potencial técnico es mucho mayor que el despliegue indicado por el ancho de las tecnologías individuales, según la figura 6. Esto es válido para todas las tecnologías y además se puede desplegar una mayor cantidad de energía renovable que la mostrada en

las Opciones REmap. Con un mayor uso del potencial técnico, se puede ampliar la cuota mundial de energías renovables y se puede modificar la contribución de las tecnologías individuales a la utilización de las energías renovables a escala mundial. Un mayor despliegue dependerá de la voluntad política de los países y de la innovación respecto a las tecnologías existentes y maduras.

Esta curva de costos representa el promedio global; los costos de opciones específicas y el orden de magnitud es distinto para cada país, según los factores de costos y la calidad de los recursos renovables locales. Otra observación destacable es que el elegir individualmente las opciones menos costosas no derivará, de forma global, en una transición menos costosa —esto debe conseguirse con una visión holística, dadas las interacciones en los sistemas energéticos—.

Sobre la base de conjuntos de datos idénticos utilizados en el análisis REmap, los equipos de ETSAP-AIE modelaron la forma en que evolucionan las actividades de eficiencia energética y energías renovables a medida que los países incrementan su cuota de energías renovables. Los resultados de los análisis demostraron que las inversiones en redes de transmisión y distribución son limitadas y representan en torno al 10% de los costos totales de inversión en sistemas de energía. Los resultados también confirmaron el mix de generación de energía para 2030 cuando la cuota

de energías renovables alcance el 36% del CEFT en los países analizados. Respecto a los avances en la eficiencia energética y las energías renovables, los resultados mostraron que la eficiencia energética pasa a ser el factor dominante en la consecución de la cuota de energías renovables más allá del 34%.

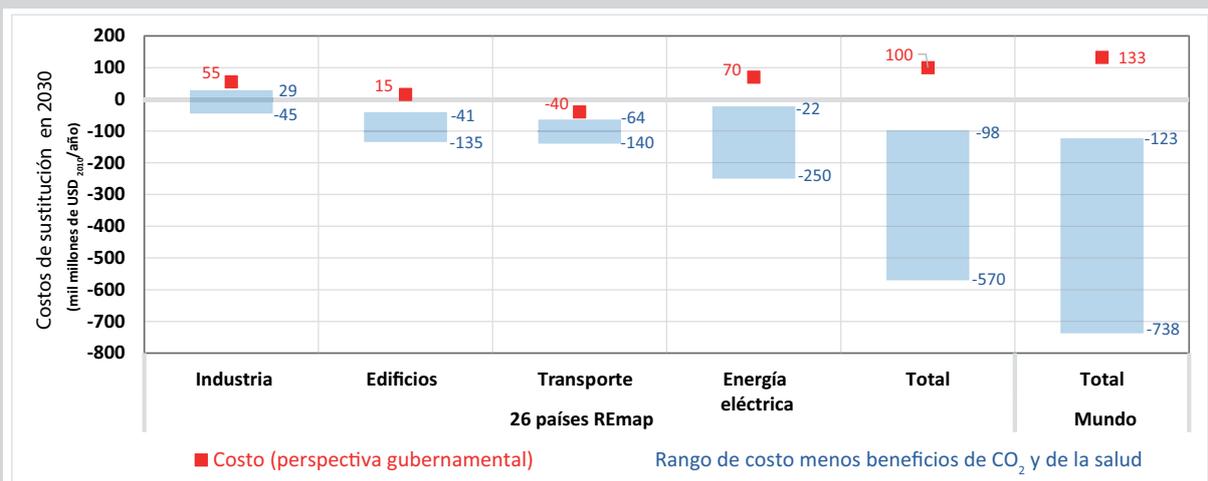
Los resultados de otros análisis demuestran que tanto el acceso universal a la electricidad como una transición a equipos de cocina modernos son posibles para 2030 con unas inversiones limitadas (Pachauri, *et al.*, 2013).

Costos de sustitución con inclusión de externalidades

En la figura 7 se comparan los costos de sustitución de las Opciones REmap en 2030 desde una perspectiva gubernamental, por sectores y para el total del sistema energético. La figura también muestra la disminución en los costos netos incrementales si se tiene en cuenta la reducción de los costos externos relacionados con la salud humana y las emisiones de CO₂, según la perspectiva gubernamental.

Las externalidades, tales como las consideraciones ambientales y de salud, compensan con creces el costo de aumentar las energías renovables en el mundo. Tal como se muestra en la figura, incorporar las externalidades en los cálculos reduce el costo adicional

Figura 7. Costos y beneficios de sustitución medios ponderados, por sectores



IRENA

Si se comparan los costos medios anuales de 133.000 millones de USD, los ahorros derivados de otros beneficios son, con mucho, mayores si se da la expansión de energías renovables. Al considerar las externalidades, la transición hacia las energías renovables produce ahorros anuales de entre 123.000 millones de USD y 738.000 millones de USD.

Nota: Las primeras cinco barras de la izquierda hacen referencia a los 26 países REmap, con respecto a la industria, edificios, transporte, sector eléctrico, y el total de todos los sectores. La barra en el extremo derecho hace referencia al total de todos los sectores a escala global.

neto del sistema de 133.000 millones de USD al año en el caso de referencia, hasta un valor muy inferior a cero. Como resultado, se obtendría un ahorro de entre 123.000 millones y 738.000 millones de USD al año con la aplicación de las Opciones REmap, si bien el grado de ahorro variaría considerablemente de un sector a otro.

Al doblar el porcentaje mundial de energías renovables y la sustitución simultánea de combustibles fósiles, los problemas de salud derivados de las emisiones de combustible fósiles, se pueden mitigar considerablemente, de manera efectiva y sin costos. Los costos incrementales netos en los sectores de la generación de energía y de los edificios (es decir, el uso final de la energía en edificios comerciales o residenciales) muestran los mayores cambios cuando se valoran las externalidades. La contaminación atmosférica relacionada con la combustión de la biomasa tradicional en chimeneas abiertas es un foco importante de problemas para la salud. Si se tiene en cuenta la mejora de la salud humana gracias al acceso a la energía moderna junto con las reducciones en la emisión del CO₂, los costos adicionales netos del sector de los

edificios se podrían reducir hasta 150.000 millones de USD por año. De igual modo, la sustitución del carbón, que tiene un elevado índice de emisiones, en la generación de energía trae como consecuencia un ahorro de hasta 320.000 millones de USD por año en el sector de la energía eléctrica. El análisis puntualiza la necesidad que tienen los gobiernos de incluir las externalidades al formular nuevas políticas, a fin de entender por completo el ahorro total que se conseguirá si se aplican adecuadamente todas las Opciones REmap.

Beneficios en el empleo de las Opciones REmap

También se han analizado los beneficios para el empleo que tienen las Opciones REmap. Se ha adoptado un enfoque basado en factores de empleo (explicado con más detalle en IRENA, 2013t). En comparación con el caso de referencia, el despliegue de las Opciones REmap generará 16 millones de nuevos puestos de trabajo directos y acumulativos en el sector energético desde ahora y hasta 2030, lo que significa una media de 900.000 nuevos trabajos en el sector para el periodo completo. Estos puestos tienen en cuenta el aumento del empleo en el sector de las energías renovables y las correspondientes pérdidas de empleos en el sector de la energía convencional. El aumento del empleo en el sector de las energías renovables para el mismo periodo equivale a 60 millones de empleos directos acumulativos, o una media de 3,5 puestos de trabajo al año (véase la tabla 2).

Se necesitan estrategias para financiar proyectos de energías renovables en pequeña escala.

Tabla 2. Efectos sobre el empleo de las Opciones REmap
El despliegue de las Opciones REmap conllevará un aumento medio neto de 900.000 puestos de trabajo y 16 millones de puestos de trabajo al año

	Empleos directos adicionales (millones) ¹	
	Acumulado (2013-2030) ²	Media anual (2013-2030)
Solo el sector de la energías renovables	60	3,5
Solo el sector de energías convencionales	-44	-2,6
Sector energético (energía renovable y convencional)	16	0,9

Nota: Por «empleos directos» se hace referencia a los puestos que se generan directamente de las actividades principales, sin tener en cuenta las aportaciones intermedias necesarias para fabricar el equipamiento que genere la energía renovable o para construir y gestionar las instalaciones; por ejemplo, los puestos en las industrias del acero o del plástico no se incluyen, pero sí los de las industrias de fabricación e instalación de energía solar fotovoltaica.

¹ Diferencia entre el caso de referencia y el empleo en REmap 2030.

² Los puestos de trabajo acumulados se calculan multiplicando los puestos de trabajo adicionales por los años de empleo.

Opciones REmap específicas por país

Duplicar la cuota de energías renovables modernas a nivel mundial no significa un aumento equivalente en todos los países. En la figura 8 se muestra que en 2010 los 26 países REmap comienzan en distintos niveles, que van desde el 0% de Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos, a más del 20% en Dinamarca, Canadá y Nigeria, y hasta a más del 40% en Brasil.

La mayoría de los países muestran un progreso ascendente en la cuota de energías renovables desde 2010 hasta el caso de referencia en 2030. La cuota más amplia de energías renovables se encontraría en REmap 2030. Los países de la UE muestran un fuerte crecimiento tanto en el caso de referencia como en REmap 2030. Todos los Estados Miembros de la UE tienen objetivos de energías renovables para 2020, tal como se define en sus respectivos Planes de Acción Nacionales de Energías Renovables (PANER), y a finales de 2013 se encontraban debatiendo los objetivos para el año 2030. Algunos países tienen objetivos para 2030 como Dinamarca y Alemania, que elevarían más la cuota de energías renovables en sus respectivos casos de referencia.

La tendencia de Nigeria es diferente. Dado que actualmente utiliza tanta biomasa (incluyendo la biomasa sólida en la industria), el país espera que su cuota de energías renovables se reduzca drásticamente

Alemania, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, Ecuador y Francia podrían alcanzar cuotas de energías renovables del 30% o superiores.

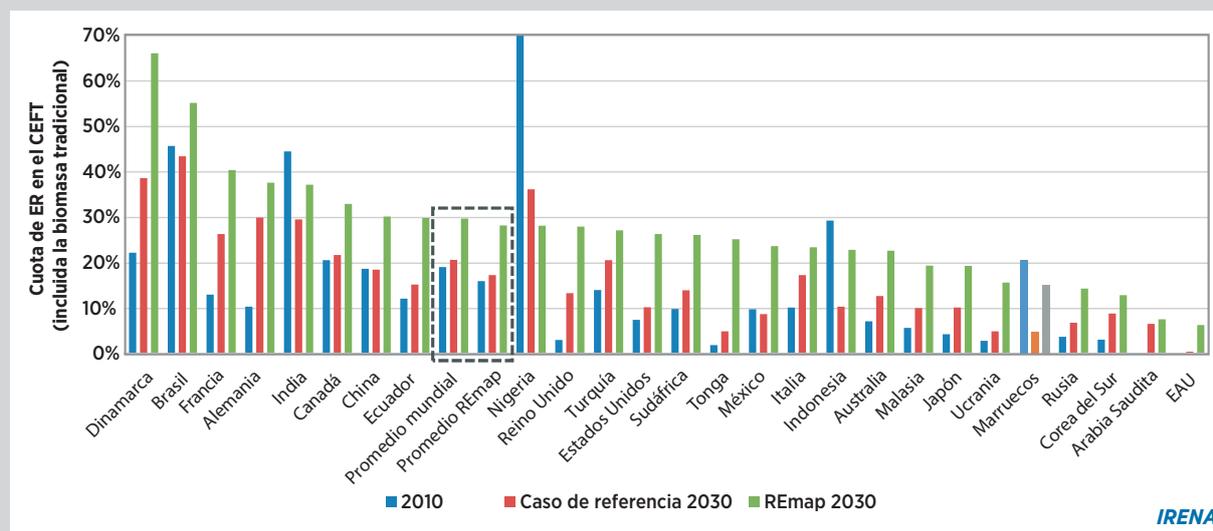
a medida que la industria utilice principalmente gas natural y que el uso de la biomasa tradicional para cocinar en los hogares se sustituya por el uso más eficiente de la biomasa moderna.

Exceptuando Nigeria, como se ve en el promedio en la figura 8, la cuota de energías renovables en los países es mucho mayor en 2030 según REmap 2030 que según el caso de referencia.

