

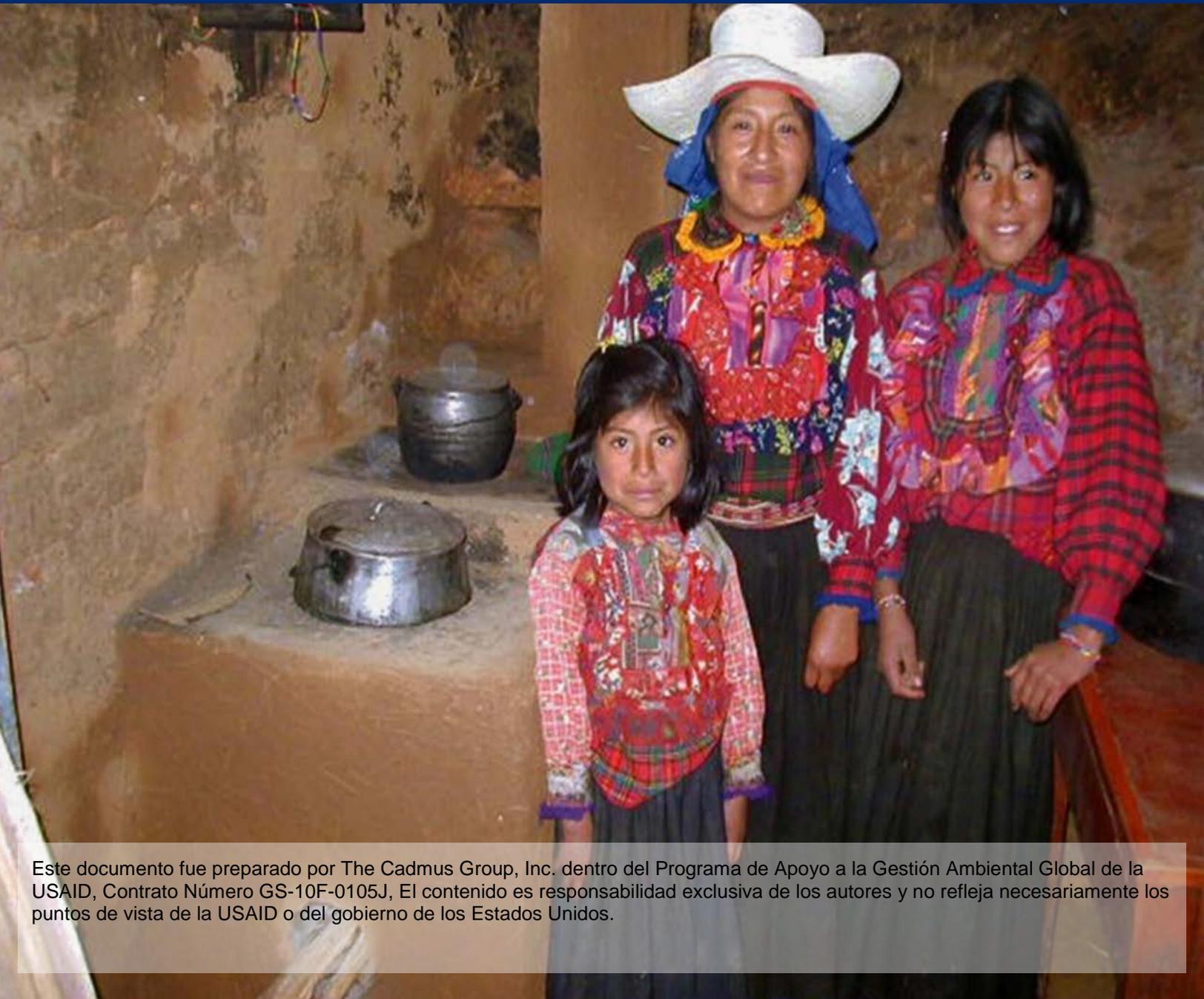


**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

PAUTAS AMBIENTALES SECTORIALES PARA UN DISEÑO AMBIENTALMENTE SÓLIDO (ESD)

# ENERGÍA A PEQUEÑA ESCALA

Actualización Parcial, 2014 | Última Actualización Completa: previa al 2003



Este documento fue preparado por The Cadmus Group, Inc. dentro del Programa de Apoyo a la Gestión Ambiental Global de la USAID, Contrato Número GS-10F-0105J, El contenido es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja necesariamente los puntos de vista de la USAID o del gobierno de los Estados Unidos.

Foto de Portada: Una madre y sus hijos posan junto a una estufa de biomasa en Perú.  
Crédito: Winrock International.

# ÍNDICE

ACERCA DE ESTAS PAUTAS.....	I
SIGLAS.....	II
ENERGÍA A PEQUEÑA ESCALA.....	I
INTRODUCCIÓN.....	I
SINOPSIS.....	4
ENERGÍA SOLAR.....	4
TENDENCIAS Y RENTABILIDAD .....	4
ENERGÍA FOTOVOLTAICA .....	6
ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	9
IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	11
ENERGÍA EÓLICA .....	15
SINOPSIS.....	15
TENDENCIAS, RENTABILIDAD Y RETOS .....	15
APLICACIONES DE LAS TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA MINIEÓLICA .....	16
IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ENERGÍA EÓLICA A PEQUEÑA ESCALA .....	18
HIDROENERGÍA A PEQUEÑA ESCALA.....	22
SINOPSIS.....	22
TENDENCIAS Y RENTABILIDAD .....	23
APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA .....	24
IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	26
RELACIONES HÍDRICAS TRANSFRONTERIZAS.....	31
ENERGÍA GEOTÉRMICA.....	33
SINOPSIS.....	33
TENDENCIAS.....	34
APLICACIONES DE TECNOLOGÍA.....	35
IMPACTOS AMBIENTALES .....	37
BIOENERGÍA.....	41
SINOPSIS.....	41
TENDENCIAS.....	42
FUENTES Y USOS DE LA BIOMASA.....	44
PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍAS.....	46
PROBLEMAS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	50
COMBUSTIBLES FÓSILES .....	58
SINOPSIS.....	58
PROBLEMAS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	60
SINOPSIS.....	66
SISTEMAS DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS.....	66

IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS TECNOLOGÍAS DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS (DER) .....	70
SINOPSIS.....	72
LOS EFECTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS COMO CONCEPTO .....	72
IMPLICACIONES GLOBALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	74
PLANIFICAR PARA UN CLIMA CAMBIANTE .....	74
LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO MINIMIZANDO LA VULNERABILIDAD A TRAVÉS DEL DISEÑO DE PROYECTO .....	74
MINIMIZAR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GHG) .....	75
SINOPSIS.....	77
CONSIDERACIONES DE COSTOS EN LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS.....	77
UN ENTORNO DE POLÍTICAS FAVORABLES .....	78
ANEXO I PATRÓN DE PLANES DE MITIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTALES .....	80
MITIGACIÓN (CUADROS INDEPENDIENTES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y ELIMINACIÓN GRADUAL) .....	80
CONTROL .....	81
ENERGÍA SOLAR.....	82
ANEXO II REFERENCIAS .....	82
ENERGÍA EÓLICA.....	83
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	83
ENERGÍA GEOTÉRMICA .....	83
BIOENERGÍA: BIOGÁS.....	84
BIOENERGÍA: BIOMASA SÓLIDA.....	85
BIOENERGÍA: BIOCOMBUSTIBLES .....	86
CAMBIO CLIMÁTICO & EVALUACIÓN DE IMPACTOS .....	86
RECURSOS EN CAMBIO CLIMÁTICO .....	86
EFECTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS COMO CONCEPTO .....	87

# ACERCA DE ESTAS PAUTAS

La experiencia ha demostrado que la utilización de los principios de diseño ambientalmente sólido (EDS, por sus siglas en inglés) en la planificación y ejecución de nuevos proyectos y programas a pequeña escala ayuda a evitar errores potencialmente costosos y, a menudo, permite que las actividades de desarrollo sean más sostenibles a largo plazo.

Las *Pautas Sectoriales Específicas para el ESD* son la fuente principal de orientación ambiental específica a un sector de la USAID. Por cada sector abordado, las Pautas informan de los impactos potenciales, típicamente adversos, de las actividades de ese sector; proporcionan orientación en buenas prácticas para el diseño de programas sectoriales, mitigación ambiental y orientación en supervisión; e incluyen una referencia bibliográfica de recursos accesibles en Internet.

La primera edición de las Pautas se publicó en 1996. Para la segunda edición, las Pautas fueron completamente actualizadas y ampliadas. La tercera edición actual ha sido editada para adoptar una perspectiva global y para integrar contenido técnico pertinente y ejemplos sectoriales de las versiones de las pautas de la USAID para Asia y el Cercano Oriente y Latinoamérica y el Caribe; y es un proyecto en desarrollo. Los módulos se actualizan y se agregan nuevos de forma continua.

Estas Pautas incluyen referencias bibliográficas del material de procedencia más útil. En cada caso, hemos resaltado el material disponible en Internet. La versión en línea de las Pautas en [www.usaidgems.org](http://www.usaidgems.org) contiene enlaces HTML a estas referencias, mientras que la versión en CD-ROM de la página web contiene las Pautas y mucho de este material de procedencia. Por lo tanto, esperamos que los profesionales de desarrollo puedan acceder y consultar fácilmente los extensos recursos prácticos en sectores específicos.

Ya que el ESD en las actividades a pequeña escala requiere que las personas responsables entiendan los principios de ESD y los integren en el diseño e implementación del proyecto, no puede ni debería ser asunto exclusivo de los profesionales del ambiente. Por lo tanto hemos procurado mantener el lenguaje de las Pautas lo más sencillo y libre de vocabulario técnico posible.

El desarrollo de las Pautas fue financiado por la USAID para satisfacer las necesidades de su personal y de las organizaciones asociadas. Sin embargo, son aplicables, en líneas generales, a otros donantes; organizaciones comunitarias y no gubernamentales; gobiernos locales, y otras entidades involucradas en actividades a pequeña escala.