Costos medios de sustitución por país de las Opciones REmap

La figura 9 detalla los costos medios de sustitución para cada uno de los 26 países REmap según las Opciones REmap para 2030, tanto desde una perspectiva gubernamental (sin impuestos ni subsidios) como desde una perspectiva empresarial (impuestos locales y subsidios incluidos). En la figura 6 se presentó la curva

Figura 8. Cuotas actuales y previstas de energías renovables en el consumo de energía final total por país, 2010-2030

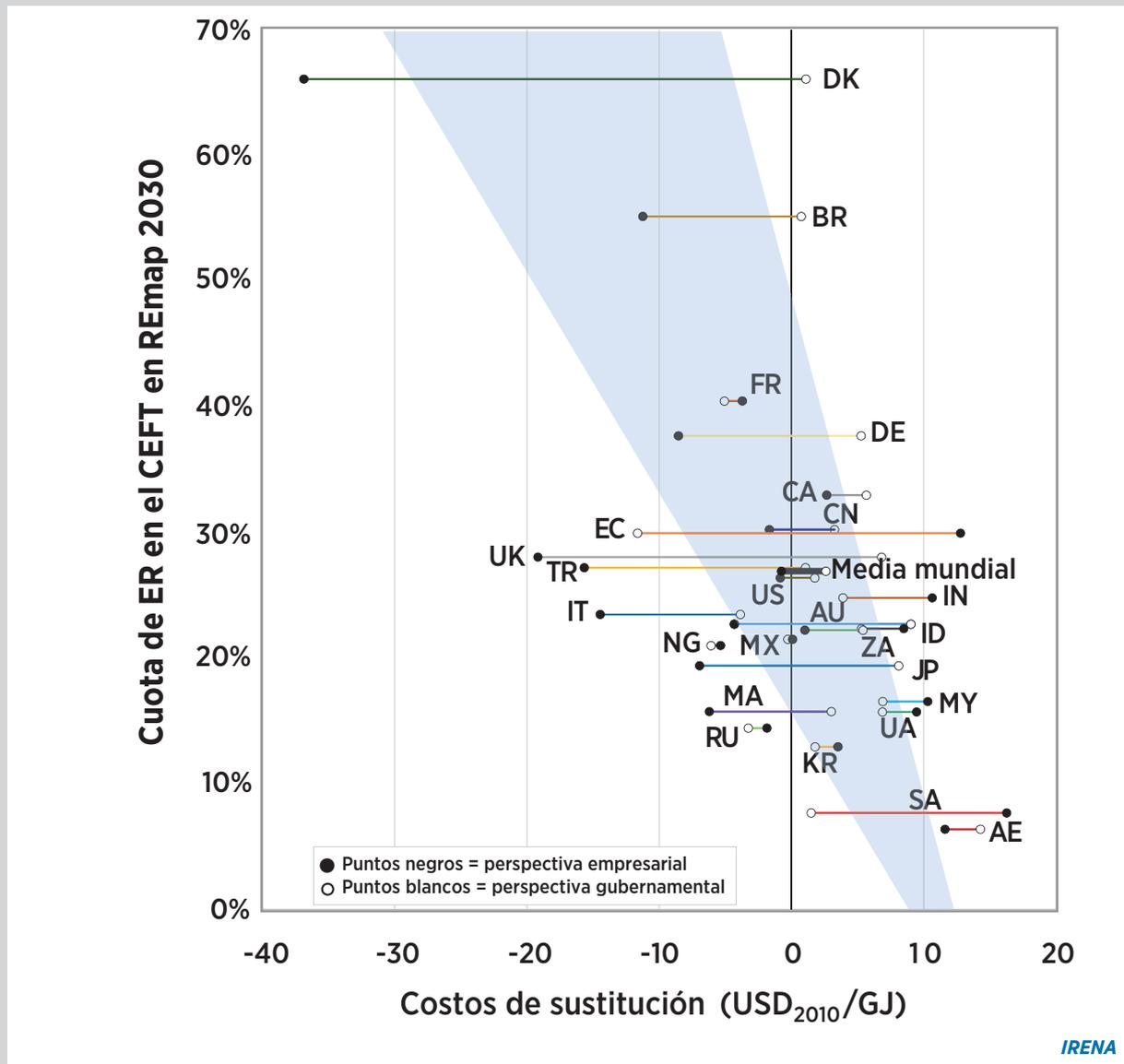


Duplicar la cuota de las energías renovables a escala mundial no significa que hay un aumento equivalente en todos los países

Nota: Las cuotas de energía renovable para el caso de referencia de 2030 para Francia y el Reino Unido se valoraron teniendo en cuenta sus compromisos con relación a la energía renovable para 2020, estipulados en sus planes de acción nacionales en materia de energía renovable (PANER). No se incluyó ningún despliegue de energía renovable adicional en su análisis del caso de referencia entre 2020 y 2030, aunque sí se tuvo en cuenta cualquier mejora existente en la eficiencia energética.

ER = energías renovables; CEFT = consumo de energético final total

Figura 9. Relación entre el potencial de las energías renovables de los países y los costos de sustitución



El costo de la transición desciende por unidad de energía a medida que aumenta el porcentaje de la energía renovable establecido como meta (la zona sombreada en azul).

Nota: Los incentivos económicos aumentan hacia la izquierda y se reducen hacia la derecha. La media mundial hace referencia al total de los 26 países REmap, tal como se muestra en la figura 7, y el resto de las barras señalan el desglose de este total por país.

Países: Alemania (DE); Arabia Saudita (SA); Australia (AU); Brasil (BR); Canadá (CA); China (CN); Corea del Sur (KR); Dinamarca (DK); Ecuador (EC); Emiratos Árabes Unidos (AE); Estados Unidos (US); Francia (FR); India (IN); Indonesia (ID); Italia (IT); Japón (JP); Malasia (MY); Marruecos (MA); México (MX); Nigeria (NG); el Reino Unido (UK); Rusia (RU); Sudáfrica (ZA); Turquía (TR); Ucrania (UA).

ER = energías renovables; CEFT = consumo de energía final total

de costos para los distintos tipos de tecnologías; en esta, se observa cuáles son los costos generales para cada país en concreto. Los impuestos y subsidios nacionales se han eliminado de la perspectiva gubernamental (puntos blancos), pero se incluyen en la perspectiva empresarial (puntos negros). Cada línea de un país representa la diferencia en los costos de sustitución entre las perspectivas gubernamental y empresarial con las Opciones REmap.

Es interesante destacar que el eje X comienza en la parte izquierda con costos bajos y al desplazarse hacia la parte derecha, estos aumentan. Las posiciones de los países demuestran una relación general: los países con incentivos económicos débiles (costos de sustitución positivos) suelen tener cuotas de energías renovables bajas, mientras que los que cuentan con incentivos económicos fuertes (costos de sustitución negativos) suelen tener una cuota de energías renovables alta. Los

Los mercados energéticos mundiales se ven altamente afectados por impuestos y subsidios.

países de la izquierda pueden aumentar la cuota de energías renovables a un costo negativo (es decir, con un mayor ahorro) de sustitución.

Los países que subsidian la energía (parte inferior derecha) ven aumentar su cuota de energías renovables desde un nivel bajo, pero solo hasta cierto punto, y a menudo con costos positivos de sustitución. En muchos casos (Arabia Saudita, Indonesia, Malasia etc.), estos países tienen costos de sustitución mayores desde la perspectiva empresarial que desde la gubernamental; en Alemania, Brasil y Dinamarca, la situación es la contraria. Brasil y Dinamarca son dos valores atípicos respecto a la proporción de las energías renovables en REmap 2030.

Los costos de sustitución desde la perspectiva empresarial son mayores que desde la perspectiva gubernamental para los países que cuentan con altos subsidios energéticos porque los precios nacionales de los combustibles fósiles son menores que los precios de los mercados internacionales en esos países. Arabia Saudita e Indonesia serían un ejemplo de esta situación. A pesar de que Rusia subsidia fuertemente su gas

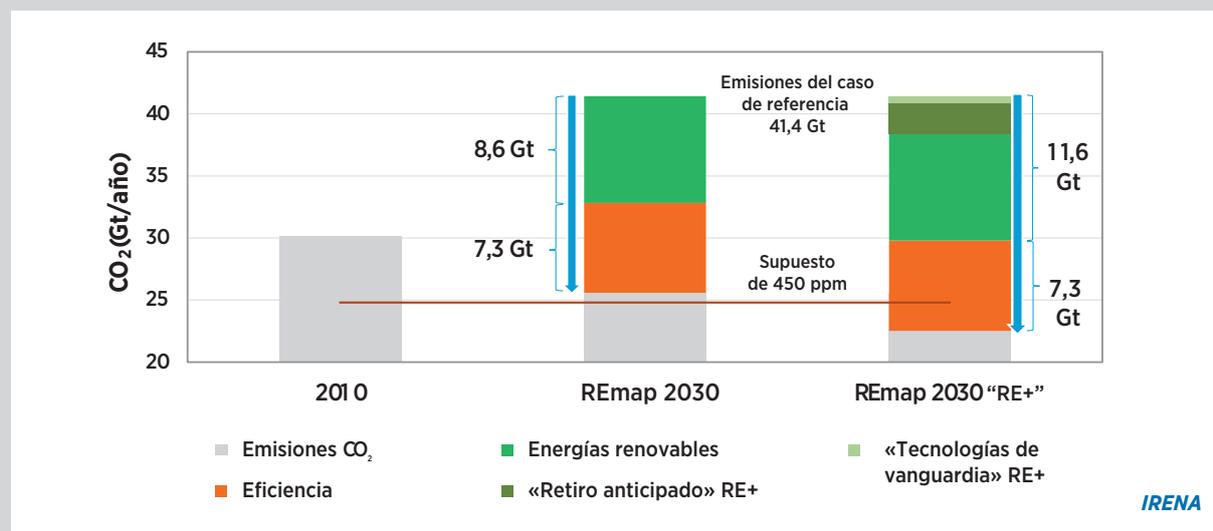
natural, la diferencia en sus precios es mínima porque se está sustituyendo una combinación de generadores diésel y energía nuclear, con lo que ambas perspectivas presentan costos negativos. Corea del Sur subsidia los precios de la electricidad al por menor y, por lo tanto, se sitúa junto a los países que subsidian la energía eléctrica. Para los países con unos precios energéticos nacionales elevados, como Dinamarca o Japón, los costos de sustitución son mucho mayores desde una perspectiva gubernamental; aquí, las políticas de precios de la energía eléctrica crean un mercado que podría favorecer un mayor despliegue de energías renovables.

Reducción de emisiones de dióxido de carbono con las Opciones REmap

Las emisiones mundiales del consumo energético sobrepasaron las 30 Gt de CO₂ en 2010. En 2013, la concentración de CO₂ en la atmósfera superó las 400 partes por millón (ppm), una cifra muy por encima de las fluctuaciones de entre 180 ppm y 300 ppm que se habrían registrado durante los últimos 650.000 años. Las emisiones anuales de CO₂ continuarán creciendo y podrían alcanzar fácilmente más de 41 Gt en 2030.

Los científicos expertos en el clima creen que las emisiones procedentes del consumo de energía deben reducirse, no aumentarse. La línea de la figura 10 muestra que las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles tendrían que caer por debajo de las 25 Gt en 2030 para evitar

Figura 10. Emisiones de dióxido de carbono según REmap 2030



Las energías renovables pueden contribuir a reducir las emisiones de CO₂ a la mitad, tal y como se necesita para 2030 en el sector energético.

Nota: Solo se muestran las emisiones derivadas de la combustión de combustibles fósiles. El ahorro de las emisiones de CO₂ procedente de la eficiencia energética se basa en las emisiones totales del informe World Energy Outlook (WEO) 2012 de la AIE (AIE, 2012b). IRENA aplica esta cuota a las emisiones totales del caso de referencia de 41,4 Gt de CO₂ para calcular un ahorro en las emisiones de CO₂ relacionadas con la eficiencia energética de aproximadamente 7,3 Gt en REmap 2030.

que la concentración en la atmósfera sobrepase las 450 ppm de CO₂; este es el nivel máximo con el que los científicos opinan que se podría mantener el calentamiento global con un incremento de la temperatura de dos grados centígrados, para evitar así consecuencias más catastróficas.

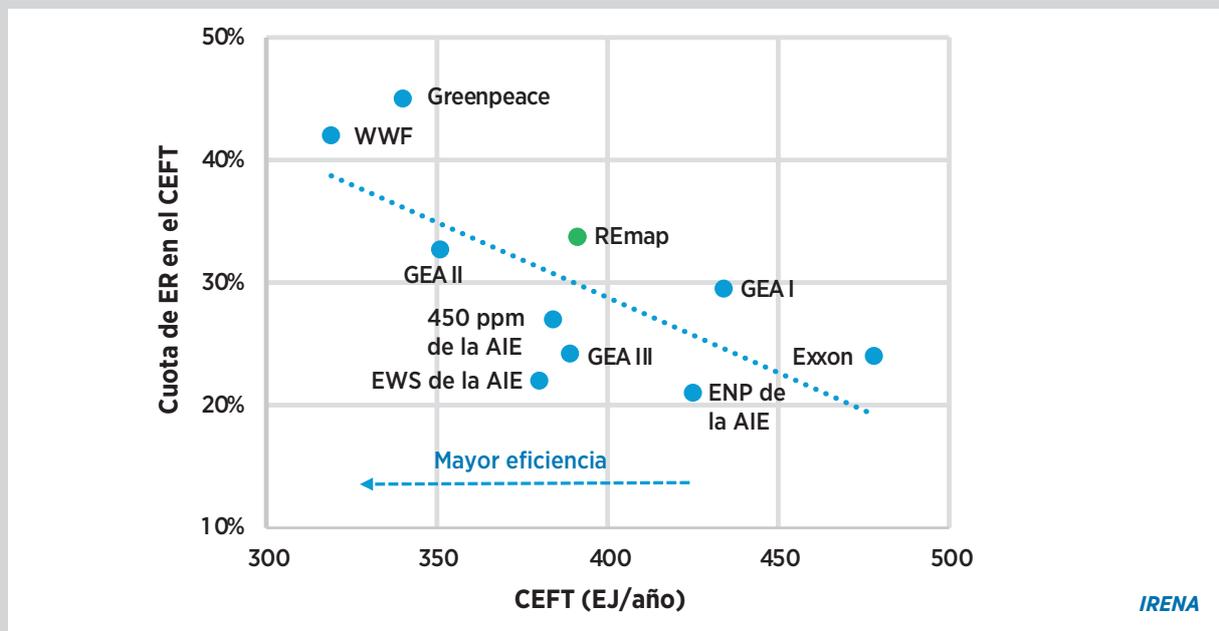
Existen numerosas opciones para reducir las emisiones de CO₂, como las mejoras en la eficiencia, las energías renovables, la energía nuclear y la tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CCS, carbon capture and storage). IRENA examinó las repercusiones derivadas de las emisiones de CO₂ tras valorar las Opciones REmap y RE+ y constató que el potencial de energías renovables era importante, con una reducción en las emisiones en el caso de referencia de cerca del 21% (8,6 Gt frente a 41,4 Gt de CO₂). Las Opciones REmap en combinación con la eficiencia energética podrían reducir las emisiones totales de CO₂ del caso de referencia hasta cerca del nivel necesario para la hipótesis de las 450 ppm (en unas 7,3 Gt adicionales de CO₂). Si se añaden las opciones RE+ del retiro anticipado y las tecnologías de vanguardia (3 Gt adicionales de emisiones de CO₂), las emisiones anuales de CO₂ se podrían reducir hasta cerca de las 22,5 Gt.

La figura 11 muestra la relación entre la cuota de energías renovables y el CEFT en 2030 a partir de varios casos de estudio. El uso de la misma cantidad de energías renovables da como resultado una proporción de

energías renovables diferente según el CEFT. Cuanto más bajo sea el CEFT, mayor será la cuota de energías renovables y viceversa. Una mayor eficiencia energética reduce el CEFT. Por lo tanto, una estrategia integrada de eficiencia energética y energías renovables aumentará la cuota de energías renovables. No obstante, aunque este resultado a nivel mundial es válido para los países que presentan un rápido crecimiento económico, la eficiencia energética podría reducir la necesidad de capacidad de generación adicional en el sector eléctrico —y, por lo tanto, la oportunidad de introducir energías renovables— en aquellas economías con una demanda energética estancada o de bajo crecimiento, pero con activos de generación de energía relativamente jóvenes (como algunos países europeos y China). Las dos medidas se refuerzan mutuamente, pero las políticas deben lograr una combinación óptima del despliegue para garantizar la mitigación adecuada del cambio climático.