**NOTA: Las Pautas son solo de asesoramiento. No implican dirección o política reguladora oficial de la USAID. El seguimiento de las prácticas y enfoques descritos en las Pautas no asegura el cumplimiento de los Procedimientos Ambientales de la USAID o de los requisitos ambientales del país anfitrión.**

# SIGLAS

ABPP	Programa de la Asociación Africana de Biogás
AC	Corriente Alterna
AC	Aire Acondicionado
APU	Unidad Auxiliar de Potencia
BMZ	Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo
BOS	Balance de Sistema
C	Construcción
CCS	Captura y Almacenamiento de Carbono
CHP	Combinación de Calor y Potencia
CO2	Dióxido de Carbono
CT	Turbina de Combustión
DC	Corriente Continua
DCM	Desmantelamiento
DER	Fuentes de Energía Distribuida
DOE	Departamento de Energía
EA	Evaluación Ambiental
EIA	Evaluación del Impacto Ambiental
EMMP	Plan Ambiental de Mitigación y Control
ESD	Diseño Ambientalmente Sólido
ESDM	Diseño y Gestión Ambientalmente Sólidos
ESV	Evaluación de Servicios Ecosistémicos
EU	Unión Europea
GACC	Alianza Global para Estufas Limpias
GHG	Gas de Efecto Invernadero
GWth	Gigavatios Térmicos
IC	Combustión Interna
IEA	Agencia Internacional de Energía
IP	Socio Implementador
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio Hora

LCOE	Costo Nivelado de Electricidad
LPG	Gas Licuado del Petróleo
MSW	Residuos Sólidos Municipales
MW	Megavatio
NGO	Organización No Gubernamental
NOx	Óxido de Nitrógeno
NREL	Laboratorio Nacional de Energías Renovables
ODC	Oserian Development Co. Ltd.
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
O&M	Operación y Mantenimiento
PM	Material Particulado
POME	Efluente del Aceite de Palma
PPE	Equipo de Protección Personal
P&D	Planificación y Diseño
PV	Fotovoltaico(a)
RoR	Esquema Hidroeléctrico Filo de Agua
SO2	Dióxido de Azufre
UPS	Fuentes Ininterrumpidas de Alimentación
USAID	Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional
VOCs	Compuestos Orgánicos Volátiles
W	Vatio
WEO	Perspectivas de la Energía en el Mundo

# ENERGÍA A PEQUEÑA ESCALA

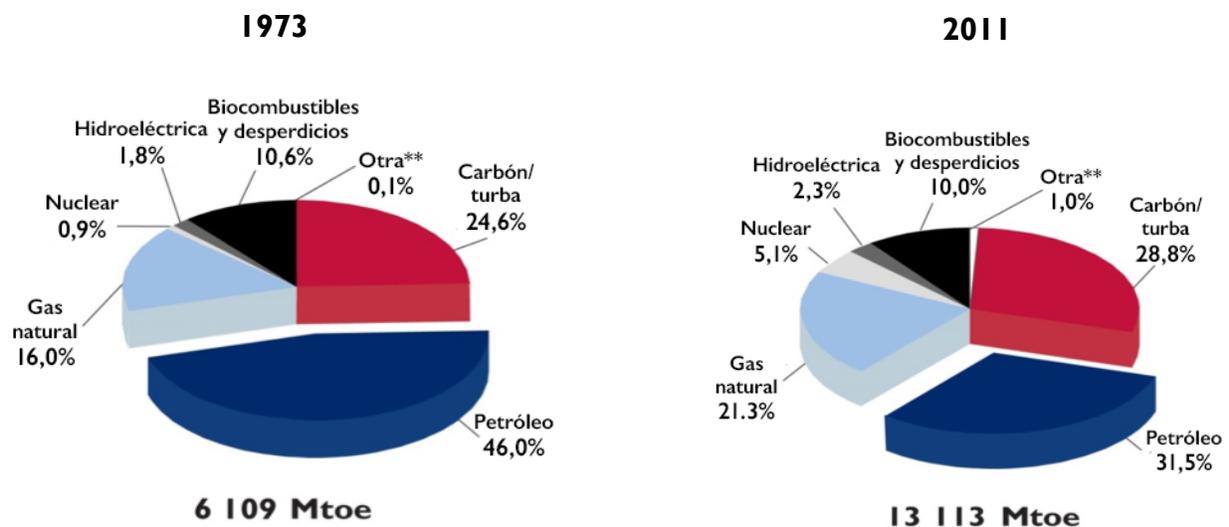


Energy is at the core of economic growth in both industrialized economies and in the developing world, but the continuation of current trends in energy usage is not sustainable.

Una micro central hidroeléctrica ubicada en Chitral, al norte de Pakistán. Foto: Winrock International.

## INTRODUCCIÓN

El agotamiento de los recursos naturales (como los combustibles fósiles), los impactos globales de la producción de energía en los sistemas naturales, los crecientes costos de la energía convencional (especialmente del petróleo), y la demanda de seguridad energética, están impulsando las inversiones en eficiencia energética, energía renovable y tecnología de energía limpia. La forma en que suministramos y utilizamos la energía no sólo afecta el ambiente biofísico, sino también la salud humana y el bienestar económico. De acuerdo al *Escenario de Nuevas Políticas* de las Perspectivas de la Energía en el Mundo del 2012, se prevé que la demanda global de energía crecerá más de un tercio hasta el año 2035, y que estará por encima del doble en unos 40 años (ver las gráficas siguientes).



La energía renovable puede tener un gran número de beneficios, como el mayor acceso a energía en países en desarrollo, mejoras en salud pública, mitigación del cambio climático, etc. Sin embargo, para obtener esos beneficios, deben abordarse varias consideraciones de sostenibilidad en el diseño. Deben

conciliarse los **obstáculos para el proyecto** como el costo, regulaciones en el país anfitrión, gobernanza ética y eficiente, y los desafíos que surgen durante la operación del proyecto. Los jefes de proyecto deben tener conocimiento exacto acerca de las energías alternativas y **sus relacionados costos y beneficios** desde una perspectiva económica, social y ambiental. Incentivos como los subsidios y aranceles pueden alterar la demanda y suministro hacia unas prácticas energéticas y económicas más sostenibles. De igual manera, el gobierno y las organizaciones privadas o no gubernamentales (NGO, por sus siglas en inglés) pueden estimular el desarrollo de la energía renovable. **Durante el diseño del proyecto**, se deben establecer **compromisos a largo plazo para el regular mantenimiento y control** para poder asegurar su efectividad. De igual manera, antes de iniciarse el proyecto, se deben determinar y presupuestar los asociados **costos recurrentes a largo plazo**, incluida la sostenibilidad del proyecto una vez que el apoyo de una NGO, donante o gobierno haya terminado.

Básicamente esta guía está destinada a informar a los desarrolladores e implementadores de proyectos de energía a pequeña escala acerca del diseño ambientalmente sólido (ESD). Distinguir las "actividades a pequeña escala" de las que no son a pequeña escala es subjetivo. En este documento, la definición se considerará para incluir, pero sin limitarse a ellos, hogares o granjas pequeñas o particulares; proyectos a nivel comunitario; pequeñas o microempresas; y proyectos institucionales como escuelas, clínicas de salud y hospitales.

Por el contrario, las centrales eléctricas comerciales a gran escala (aquellas con más de 10 megavatios [10MW]) no están cubiertas en esta guía, tampoco lo están los proyectos hidráulicos a gran escala (>10MW), los eólicos (con turbinas >1 MW), solares (>20 kilovatios [kW]), geotérmicos, o bioenergéticos (>10 MW). Otros sistemas energéticos no cubiertos en esta guía incluyen la producción de gas natural mediante la fractura hidráulica y los sistemas híbridos gasóleo/renovable. Los impactos de las líneas de transmisión en las cuencas visuales (el ambiente natural visible desde cierto punto de vista), la vida salvaje o vegetación no están incluidos en esta guía.

Esta guía se centra en varios recursos y sistemas de energía renovable, pero también describen combustibles fósiles y sistemas que apoyan a las actividades a pequeña escala. Se discute la energía solar, pequeña hidroenergía, energía eólica y energía biotérmica, con una reseña en las tendencias recientes y aplicaciones técnicas, haciendo énfasis en los impactos ambientales potenciales y en las técnicas de diseño y gestión ambientalmente sólido (ESDM, por sus siglas en inglés), incluyendo medidas efectivas de mitigación y control para utilizarlas durante la implementación del proyecto.

Es especialmente importante que el proceso de evaluación de los impactos potenciales ocurra lo antes posible durante la fase de diseño. Esto incluye comparar las posibles alternativas al proyecto y considerar la mejor forma de evitar o minimizar los impactos potenciales adversos relacionados con la energía y el ambiente. Las pautas también hacen énfasis en el potencial de efectos ambientales acumulativos provenientes de múltiples actividades en energía a pequeña escala, discuten los riesgos a los que los proyectos en energía a pequeña escala se enfrentan como resultado del cambio climático, y proporcionan información general en los impactos económicos y de género de los proyectos en energía a pequeña escala.

Los impactos ambientales que se discuten en esta guía aplican generalmente al **ciclo de vida de la actividad**, de "cuna a tumba"<sup>1</sup> e incluyen **efectos indirectos** (como las fuentes de energía y materiales para la fabricación de sistemas eólicos y solares, o los impactos de la construcción de carreteras para servir a las instalaciones de pequeñas centrales hidroeléctricas). Los impactos generales

---

<sup>1</sup> Por ejemplo, los impactos pueden incluir la eliminación de baterías de los sistemas eólicos y solares, o el desmantelamiento de sistemas de biogas o torres eólicas al final de sus diseñadas vidas útiles.

de cada fase de una actividad deben ser considerados: minería y extracción de materiales; procesamiento y manufactura; construcción, operación y mantenimiento; y finalmente el desmantelamiento (la eliminación al final de la vida útil). **Incluso los proyectos a pequeña escala pueden requerir análisis ambientales (EAs, por sus siglas en inglés)** cuando tienen impactos potencialmente significativos en recursos ecológicos, culturales o arqueológicos sensibles, o podrían potencialmente degradar biodiversidad, bosques naturales o zonas protegidas o crear impactos en los bienes y servicios ecosistémicos. Los bienes y servicios ecosistémicos son los múltiples beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas, como el suministro de agua, la captura de carbono, la reducción del riesgo a inundaciones y el valor cultural.

Si se prevén impactos significativos, el proceso de planificación y diseño podría incluir una Valoración de Servicios Ecosistémicos (ESV, por sus siglas en inglés) como parte de la evaluación previa al desarrollo. Una ESV ayudará a los responsables de la toma de decisiones a comprender cómo los proyectos dependen de los servicios ecosistémicos a la vez que los impactan. Este entendimiento puede ayudar a las comunidades a comprender los intercambios asociados con el desarrollo y gestión de proyectos en diferentes clases de energía. Una ESV informa las decisiones que pueden minimizar y mitigar los efectos más dañinos del proyecto. Para más información en la aplicación de un marco de servicios ecosistémicos al proceso de Evaluación de Impactos Ambientales, consulte la Hoja de Datos en Conformidad Ambiental de la USAID: Servicios Ecosistémicos en el Proceso de Impacto Ambiental."

Los impactos ambientales de cada fuente de energía en esta guía se presentan en un cuadro al final de la sección, la cual también incluye las asociadas medidas de mitigación y control por cada impacto identificado. estas medidas de mitigación y control son designadas de acuerdo con la(s) fase(s) del proyecto donde mejor corresponden: Planificación y Diseño (P&D), Construcción (C), Operación y Mantenimiento (O&M), y Desmantelamiento (DCM, por sus siglas en inglés). **Los cuadros de impactos ambientales están destinados como orientación, a informar el desarrollo de planes de mitigación y control específicos al proyecto previos a la implementación del mismo.** Patrones de planes de mitigación y control específicos a proyectos se incluyen como anexo a esta guía. Estos planes añaden elementos esenciales más allá de las medidas de mitigación y control, como la identificación de grupos responsables para cada acción, el delineamiento de calendarios para dichas acciones, y la creación de asignación(es) presupuestaria(s) para las requeridas acciones de mitigación y control.

Las herramientas y tecnologías disponibles para optimizar tanto la gestión de los recursos energéticos como la eficiencia energética y minimizar los impactos ambientales potenciales en el mundo en desarrollo son significativos. Desde la iluminación nocturna utilizando tecnología fotovoltaica a la electrificación de las comunidades con energía eólica, las tecnologías de energía renovable tienen el potencial de mejorar el nivel de vida de las comunidades más rurales y remotas. A pesar de que las actividades en energía renovable a menudo producen menos impactos ambientales que los combustibles fósiles o energía nuclear, aun así, tienen el potencial de efectos ambientales adversos que deberían ser mitigados y monitoreados. A pesar de que los proyectos de energía renovable se vuelven cada vez más comunes, muchas de las actividades de desarrollo a pequeña escala continúan dependiendo de los combustibles fósiles, requiriendo igual atención para minimizar o eliminar sus potenciales impactos adversos. A través del uso de tácticas de ESDM, los proyectos de energía a pequeña escala tienen la mayor posibilidad de afectar un impacto ambiental positivo sostenible.

# ENERGÍA SOLAR



La energía solar se está convirtiendo en una opción cada vez más popular a través del mundo en desarrollo. La generación fotovoltaica (PV, por sus siglas en inglés) (ilustrada aquí) representa una de las muchas formas en que la energía solar es utilizada para aplicaciones a pequeña escala.

Foto: Scott Gruber, USAID.

## SINOPSIS

Esta guía aborda el uso de la energía solar para calefacción, agua caliente, iluminación, cocina, purificación de agua y electricidad. Las tecnologías solares incluyen una variedad de tecnologías específicas, incluyendo fotovoltaicas (PV) y muchos tipos de sistemas térmicos solares, como se describen en esta guía. Estas tecnologías son especialmente útiles en países en desarrollo ya que muchas de esos lugares dependen de fuentes de combustible caras, poco fiables, y/o ambientalmente dañinas, como la biomasa sólida y el petróleo. La energía solar ofrece una solución de bajo costo de operación y mantenimiento y es una opción razonable para los países en desarrollo ya que muchos están ubicados en zonas con altos promedios de radiación solar. Algunas tecnologías solares, como las estufas solares, se pueden fabricar y mantener localmente, proporcionando un flujo de ingresos potencialmente autosostenible. A efectos de esta guía, los proyectos solares a pequeña escala son aquellos con hasta 20 kW de potencia nominal de corriente continua (DC, por sus siglas en inglés), aunque los sistemas solares a pequeña escala son típicamente mucho más pequeños.

### SABÍA QUE...

Toda la energía de la Tierra almacenada en reservas de carbón, petróleo y gas natural es equivalente a la energía de solo 20 días de sol.

## TENDENCIAS Y RENTABILIDAD

### Energía Fotovoltaica

Aunque existe gran potencial para la tecnología fotovoltaica (PV), las redes eléctricas solares convencionales e incluso las micro-redes han sido consideradas poco realistas para los hogares rurales dado su alto costo y la dificultad para acceder a los materiales. Sin embargo, la energía solar fotovoltaica es la fuente de energía renovable con mayor crecimiento alrededor del mundo, aunque haya poca (ver el *REN 21: Renewables 2013 Global Status Report*). En los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés), el mercado está dominado

por granjas y proyectos de techos solares en gran escala respaldados por aranceles y programas gubernamentales atractivos. Los precios de la energía PV solar están decayendo a nivel global, haciendo de ella la opción menos costosa para sistemas domésticos individuales en muchos lugares remotos. Con la dramática reducción de costos de los paneles solares y sistemas híbridos de mayor tamaño para las comunidades remotas, varios países en desarrollo están considerando las opciones conectadas a la red.

Los sistemas de energía solar son particularmente preferidos como fuente de energía independiente, accesible y asequible en zonas rurales, así como en entornos donde la generación y distribución de energía central está considerada poco fiable, como donde las condiciones económicas o políticas son inestables. La capacidad PV global ha aumentado en más de un 40% anual desde el año 2000. La Agencia Internacional de Energía pronostica que para el año 2050, la energía PV proveerá el 11% de la producción eléctrica mundial, reduciendo de manera significativa las emisiones de gas de efecto invernadero (GHG, por sus siglas en inglés) y mejorando la seguridad energética y el desarrollo económico.

China e India tienen las industrias PV más desarrolladas del mundo en desarrollo. India tiene diez empresas fabricando componentes PV para los sectores rurales, remotos e industriales; sin embargo, la tecnología es aún una pequeña parte de la total capacidad de generación energética de la India. En Brasil, la tecnología PV también se está extendiendo, se utiliza principalmente para las telecomunicaciones, electrificación rural, bombeo de agua y alumbrado público en las comunidades de bajos ingresos.

### **Energía Térmica Solar**

La capacidad global de energía solar térmica también aumentó en el año 2012 a un estimado de 282 gigavatios térmicos [GWth]. China y Europa son responsables de la mayoría de esta capacidad y representan el 90% del mercado mundial. Además de China, Japón e India tienen los mercados más grandes de energía térmica solar en Asia; Tailandia sigue de cerca con nuevos incentivos a sistemas híbridos de calefacción solar. En Suramérica, el mercado brasileño ha crecido ampliamente, en parte gracias a un programa que requiere energía solar térmica en las viviendas para personas de bajos ingresos. En África, Egipto, Mozambique, Túnez, Zimbabue u Sudáfrica son los usuarios más predominantes de la energía térmica solar.

La Agencia Internacional de Energía estima que los países en desarrollo deben duplicar su capacidad energética para el año 2020 para poder satisfacer las necesidades energéticas. Por lo tanto, los proyectos a pequeña escala que mejoren el acceso a energía solar son de una importancia considerable.

### **Reconocer el Lado “Oscuro” de la Energía Solar Fotovoltaica**

En continuo crecimiento en el despliegue de células PV durante las próximas dos décadas podría llevar al consumo de una parte importante de la reserva mundial de galio, indio, selenio y telurio.

Además, la extracción de estos metales para la producción de células PV tiene impactos ambientales indirectos que deberían ser considerados durante la selección de las tecnologías del proyecto.

Sin embargo, desde la perspectiva de emisiones de GHG, las emisiones durante el ciclo de vida incluso de los procesos de producción de energía solar PV de mayor emisión, producen significativamente menos emisiones de GHG por kWh de electricidad que durante el ciclo de vida de los combustibles fósiles tradicionales, como la energía de carbón.

## ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El acceso inadecuado a electricidad continúa siendo un importante contribuyente a la pobreza en comunidades que habitan en zonas no electrificadas.

La energía fotovoltaica es la producción directa de electricidad cuando la luz golpea una célula solar y energiza electrones. Una vez que los electrones alcanzan cierto nivel de energía, pueden conducir corriente a dispositivos de poder como luces, baterías, sistemas de comunicación, sistemas de señalización, refrigeración remota y bombas. El **silicio** es el material líder en la producción de células solares dada su alta eficiencia. Sin embargo, su alto costo y suministro limitado para mantener un crecimiento a largo plazo en la industria PV ha llevado a los investigadores a explorar otras opciones, principalmente la **película fina**. La película fina es menos eficiente que el silicio, pero utiliza menos material, reduciendo sus costos de fabricación.

Cuando se integran múltiples células solares, éstas constituyen un "panel" o "módulo" PV, y cuando se conecta un grupo de módulos, el sistema se llama "conjunto PV". (Para descripciones de tipos de módulos y matrices específicos, ver la [Hoja de Datos de Acción Práctica](#) en Energía Solar Fotovoltaica.)

### **Asegurar su Energía Solar**

Los sistemas baterías solares pueden ser blanco de robo en los países en desarrollo dado el alto valor de la tecnología. Una instalación apropiada con equipos a prueba de robo, así como vigilancia frecuente y revisiones de mantenimiento son clave para asegurar su energía solar.

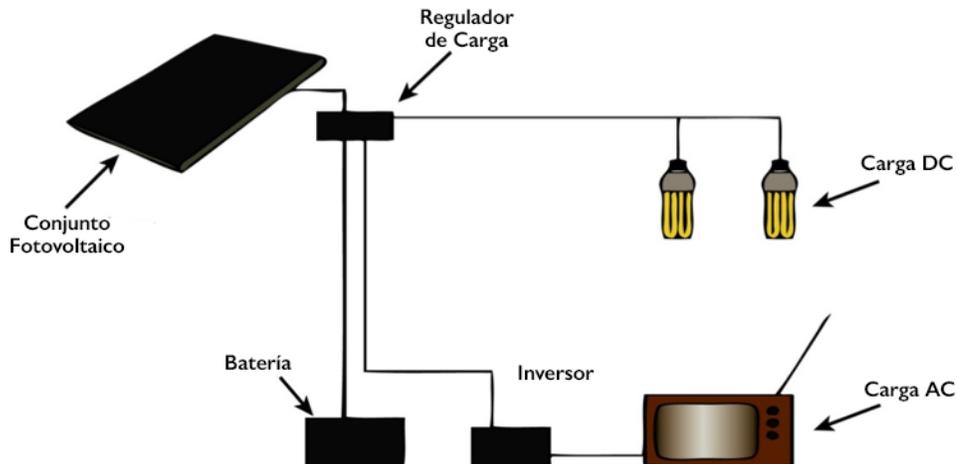
### **Caso Práctico: “Programa de Luz” Ujala, Pakistán**

El gobierno provincial de Punjab está abordando el problema de los crecientes apagones eléctricos al proporcionar equipos solares a los estudiantes de las escuelas gubernamentales en tres distritos, estos equipos consisten en una célula PV solar de 30 vatios, batería, y cargador de teléfono celular. Después de cargar con luz solar por 10 horas, el sistema puede mantener encendida una bombilla de 40 vatios por 18 horas.

En enero del año 2013, se distribuyeron 15.000 lámparas solares a los estudiantes, muchos de los cuales no están conectados a la red nacional y requieren iluminación nocturna para completar sus tareas escolares.

Para más información, ver <http://www.trust.org/item/?map=solar-lamps-light-up-education-in-power-short-pakistan>

Los módulos PV para aplicaciones fuera de la red generalmente requieren componentes adicionales, conocidos como componentes de balance de sistema (BOS, por sus siglas en inglés), los cuales incluyen un regulador de carga, batería y posiblemente un inversor para convertir la DC en corriente alterna (AC, por sus siglas en inglés). No se necesitan combustibles fósiles, y los sistemas PV generalmente son considerados ambientalmente benignos y fáciles de mantener. Los sistemas PV en aplicaciones conectadas a la red son muy comunes en los países desarrollados y no requieren baterías o reguladores de carga para funcionar.



Componentes BOS de un sistema PV fuera de red típico.

Fuente: Acción Práctica. <http://practicalaction.org/solar-photovoltaic-energy>

**Sistemas Fotovoltaicos Pico.** Los Sistemas PV Pico combinan luces (en su mayoría LED) con reguladores de carga y baterías eficientes que funcionan con un panel PV pequeño (generalmente de una potencia inferior a los 10 vatios (W)). Este sistema puede satisfacer requerimientos menores como iluminación, carga de teléfono y uso de radio. El más pequeño de estos sistemas tiene un costo entre \$10 y \$50 dólares americanos, y se puede ampliar con equipos adicionales y ser adaptado para utilizarlo con dispositivos que requieran energía más intensa, como pequeños televisores.