Únicamente con energías renovables y medidas de eficiencia energética se puede mantener la concentración mundial de CO₂ en la atmósfera por debajo de las 450 ppm.

Figura 11. Previsiones sobre la cuota de energías renovables en el consumo total de energía final, 2030



Cuanta menos energía consumamos, mayor podrá ser la cuota de las energías renovables.

Nota: Las previsiones para la cuota de las energías renovables en el CEFT en 2030 (IRENA, 2013a) se basan en IPCC (2011); WWF/Ecofys/OMA (2011); BP (2012); ExxonMobil (2012); GEA (2012); Greenpeace/EREC/GWEC (2012); AIE (2012b). «EWS» hace referencia al «Efficient World Scenario» (Hipótesis de un mundo eficiente) y «ENP» a «New Policies Scenario» (Escenario de nuevas políticas) de la AIE (2012b). La suma de las Opciones REmap se situaría en la zona media de la figura respecto al nivel de consumo de energía previsto para 2030 (en torno a 390 EJ por año), pero sobre la zona superior de la figura en cuanto a la cuota de energías renovables.

5. Opciones tecnológicas para cumplir el objetivo

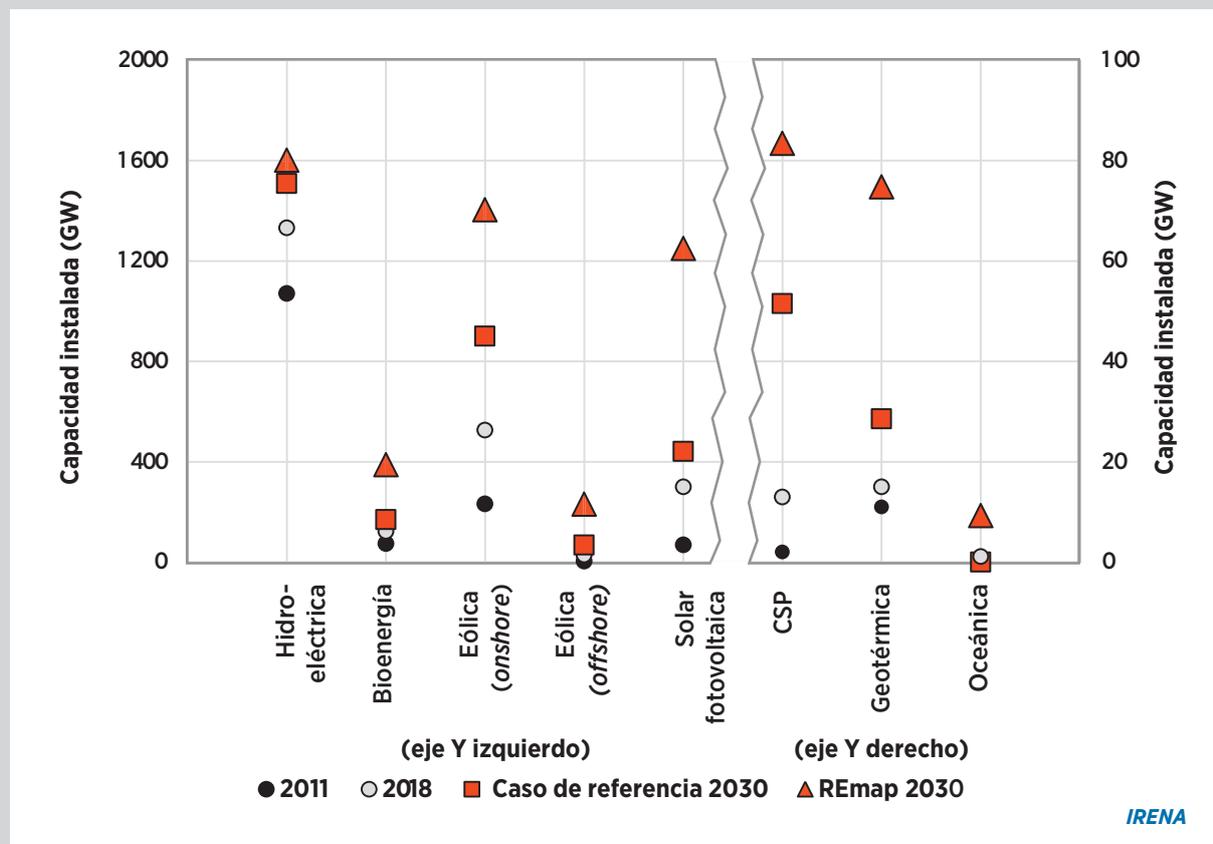
La figura 12 muestra la capacidad de generación eléctrica de energías renovables en 2030 al implementar todas las Opciones REmap. En el caso de la energía solar fotovoltaica, la diferencia entre el caso de referencia y las Opciones REmap adicionales es especialmente amplia, con un crecimiento superior al doble de su velocidad en 2030.

A menor escala (véase el eje Y derecho), la energía solar de concentración y la energía geotérmica tendrán aproximadamente el doble del volumen previsto en el caso de referencia, y también se habrá instalado una cantidad considerable de capacidad de generación con energía oceánica.

Por otro lado, la diferencia en la energía hidroeléctrica entre el caso de referencia y REmap 2030 es menor. Para facilitar la comparación, en la figura aparecen las capacidades instaladas previstas para 2018, procedentes del informe sobre el mercado de las energías renovables a mediano plazo de AIE (AIE, 2013a).

Las energías renovables sustituirán una gran parte del uso del combustible fósil en el sector energético. Principalmente, las energías renovables contrarrestarán el consumo de carbón en la generación de electricidad en términos absolutos, como se ve en la figura 13. La reducción en el consumo de carbón (57 EJ) será mayor que la compensación del gas natural y el petróleo

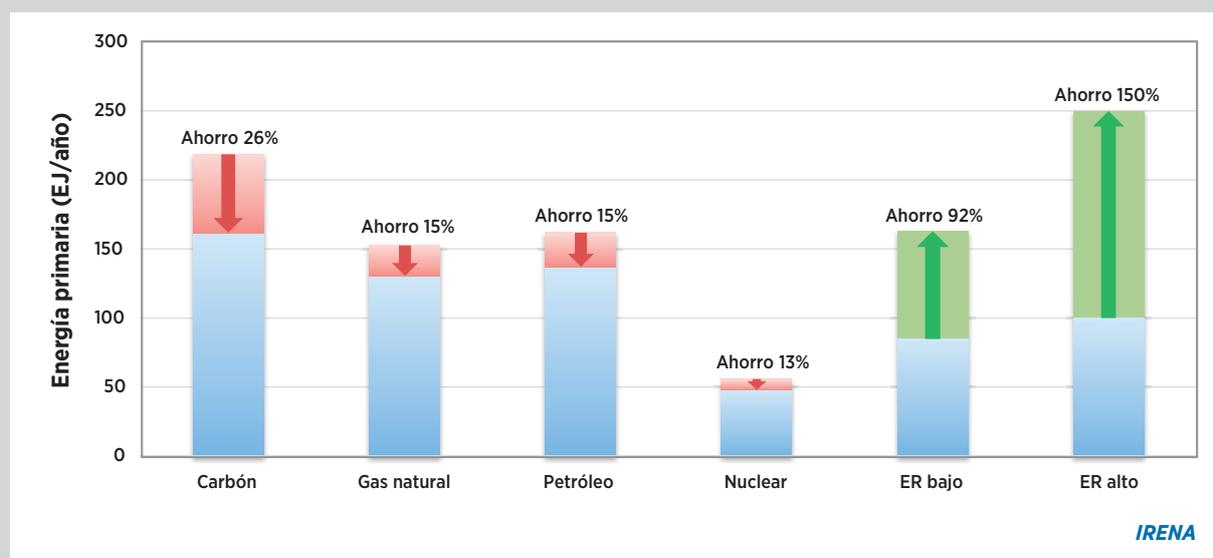
Figura 12. Previsiones de crecimiento de tecnologías concretas para la producción de electricidad renovable



El potencial de crecimiento de la electricidad renovable se subestima significativamente en las proyecciones según la perspectiva gubernamental

Nota: Se excluye la energía hidroeléctrica de bombeo porque está considerada como una tecnología de almacenamiento de energía. Las cifras para 2018 se basan en el informe intermedio sobre el mercado energético de AIE (AIE, 2013a).

Figura 13. Compensación de energías renovables frente a los combustibles fósiles



Las energías renovables sustituirán principalmente al carbón en 2030 y se convertirán en la mayor fuente de energía primaria.

Nota: La figura muestra los niveles futuros de utilización de combustible fósil en el caso de referencia y el ahorro (en color rojo) cuando se aplican las opciones REmap; el ahorro derivado de doblar la eficiencia energética queda excluido.

combinados. Los cambios en la demanda de petróleo y gas natural afectarán a los países productores de energía. En comparación, el uso total de energías renovables (también en términos de energía primaria) aumentará en un 90-150% en REmap 2030, según la metodología que se aplique para cuantificar la energía primaria. Si se aplican las Opciones REmap como apoyo al caso de referencia, la energía renovable podría ser el recurso energético más importante en todo el mundo en 2030.

La utilización de combustibles fósiles a escala mundial crecerá aproximadamente un 39% entre 2010 y 2030 según el caso de referencia. En comparación, el crecimiento del consumo de combustibles fósiles resultante según REmap 2030, gracias a la aplicación de todas las Opciones REmap, es solo del 12%. El crecimiento del carbón sería plano y el petróleo y el gas natural aumentarían un 10% y un 35% respectivamente. Las Opciones REmap reducirán el consumo de carbón

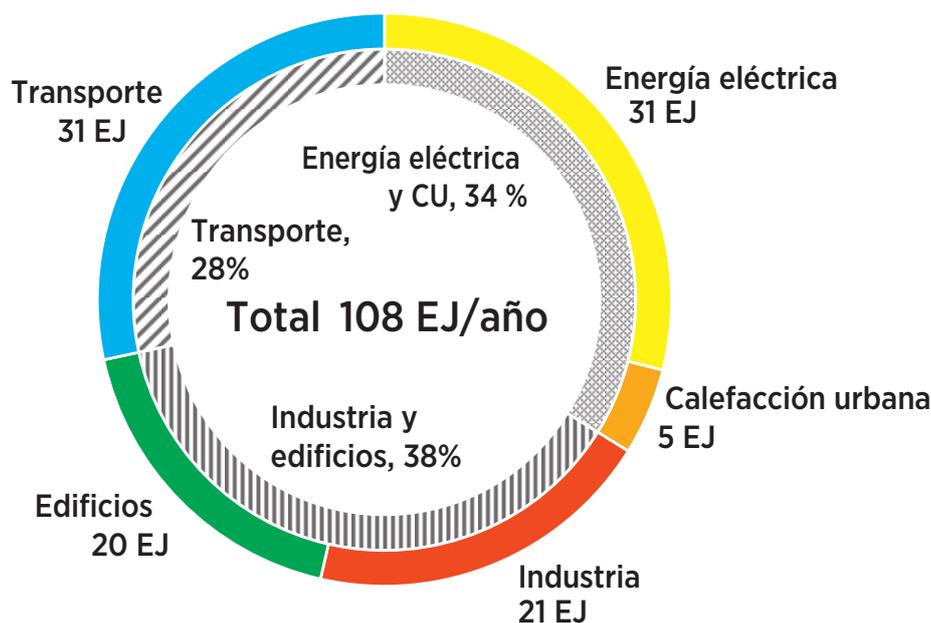
en una proporción mayor que la reducción del gas natural y el petróleo combinados.

Sustituir el petróleo y el gas natural por energías renovables es bastante sencillo en el sector energético de la calefacción, pero supone un reto mayor en el sector del transporte. El biocombustible crecerá considerablemente, mientras que la electrificación no será siempre una opción (como en el transporte marítimo y la aviación). Además, como se ha mencionado previamente, el uso de electricidad en el transporte no aumentará demasiado, incluso aunque los VE constituyan el 10% del parque automovilístico mundial, ya que la movilidad eléctrica será muy eficiente. En el análisis de las Opciones REmap desde una perspectiva gubernamental, IRENA prevé que los biocombustibles avanzados sean competitivos con respecto al petróleo antes de 2030; aunque se asume un incremento en el precio del petróleo del 50% por barril para ese año en comparación con el precio de 2010.

Las Opciones REmap contrarrestarán un consumo de carbón en 2030 mayor que el del gas natural y petróleo combinados.

La figura 14 muestra cómo está desagregado el consumo de biomasa en los tres sectores de uso final —es decir la industria, transporte y edificios—, así como en los sectores eléctrico y de calor urbano, en 2030, cuando las Opciones REmap adicionales son implementadas (en términos de energía primaria). Se asume que los biocombustibles se producen a partir de biomasa sólida, con una eficiencia de conversión del 50%; lo que implica que para producir 1 GJ final de biocombustible se requieren 2 GJ de biomasa sólida (energía primaria).

Figura 14. Demanda mundial de bioenergía primaria por sectores con las Opciones REmap, 2030



IRENA

La biomasa es versátil y se puede utilizar en la energía eléctrica, transporte y calefacción.

IRENA concluye que la demanda de biomasa sólida crecerá a una tasa anual promedio de 1,9% a 2030, mucho más alta que las proyecciones del caso de referencia y que el crecimiento histórico de 1,3% entre 1990 y 2010.