**Energía Fotovoltaica Doméstica.** Dado que muchos países en desarrollo (especialmente en el trópico) pueden aprovechar la energía solar todo el año, la tecnología fotovoltaica a nivel doméstico está siendo aplicada cada vez más en zonas rurales, donde las redes son poco realistas. Igual que los sistemas PV pico, estos sistemas generalmente incluyen módulos PV, un regulador de carga y por lo menos una batería para almacenar energía para utilizar en periodos no soleados. Estos sistemas varían entre 10 a 200W, lo cual es suficiente para hacer funcionar luces, radio, cargadores de teléfono y posiblemente un refrigerador pequeño (como para vacunas). El mayor obstáculo en la adopción de la tecnología fotovoltaica es el alto costo de inversión, pero los precios de paneles solares han disminuido de un costo promedio total de sistema de \$4-5/W a alrededor de \$1/W.

De manera similar a los sistemas domésticos, los **Sistemas Solares Institucionales** alimentan cargas similares en centros comunitarios o grupos de casas, donde la electricidad es accesible a toda la comunidad. Estos sistemas son a menudo apropiados en zonas rurales donde la conexión a una red convencional no es opción. Sistemas fotovoltaicos ubicados de manera céntrica también pueden ser utilizados para cargar baterías portátiles, las cuales a su vez pueden ser utilizadas para electricidad en viviendas rurales.

**Sistemas Micro-red** (micro-redes) Proporcionan una fuente de energía limitada centralizada para iluminación, bombeo/tratamiento de agua y clínicas de salud rurales. Estos sistemas se utilizan comúnmente para la electrificación de grupos de hogares y/o instituciones ubicados fuera de la red. Por ejemplo, más de 2.1 millones de estos sistemas han sido implementados en Bangladesh, ayudando a las aldeas rurales a crecer como centros de comercio.

A pesar de que sistemas como este a menudo reducen los costos de la energía PV a través de economías de escala, la rentabilidad y viabilidad de sistemas centralizados depende básicamente de la fiabilidad de la red eléctrica, los mecanismos regulatorios y la disponibilidad de bancos de baterías (aunque una combinación híbrida solar-gasóleo puede ser utilizada sin almacenamiento de batería en el sitio).

**La iluminación de casas y escuelas rurales** proporciona beneficios sociales y económicos importantes en zonas en desarrollo. Ya que los niños generalmente ayudan en las tareas hogareñas o asisten a la escuela durante el día, el acceso a luz durante la noche les ofrece más oportunidades para hacer sus tareas escolares. También permite a los adultos trabajar más tiempo, tanto en la generación de ingresos como en actividades educacionales. Además del potencial económico de la iluminación nocturna, también mejora los prospectos ambientales y de salud mediante la mitigación de la polución generada por las estufas; lámparas de aceite y parafina; y velas.<sup>2</sup>

**El bombeo fotovoltaico de agua** de pozos puede utilizarse para abastecer de agua a aldeas y proporcionar agua al ganado. Las bombas solares deben incluir un conjunto fotovoltaico que convierta la luz en electricidad DC, la que a su vez hace funcionar un motor eléctrico que impulsa a la bomba. Entre los tipos de bombas solares se encuentran los sumergibles, los juegos de bomba de motor flotante, y los juegos de bomba de succión superficial. Sus descripciones se pueden encontrar en la [Hoja de Datos de Acción Práctica](#) para Bombeo de Agua Solar PV. Esta guía no cubre el uso de bombas solares para irrigación en gran escala.

Antes de la implementación de un proyecto que incluya bombeo fotovoltaico, se debe prestar atención en asegurar su viabilidad y solidez ambiental. Particularmente, se debe prestar atención a la calidad y cantidad de agua como se delinea en la [Pauta Ambiental Sectorial en Agua y Saneamiento de la USAID](#), la cual cubre cuestiones de emplazamiento, pruebas de agua requeridas, análisis del nivel freático, y sostenibilidad de las condiciones hidrológicas. Allí donde sea necesario perforar pozo(s) nuevo(s), se puede crear un impacto ambiental importante (consulte el cuadro de mitigación a continuación, específicamente para uso en tierra y agua). Al examinar a efectividad de costos de las bombas solares, dos factores importantes a considerar son la cantidad de necesaria diariamente y la elevación<sup>3</sup> requerida.

<sup>2</sup> Visite <http://www.adb.org/news/videos/solar-lanterns-light-villages-india> y <http://live.wsj.com/video/solar-lanterns-bring-light-to-rural-india/DF984955-AFB1-4C0E-9C0C-02AA32A3A247.html#!DF984955-AFB1-4C0E-9C0C-02AA32A3A247>

<sup>3</sup> Elevación se refiere a la altura a la que la bomba levanta el agua.

### ***The Times of India: Panasonic India lanza proyecto de farola solar***

CHENNAI: Panasonic India lanzó su proyecto 100 mil farolas solares, que proporcionará 10.000 luces LED solares a personas sin luz eléctrica para el 2018, año en que la compañía cumple 100 años.

Panasonic aspira proporcionar 10.000 unidades de luces solares en tres regiones a lo largo de Asia y África. Como primera fase, se distribuyeron 3.000 luces solares en Myanmar en febrero del 2003. Cerca de 5.000 luces solares compactas han sido asignadas a las zonas fuera de la red en India, y 2.000 más serán entregadas a un campamento de refugiados en África, de acuerdo a un comunicado de la compañía.

Fuente : Sushma, TNN.

[http://articles.timesofindia.indiatimes.com/2013-03-08/chennai/37560642\\_1\\_solar-lights-panasonic-india-renewable-energy](http://articles.timesofindia.indiatimes.com/2013-03-08/chennai/37560642_1_solar-lights-panasonic-india-renewable-energy)

**Cuidado de la salud.** La tecnología fotovoltaica puede iluminar clínicas rurales y extender el uso de instalaciones médicas, incluyendo salas de operaciones durante emergencias, así como proporcionar energía a las herramientas de diagnóstico. Además, la electricidad fotovoltaica puede proveer energía a sistemas de comunicación e informáticos en zonas remotas. También puede proporcionar energía para la refrigeración de vacunas y almacenamiento de sangre, ecografías, ventiladores y microscopios.

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica utiliza diferentes tipos de colectores para transformar la luz solar en calor para una variedad de aplicaciones, desde calentar agua hasta cocinar. Una de las ventajas de la energía solar térmica es que puede producirse con equipos simples, y a una escala incluso menor que la tecnología fotovoltaica, proporcionando un beneficio económico local cuando los miembros de la comunidad son capacitados en la construcción y mantenimiento de estos sistemas.



Un secador solar indirecto en Afganistán

Foto: Robert Foster, Winrock International.

Una aplicación común de la tecnología solar térmica es el **calentamiento solar de agua**, a pesar de que los sistemas domésticos se encuentran principalmente en las zonas más pudientes del mundo en desarrollo. Pueden ser incorporados ampliamente en zonas urbanas a través de programas gubernamentales de incentivos que recompensan a los hogares que tienen sistemas de calentamiento de agua. Muchos de estos sistemas tienen una amortización<sup>4</sup> rápida cuando se comparan con los calentadores eléctricos o de gas convencionales (aproximadamente dos años de amortización para sistemas eléctricos y más de seis años para los sistemas de gas), y pueden ser particularmente importantes en entornos rurales que dependen de la madera para calentar el agua para uso en hogares, instituciones, y pequeñas y microempresas. En muchas zonas del mundo en desarrollo, los sistemas de calentamiento solar de agua son extremadamente simples y fabricados con materiales y mano de obra locales asequibles.

La energía solar térmica también puede ser utilizada para controlar el secado de varios cultivos y productos, como grano, fruta, café y pescado. Las tecnologías de **secado solar** consisten en colocar el producto en una caja de secar, usando el "efecto chimenea" para que tanto el aire frío como el templado circulen para eliminar la humedad mientras el sol seca el producto. (alternativamente, se puede utilizar un ventilador para proporcionar circulación). El secado solar alivia la presión ambiental al reducir la cantidad de leña que se necesitaría para el secado de los cultivos, así como la disminución de nutrientes durante el proceso de secado.

---

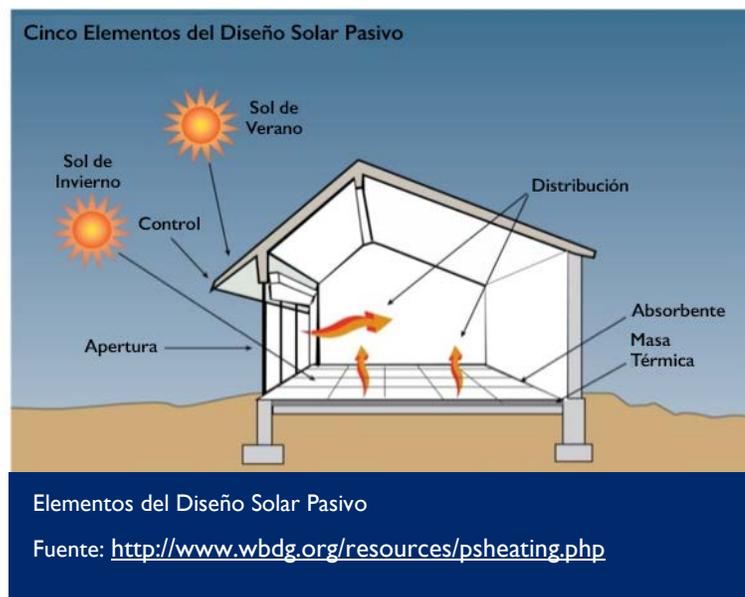
<sup>4</sup> Amortización es el período de tiempo requerido para recuperar los costos de una inversión inicial.

La **cocción solar** es otra aplicación de la energía térmica. El diseño básico de un horno solar es una caja con tapa de vidrio recubierta con material aislante y una superficie reflectante para concentrar el calor en las ollas. Las ollas se pueden pintar de negro para atraer más calor. A pesar de que estos hornos son efectivos sólo durante horas de luz solar directa y requieren un tiempo de cocción más largo que muchos de los métodos convencionales, no requieren madera, lo que ejerce menos presión en el medio ambiente donde la madera es una fuente importante de combustible para cocinar y permite a las mujeres concentrarse en otras actividades en lugar de recolectar leña. Algunas estufas solares, en lugar de ser cajas como hornos, utilizan un disco parabólico para concentrar la luz solar en una placa de cocción que puede utilizarse para freír y cocinar alimentos rápidamente, siempre que haya luz solar directa. Hay disponibles muchas estufas solares producidas comercialmente, así como un sólido historial de cocción solar utilizando estufas fabricadas localmente en todo el mundo.

**La purificación solar de agua** es un método para descontaminar agua potable. El uso de una tapa de vidrio o plástico transparente sobre una bandeja negra y poco profunda con agua hace que el sol caliente el agua. El agua se evapora y condensa en la parte inferior de la tapa. La tapa se inclina para que el agua limpia caiga a otro contenedor. Otra opción es la pasteurización, con la cual se calienta el agua a 65°C durante seis minutos, matando así las bacterias y parásitos perjudiciales para los humanos. Este tipo de pasteurización se puede conseguir fácilmente utilizando materiales bastante básicos, como colocando botellas de vidrio en los calientes tejados urbanos en días de sol.

**La refrigeración solar térmica** utiliza un colector solar para proporcionar calor a un sistema de enfriamiento de fluidos refrigerantes en tubos colectores. Un tanque de almacenamiento termal recibe y guarda estos fluidos refrigerantes, los cuales alimentan la unidad de aire acondicionado (AC, por sus siglas en inglés) termal para refrigeración. Se utiliza un intercambiador de calor para hacer disipar el calor entre los espacios fríos y calientes.