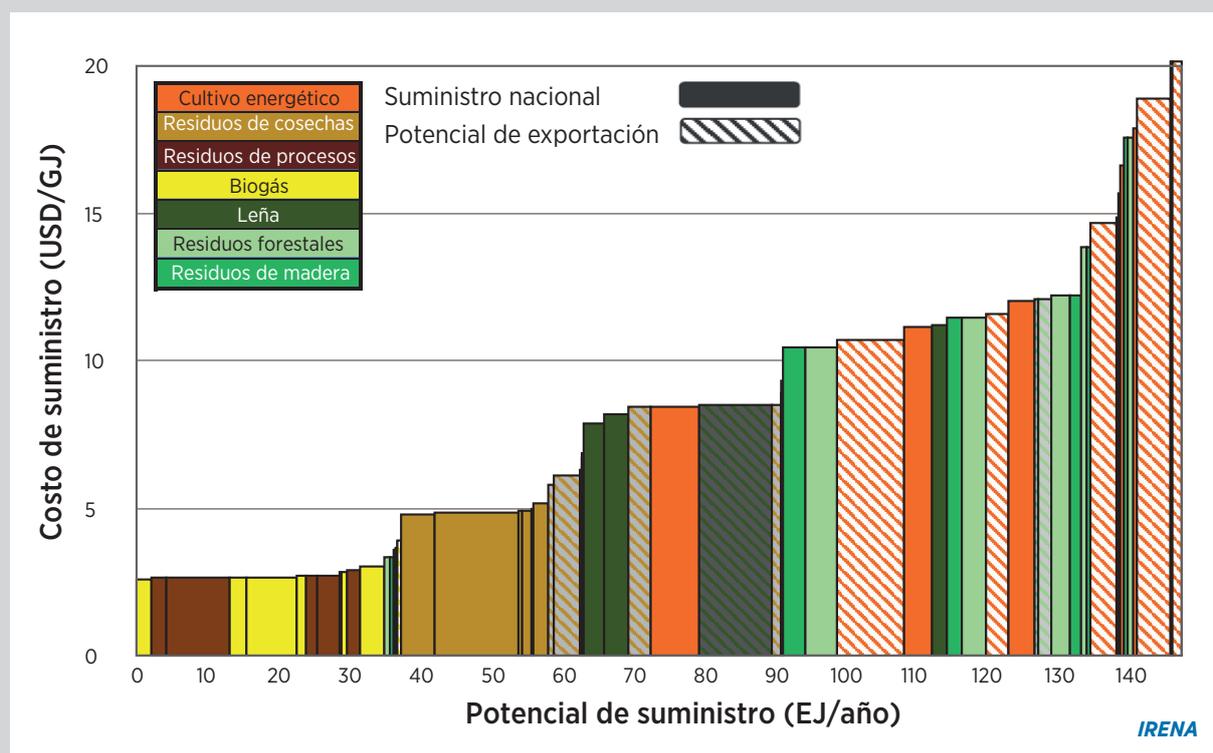
El crecimiento es mucho mayor para los biocombustibles líquidos, que según el caso de referencia, se multiplicará por 2,7 entre 2010 y 2030, y según REmap 2030 se multiplicará por seis. Entre 2000 y 2010, el crecimiento anual medio de los biocombustibles líquidos fue del 19%, aunque se moderó al final de la década, en parte debido a la vacilación de la UE en aumentar su mandato de biocombustibles líquidos. No obstante, IRENA considera que los combustibles fósiles llegarán a ser competitivos mucho antes de 2030 (IRENA, 2013e).

En la figura 15 se muestra el potencial de suministro de biomasa primaria en EJ junto con el precio por tipo y región. IRENA calcula que hasta un 30% del suministro potencial total de biomasa a escala mundial de 105-150 EJ es excedente exportable, pues se entiende que la biomasa es un recurso que, en gran medida, se debe consumir localmente. Los productos comercializados de biomasa serán principalmente biocombustibles líquidos, pellets y astillas. Se espera

Se calcula que el costo medio mundial del suministro de biomasa primaria es de 8,3 USD por GJ, pero el costo de suministro nacional varía por lo general entre 2 y 18 USD por GJ.

que la demanda mundial de biomasa aumente hasta los 108 EJ en 2030 si se aplican las Opciones REmap adicionales, cifra que se sitúa cerca del extremo inferior del suministro potencial total. Se trata de potenciales muy ambiciosos, lo que indica que las preocupaciones sobre la sostenibilidad de la biomasa adquirirán mayor importancia cuando se alcancen sus límites de suministro. Este resultado también señala la importancia de la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías. Con la comercialización de tecnologías de energías renovables emergentes y más eficientes, se puede ampliar la cartera de generación para reducir la dependencia de la biomasa.

Figura 15. Curva de oferta mundial de biomasa primaria en 2030



La biomasa más asequible proviene de residuos y desechos, que también conforman aproximadamente la mitad del potencial.

Nota: Los cálculos del suministro representan el extremo superior del potencial de suministro. Las barras a rayas señalan el potencial de exportación.

Los costos de suministro más bajos proceden de residuos agrícolas y biogás de desperdicios alimentarios y estiércol animal, y los más altos, de cultivos energéticos.

El cálculo de IRENA sobre el suministro de biomasa para 2030 es comparable al de la Asociación Mundial de la Bioenergía (WBA, por sus siglas en inglés) (Kopetz, 2013), que sugiere que se pueden suministrar hasta 153 EJ de biomasa hasta 2035; más de un 80% procedería de productos forestales (combustible, residuos y desechos de madera) (70 EJ) y residuos y desechos agrícolas (62 EJ). El 12% restante correspondería a cultivos energéticos (18 EJ). Los cálculos de IRENA para los residuos agrícolas y desechos de alimentos son similares (entre 39 y 66 EJ), aunque sus previsiones respecto a los productos forestales son inferiores (entre 25 y 42 EJ). En cambio, IRENA prevé un potencial más alto para los cultivos energéticos (entre 31 y 37 EJ), que se explica principalmente por la supuesta diferencia en la disponibilidad de tierras.

Si la biomasa se obtiene de manera sostenible, puede contribuir notablemente a reducir las emisiones de CO₂. El motivo es que se cree que el CO₂ biogénico, resultante de la combustión de biomasa, quedaría

absorbido por la biomasa en cultivo en la siguiente cosecha; de ahí que sus emisiones de carbono puedan ser neutrales. No obstante, si se deja al margen la combustión y se consideran las otras etapas del ciclo de vida de la bioenergía (por ejemplo, la cosecha y la recuperación), la bioenergía podría producir más emisiones de gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles, al igual que si se tienen en cuenta las emisiones relacionadas con el cambio en el uso directo e indirecto de la tierra. Entre las estrategias que garantizan la sostenibilidad de la biomasa se encuentran la mejora de los rendimientos agrícolas, la gestión sostenible de la tierra y otros recursos, y el mayor uso de los residuos agrícolas y forestales sin exceder los límites que establece, por ejemplo, la materia orgánica del suelo.

Hoja de ruta para duplicar la cuota mundial de energías renovables

¿Quién tiene que hacer qué y cuándo? En términos físicos, los cambios son necesarios (por ejemplo, en la capacidad en GW y en las toneladas de combustible), pero también lo son en lo que respecta a los marcos políticos (por ejemplo, en los precios de la energía,

la estructura del mercado y la planificación). En esta sección se analizan los cambios físicos que se deben realizar de aquí a 2030 y se sitúa el cambio en relación con los avances realizados durante la década pasada.

Las opciones para 2030 se pueden dividir en cuatro categorías estratégicas principales:

1. Energías renovables para la generación de energía eléctrica (representan alrededor del 40% del uso de energías renovables modernas en REmap 2030), incluyendo una tercera parte de energía hidroeléctrica, así como una tercera parte de energía eólica, una décima parte de energía solar y el resto, compuesto por otras fuentes de energía renovable.
2. Energías renovables para los sectores de uso final (representan alrededor del 60% del uso de energías renovables modernas), donde el 38% corresponde a los edificios, el 38% a la industria y el 24% al transporte. Aquí se incluye:
 - La biomasa moderna para aplicaciones térmicas (representando en torno al 25% del uso de energías renovables), sin incluir la sustitución de la biomasa tradicional.
 - El acceso a la energía moderna mediante energías renovables, destacando la sustitución de la biomasa tradicional por cocinas modernas y combustibles de biomasa moderna (representando en torno al 20% del potencial de la energía renovable).
 - Las soluciones solares térmicas para agua caliente y calefacción de espacios, y para la producción de calor en procesos industriales (representando alrededor del 5% del uso de energías renovables).
3. Otras políticas energéticas, entre las que se incluyen las siguientes:
 - La electrificación como estrategia que permita aplicar un mayor uso de las energías renovables (representando en torno al 2-3% del uso de energías renovables).
 - Duplicar las tasas de mejora de eficiencia energética (lo que implica una diferencia del 15% con respecto a la cuota de energías renovables en 2030).
 - Tasas de mejora de la eficiencia energética y un cambio estructural, como los cambios modales.
4. Activación de las medidas de infraestructuras y tecnologías, como las infraestructuras de redes y de almacenamiento, estaciones de recarga, suministro y logística de biomasa.

La proporción de energías renovables modernas podría aumentar en un 50% como mínimo en 2020 si se tomaran medidas de inmediato.

Tal y como se ilustra en REmap 2030, con las Opciones REmap adicionales se podría incrementar el uso de energías renovables modernas en el mundo en un 50% como mínimo desde hoy y hasta 2020, y prácticamente se podría cuadruplicar durante el periodo 2010-2030 en términos absolutos, lo que significaría duplicar la cuota mundial de energías renovables. Según REmap 2030, cerca de una tercera parte del potencial de energías renovables modernas adicionales (por encima del caso de referencia) se ubica en el sector eléctrico, mientras que las dos terceras partes restantes corresponden a los tres sectores de uso final: industria, edificios y transporte.

La inversión en la capacidad de generación de energías renovables debe iniciarse desde ahora si se quiere que todas las Opciones REmap adicionales se hayan aplicado para 2030.

La tabla 3 ofrece una visión general de REmap 2030 según tres grupos de indicadores. El primer grupo corresponde a los indicadores físicos. La biomasa se considera un recurso clave. El uso total de biomasa crece entre 50 y 108 EJ al año, lo que representa más del doble, o una tasa de crecimiento del 4% anual, considerablemente más alta que la tasa de las dos últimas décadas (del 35%, o un 1,5% anual). Los 58 EJ de biomasa adicional que se utilizarán de aquí a 2030 equivalen a unos 4.000 millones de toneladas o, lo que es lo mismo, una fila de camiones que daría 25 vueltas al mundo. Hasta la mitad del suministro potencial procedería de Asia y Europa (incluida Rusia). Es fundamental que el suministro de biomasa sea sostenible, por ejemplo, mediante la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida.

Entre 2010 y 2030, la utilización de biomasa sólida moderna podría multiplicarse por cuatro y el uso de biomasa líquida, por seis. Se calcula que cerca del 63% de la demanda total de líquidos de biomasa corresponde a biocombustibles convencionales, mientras que el 37% restante se trata de biocombustibles avanzados. El etanol a base de caña supone la mayor parte del crecimiento del biocombustible, que equivale a quintuplicar el uso de la caña para la producción de biocombustible. La producción de biocombustible líquido a partir de caña podría ubicarse en regiones

donde se disponga de materias primas baratas, como África y América Latina. Asia, Europa y América del Norte podrían centrarse en suministrar residuos agrícolas y forestales para diversos usos.

Si se aplican las Opciones REmap, la mayor proporción de usuarios de biocombustible líquido podría ubicarse en Brasil, China, Estados Unidos, India e Indonesia. La demanda de biocombustibles de estos cinco países podría ser más del doble de la calculada en sus planes nacionales para 2030 y conformar como mínimo la mitad del mercado mundial total de biocombustibles en REmap 2030.

Para alcanzar el objetivo del acceso a las energías modernas es necesario sustituir la biomasa tradicional en la cocina y la calefacción de espacios. Si se aplicaran todas las Opciones REmap, la capacidad instalada de tecnologías avanzadas para cocinar se multiplicaría por más de cuatro, especialmente de aquí a 2020, sobre todo en África y en zonas de Asia. Una parte fundamental de la transición consiste en el suministro de más de mil millones de cocinas limpias.

Durante los próximos siete años (de 2014 a 2020), todas las tecnologías del sector de las energías renovables deberán crecer sustancialmente a fin de aplicar todas las Opciones REmap adicionales antes de 2030. No obstante, cada tecnología podría crecer a un ritmo diferente. La energía eólica y solar fotovoltaica añadirían, respectivamente, un mínimo de cinco y doce veces más (unos 70 y 60 GW) de nueva capacidad eólica y fotovoltaica de media cada año de aquí a 2030.

En la actualidad, cuatro países (Alemania, China, Estados Unidos e Italia) aportan aproximadamente el 60% de la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica (unos 100 GW) y de energía eólica (unos 300 GW) en todo el mundo. Según las Opciones REmap adicionales, el resto de los países invertirían en nueva capacidad como complemento a sus planes nacionales y más allá de ellos. En REmap 2030, India, Japón, México y Reino Unido podrían alcanzar una capacidad instalada total de energía eólica de al menos 300 GW, lo que equivaldría a cerca del 20% del potencial en todo el mundo. De igual modo, los Estados Unidos, China, India, Indonesia, Japón y Sudáfrica añadirían en conjunto otros 500 GW de capacidad de energía eólica para 2030.

Los biocombustibles avanzados cubrirán el 37% de la demanda de líquidos bioenergéticos en 2030.

Los requisitos de planificación temprana para las redes y los sistemas del sector energético tendrán una gran importancia a medida que la cuota de energías renovables variables se acerque al 20% en REmap 2030. Estados Unidos, Indonesia y Japón son los principales países que contribuirán al despliegue mundial de la tecnología de la energía geotérmica. Respecto a la energía solar de concentración, los países más destacados son Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos e India.

Seis países (Brasil, China, Estados Unidos, India, Indonesia y Rusia) representan la mitad del potencial global y 75% de las adiciones de las Opciones REmap en los 26 países REmap.

Actualmente existen unos 200.000 vehículos eléctricos (VE) en todo el mundo; una expansión hasta los 160 millones de VE representaría aproximadamente el 10% del parque automovilístico mundial de pasajeros. Las infraestructuras deben desarrollarse en paralelo a fin de adecuarse a este cambio en el tipo de vehículos. La contribución de seis países (Alemania, Canadá, China, Estados Unidos, Japón y Reino Unido) es fundamental, puesto que juntos conformarían al menos el 60% del mercado de los VE en REmap 2030.

Brasil, China, Estados Unidos, India, Indonesia y Rusia sumarían más de la mitad del uso total de energías renovables a escala mundial en REmap 2030. Estos seis países —que representan distintas regiones, marcos políticos, niveles de desarrollo y cuotas de energías renovables en la actualidad— muestran que las oportunidades para las energías renovables pueden progresar en entornos económicos, políticos y de recursos muy diferentes. Tal y como señala esta hoja de ruta, alcanzar el potencial completo de las tecnologías exige la contribución de todas las naciones, desde los países industrializados hasta las economías emergentes y en desarrollo.

El segundo grupo de indicadores que aparece en la tabla 3 corresponde a los flujos de inversión tras la aplicación de todas las Opciones REmap. La necesidad de inversiones incrementales netas (por encima del caso de referencia) para duplicar la cuota de energías renovables en 2030 asciende a 265.000 millones de

Tabla 3. Visión general de REmap 2030

	Unidades	2000	2012	REmap 2020	REmap 2030	Caso de referencia 2030	REmap / Referencia (%)	CAGR: 2000-2012 (%/año)	CAGR: 2012-2030 (%/año)	Indicadores para REmap 2030
Indicadores tecnológicos										
Energía hidroeléctrica (excl. almacenamiento por bombeo)	(GW _e)	689	1 004	1 350	1 600	1 508	6	3,2	2,6	
Energía hidroeléctrica de bombeo	(GW _e)		150	225	325	306	6	N/D	4,4	
Energía eólica en tierra firme (<i>onshore</i>)	(GW _e)	17	283	600	1 404	900	56	26,4	9,3	300 000 centrales de 5 MW _e
Energía eólica en alta mar (<i>offshore</i>)	(GW _e)		6	50	231	68	242	N/D	22,5	
Energía solar fotovoltaica	(GW _e)	8	100	400	1 250	441	184	23,5	15,1	12,5 millones de centrales de 100 kW _e
Electricidad solar de concentración (CSP)	(GW _e)	0	3	15	83	52	62	7,6	21,5	830 centrales de 100 MW _e
Electricidad mediante biomasa	(GW _e)	35	83	139	390	170	129	6,7	8,9	
Energía geotérmica	(GW _e)	8	11	25	67	26	162	3,1	10,6	
Energía oceánica	(GW _e)	-	1	3	9	2	519	-	17,3	
Biomasa, tradicional	(EJ/año)	28	27	20	12	29	-58	-0,0	-4,3	
Biomasa, avanzada para cocinar	(EJ/año)		1	4	4	2	88	10,4	8,4	270 millones de cocinas de 5 kW _{th}
Calor de cogeneración con biomasa para industria/CU	(EJ/año)	1	3	4	14	6	129	10,2	9,8	
Pellets de biomasa para calor	(EJ/año)	0,1	1	2	3	2	49	48,6	5,8	16 millones de calderas domésticas de 20 kW _{th}
Astillas, troncos, etc. de biomasa para calefacción de edificios	(EJ/año)		5	5	6	4	49	6,4	1,0	31 millones de calderas domésticas de 20 kW _{th}
Calderas de biomasa para industria, incluido el biogás	(EJ/año)	4	4	5	7	7	0	-1,0	3,4	0,7 millones de calderas industriales de 1 MW _{th}
Transporte con biocombustible	(mil millones de litros/año)	18	105	214	650	287	127	15,9	10,7	15% del uso mundial de combustible para transporte
Uso de biomasa, total	(EJ/año)	43	51	61	108	79	37	1,4	4,3	20% del suministro de energía primaria total
Solar térmica (área) (2005 data)	(millones de m ²)	157	446	1 162	4 029	1 532	163	11,3	13,0	
Porcentaje en edificios	(%)	100	99	91	67	97	-31	-	10,5	
Porcentaje en industria	(%)	-	1	9	33	3	968	-	41,8	
Calor geotérmico	(EJ/año)	0,2	0,5	0,7	1,2	0,6	86	9,6	4,3	
Bombas de calor	(GW _{th})	N/D	50	177	474	300	58	N/D	13,3	
Cantidad de bombas de calor	(millones)	N/D	4	15	40	25	58	N/D	13,3	
Almacenamiento con baterías	(GW _e)	N/D	2,0	25	150	73	105	N/D	27,1	5% del total de la capacidad de energías renovables variables
VE, PHEV	(millones)	N/D	0,2	25	160	69	133	N/D	45,8	10% del total del parque de vehículos de pasajeros
Indicadores financieros										
Costo incremental neto del sistema	mil millones de USD/año				133	0,9%	capital bruto fijo en 2011 (15,5 billones)			
Necesidades de inversiones incrementales netas	mil millones de USD/año				265	1,7%				
Subsidios	mil millones de USD/año		101		315	58%	de los subsidios al combustible fósil en 2012 (de 544.000 millones)			
Subsidios a los combustibles fósiles	mil millones de USD/año		544							
Indicadores regionales (con base en REmap 2030)										
Global: ER modernas (excl. biomasa tradicional)	(%)		9		27	13				
Global: moderna + acceso	(%)				30					
Global: moderna + acceso + EE	(%)				34					
Global: moderna + acceso + EE + "RE+"	(%)				>36					

Nota: Los indicadores de transición para la tecnología, despliegue, inversión, despliegue regional y cuotas de energías renovables proporcionadas en los indicadores de políticas hacen referencia a REmap 2030, por lo que no incluyen la aplicación completa de los objetivos de la iniciativa SE4ALL de duplicar las mejoras en la eficiencia energética y el acceso a la energía moderna.

CAGR = Tasa de crecimiento anual compuesto (*compound annual growth rate*)

USD por año en todo el mundo⁹. Más del 60% se concentra en el sector eléctrico, con el 10% en el sector industrial y el 30% en el sector de edificios (el sector transporte no requiere más inversiones). Si también se tiene en cuenta el ahorro neto en los costos de combustible (100.000 millones de USD al año), los costos incrementales netos del sistema se estiman en 133.000 millones al año. Estos costos adicionales son relativamente bajos, dado que el costo medio de sustitución, según las Opciones REmap, es de 2,5 USD por GJ.

En 2030, los subsidios se triplicarán hasta los 315.000 millones de USD en todo el mundo. Se trata de una corrección del mercado debido al hecho de que no se cuantifican los costos en materia de salud y CO₂ asociados a los combustibles fósiles. Los subsidios por cada unidad de energía renovable moderna seguirán cayendo durante este periodo debido al aprendizaje tecnológico y al aumento del costo de los combustibles fósiles¹⁰. La necesidad más considerable de subsidio se da en el sector eléctrico (dos tercios del total), sector en el que la energía solar fotovoltaica y eólica acumulan más del 80% del total. Los subsidios del sector transporte se necesitan principalmente para la electrificación y biocombustibles avanzados. En comparación, los subsidios mundiales para combustibles fósiles supusieron 544.000 millones de USD en 2012 (AIE, 2013b).

Finalmente, en la tabla 3 se muestran los indicadores para la medición de las políticas, sobre la base del crecimiento en la cuota de energías renovables modernas. El caso de referencia eleva esta cuota a escala mundial desde el 9% hasta el 14%, lo que supone un aumento de aproximadamente cinco puntos porcentuales. Si se aplican todas las Opciones REmap, el aumento adicional será de 13 puntos porcentuales, con lo que se alcanza el 27%. Esta hoja de ruta propone un aumento en la ambición respecto a las políticas para poder duplicar así la cuota mundial de energías renovables.

Tanto los países grandes como los pequeños deben contribuir para duplicar la cuota de energías renovables en el mundo en 2030.

⁹ Los costos adicionales del sistema se añaden a los costos del sistema del caso de referencia. No tienen en cuenta el descenso en el precio de los combustibles fósiles debido a una demanda menor. Si el precio de los combustibles fósiles cayera un 10% debido a una reducción de la demanda del 15-26%, el ahorro ascendería a los 450.000 millones de USD al año, lo cual superaría más del cuádruple que el aumento en los costos del sistema.

¹⁰ Los subsidios que se necesitan para 2030 se calculan como estimación máxima. Por ejemplo, si una tonelada de CO₂ tuviera un precio aproximado de 20 USD en 2030, habría que rebajar el subsidio de 238 USD a 66 USD al año.

6. Medidas nacionales y cooperación internacional

El análisis de REmap recalca claramente la necesidad de adoptar medidas nacionales y de cooperación internacional para apoyar la transición para duplicar de la cuota de energías renovables en la matriz energética mundial en 2030. En este capítulo se plantean las oportunidades existentes en el plano nacional e internacional, que abarcan desde opciones de políticas hasta posibles ámbitos de mayor cooperación. En el capítulo también se destaca el papel que puede desempeñar IRENA como la plataforma reconocida en lo relativo a las energías renovables, para facilitar aún más esta transición.

Un marco para el desarrollo y despliegue nacional de tecnologías de energías renovables

Los gobiernos desempeñan una función decisiva en el desarrollo y despliegue de las tecnologías de energías renovables. A medida que estas energías evolucionan, exigen una combinación concreta de incentivos específicos en cada fase, desde ciencias básicas, investigación o desarrollo, hasta el despliegue comercial. La figura 16 ilustra la relación entre las distintas etapas del desarrollo tecnológico y los objetivos políticos necesarios para facilitar la adopción de las energías renovables, prestando especial atención a tres áreas principales: el desarrollo de competencias, la creación y difusión de conocimientos, y el despliegue.

Dentro de las tres áreas que se exponen en la figura 16, se debería poner en marcha una serie de medidas e instrumentos de políticas propicios. Duplicar la cuota de energías renovables en 2030 exigirá una combinación específica según el contexto basada en intervenciones de políticas, que incluya innovaciones, despliegues y otras políticas complementarias, a fin de garantizar el cumplimiento de las Opciones REmap identificadas.

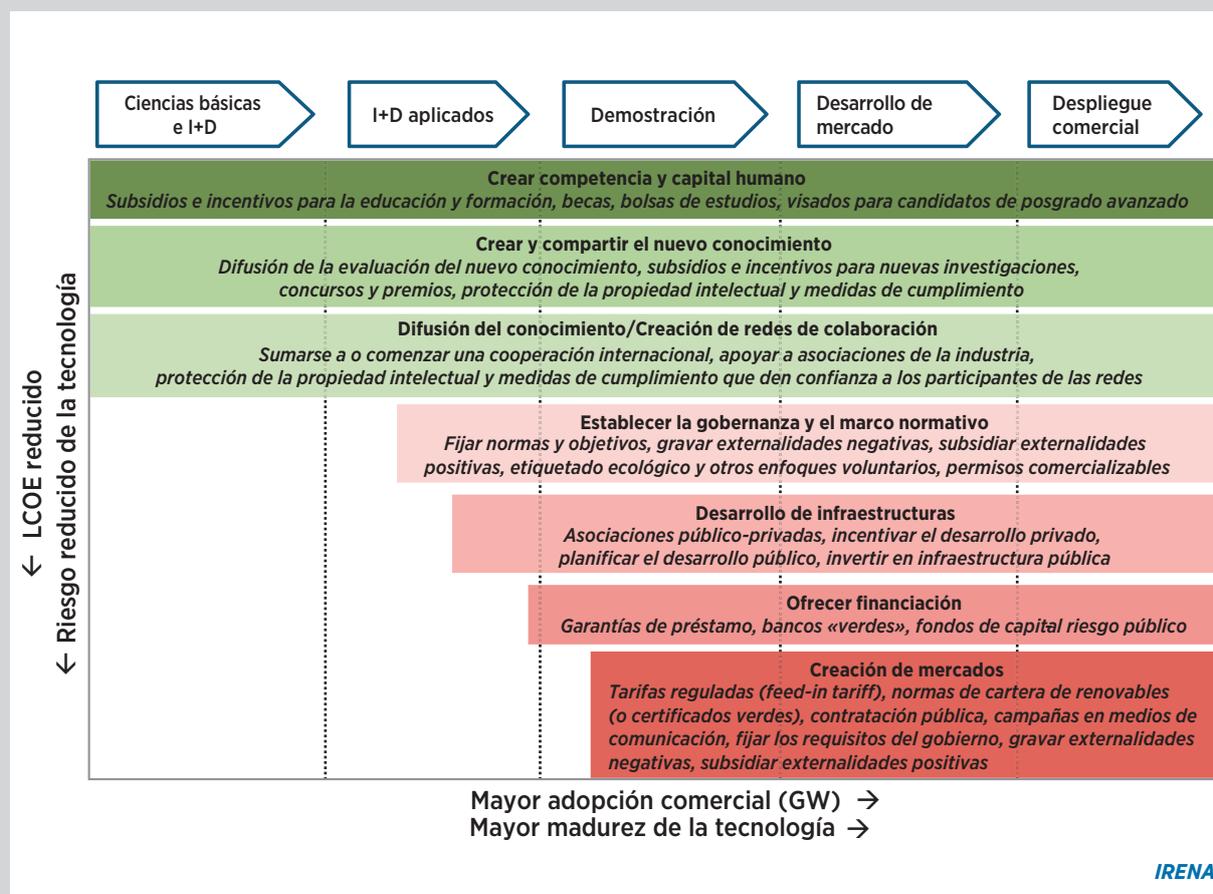
En concreto, las políticas para el despliegue de energías renovables han sido clave para impulsar el desarrollo del mercado. En líneas generales, este tipo de políticas se pueden clasificar en: 1) incentivos fiscales (créditos fiscales, subsidios, descuentos, etc.); 2) financiación pública (garantías, préstamos a bajo interés, etc.); y 3) normativas (cuotas, tarifas reguladas, mecanismos

de subasta, etc.). Se han adoptado diversas políticas globales de despliegue a escala regional, nacional, estatal y provincial. A pesar de que las políticas sobre energías renovables se han centrado principalmente en el sector eléctrico, se observa una tendencia hacia una mayor adopción de políticas en los sectores de calor/frío y transporte (Mitchell *et al.*, 2011). La adopción de políticas aplicables a todos los sectores de uso final no solo será fundamental para la consecución de las Opciones REmap, sino para propiciar un cambio necesario más allá del sector eléctrico.

El éxito de las Opciones REmap también dependerá de una amplia gama de políticas complementarias, que abarquen aspectos como el comercio y la inversión, la investigación y desarrollo, y la educación. En este contexto se necesitarán medidas y planificación adecuadas. Por ejemplo, el despliegue de las Opciones REmap dará lugar a 3,5 millones de puestos de trabajo adicionales de media al año, en el sector de energías renovables, durante el periodo 2013-2030 (véase el capítulo 4). Se necesitará mano de obra perfectamente experimentada y cualificada para cubrir estos puestos, lo cual requiere un entorno de políticas adecuado que satisfaga las necesidades de empleo de un sector de energías renovables en crecimiento (IRENA, 2013t).