**El diseño solar pasivo** utiliza la energía natural del sol para mejorar la comodidad termal en una estructura sin el uso de dispositivos mecánicos. Se pueden utilizar estrategias de diseño tanto para calentar como para enfriar un inmueble. La orientación, ubicación y paisajismo de una edificación tienen el potencial de reducir en un 20% los requerimientos de energía del mismo. Por ejemplo, en climas fríos, dirigir las ventanas hacia el sol de mediodía puede reducir la necesidad de calefacción mecánica. Si se utiliza el diseño solar al principio del proceso de construcción, los costos de calefacción y refrigeración se pueden reducir substancialmente con un período de amortización rápido al incorporar características solares pasivas en el diseño inicial del inmueble.



## IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Si se compara con la energía basada en combustibles fósiles, la energía solar produce menos emisiones al aire. Existen, sin embargo, impactos ambientales potenciales asociados con la construcción, operación y desmantelamiento de ciertos sistemas de energía solar, incluyendo la polución a medio ambientes cercanos y emisiones GHG.

El cuadro a continuación proporciona una reseña general de los principales impactos ambientales asociados con los proyectos de energía solar a pequeña escala. Por cada impacto ambiental potencial, se proporcionan las medidas de mitigación y control recomendadas. Por cada medida de mitigación y control, la fase en la cual se recomienda que se tome la acción se indica siguiendo la siguiente clave: Planificación y Diseño (P&D), Construcción (C), Operación y Mantenimiento (O&M), y Desmantelamiento (DCM).

**Nota:** Los impactos ambientales y las correspondientes medidas de mitigación y control que se incluyen se han planeado como una guía. Aunque estas listas son amplias, no tienen la intención de ser completas y siempre se deben analizar los impactos a nivel del proyecto específico para garantizar un adecuado tratamiento de los problemas.

Además, el cuadro siguiente no debe utilizarse en lugar de un Plan Ambiental de Mitigación y Control (EMMP) específico al proyecto. En el ANEXO I de este documento, se proporciona un patrón para estos EMMPs específicos a proyectos.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Cambios en el Uso de Tierras.</b> Los cambios en el uso de tierras pueden afectar a los servicios ecosistémicos de la zona. Debería considerarse minimizar los cambios que tendrán el mayor impacto negativo en servicios ecosistémicos importantes y en hábitats sensibles. Por ejemplo, la tierra y suelo del área designada puede verse afectada por el desmonte, la construcción y desmontaje de sistemas tanto térmicos como fotovoltaicos (especialmente si es necesario perforar un pozo para un sistema de bombeo PV). Estas acciones pueden impactar de forma negativa el suministro y calidad del agua así como a emplazamientos biológica o culturalmente sensibles. En sistemas terrestres lo suficientemente grandes, los cambios en la tierra pueden resultar en la pérdida de hábitats y/o interferir con usos de tierra existentes. Sin embargo, después de la construcción, muchas de las tierras alrededor del conjunto PV se repoblarán con flora local, aunque será necesario segarla y mantenerla para facilitar las operaciones.</p> <p>Típicamente, centrales eléctricas PV requieren alrededor de 100ft<sup>2</sup>/kW de tierra (asumiendo máxima generación). Los sistemas térmicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A ser posible, los sistemas PV a pequeña escala deberían ser construidos en techos de viviendas o edificaciones. (C, P&amp;D)</li> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Construcción de la USAID</a> para obtener orientación acerca de los impactos ambientales asociados con estos aspectos de los proyectos de energía solar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Construcción de la USAID</a> para obtener orientación en el control de los impactos ambientales asociados con estos aspectos de los proyectos de energía solar.</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p>solares están ubicados principalmente en techos. En cuyos casos, los cambios en la tierra no son una preocupación importante.</p>		
<p><b>Sustancias Contaminantes.</b> Los cambios de fluido refrigerante requeridos durante la operación de sistemas térmicos solares crean un riesgo de contaminación accidental del agua. Los sistemas PV enfrentan bajos riesgos de contaminación accidental, excepto en el caso en que un incendio en el sistema pueda liberar sustancias contaminantes en el medio ambiente. En estos casos, el riesgo de emisiones de sustancias contaminantes es consistente con riesgos similares en cualquier sistema eléctrico.</p> <p>Los sistemas PV de los países en desarrollo típicamente funcionan con conjuntos de baterías. Estas baterías contienen materiales tóxicos que deben eliminarse como desechos tóxicos cuando la vida útil de la batería ha terminado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar y analizar la gestión de desperdicios y planes para su eliminación con proveedores y usuarios durante la fase de concepto y diseño. (P&amp;D)</li> <li>• Asegurar que las baterías PV gastadas se separen de los otros desperdicios sólidos y sean eliminadas con otros desechos peligrosos, como pintura y químicos tóxicos. El plan de eliminación debería tomar en cuenta la totalidad de los desperdicios potencialmente peligrosos. (P&amp;D, O&amp;M, DCM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la implementación de planes de eliminación de desperdicios dos veces al año. (O&amp;M)</li> <li>• Analizar el agua cercana dos veces al año para asegurar que no esté contaminada con materiales refrigerantes. (O&amp;M)</li> <li>• Asegurar que haya disponibilidad de instalaciones de reciclaje de baterías apropiadas y supervisar el proceso de reciclaje. (P&amp;D, O&amp;M, DCM)</li> </ul>
<p><b>Impactos Visuales.</b> Los paneles solares y matrices grandes pueden ser considerados estéticamente desagradables, especialmente en zonas rurales y culturalmente sensibles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer contacto con la comunidad durante la fase de planificación para minimizar los impactos estéticos y visuales adversos, prestando atención a la ubicación y diseño. Proporcionar una mejor integración del sistema con las edificaciones. (P&amp;D, C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar encuestas a la comunidad y a las partes interesadas antes y durante la implementación del proyecto. Típicamente, es apropiado hacerlas dos veces al año o trimestralmente. (P&amp;D, O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Uso del Agua.</b> Perforar un pozo para el bombeo solar de agua puede afectar el flujo y la calidad del agua subterránea natural. Alteraciones en la gradiente de presión natural durante la perforación también pueden interrumpir la producción de agua en las fuentes cercanas.</p> <p>Puede ser necesaria la limpieza periódica de los paneles PV en zonas de precipitación limitada, y requiere cantidades de agua poco triviales. En matrices de servicio público, se necesitan de 26 a 30 galones de agua por MWh.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden utilizar juntas de cemento para separar y proteger las rocas, suelos y aguas subterráneas cercanas. (C)</li> <li>• Pozos nuevos deberían ubicarse a una distancia seguro de los pozos existentes para evitar cambios en la gradiente de presión que podría afectarlos. (P&amp;D, C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguir la Orientación en Mitigación y Control disponible en las <a href="#">Pautas Ambientales Sectoriales para Agua y Saneamiento de la USAID</a>. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Impacto Indirecto.</b> Los sistemas PV que requieren la extracción de sílice y varios metales incluyendo "metales energéticos" como el galio, el indio, el selenio y el telurio. Puede que esos impactos no sean aparentes al usuario, pero deberían ser abordados como parte de las evaluaciones ambientales del ciclo de vida de los proyectos PV.</p> <p>Tampoco es aparente al usuario el proceso de fabricación de los sistemas PV, el cual consume mucha energía. La cantidad de materiales peligrosos depende del tipo de célula, siendo las monocélulas las que contienen más materiales peligrosos. Durante los procesos regulares, los gases utilizados (como el silano y la fosfina) no son peligrosos como emisiones al aire, pero son altamente tóxicos en caso de accidentes o fugas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En lo posible y rentable, las solicitudes y concesiones a los proveedores deben proporcionar las provisiones de fuente/origen que demuestren la debida diligencia en la extracción y procesamiento de los metales y materias primas utilizadas en la fabricación de sistemas PV. (P&amp;D)</li> <li>• Medidas de mitigación adecuadas incluyen provisiones de adquisición que requieran el reciclaje de los productos químicos utilizados, adopción de precauciones adecuadas durante la fabricación (uso de equipo de protección personal, etc.) emplazamiento y diseño adecuados del proyecto. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> <li>• Para minimizar los impactos ambientales relacionados con la producción, se deberían explorar capas celulares más delgadas y materiales de producción más seguros y eficientes. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir la auto-certificación de fuente/origen. Aplicar una auditoría puntual cuando sea factible. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Revisar anualmente las acciones de salud ocupacional y seguridad. (O&amp;M)</li> <li>• Hacer seguimiento del número de lesiones y accidentes en el lugar del proyecto. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Seguridad.</b> La tecnología de alto valor como los sistemas PV solares pueden ser gran objetivo de hurto. El robo de baterías puede tener un impacto negativo particular en el medio ambiente, ya que es sabido que los ladrones se deshacen del fluido de las baterías de forma descuidada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación y posicionamiento adecuados (fuera de alcance) de sistemas solares con equipo anti-robo, compartimiento de baterías con malla y monturas seguras. (P&amp;D, C)</li> <li>• En los sistemas de la comunidad (o en hospitales, escuelas, etc.) puede ser efectiva la intervención de la comunidad y/o la contratación de un vigilante. (O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir el mantenimiento oportuno/programado de los sistemas solares para impedir hurtos y mantener los equipos. (O&amp;M)</li> <li>• Revisar anualmente las medidas y estrategias de prevención de robos. (O&amp;M)</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrenar a los operadores de paneles solares y trabajadores de mantenimiento en las medidas y estrategias de prevención de robos. (O&amp;M)</li> </ul>	

# ENERGÍA EÓLICA



La energía eólica puede de electrificación rural competitiva desde el punto de vista de costos., particularmente en zonas remotas con abundantes recursos eólicos.

Aerogeneradores en Sri Lanka. Foto: Fairway Holdings.

## SINOPSIS

Los proyectos de energía eólica pueden variar ampliamente en escala y emplazamiento. **Las turbinas individuales y en pequeña escala**<sup>5</sup> pueden ser utilizadas para el bombeo de agua e irrigación, o para proveer electricidad a escuelas, hospitales y viviendas individuales rurales. También se pueden utilizar múltiples turbinas para la electrificación de comunidades, aplicaciones comerciales e institucionales grandes; o proyectos eólicos en islas pequeñas.

A diferencia de los desarrollos eólicos a pequeña escala, **los parques eólicos a gran escala** para la producción de energía eólica pueden abarcar cientos de acres en tierra o altamar. Esta guía discute brevemente la energía eólica a gran escala, pero el enfoque principal de esta sección son los potenciales impactos ambientales, beneficiosos o adversos, resultantes del uso de sistemas de energía eólica a pequeña y mediana escala para satisfacer las necesidades de energía en los contextos en desarrollo.

## TENDENCIAS, RENTABILIDAD Y RETOS

A nivel global, la energía eólica es una fuente de energía de crecimiento rápido. Entre el año 2007 y el 2012, la generación de energía eólica creció a una tasa anual del 25%. A pesar de que mucho de este crecimiento fue impulsado por instalaciones en gran escala e inversiones en países desarrollados, la continua inversión en grandes mercados emergentes (como China y la India) y nuevas inversiones en una lista de países en constante crecimiento, sugiere un futuro prometedor para la industria. En el año 2012,

---

<sup>5</sup> A fines de esta guía, los **aerogeneradores en pequeña escala** son turbinas que generan hasta 100 kilovatios (kW) de poder, como lo define el Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos (NREL, por sus siglas en inglés). NREL define como **aerogeneradores en mediana escala** a las turbinas que generan entre 100 kW y 1 MW de poder.