Establecer la combinación correcta de políticas también presenta la posibilidad de generar nuevas actividades económicas y maximizar la creación de valor. Este hecho dependerá de las capacidades industriales existentes, la evolución del mercado regional y mundial y la competitividad actual de cada mercado. Los gobiernos pueden apoyar la creación de valor a través de una serie de medidas, entre las que se incluyen programas para fortalecer la transferencia de tecnología a través del desarrollo de grupos, la aplicación de prescripciones en materia de contenido local y el desarrollo de productos mediante cooperación pública y privada en el ámbito de la investigación y la innovación (IRENA y CEM, 2014). El proyecto «econValue» de IRENA analiza la creación de valor en el ámbito del despliegue de las energías renovables, y proporciona recomendaciones sobre las opciones de diseño de las políticas para optimizar ese tipo de beneficios.

Figura 16. Guía de políticas en el ciclo de vida de la tecnología



Nota: Obtenido de IRENA, 2013u.

LCOE = costo nivelado de electricidad (levelized cost of electricity)

IRENA

Planificación realista pero ambiciosa de vías de transición

La aplicación de políticas que apoyen el crecimiento del despliegue de energías renovables puede beneficiarse de una estrategia general a largo plazo que se fundamente en objetivos creíbles y viables. El informe completo de antecedentes de esta hoja de

ruta (IRENA, 2014a) ofrece una descripción detallada de los objetivos existentes por año y sector para cada uno de los 26 países REmap. Una estrategia a largo plazo con el respaldo adecuado de un marco político conveniente puede desempeñar un papel importante para atraer inversiones al sector de energías renovables. También es necesario examinar y adaptar periódicamente las políticas a medida que los mercados y las tecnologías evolucionan, de modo que los planes de apoyo sigan siendo eficaces y eficientes, al tiempo que se siga manteniendo una seguridad suficiente en el entorno de inversión (IRENA, 2012f).

Por ahora, principalmente se ha centrado la atención en el sector eléctrico; por su parte, los sectores de los edificios y la industria han recibido escasa atención. Aun así, y tal como se observa en los resultados de esta hoja de ruta, una proporción considerable del uso total de energías renovables podría encontrarse en esos sectores de uso final si se aplicaran todas las Opciones REmap. Por tanto, es preciso intensificar los esfuerzos en los sectores de uso final.

Las energías renovables están creciendo con más rapidez en el mercado que en los planes gubernamentales. Es preciso aumentar la inversión, principalmente en los sectores de uso final.

Por último, las políticas de energías renovables no se mantienen por sí solas. El análisis ha demostrado la importancia de mejorar tanto el acceso a la energía como la eficiencia energética a fin de alcanzar el objetivo fijado para las energías renovables. Al mismo tiempo, la expansión de las energías renovables debe llevarse a cabo de un modo sostenible, por lo que el despliegue deber realizarse de manera integral y teniendo en cuenta el contexto global, incluyendo el uso de la tierra y el agua. Los gobiernos deberán abordar esta complejidad añadida.

Creación de un entorno empresarial propicio

A medida que los responsables de la formulación de políticas continúan sus esfuerzos de crear un entorno que facilite el despliegue de las energías renovables, el acceso a la financiación adquiere una mayor importancia. No obstante, esto ha sido a menudo un obstáculo en la promoción de las energías renovables. A pesar de que la financiación pública y multilateral es necesaria y suele estar disponible, la mayor parte de la financiación necesaria para ampliar adecuadamente la instauración de las energías renovables deberá proceder del sector privado.

Las últimas tendencias muestran que se está dirigiendo más atención al uso eficiente de los escasos fondos de desarrollo, como las garantías de riesgos, el capital de entresuelo y los fondos rotatorios, acompañado de un desplazamiento hacia la preparación de proyectos y elaboración de reservas de proyectos. Mientras los bancos y las instituciones del sector privado se centran en el desarrollo de proyectos, los gobiernos deben centrar sus esfuerzos en establecer marcos políticos equilibrados, previsibles y completos para las energías renovables, que fomenten un despliegue real y satisfactorio. La creación y el fortalecimiento de estos marcos políticos garantizarán el seguimiento posterior de las fuerzas de mercado.

A menudo, el perfil de riesgo de los proyectos de energías renovables difiere del de los proyectos de energías convencionales. Es necesario comprender mejor los riesgos, reales y percibidos, a fin de mitigar eficazmente su efecto. A cambio, si se mitigan los riesgos para los inversores, por ejemplo, mediante planes de garantías y seguros, se acelerará el despliegue de energías renovables. Entre las medidas existentes para mitigar los riesgos, algunas que han resultado eficaces son la rebaja de los costos de transacción, la mejora de las normas o la ejecución de mecanismos de control de calidad. Una aplicación internacional más uniforme de este tipo de medidas aumentaría la competencia, ampliaría el tamaño del mercado y fortalecería los esfuerzos nacionales relativos al despliegue.

El análisis REmap también reveló que las prácticas de planificación y concesión varían en gran medida entre países. La simplificación de estas prácticas facilitaría una adopción de energías renovables considerablemente más rápida, ya que las incoherencias y los obstáculos en este ámbito pueden poner en riesgo el desarrollo de un proyecto y provocar un posible exceso de costos.

Otro factor importante para crear un entorno propicio para el despliegue de energías renovables es garantizar la igualdad de condiciones entre todas las partes. Esto no ocurre en muchos países y, como se señala en el análisis REmap, el costo y los beneficios de las energías renovables no se valoran adecuadamente en los marcos comerciales actuales. Esto también se debe en parte a que la opinión pública se ha visto influenciada por información inexacta e ideas erróneas sobre las tecnologías de energías renovables (IRENA, 2013v).

Garantía de integración fluida en la infraestructura existente

Las tecnologías de energías renovables forman parte de sistemas o cadenas de suministro más amplios. Algunos ejemplos de esto son las redes de tránsito de electricidad, las cadenas de suministro de biomasa sostenibles o las redes de recarga para los vehículos eléctricos. Los gobiernos desempeñan una función importante facilitando la implantación de esta clase de infraestructuras, ya que a menudo van más allá de las capacidades de los inversores individuales del sector privado.

Al mismo tiempo, la principal infraestructura energética existente se deberá modificar para adaptarla a las distintas características de las energías renovables. Se han de tener en cuenta los perfiles de vida útil de los activos de generación de energía y los pronósticos sobre la demanda para evitar un exceso de capacidad y facilitar la transición, a la vez que se atienden las necesidades de los consumidores a un precio aceptable.

La integración de grandes cantidades de energías renovables variables en el sector eléctrico exige una atención especial. Hay que aplicar las experiencias de casos de éxito de un modo más amplio y valorar adecuadamente toda la gama de estrategias disponibles al enfrentarse a la integración de las energías renovables en el sistema energético.

Impulso a la innovación

Como ha revelado el análisis REmap, a pesar de que algunas aplicaciones energéticas tienen gran importancia, actualmente presentan un potencial bajo de desarrollo de energías renovables. Por ejemplo, la fabricación y el traslado de hierro primario y acero

carecen de soluciones evidentes para las energías renovables a gran escala. Para conseguir una transición más completa a las energías renovables, es necesario encontrar soluciones concretas y eficaces para estos sectores. Esto exigirá a menudo soluciones creativas para encontrar alternativas que creen beneficios colaterales, como por ejemplo, nuevas clases de usos productivos, un mejor rendimiento o mayor comodidad (IRENA, 2013u). También existen oportunidades para las energías renovables en otras áreas que no se tratan aquí, como el uso de biomasa como materia prima en plásticos y fibras (IRENA, 2013f, 2014b). En la actualidad, alrededor del 5% de todo el combustible fósil se destina a este tipo de usos no energéticos. La innovación no solo consiste en inventar y desarrollar nuevas máquinas, sino también en buscar nuevas formas de financiación o habilitar marcos políticos. Los microcréditos o la financiación colectiva son ejemplos de algunas innovaciones en este campo, que pueden ser clave para la aceleración del despliegue de las energías renovables.

Gestión del conocimiento de las opciones tecnológicas y su despliegue

Si bien nunca antes había sido tan importante invertir en tecnologías de energías renovables, la información fiable al respecto sigue siendo escasa. Con demasiada frecuencia, el debate sobre las energías renovables se ve empañado por conceptos erróneos y datos incorrectos, por lo que es necesario un mayor esfuerzo para mejorar los conocimientos básicos. IRENA pretende fortalecer estos esfuerzos a través de iniciativas como la labor destinada a crear y consolidar apoyos públicos para las energías renovables, o la Alianza de Costos de Energías Renovables, que recopila información sobre el costo de proyectos reales. IRENA está ayudando a dar a conocer información y datos fidedignos (tanto sobre las energías renovables modernas como sobre la biomasa tradicional) a través del Atlas Mundial de Energía Renovable, el cual ofrece datos para la evaluación de los recursos y contribuye al desarrollo de metodologías para la recopilación y el análisis de estadísticas precisas.

La aceptación social y la concienciación mundial sobre las opciones de energías renovables impulsarán el interés y la presión de los agentes externos para que promuevan la integración sistemática de las energías renovables. La voluntad política y social, fomentada por la cooperación y facilitación internacional pueden crear un entorno en el que tanto los errores como los aciertos de todos contribuyan a la construcción de un futuro más fuerte y más limpio para todos. IRENA ha propuesto una coalición mundial de múltiples partes interesadas en promover medidas concertadas e innovadoras, y elaborar un mensaje claro para mejorar la aceptación social de las energías renovables.

Cooperación internacional para un despliegue a gran escala

Mientras los responsables políticos nacionales se aseguran de la existencia de una financiación y unas políticas adecuadas, de la correcta estimulación y accesibilidad de los mercados, y del fomento de la innovación tecnológica, los países por su parte están explorando nuevas modalidades de cooperación internacional para buscar soluciones energéticas sostenibles que satisfagan las crecientes necesidades energéticas, sin afectar negativamente al sistema climático. Esta cooperación es fundamental para la consecución de los objetivos de REmap 2030.

El análisis REmap 2030 muestra que el desarrollo y el despliegue de tecnologías de energías renovables no se pueden limitar dentro de las fronteras nacionales. El despliegue de tecnologías de energías renovables en un país afectará al despliegue de las energías renovables en otros lugares, por ejemplo, a través del precio de la energía, el aprendizaje tecnológico, externalidades, flujos financieros, etc. Al mismo tiempo, las tecnologías de las energías renovables también son productos; utilizan recursos, componentes y capacidades de fabricación procedentes de varios países.

Por ello, la cooperación internacional es vital para avanzar en el despliegue de las energías renovables y garantizar que los países cubran sus necesidades energéticas, a la vez que se beneficien de las soluciones sostenibles que les ofrecen las energías renovables. Si bien la cooperación puede adoptar diversas formas, se deben priorizar aquellas áreas en las que el efecto de la cooperación sería mayor.

Un despliegue a gran escala que afecte al costo de la tecnología y estimule la inversión privada exige una cooperación transfronteriza y regional. A pesar de que se han invertido fondos en las energías renovables, hay una importante falta de inversión en iniciativas transfronterizas y regionales. Por ejemplo, los bancos de desarrollo invirtieron un total de 60.000 millones de USD en energías renovables en 2012 (más de la mitad de sus inversiones totales en energía limpia), pero la mayor parte de esta cantidad provino de bancos regionales o nacionales que invirtieron en proyectos nacionales. Las inversiones en energías renovables Norte-Sur o Sur-Sur supusieron menos de 10.000 millones de USD (BNEF, 2013).

Y aun con todo, dadas las restricciones de los recursos naturales y las interdependencias de inversión a escala mundial, no solo es deseable que exista una cooperación internacional que aproveche al máximo el potencial de las energías renovables en el plano regional, sino que se ha vuelto absolutamente vital. IRENA apoya iniciativas regionales en África, América Central, Asia

Hay una importante falta de inversión en iniciativas transfronterizas y regionales.

Central y Meridional, Europa Sudoriental, Oriente Medio y Norte de África para crear corredores regionales de energía limpia que aprovechen el potencial de las abundantes fuentes de energía renovable para satisfacer las crecientes necesidades energéticas e incrementar el acceso a los servicios energéticos modernos. La coordinación regional de iniciativas políticas, además de garantizar que el intercambio tanto de recursos como de experiencia aumente junto con los mercados de energías renovables, puede favorecer la obtención de las necesarias economías de escala.

Los interconectores de las redes de electricidad son un ejemplo de los beneficios de la cooperación internacional, donde los países exportadores y los importadores se benefician de un mayor uso de las energías renovables. El análisis de IRENA (IRENA, 2013w, x) destaca la importancia de los interconectores en el contexto africano para repartir los beneficios del gran potencial de los recursos renovables en distintas regiones del continente. Según el análisis, la comercialización de las energías renovables podría suponer el 15-20% del suministro eléctrico en África Occidental y el Sur de África. Solo con las exportaciones de electricidad del proyecto Grand Inga en la República Democrática del Congo se podrían reducir los costos medios regionales de generación de energía en el suministro del Sur de África en torno a un 10% para 2030.

El comercio de la bioenergía también es importante. Según el análisis REmap, el comercio internacional de la bioenergía podría suponer un 20-35% de la demanda total de bioenergía en 2030. El valor económico de los flujos comerciales de biomasa en todo el mundo se cifraría en entre 100.000 millones de USD y 400.000 millones de USD. Este comercio supone una importante oportunidad de negocio, aunque exige la existencia de un marco uniforme y de amplio reconocimiento si se quiere garantizar la sostenibilidad y el desarrollo de la infraestructura logística necesaria.

Estímulo de la cooperación y el intercambio de mejores prácticas a escala mundial

Para los países que se encuentran en una fase temprana del desarrollo o del despliegue de alguna opción concreta de energía renovable, la cooperación internacional ofrece la oportunidad de aprender de la experiencia adquirida y de las valoraciones que ya se han realizado en otras naciones. Al mismo tiempo, los gobiernos con una trayectoria en determinadas

opciones de energía renovable pueden aprovechar esta experiencia para fomentar el desarrollo de nuevos mercados en otros países. Los gobiernos se pueden ayudar mutuamente eliminando algunas de las barreras nacionales que dificultan el despliegue de las energías renovables.

La cooperación internacional puede desempeñar un papel crucial en el fortalecimiento de los planes nacionales en materia de energías renovables, tanto en los países REmap como en otros. Entre las áreas concretas de cooperación se encuentran el análisis de las mejores prácticas y la documentación de marcos de políticas propicios y creíbles, incluyendo los marcos de planificación optimizada, los objetivos y las políticas de despliegue. Puede resultar útil compartir las aportaciones realizadas por instituciones de investigación y otros centros internacionales de conocimiento a la hora de crear los planes nacionales en materia de energías renovables.

IRENA como plataforma central de la iniciativa SE4ALL en lo relativo a energías renovables

IRENA, al ser la única organización intergubernamental mundial dedicada en exclusiva a las energías renovables, ocupa una posición privilegiada para impulsar el objetivo de duplicar la cuota de energías renovables en la matriz energética mundial (Roehrkasten y Westphal, 2013). La iniciativa SE4ALL se puso en marcha a principios de 2012 y constituye una oportunidad para influenciar el debate mundial, fomentar la energía renovable entre nuevos interesados y compartir el programa y las prioridades de IRENA a través de la red SE4ALL. Se ha encomendado a IRENA la tarea de actuar como plataforma central de las energías renovables para la iniciativa SE4ALL.

IRENA colaborará con aquellos que hayan adquirido compromisos concretos sobre energías renovables, tanto dentro de la iniciativa como en el contexto de distintas oportunidades de gran impacto (HIO, por sus siglas en inglés) de SE4ALL, y abordará cuestiones relacionadas con sus propios programas, tales como estudios sobre islas, ciudades, iluminación de zonas sin red eléctrica o la relación entre agua, energía y tierra. Entre sus funciones, será clave que fomente una cooperación estrecha con otros centros de la iniciativa SE4ALL, así como con el Equipo Mundial de Facilitación. IRENA colaborará plenamente con bancos regionales para garantizar las sinergias y la complementariedad de las iniciativas con las actividades de IRENA en cada región. Se establecerá un marco formal de cooperación con el Banco Mundial que, como centro de conocimientos de SE4ALL, robustecerá las fortalezas respectivas en el ámbito de las energías renovables. En

colaboración con el Centro de Eficiencia Energética para la iniciativa SE4ALL de Dinamarca, IRENA promoverá la conexión necesaria e indisoluble entre las energías renovables y la eficiencia energética.

Otra área de trabajo importante para el futuro y que se ha resaltado en la presente hoja de ruta es la búsqueda de una evaluación más detallada del potencial de la biomasa sostenible.

A lo largo del curso 2014-2015, IRENA creará equipos de acción de REmap en los que se reunirán los países y otras partes interesadas para trabajar juntos en el marco de REmap 2030, en asuntos concretos como el transporte, las estrategias conjuntas para las energías renovables y la eficiencia energética, y otras áreas que podrían tener un efecto transformador en el despliegue de las energías renovables. IRENA también ampliará la variedad y el alcance de su labor tecnológica, geográfica

y temática con miras a proporcionar una base sólida de conocimiento sobre los esfuerzos para proporcionar energía sostenible para todos.

Otra forma en que IRENA ampliará su labor será iniciando un análisis más profundo de los 26 países, que abarque los estudios existentes de REmap hasta la fecha, así como ampliando el alcance de los países incluidos en esta hoja de ruta mundial.

De esta manera se espera que se pueda expandir el mandato de IRENA —que fue aprobado por sus miembros fundadores en 2009 y que hasta la fecha han reconocido 160 países participantes— con objeto de promover el uso sostenible y la implantación generalizada y creciente de todas las formas de energías renovables para garantizar un futuro energético sostenible a las generaciones venideras.

Referencias

Nota: Puede consultar el sitio web específico con los documentos de referencia en www.irena.org/remap.

AIE (Agencia Internacional de la Energía) (2012a), *Bioenergy for Heat and Power, Technology Roadmap*, OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos)/AIE, París.

AIE (2012b), *World Energy Outlook 2012*, OCDE/AIE. París, Francia.

AIE (2013a), *Medium-term Renewable Energy Market Report 2013*, OCDE/AIE, París.

AIE (2013b), *World Energy Outlook 2013*, OCDE/AIE, París.

Asamblea General de la ONU (2012), *Decade of Sustainability for All 2014-2024*, GA/11333 EN/274, AG de la ONU, Nueva York.

Banco Mundial *et al.* (2013a), *Informe sobre el Seguimiento Mundial*, Banco Mundial, Washington D. C.

Banco Mundial *et al.* (2013b), *Toward a Sustainable Energy Future for All: Directions for the World Bank Group's Energy Sector*, Banco Mundial, Washington D. C.

BNEF (Bloomberg New Energy Finance) (2013), *Development banks – Breaking the \$100bn-a-year barrier*, BNEF, Londres.

BP (2012), *BP Energy Outlook 2030*, BP, Londres.

EIA (US Energy Information Administration) (2011), *International Energy Outlook 2011*, US EIA, Washington, DC.

ExxonMobil (2012), *The Outlook for Energy: A View to 2040*, ExxonMobil, Irving.

GEA (Global Energy Assessment) (2012), *Towards a Sustainable Future*. Global Energy Assessment, Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York, y el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas, Laxenburg.

Greenpeace International, EREC (Consejo Europeo de Energías Renovables) y GWEC (Consejo Mundial de la Energía Eólica) (2012), *Energy [R]evolution: A Sustainable World Energy Outlook 2050*, Greenpeace International, Bruselas.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2011), *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, informe especial del IPCC, O. Edenhofer, *et al.* (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.

IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) (2012a), *Proposed Work Programme and Budget for 2012, Report of the Director-General, A/2/1*, 30 de enero de 2012, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2012b), *Doubling the Share of Renewables: Roadmap to 2030*, Tema 4.b. del programa, nota de debate informal, tercera reunión del Consejo de la IRENA, 5-6 de junio de 2012. IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2012c), *Doubling the Share of Renewables: A Roadmap to 2030*, actas del taller de la IRENA, 5 de septiembre de 2012, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2012d), *IRENA's Global Renewable Energy Roadmap (REMAP 2030)*, actas del taller de la IRENA, 14 de noviembre de 2012, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2012e), *Proposed Work Programme and Budget for 2013, Report of the Director-General, A/3/L.3*, 16 de diciembre de 2012, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2012f), *Policy Brief: Evaluating Policies in Support of the Deployment of Renewable Power*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013a), *Doubling the Global Share of Renewable Energy: A Roadmap to 2030*, documento de trabajo, enero de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013b), *Note of the Director-General on IRENA's Role in the Sustainable Energy for All Initiative (SE4ALL)*, A/3/CRP/3, 14 de enero de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013c), *Programmatic Discussion 1: IRENA as the Global Hub for Renewable Energy*, C/5/CRP/1/Rev.1, 19 de junio de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013d), *Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013e), *Road Transport: The Cost of Renewable Solutions*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013f), *IRENA/PASTE-AIE (Programa de Análisis de Sistemas de Tecnología Energética) Technology Briefs*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013g), *IRENA's Renewable Energy Roadmap 2030 – The REMAP Process*, 19 de junio de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013h), *REMAP 2030 Costing Methodology*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013i), *IRENA's Renewable Energy Roadmap 2030 – A Manual for the REMAP Tool*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013j), «*REMAP 2030 National Coordination*», *Seminario virtual*, 13 de junio de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013k), «*REMAP 2030 National Coordination*», *Seminario virtual*, 6 de septiembre de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013l), *Taller de revisión*, actas, Abu Dhabi, 12-13 de noviembre de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013m), *Doubling the Global Share of Renewable Energy: A Roadmap to 2030*, Sesión de trabajo en el 8.º Foro de la Energía Limpia de Asia del Banco Asiático de Desarrollo, Manila, 27 de junio de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013n), *Renewable Energy Future, Doubling Renewable Energy Share – REMAP 2030*, actas de la mesa redonda de la Semana Internacional de la Energía de Singapur, Singapur, 31 de octubre de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013o), *IRENA Special Session on Renewable Energy*. Actas. 32.º Taller Internacional de la Energía, París, 19 de junio de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013p), *Doubling the Global Share of Renewable Energy by 2030. The Crucial Role of the Global Manufacturing Industry*, informe especial para la reunión de enlace del Consejo Empresarial Mundial de Desarrollo Sostenible. Montreux, 17 de abril de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013q), *REMAP 2030: Renewables for GHG Mitigation*. Actas, evento paralelo en la 19.ª Conferencia de las Partes de la CMNUCC, Varsovia, 22 de noviembre de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013r), *Doubling the Global Share of Renewable Energy by 2030: The Role of Cities*, actas del taller, Bonn, 3 de junio de 2013, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013s), *Smart Grids and Investments: A Guide for Effective Deployment*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013t), *Renewable Energy and Jobs*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013u), *Renewable Energy Innovation Policy: Success Criteria and Strategies*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013v), *International Standardisation in the Field of Renewable Energy*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013w), *West African Power Pool: Planning and Prospects for Renewable Energy*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2013x), *Southern African Power Pool: Planning and Prospects for Renewable Energy*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2014a), *Renewables Roadmap for 2030*, informe completo, IRENA, Abu Dhabi (por publicar).

IRENA (2014b), *Renewables in the Manufacturing Industry: A Technology Roadmap for REmap 2030*, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA y ETSAP-AIE (Energy Technology Systems Analysis Programme) (2013), REMAP 2030, 63.ª reunión semianual del PASTE, 17 de junio de 2013, AIE, París.

IRENA y RETD-AIE (Renewable Energy Technology Deployment) (2013), «Global Energy Prospects: Roadmap for Doubling Renewables in the Global Energy Mix», taller celebrado el 29 de noviembre de 2013, <http://iea-retd.org/>

IRENA y CEM (Foro Ministerial sobre Energías Limpias) (2014), «econValue», IRENA, Abu Dhabi, http://irevalue.irena.org/sub_projects.aspx?id=2

Kopetz, H. (2013), «Build a biomass energy market», *Nature*, Vol. 494, pp. 29-31.

Mitchell, C. *et al.* (2011), «Policy, Financing and Implementation», en Edenhofer, O. *et al.* (Eds.), *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.

Pachauri, S. *et al.* (2013), *Access to Modern Energy. Assessment and Outlook for Developing and Emerging Regions*. IIASA/UNIDO. Laxenburg/Viena.

Roehrkasten, S. y K. Westphal (2013), «IRENA and Germany's Foreign Renewable Energy Policy: Aiming at Multilevel Governance and an Internationalization of the Energiewende?» Documento de trabajo, www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/arbeitspapiere/Rks_Wep_FG08WorkingPaper_2013.pdf.

SE4ALL (Energía Sostenible para Todos) (2012), *A Global Action Agenda: Pathways for Concerted Action towards Sustainable Energy for All*, Grupo de Alto Nivel del Secretario General sobre Energía Sostenible para Todos, abril de 2012, Naciones Unidas, Nueva York.

WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza), Ecofys y OMA (Office for Metropolitan Architecture) (2011), *The Energy Report: 100 Percent Renewable Energy by 2050*, WWF, Gland.

Lista de siglas

AIE	Agencia Internacional de la Energía
CAGR	tasa de crecimiento anual compuesto (<i>compound anual growth rate</i>)
CEFT	consumo de energía final total
CHP	cogeneración (<i>combined heat and power</i>)
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	dióxido de carbono
COP	Conferencia de las Partes
CSP	energía solar de concentración (<i>concentrated solar power</i>)
CU	calefacción urbana
EE	eficiencia energética
EJ	exajulio
ER	energías renovables
GEA	Global Energy Assessment
GJ	gigajulio
Gt	gigatonelada
GW	gigavatio
HIO	oportunidades de gran impacto (<i>high impact opportunities</i>)
MW	megavatio
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PANER	Plan de acción nacional en materia de energía renovable
PHEV	vehículo híbrido eléctrico conectable a la red
PJ	petajulio
ppm	partes por millón
TWh	teravatios-hora
UE	Unión Europea
USD	dólares de los Estados Unidos
VE	vehículo eléctrico
WBA	Asociación Mundial de la Bioenergía
WEO	informe World Energy Outlook de la Agencia Internacional de la Energía
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza

Glosario

Caso de referencia	En este estudio, la situación que se daría si nada cambiase según los planes gubernamentales y las políticas actuales.
Energía final	Energía en la forma en que llega a los consumidores (p. ej., la electricidad de un enchufe de pared).
Energía primaria	Fuente de energía antes de experimentar alguna conversión (p. ej., el petróleo crudo y los pedazos de carbón).
Exajulio	Un trillón (10^{18}) de julios.
Gigajulio	Mil millones (10^9) de julios.
Gigatonelada	Mil millones (10^9) de toneladas.
Gigavatio	Mil millones (10^9) de vatios.
Julio	Unidad de medida de la energía, equivalente a un vatio de potencia durante un segundo.
Megavatio	Un millón (10^6) de vatios.
Opciones RE+	Potencial de crecimiento adicional al REmap 2030.
Opciones REmap	Crecimiento adicional de las energías renovables con respecto al obtenido en el caso de referencia.
Petajulio	Mil billones (10^{15}) de julios.
REmap 2030	Nombre de este estudio y resultado conjunto del caso de referencia y las opciones REmap.
SE4ALL	Energía Sostenible para Todos, iniciativa del Secretario General de las Naciones Unidas para el acceso mundial a la energía sostenible.
Teravatios-hora	Un billón (10^{12}) de vatios-hora.

Conclusiones de los países

Alemania: La iniciativa alemana Energiewende («transición energética») presenta el objetivo a largo plazo de alcanzar una ambiciosa cuota de energías renovables del 60% en el consumo de energía final en 2050. El país espera cumplir el objetivo gracias a un despliegue masivo de energías renovables en los sectores de la energía eléctrica y calefacción urbana, inclusive el uso novedoso de la energía solar térmica y las bombas de calor para la generación de calefacción urbana. Junto con Dinamarca, será uno de los países principales en desplegar capacidades de energía eólica *offshore*.

Arabia Saudita: La dinámica economía del Reino y el aumento de su población han acelerado la demanda local de energía eléctrica. Desde siempre el Reino ha satisfecho las demandas locales de energía eléctrica y agua desalada mediante el uso de sus abundantes (aunque no renovables) recursos de hidrocarburos. El Reino ha iniciado un ambicioso enfoque integral hacia una combinación energética sostenible que hace hincapié en la educación, investigación, colaboración mundial, integración local, comercialización y beneficio social. Esta ambiciosa estrategia supone que el Reino no solo va a ejecutar los proyectos de energías renovables más amplios del mundo, sino que también ofrece la oportunidad de exportar su propia experiencia y desarrollar tecnologías a nivel mundial.