China instaló 13 gigavatios (GW) de energía eólica. En el mismo período, India añadió más de dos GW de energía eólica.

En Latinoamérica, Brasil, México, Argentina, Chile, Uruguay, Costa Rica y Nicaragua se encuentran entre los países que han invertido en energía eólica. En África, el crecimiento ha sido menos pronunciado, aunque Túnez, Etiopía y Sudáfrica han instalado individualmente al menos 0,5GW de energía eólica en el pasado año.

La energía eólica a pequeña escala aún no tiene un crecimiento rápido, aunque eso está empezando a cambiar. El mayor predominio de microrredes y sistemas de fuentes de energía distribuida (DER, por sus siglas en inglés)—que se discute con mayor detalle en la sección Fuente de Energía Distribuida de esta guía— ha creado una infraestructura de mayor apoyo a las tecnologías mini eólicas. Las tendencias recientes sugieren que el mercado está favoreciendo a turbinas productoras de al menos 50kW, ya que la financiación es más fácil a ese tamaño mínimo.

En general, el costo de la energía eólica a pequeña escala se está volviendo cada vez más competitivo en comparación con otros sistemas de generación energética a pequeña escala, con cálculos recientes de tan solo \$0,05 kilovatios por hora (kWh), aunque los cálculos más conservadores tienden a ser en el rango de \$0,15-\$0,35 kWh.

Dado que los aerogeneradores requieren importantes inversiones de capital por adelantado y, en las instalaciones de mayor tamaño, complejos requisitos de emplazamiento e instalación, los proyectos de mayor escala generalmente son más rentables. Debido a los bajos costos de operación después de la instalación, los relativos ahorros de inversión de capital e instalación de un parque eólico a granel pueden generar electricidad a menor costo (de \$0,04 a \$0,16 kWh).

## APLICACIONES DE LAS TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA MINIEÓLICA

**Aplicaciones eólicas domésticas e institucionales.** Cada vez más, los aerogeneradores en pequeña escala ofrecen una alternativa competitiva al gasóleo y otras formas de electrificación rural tanto en costo como en implementación. Los proyectos pueden construirse a una medida que puedan proporcionar suficiente energía a viviendas, escuelas, granjas y hospitales, muchos generando menos de 5kW de poder.

En muchos casos, el costo de conexión a una red nacional puede ser prohibitivo para proyectos que tengan como objetivo abordar los modestos requerimientos de electricidad de muchas de las zonas rurales alrededor del mundo en desarrollo. Además, ubicar las pequeñas turbinas de manera que conecten directamente a edificaciones, o a las miniredes de la aldea local puede ofrecer una mayor garantía de electricidad que una fuente de energía centralizada no confiable. Los aerogeneradores para aplicaciones fuera de la red incorporan almacenamiento (por lo general baterías), controles y equipos de acondicionamiento de energía (también conocidos como componentes de **balance de sistema**). A pesar de que estos sistemas son costosos de implementar, pueden proporcionar energía ininterrumpida para hospitales, equipos de comunicación y otras cargas críticas.

La variabilidad de los recursos eólicos derivada de las fluctuaciones diarias en la velocidad del viento favorece los sistemas híbridos que incluyen tanto tecnología solar fotovoltaica (PV) como aerogeneradores de menor tamaño. Combinar aerogeneradores con PV ofrece la oportunidad obtener energía durante días soleados con poco viento y en la oscuridad en condiciones de nubosidad.

### **Unidades de Almacenamiento de Batería**

La dependencia en unidades de almacenamiento de batería en aplicaciones fuera de la red significa que el diseño del proyecto debe incorporar las consideraciones ambientales asociadas.

**Baterías de plomo ácido**, las cuales se utilizan más frecuentemente en aplicaciones fuera de red, vienen en dos variedades: de electrolito **inundado y reguladas por válvula**. Desde la perspectiva de planificación ambiental, éstas se diferencian en que las baterías de plomo ácido inundadas liberan grandes cantidades de gases de hidrógeno y oxígeno producidos durante el funcionamiento normal. ¡Estos gases son potencialmente explosivos y, si las baterías son almacenadas en áreas con poca ventilación, representan un riesgo importante para implementadores y beneficiarios!

Por el contrario, las baterías de plomo reguladas por válvula recombinan los gases de hidrógeno y oxígeno producidos durante el funcionamiento normal dentro de la batería. A pesar de que se libera algo de gas, es mínimo en comparación con las baterías de plomo inundadas, y sólo se requiere ventilación moderada.

De manera más general, las baterías de plomo ácido contienen una variedad de materiales potencialmente peligrosos. La seguridad y desecho apropiados de baterías es esencial para minimizar el riesgo de exposición dañina.

Consulte los recursos de Energía y Salud de la USAID en [Baterías y Gestión de Baterías](#) y [Prevención de Robos](#) para más información en el uso y gestión de baterías y unidades de almacenamiento de baterías.

Los aerogeneradores en aplicaciones conectadas a la red son más económicos y fáciles de implementar, y pueden aumentar la fiabilidad de la red y reducir los riesgos asociados con la gestión de las unidades de almacenamiento de batería (ver el cuadro a la izquierda).

**Bombeo de agua con energía eólica.** A pesar de que el bombeo mecánico de agua utilizando energía eólica es una tecnología centenaria, tecnologías más avanzadas de este sistema ha sido relativamente lentas en ganar popularidad generalizada. Aunque las nuevas tecnologías de bombeo de agua con energía eólica serían muy adecuadas en zonas rurales en desarrollo, la limitada familiaridad—y disponibilidad— con estas tecnologías restringe su uso. Las tecnologías de bombeo de agua con energía eólica se están volviendo más asequibles y pueden proporcionar agua suficiente para satisfacer las necesidades de pequeñas aldeas rurales. Como se discutió anteriormente, sistemas híbridos que combinan sistemas eólicos y fotovoltaicos pueden proporcionar mayor confianza. Consultar la [hoja de datos técnicos desarrollada por Acción Práctica](#) para mayor información en bombas de agua eólicas.

**Proyectos Eólicos Comunitarios.** Los proyectos en los que se comparten los beneficios energéticos entre grupos de personas son referidos como proyectos eólicos comunitarios. La inversión y propiedad colectiva en, por ejemplo, una turbina de 100kW, puede generar beneficios energéticos

en una variedad de contextos, incluyendo escuelas, pueblos, cooperativas agropecuarias e islas.

El cuadro a continuación titulado "*Cabeólica, Cabo Verde: Viento de la Isla Pequeña*" ofrece una visión detallada de un proyecto eólico de isla en Cabo Verde.

### ***Cabeólica, Cabo Verde: Viento de la Isla Pequeña***

En el año 2009, el gobierno de Cabo Verde desarrolló *Cabeólica*, una empresa pública y privada encargada del desarrollo del potencial eólico de Cabo Verde

Como estado compuesto de nueve islas pequeñas, Cabo Verde recibe regularmente vientos de moderados a fuertes (de hasta 10 metros por segundo), y el costo de transporte de generadores eléctricos a gasóleo es extremadamente costoso.

En el año 2010, *Cabeólica* recaudó \$78 millones en financiamiento de la Corporación Financiera de África, Finfund, InfraCo Ltd, el Banco Europeo de Inversiones y el Banco Africano de Desarrollo. Con estos fondos, *Cabeólica* encargó en los años 2011 y 2012, el desarrollo de cuatro parques eólicos, compuestos de 30 aerogeneradores de 850 kW para una capacidad total de 25,5 MW. A través de esta inversión, Cabo Verde satisface casi el 20% de su demanda eléctrica con energía eólica, a la vez que reduce el uso de gasóleo en 22.000 toneladas.

Los proyectos en Cabo Verde son indicativos de la viabilidad potencial de las opciones de energía eólica donde los recursos eólicos están fácilmente disponibles, el gobierno y las comunidades del sector privado están alineadas, y otras opciones energéticas alternativas son hostiles con el ambiente o poco atractivas económicamente.

Fuente: Premios Ashden, 2013. <http://www.ashden.org/blog/what-small-island-can-teach-rest-world-about-wind-power>

## **IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ENERGÍA EÓLICA A PEQUEÑA ESCALA**

El cuadro siguiente proporciona un sinopsis de los principales impactos ambientales potenciales asociados con la energía eólica a pequeña escala, así como las medidas de mitigación y control recomendadas. por cada medida de mitigación y de control, la fase en la cual se recomienda que se tome la acción se indica siguiendo la siguiente clave: Planificación y Diseño (P&D), Construcción (C), Operación y Mantenimiento (O&M), y Desmantelamiento (DCM).

Estos impactos ambientales, medidas de mitigación y medidas de control proporcionadas aquí se han planeado como una guía. Aunque estas listas son amplias, no tienen la intención de ser completas y siempre se deben determinar los impactos a nivel del proyecto específico antes de su implementación para garantizar un adecuado diseño de proyecto.