Australia: La energía renovable podría constituir más de una quinta parte del CEFT del país en 2030, con una combinación de energía solar fotovoltaica (mitad de tejados, mitad de servicios públicos), energía eólica *onshore* y biomasa (mitad de biocombustibles, mitad de aplicaciones de calefacción). La adopción de energías renovables en el sector eléctrico está progresando a un ritmo mayor del esperado, especialmente la energía fotovoltaica para tejados. La política relativa a las energías renovables está en fase de revisión tras el cambio de gobierno en septiembre de 2013. También existen iniciativas políticas importantes a escala estatal.

Brasil: Actualmente, Brasil ostenta la cuota de energías renovables más alta de todas las grandes economías. Según los planes nacionales, la cuota de energías renovables del país se mantendrá en el nivel actual del 40% del CEFT, pero con las Opciones REmap podría superar el 50%. Brasil representaría una quinta parte de la demanda mundial de biocombustibles líquidos, y su generación de energía eléctrica procedería prácticamente en un 100% de energías renovables. En los últimos años, se ha añadido energía eólica de costo muy bajo gracias a un exitoso sistema de subastas.

Canadá: Canadá cuenta con abundantes recursos energéticos renovables. La energía renovable podría llegar a suponer una tercera parte del CEFT de Canadá en 2030. Las centrales industriales de CHP a base de biomasa podrían duplicar la cuota de energías renovables del sector, y una cartera amplia de tecnologías de energías renovables supondría tres cuartas partes de la generación total de energía del país. Existen iniciativas políticas importantes a escala estatal.

China: China representaría el 20% del uso total de las energías renovables en el mundo si se aplicaran todas las Opciones REmap, y un porcentaje similar de la capacidad instalada total de las distintas tecnologías de energías renovables. El compromiso de China es fundamental para poder cumplir el objetivo de duplicar la cuota de energías renovables en el mundo. Los objetivos para aumentar la capacidad de energía solar fotovoltaica y eólica se han elevado recientemente a 10 GW y 15 GW al año, respectivamente. La contaminación atmosférica es uno de los principales factores de cambio, junto con la política de desarrollo industrial y la creciente dependencia de la importación de petróleo.

Corea del Sur: Corea del Sur importa el 96% de su energía; la industria desempeña un papel clave en la economía del país y acapara el 61% del consumo de energía total. A fin de fomentar la seguridad energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el país no solo ha estado aumentando el despliegue de las energías renovables, sino que también está desarrollando una industria de energías renovables para que impulse el crecimiento económico. Como resultado, el sector industrial de Corea está produciendo tecnologías innovadoras de energías renovables y espera convertirse en uno de los principales exportadores de tecnologías verdes del mundo. El país publicará un nuevo plan nacional en materia de energías renovables en 2014.

Dinamarca: Dinamarca representa las mejores prácticas en el despliegue de las energías renovables, tanto en lo respectivo al entorno de políticas como al establecimiento de objetivos. El país aspira a alcanzar una cuota de energías renovables del 100% en 2050, con una combinación de electricidad renovable y calefacción urbana, combustibles líquidos y gas, y acompañada de un importante ahorro energético. A corto plazo, la conversión de carbón CHP a biomasa es una característica única de la transición danesa.

Ecuador: La energía renovable ya supone más del 70% de la generación de energía eléctrica en Ecuador. La cuota de energías renovables en el sector podría acercarse al 85%, sobre todo con un incremento en la energía hidroeléctrica y otras tecnologías de energías renovables. Con una mayor proporción de utilización de electricidad en los sectores de uso final, la cuota de energías renovables del país podría elevarse aún más en el CEFT.

Emiratos Árabes Unidos: EAU prevé un gran potencial de energías renovables, principalmente de energía solar, y puede aumentar considerablemente la cuota de energías renovables de su matriz energética. Por ejemplo, la tecnología CSP se puede utilizar para la producción de calor en procesos industriales (incluido el refinado de petróleo) y en la generación de energía. EAU está a la cabeza de la financiación, desarrollo y operación de proyectos a escala mundial a través de MASDAR y el Fondo de Abu Dabi para el Desarrollo Económico Árabe (FADDEA). La sede de IRENA se encuentra ubicada en EAU.

Estados Unidos: Estados Unidos tiene un enorme potencial respecto a las energías renovables, pero este varía ampliamente según la región debido al gran tamaño del país. Cuenta con uno de los recursos de energía geotérmica y eólica más grandes y también está desarrollando nuevas formas de energía hidroeléctrica con un bajo impacto ambiental. Asimismo, Estados Unidos es un banco de pruebas para las tecnologías del sector del transporte como el hidrógeno, los sistemas híbridos y eléctricos para baterías, así como para proyectos innovadores sobre biocombustibles avanzados. Más que las políticas de ámbito federal, son las de ámbito estatal las que están impulsando el despliegue de las energías renovables, del cual algunos estados se yerguen en líderes mundiales.

Francia: Francia ya cuenta con una ambiciosa meta para 2020: alcanzar una cuota de energías renovables en su consumo final bruto de energía del 23%. Este objetivo implica la creación de 840 PJ de capacidad renovable en los sectores de la calefacción y energía eléctrica. Francia también es el segundo mayor productor de bioetanol y biodiésel de Europa. En cuanto al futuro, tras un debate nacional sobre la transición energética, el Gobierno francés está preparando una nueva factura energética a largo plazo, que se aprobará a finales de 2014. Las trayectorias e hipótesis concretas se determinarán más adelante, y también tendrán en cuenta el futuro marco sobre la energía y el clima europeos post 2020.

India: India es uno de los países que más dependen de la biomasa tradicional y donde todavía no se ha producido la transición a unos servicios energéticos modernos. También se trata de uno de los mayores importadores

netos de combustibles fósiles, y todos los sectores de uso final podrían utilizar energías renovables. En la industria, ya se han desplegado algunas tecnologías a base de biomasa (p. ej., la gasificación) y se podrían utilizar más ampliamente con otras tecnologías de producción de calor en procesos de altas temperaturas, como la energía solar de concentración (CSP). Se están desplegando la energía solar fotovoltaica, la CSP y la energía de biogás para cumplir las cada vez más elevadas demandas de electricidad; y se están consiguiendo unos costos notablemente bajos en algunos proyectos.

Indonesia: Debido al gran tamaño de Indonesia y a que se compone de cientos de islas, una considerable proporción del país todavía no tiene acceso a la energía moderna, inclusive la electricidad. Se prevé que la demanda de electricidad se multiplique por más de cinco de aquí a 2030. Se están realizando importantes esfuerzos para dotar de electricidad a comunidades e islas remotas mediante el uso de energías renovables. Se busca la expansión de la energía geotérmica, pero será necesario redoblar los esfuerzos para poder cumplir los objetivos. La adopción de la energía solar fotovoltaica no ha hecho más que comenzar. Indonesia es el mayor productor de aceite de palma en el mundo, por lo que la biomasa ofrece oportunidades para todos los sectores del país, siempre que se explote de manera sostenible. La reducción de los altos subsidios energéticos es una prioridad dentro del marco de las políticas.

Italia: Ya en 2011, Italia superó su objetivo vinculante con la UE de alcanzar el 26% de energía renovable en el consumo energético final dentro del sector eléctrico; en 2012, la cuota de energías renovables fue del 27,1%. En junio de 2013, durante dos horas, el costo de la energía en el mercado italiano de la electricidad cotizó a CERO en todo el territorio del país. Las energías renovables cubrieron por completo la demanda energética de Italia, con lo que se redujo el costo de la energía progresivamente hasta alcanzar la cuota de cero. El país está desarrollando una serie de soluciones innovadoras para las redes inteligentes, que permitirán cuotas de energías renovables variables incluso mayores en el sector eléctrico.

Japón: A la vista de las inciertas perspectivas de las centrales nucleares y del alto precio del gas, Japón ha puesto en marcha una ambiciosa política de energías renovables que está dando resultados. Además, en julio de 2013, hubo más de 4 GW de nueva energía renovable en funcionamiento. A fin de acelerar el crecimiento, Japón seguirá aplicando esta política de forma constante, junto con esfuerzos de desregulación y mejoras en la red.

Malasia: El Gobierno ya está impulsando un mayor uso de las energías renovables mediante objetivos y a través del establecimiento de una estructura organizativa que facilite el crecimiento esperado. Estos objetivos

se pueden cumplir en gran parte gracias a los amplios recursos de biomasa del país. Se ha puesto en marcha un régimen de tarifas de alimentación, pero los altos subsidios energéticos suponen un obstáculo para la adopción de energías renovables.

Marruecos: Marruecos es uno de los países de la región que más dependen de la importación de energía. A fin de reducir esta dependencia y poder beneficiarse de los aspectos socioeconómicos de las energías renovables, el país ha elaborado unos planes muy ambiciosos para poder utilizar tecnologías CSP, energía solar fotovoltaica y energía eólica para el año 2020. La exportación futura de energía renovable a Europa podría verse obstaculizada por las limitaciones en la capacidad de transmisión.

México: Básicamente, la política energética del país se rediseñó a finales de 2013 y se ha puesto en marcha una política progresiva para acelerar el crecimiento de la energía renovable en el sector eléctrico.

Nigeria: En la actualidad, Nigeria satisface cerca del 65% de sus demandas energéticas a partir de la biomasa tradicional. Se trata de uno de los países más desafiantes en lo que respecta al cumplimiento del objetivo del acceso a las energías modernas; y, en particular, porque la demanda energética está creciendo con gran rapidez. Los desarrollos y las experiencias que está consiguiendo el país serán un modelo importante para la mayor parte de la región de África, tanto en lo que respecta a los servicios energéticos modernos como a la adopción de energías renovables.

Reino Unido: Reino Unido cuenta con algunos de los mejores recursos energéticos eólicos y marinos del mundo, y está promoviendo el despliegue de estas tecnologías mediante una serie de políticas innovadoras. La biomasa se importa de forma significativa y se utiliza para la co-combustión; Drax es la planta de este tipo más grande del mundo. Reino Unido cuenta con centrales para respaldar el futuro despliegue de la biomasa. Reino Unido se encuentra en buena situación para cumplir los objetivos de la UE, relativos a las energías renovables, y ha establecido un sólido paquete de apoyo financiero, así como otras medidas normativas para asegurarse de su cumplimiento.

Rusia: Rusia tiene una amplia gama de recursos energéticos renovables como la biomasa o la energía geotérmica, pero el enorme tamaño de sus tierras dificulta el despliegue de esas tecnologías. El uso del carbón y del gas natural en el gran sector de la calefacción urbana del país podría sustituirse por

biomasa, y otros sectores se podrían beneficiar de los abundantes recursos de biomasa de que disponen; de este modo, la cuota de energías renovables del país aumentaría aún más. En 2013 se celebró la primera subasta de energía eléctrica renovable del país, y las exportaciones de materias primas de biomasa, como los gránulos, están aumentando. En el plano regional, se están llevando a cabo importantes iniciativas que complementan los esfuerzos nacionales.

Sudáfrica: Aunque Sudáfrica es uno de los principales productores y consumidores de carbón, la crisis del suministro energético de los últimos años ha sido una señal de alerta, y el país está llevando a cabo una ambiciosa política de energías renovables. En ella se incluyen inversiones en energía eólica y solar, así como en importaciones hidroeléctricas junto con la energía solar térmica para calentar el agua y distintas formas de biomasa y residuos (incluido el gas de vertedero), estas medidas pueden llegar a triplicar la cuota de las energías renovables para 2030.

Tonga: La Hoja de Ruta de la Energía de Tonga (TERM, por sus siglas en inglés) es un marco probado para la transición energética. En otras islas del Pacífico, la reciente caída de los precios de la energía solar fotovoltaica ha dado lugar a una serie de nuevos proyectos, y la estabilidad de las redes y el almacenamiento eléctrico se han instalado en la primera línea de las cuestiones de integración de la energía renovable.

Turquía: El objetivo del país es aumentar sus capacidades solar, eólica, geotérmica y de biomasa, así como desplegar su potencial técnico hidroeléctrico en el sector eléctrico, a fin de garantizar la seguridad energética. Una parte considerable de sus edificaciones se renovará en las dos próximas décadas, lo cual creará un enorme potencial de integración de las energías renovables. No obstante, se necesitan por lo general nuevas políticas en materia de energías renovables a fin de elevar su presencia en los sectores de uso final.

Ucrania: Ucrania depende de las importaciones de gas natural. Su intensidad energética es mayor que en la mayoría del resto de países desarrollados económicamente. El país podría ser un ejemplo interesante de cómo lograr los objetivos de SE4ALL sobre la eficiencia energética y las energías renovables, ya que tiene un enorme potencial para lograr ambos. En concreto, respecto a las energías renovables, la biomasa, la energía solar térmica y la energía eólica ofrecen posibilidades tanto para los sectores de uso final, como de energía eléctrica y de calefacción urbana.



IRENA Headquarters

CI Tower, Khalidiyah
P.O. Box 236, Abu Dhabi
United Arab Emirates

**IRENA Innovation and
Technology Centre**

Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Germany

www.irena.org

REmap 2030

El mundo puede duplicar la cuota de energías renovables en su uso energético de aquí a 2030. REmap 2030, Hoja de ruta para las energías renovables, es el primer estudio sobre el potencial mundial de energías renovables que se fundamenta en información procedente de fuentes gubernamentales. Elaborado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) en consulta con gobiernos y otras partes interesadas de todo el mundo, el estudio engloba a 26 países, que representan tres cuartas partes de la demanda energética actual. Para determinar el potencial de expansión de las energías renovables, la hoja de ruta no solo se centra en las tecnologías, sino en la disponibilidad de financiación, voluntad política, destrezas y planificación.

El estudio constata que duplicar la cuota de energías renovables en el consumo total de energía final para 2030 podría no entrañar costo alguno. Este ambicioso proceso de transición podría incluso permitir ahorros económicos cuando se tienen en cuenta los costos externos que se pueden evitar si se sustituye la energía convencional.

El objetivo de duplicar la cuota de energías renovables tampoco representa el límite absoluto; la cuota de energías renovables podría aumentar mucho más, pero los responsables políticos deben comenzar ya los preparativos para esta transición a largo plazo. Este proceso debe iniciarse ofreciendo directrices precisas a los inversores del sector, sobre la transición a un futuro impulsado por las energías renovables.

Este resumen de REmap 2030 presenta las conclusiones y los gráficos principales, al tiempo que invita a los lectores a consultar los exhaustivos documentos de referencia disponibles en el sitio web de REmap 2030 (www.irena.org/remap). El estudio se actualizará en los años venideros, a medida que nuevos países se unan al proceso y se disponga de datos de todos los países REmap.



www.irena.org