Además, el cuadro siguiente no debe utilizarse en lugar de un Plan Ambiental de Mitigación y Control (EMMP) específico al proyecto. En el ANEXO I de este documento, se proporciona un formato para estos EMMPs específicos a proyectos.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Riesgos a las Aves y a la Biodiversidad.</b> Aunque los aerogeneradores a pequeña escala no presentan una amenaza importante a las aves dada su poca altura y diámetro de rotor, los pájaros y murciélagos pueden colisionar con las turbinas en operación, o ser lesionados en vuelo a causa de las fluctuaciones en la presión del aire causadas por las aspas giratorias. Al igual que con cualquier proyecto de construcción, la alteración del suelo puede crear usos de tierras rivales, los cuales tienen impactos variables tanto en los servicios ecosistémicos como en los hábitats de flora y fauna sensible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar a cabo una evaluación pre-desarrollo y/o una ESV para asegurar que se eviten zonas biológicamente sensibles. (P&amp;D)</li> <li>• En lo posible, evitar proyectos en zonas con especies de aves y/o murciélagos en peligro de extinción. (P&amp;D)</li> <li>• Cuando el emplazamiento del proyecto pueda afectar a especies en peligro o amenazadas, la operación de los aerogeneradores debe limitarse para prevenir un impacto substancial (un estudio de comportamiento de murciélagos ha demostrado que son más activos en períodos de vientos de menor velocidad). (O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguimiento de los casos de lesiones a especies de aves o murciélagos. (P&amp;D)</li> </ul>
<p><b>Perturbación de la Tierra.</b> En los aerogeneradores a pequeña escala, la perturbación de la tierra no es un impacto ambiental importante. Típicamente, menos de 1 acre de tierra por MW se ve perturbado permanentemente por las operaciones de aerogeneradores y torres eólicas a pequeña escala. Esto significa que el uso general del suelo es mínimo, pero aún se debería tomar en cuenta para garantizar que valiosos servicios ecosistémicos y hábitats sensibles se mantengan sin daño alguno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donde se pueda aplicar, utilizar el emplazamiento del aerogenerador para usos alternativos como la producción agrícola o el pastoreo de ganado, para minimizar la perturbación de la tierra utilizada. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Conducir una evaluación previa al desarrollo y/o una ESV para asegurar que la construcción evite zonas biológicamente sensibles, así como las áreas críticas para proporcionar servicios ecosistémicos valiosos. (P&amp;D)</li> <li>• Establecer un protocolo y presupuesto para la eliminación de las turbinas al finalizar su vida útil. (P&amp;D, DCM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar con la comunidad en referencia al emplazamiento del proyecto, diseño y gestión antes de la implementación del proyecto. (P&amp;D)</li> <li>• Entrevistar a miembros de la comunidad antes de la implementación del proyecto para asegurar que el uso de la tierra es compatible con el desarrollo eólico. (P&amp;D)</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Ruido e Impactos Visuales.</b> Los aerogeneradores producen ruido y pueden impactar la estética y cuenca visual de los emplazamientos. Estos impactos suelen ser mínimos en las instalaciones eólicas pequeñas y no de una escala que afecte negativamente la salud de la comunidad.</p> <p>No obstante, deben planificarse las preferencias de la comunidad desde el comienzo del proyecto para asegurar que el mismo es compatible con las necesidades de la comunidad local.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Involucrar a los miembros de la comunidad (y/o hogares) durante el proceso de diseño y ubicación del proyecto, pidiendo sus aportes para asegurar que el emplazamiento y la selección de tecnología se encuentre en sintonía con las necesidades de la comunidad, y para que se eviten o minimicen los impactos adversos estéticos y en zonas de valor cultural o histórico. (P&amp;D)</li> <li>• Durante la fase de planificación, asegurar que la ubicación del sistema eólico minimiza los impactos del ruido en la comunidad local. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir encuestas en la comunidad y partes interesadas durante la preparación del concepto. (P&amp;D)</li> <li>• Conducir entrevistas periódicas con miembros de la comunidad para medir su satisfacción con la instalación y con las iniciativas para minimizar o evitar los impactos adversos estéticos o en zonas de valor cultural o histórico. (O&amp;M)</li> <li>• Hacer seguimiento del número de quejas de la comunidad acerca del ruido. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Salud Pública.</b> El agua estancada producto de derrames en bombas de agua eólicas puede convertirse en un riesgo para la salud. Al igual que con cualquier sistema de agua, el pastoreo excesivo cerca del suministro de agua puede ser un grave problema, especialmente en ambientes áridos y semiáridos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer comités de uso de las bombas eólicas y/o agua basados en tarifas durante la fase de concepto, y capacitar a los miembros de la comunidad en el mantenimiento adecuado de los sistemas de bombas de agua y en cómo identificar y abordar problemas en el equipo. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> <li>• Proporcionar entrenamiento y campañas de concientización para alertar a los beneficiarios del proyecto de los riesgos potenciales a la salud. (O&amp;M)</li> <li>• Conducir una evaluación previa al desarrollo y/o una ESV para asegurar que la construcción y uso de la tierra evitará riesgos al suministro y calidad del agua. (P&amp;D)</li> <li>• Asegurar que las actividades de pastoreo en el emplazamiento de la bomba de agua sean minimizadas o eliminadas completamente. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Utilizar un mecanismo de apagado automático para evitar derrames alrededor de bombas de agua. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un comité de uso del agua que conduzca revisiones semanales del funcionamiento del equipo y para mantener registros del número de miembros de la comunidad que han sido entrenados o alcanzados a través de las campañas de concientización. (P&amp;D) (O&amp;M)</li> <li>• Mantener registros mensuales del número de enfermedades transmitidas por agua. (O&amp;M)</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Uso de Agua.</b> Las bombas de agua eólicas abordan importantes zonas necesitadas, pero sólo son efectivas si la ubicación de los pozos y/o la selección de bombas toma en cuenta la idoneidad del origen del agua, incluyendo el rendimiento sostenible y la calidad estacional del agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar la <a href="#">Pautas Ambientales Sectoriales para Agua y Saneamiento de la USAID</a> para las mejores prácticas para el diseño sólido y gestión de pozos de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar la <a href="#">Pautas Ambientales Sectoriales para Agua y Saneamiento de la USAID</a> para las mejores prácticas para el diseño sólido y gestión de pozos de agua.</li> </ul>
<p><b>Uso de Baterías.</b> Los sistemas eólicos pequeños diseñados para operar en ausencia de red eléctrica a menudo dependen de baterías, las cuales contienen materiales tóxicos que deben desecharse como desperdicios peligrosos cuando la batería se ha gastado.</p> <p>Además, algunas baterías de plomo ácido inundado, a pesar de ser menos costosas, requieren ser almacenadas en áreas bien ventiladas para reducir el riesgo de acumulación de gases de hidrógeno y oxígeno potencialmente combustibles liberados durante su funcionamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar y evaluar la gestión de desperdicios y planes para su desecho con los proveedores y usuarios durante la fase de concepto y diseño. (P&amp;D)</li> <li>• Asegurar que las baterías gastadas se separen de otros desperdicios sólidos y sean eliminadas con los desechos peligrosos, como pintura y químicos tóxicos. El plan de gestión de desperdicios debería tomar en cuenta la totalidad de los desperdicios potencialmente peligrosos. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Seleccionar baterías en base a la ubicación de su almacenamiento, teniendo en cuenta factores como ventilación y temperatura.</li> <li>• Asegurar baterías de manera que no puedan ser robadas para ser vendidas como chatarra o utilizadas con propósitos alternativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la implementación de los planes de gestión de desperdicios dos veces al año. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Hacer seguimiento de las incidencias de materiales robados. (O&amp;M)</li> <li>• Hacer seguimiento de la cantidad de accidentes causados por el uso o exposición a baterías. (O&amp;M)</li> </ul>

# HIDROENERGÍA A PEQUEÑA ESCALA



Los proyectos de mini centrales hidroeléctricas se implementan utilizando varios diseños, los cuales se determinan en base a las condiciones específicas del lugar, como la tasa de flujo, altura, nivel del agua y las fluctuaciones estacionales de la disponibilidad de agua.

Esta imagen de una operación microhidroeléctrica en Nepal muestra la tubería forzada alimentando la central, mientras el arroyo continúa fluyendo a un lado.

Foto: Winrock International.

## SINOPSIS

La hidroenergía opera convirtiendo el flujo de los recursos hídricos en electricidad. El flujo de agua se **remueve** —o toma— del recurso hídrico de origen (usualmente a través de canales) y cae a través de una **tubería forzada** (usualmente de plástico o acero) hacia la **central eléctrica**, donde la turbina y el generador (acoplado al eje de la turbina) rotan con la fuerza del flujo del agua y la energía generada se transfiere a la comunidad a través de líneas de transmisión. Los mecanismos y estructuras que controlan la dirección de flujo de extracción de agua se conocen como **tomas de agua**. A medida que el agua deja el sistema hidro, fluye desde la central a través del **canal de descarga**, un canal bajo la represa, dique o turbina. Básicamente, la cantidad de electricidad que se puede generar depende de qué altura cae el agua y del volumen de agua que fluye a través de las aspas de la turbina. Esto es como función de:

- La velocidad a la que fluye un volumen de agua (caudal) a través de la turbina;
- La diferencia en altura entre el nivel de elevación del agua contracorriente y la elevación del agua al salir de la turbina, menos las pérdidas dentro de la tubería forzada (cabezal); y
- La eficiencia operativa combinada de la turbina y el generador.

Esta sección proporciona una sinopsis de las mejores prácticas en la generación de hidroenergía, los impactos ambientales y las estrategias de mitigación.

Una **central hidroeléctrica a pequeña escala** se define aquí como una instalación de generación hidroeléctrica que produce menos de 10 megavatios (MW) de poder.<sup>6</sup> Los subconjuntos de centrales

<sup>6</sup> En algunos países, como la India y China, la hidroenergía a pequeña escala se define como la generación de energía hidroeléctrica hasta 25MW. Otros países, como Estados Unidos, consideran ser de pequeña escala hasta 30MW. Esta guía utiliza la escala de 10MW, adaptado por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés).

hidroeléctricas a pequeña escala, que a menudo se refieren como centrales **mini-hidroeléctricas** y **micro hidroeléctricas**, también se cubren en esta sección. La mini-hidroeléctrica se define aquí como una instalación hidroeléctrica que genera entre 100 kilovatios (kW) y 1 MW de poder; una microeléctrica se define como la que genera menos de 100kW.

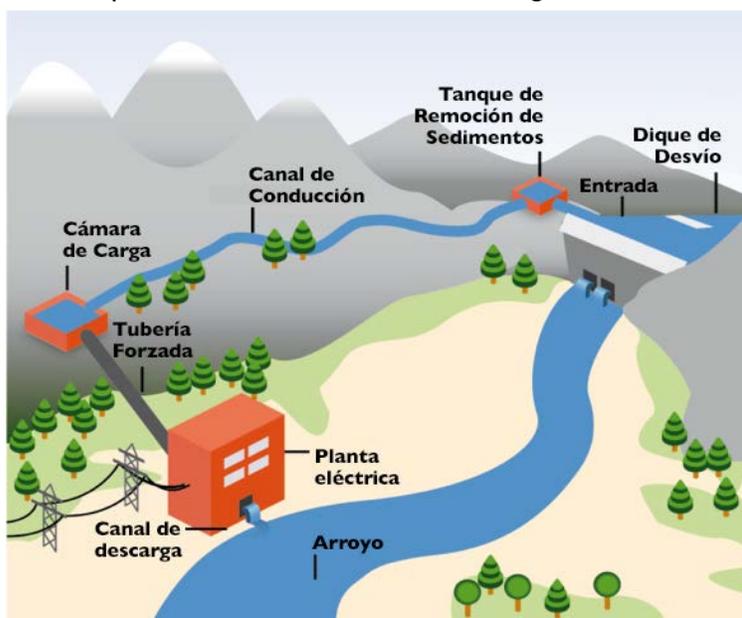
## TENDENCIAS Y RENTABILIDAD

Las pequeñas centrales hidroeléctricas han ganado popularidad en el desarrollo rural porque, a menudo, el costo de diseño e implementación del sistema es competitivo en relación a la generación de energía fuera de la red a partir de combustibles fósiles tradicionales, o a soluciones energéticas conectadas a la red en zonas rurales remotas (ver la sección Consideraciones de Costos de esta guía para consultar un cuadro comparativo de los costos en la duración del proyecto de proyectos comunes de generación de energía eléctrica renovable). Las tecnologías se consideran sin carbono, con pocas o ninguna emisión de GHG durante su operación. Además, una vez instalada, la energía producida puede proporcionar una fuente de ingresos para las comunidades o, si está conectada a la red, a mayores proveedores de energía.

A nivel internacional, la pequeña hidroeléctrica es actualmente la más predominante en Asia. Actualmente, India tiene más de 3500MW de pequeñas centrales hidroeléctricas en funcionamiento.<sup>7</sup> China tiene más de 45.000 plantas, con una capacidad total superior a 50GW. China además utiliza la completa gama de aplicaciones funcionales para pequeñas centrales, con conexión a redes eléctricas centralizadas, así como el uso en redes aisladas más pequeñas o aplicaciones fuera de la red. La mayor parte de los otros países asiáticos incluyendo Nepal, Sri Lanka, Bhután, Indonesia, Afganistán, Pakistán y Filipinas también emplean la pequeña hidroeléctrica para la red eléctrica y la electrificación rural.

Por el contrario, en Latinoamérica predomina la energía hidroeléctrica a mediana y gran escala. En general, la energía hidroeléctrica representa más del 60% de la generación de electricidad de América Latina. Debido al suministro importante de energía eléctrica en la región, la diversificación de la generación eléctrica en Latinoamérica ha tendido a la eólica, solar y biomasa en lugar de la pequeña hidroeléctrica.

El África subsahariana tiene el mayor potencial para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas. Se estima que, en el año 2006, solo se aprovechó el 5% del potencial de los recursos hídricos. Sin embargo, países como Ruanda, Kenia<sup>8</sup>, Etiopía, Sudáfrica, Zambia y Mozambique, están invirtiendo cada vez más en proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas o microhidroeléctricas. Tanto los proyectos integrados en la red como los de electrificación rural fuera de



<sup>7</sup> Según la acotación anterior, este total incluye algunas centrales pequeñas que generan entre 10 y 25MW; sin embargo, debería notarse que la capacidad promedio de proyecto es sólo 3,8MW.

<sup>8</sup> Actualmente, más del 50% del suministro de energía en Kenia, proviene de la energía hidroeléctrica.

la red están ganando importancia. A pesar de que las oportunidades están aumentando, la expansión ha sido obstaculizada por sistemas reguladores deficientes, mala administración fiscal, operaciones ineficientes e incentivos limitados.

Cada diseño hidroeléctrico ofrece ventajas y desventajas dependiendo de la eficiencia de utilización de los recursos hídricos disponibles, la expansión de impactos en el ambiente y el costo de implementación del proyecto.

## APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA

### CAUCE FLUVIAL VS. EMBALSE

La mayoría de los proyectos hidroeléctricos se dividen en dos categorías: 1) **Embalse** o 2) **Cauce Fluvial (RoR, por sus siglas en inglés)**, aunque ocurren variaciones dentro de estas categorías.

La gran mayoría de los proyectos hidroeléctricos a pequeña escala asistidos por donaciones son sistemas **RoR**, los cuales funcionan desviando el agua del río hacia un canal de conducción aguas abajo para obtener el nivel deseado y que caiga a través una tubería forzada (acueducto) hacia la turbina (ubicada típicamente en la planta eléctrica) la cual acciona el generador. Con un diseño y ubicación ambientalmente sólidos, los proyectos RoR típicamente producen impactos mínimos en el flujo del río aguas abajo y conllevan el beneficio adicional de un capital de inversión inicial menor en comparación con los proyectos hidroeléctricos de embalse. No obstante, los impactos potenciales como disminución del índice de flujo, alteraciones en la carga de sedimentos, o erosión del suelo, entre otros, pueden aún requerir la implementación en el proyecto de medidas de mitigación y control para asegurar impactos no significativos. Además, en lugares donde existan múltiples proyectos RoR en el mismo río o cuerpo de agua, los impactos acumulativos pueden convertirse de importancia, especialmente para el suministro de agua, la biodiversidad, y cualquier zona pesqueras sensibles, (ver el cuadro siguiente titulado "*Hidroelectricidad en Cascada*" y la sección en Impactos Acumulativos de esta guía), requiriendo planificación y regulación a nivel de cuenca.

Los esquemas de cauce fluvial tienen sus limitaciones técnicas. Debido a que dependen del flujo natural del agua, son típicamente susceptibles a la variabilidad estacional del mismo, lo cual puede presentar un desafío para mantener una generación de electricidad confiable. Cuando sea posible, la integración de esquemas hidroeléctricos RoR en la Fuentes de Energía Distribuida (DER) y sistemas de red puede reducir la vulnerabilidad asociada con las variaciones de flujo. Ver la sección [Recursos de Energía Distribuida](#) para una exposición adicional de los sistemas DER.

Parte de la vulnerabilidad de los esquemas RoR también se puede mitigar añadiendo **diques**. Los diques son estructuras relativamente pequeñas, similares a las presas que regulan el flujo y niveles de agua, mejorando así la fiabilidad de la generación de energía, particularmente durante períodos estacionales de bajo flujo.

### **Caso Práctico: Hidroelectricidad en Cascada en India**

Una pequeña planta hidroeléctrica singular en Uttarakhand, India extrae agua a través de un túnel de 4Km a lo largo del río. Esta instalación, por sí sola, reduce el flujo, pero puede que no cause daño al ecosistema local.

Sin embargo, el mismo río contiene otros dos proyectos. Uno, llamado Kaliganga I, es un esquema RoR de 4MW. El otro, Kaliganga II, es un esquema de 6MW. Estos dos proyectos adicionales utilizan otros 2,4Km de túneles a lo largo del mismo río. Además, los proyectos se encuentran efectivamente adyacentes, estando el tanque de limpieza de sedimentos del Kaliganga II al comienzo del canal del proyecto Kaliganga I.

El resultado final es que un tramo del río original está completamente seco, dejando a la flora y fauna autóctona sin el agua necesaria para la supervivencia. El planificar y ubicar protenciales proyectos, es esencial realizar un adecuado inventario de las actividades preexistentes para, en lo posible, entender los efectos acumulativos de la implementación del proyecto.

**Los sistemas de Embalse** suponen la construcción de represas para reducir las variaciones de flujo. Los embalses hidroeléctricos pueden regular el flujo y nivel del sistema hídrico controlando los niveles de agua río arriba, así como el momento, nivel, e índice de descarga de agua para asegurar una energía constante y fiable. Sin embargo, **aún los esquemas de embalse a pequeña escala tienen el potencial de crear impactos ambientales adversos importantes**— los esquemas de embalses hidroeléctricos están sujetos típicamente a una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA, por sus siglas en inglés) exhaustiva. El diseño y gestión ambientalmente sólido de estos sistemas es esencial para reducir y mitigar impactos adversos.



Esta turbina microhidroeléctrica y generador trajo electricidad y entusiasmo a una comunidad remota en Brasil. 2006.

Foto: Nazareno Natalino, Indalma Industria

## **TURBINAS**

Las turbinas hidroeléctricas también se dividen en dos categorías generales: A impulso y a reacción. Las turbinas a impulso operan al aire libre mientras agua golpea las aspas o rodetes de la turbina, haciéndola rotar para generar electricidad. **Las turbinas a impulso son generalmente las más adecuadas para emplazamientos de nivel más alto, pero con menos flujo.**

Por otro lado, las turbinas a reacción están contenidas en una caja y sumergidas completamente en el agua. Las aspas de la turbina tienen un ángulo tal que hace que capturen los cambios de presión resultantes del flujo del agua a través de la caja, haciéndolas rotar. **Las turbinas a reacción operan generalmente de manera más efectiva en zonas de nivel más bajo y mayor flujo.**

Existen varias clases comunes de turbinas dentro de estas dos categorías. Entre las turbinas a impulso comunes se encuentran la Pelton, la Turgo (variación de la Pelton) y la de flujo cruzado. Entre las turbinas a reacción se incluyen la Propeller, la Francis y la Kinetic. El Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés proporciona útiles definiciones de estas categorías, disponibles en [http://www1.eere.energy.gov/water/hydro\\_turbine\\_types.html](http://www1.eere.energy.gov/water/hydro_turbine_types.html).

## CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO RESPETUOSAS CON LOS PECES

Las recientes innovaciones en el diseño de turbinas se han enfocado en tecnologías que reducen los impactos ambientales, con un énfasis particular en **tecnologías respetuosas con los peces**. La turbina Alden, por ejemplo, tiene un diseño en espiral de movimiento lento que reduce la mortalidad de los peces

Para proteger la migración río abajo de las especies de peces locales, se colocan **redes para peces** en la boca del canal de entrada. Estas redes previenen que la mayoría de los peces entren al canal, minimizando el riesgo de que queden atrapados, lesionados o los mate la turbina.

**Pasos de Peces, Escaleras de Peces, o Ascensores de Peces** son opciones para prevenir la alteración de la migración río arriba de los peces. La construcción de diques con grandes caídas —como ocurre en los diques de cresta ancha y los de cresta afilada— pueden bloquear los patrones de migración río arriba, al igual que ocurre en una represa. Los pasos de peces son pequeños canales desviados que mantienen los niveles de agua originales del cuerpo de agua. Las escaleras de peces son rutas alternativas, con una serie de "escalones" progresivos a alturas que no inhiben la migración. Los ascensores de peces realmente utilizan un elevador físico, que esté lo suficientemente lleno, para transportar peces sobre la barrera. Los pasos de peces son más comunes en proyectos de menor escala, mientras que las escaleras y ascensores de peces se utilizan más frecuentemente en proyectos mayores con represas altas.

## DIQUES

Relacionados con las presas, los diques proveen una tecnología de bajo costo y bajo impacto para aumentar el nivel de agua río arriba y para medir y regular el caudal río abajo. Los diques bloquean temporalmente el flujo de agua para crear una pequeña cabecera y asegurar que el flujo deseado se desvíe hacia el canal de conducción a través del canal de entrada. Al filtrar el agua a través de una zona designada (de forma específica), los diques permiten realizar claras mediciones del volumen de agua que pasa a través o por encima de la estructura. Además, los diques ayudan a asegurar que suficiente agua se canalice a través del canal de conducción hacia la tubería forzada (en los esquemas RoR) durante los períodos de bajo flujo.

La selección del dique adecuado depende de las condiciones específicas del lugar, ya que diferentes diseños de diques tienen diferentes grupos de beneficios y desventajas. El recurso *River Weirs, Good Practice Guide* (2003) proporciona una evaluación a fondo y expone las diferentes estructuras de diques, sus posibles aplicaciones, y los impactos ambientales asociados (ver la bibliografía comentada para más información).

## IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

El cuadro siguiente proporciona una sinopsis de los principales impactos ambientales potenciales asociados con los proyectos hidroeléctricos RoR. Por cada impacto ambiental nombrado, se proporcionan las medidas de mitigación y control recomendadas. Por cada medida de mitigación y de control, la fase en la cual se recomienda que se tome la acción se indica siguiendo la siguiente clave:

Planificación y Diseño (P&D), Construcción (C), Operación y Mantenimiento (O&M), y Desmantelamiento (DCM).

Estos impactos ambientales, medidas de mitigación y medidas de control proporcionadas aquí se han planeado como una guía. Aunque estas listas son amplias, no tienen la intención de ser completas y siempre se deben determinar los impactos a nivel del proyecto específico antes de su implementación para garantizar un adecuado tratamiento de los problemas.

Además, el cuadro siguiente no debe utilizarse en lugar de un Plan Ambiental de Mitigación y Control (EMMP) específico al proyecto. En el ANEXO I de este documento, se proporciona un patrón para estos EMMPs específicos a proyectos.

## SISTEMA DE CAUCE FLUVIAL

Dependiendo del ecosistema en el cual se instale un sistema RoR, muchos de los impactos ambientales pueden ser mitigados con un análisis a fondo del lugar durante la fase de planificación del proyecto, y con la subsecuente incorporación de medidas de mitigación y control adecuadas durante la duración del proyecto. Los sistemas RoR que suponen la construcción de grandes represas pueden incluir algunos de los riesgos y consideraciones de los proyectos hidroeléctricos de embalse.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Hidrología Local.</b> Los esquemas RoR a pequeña escala tienen el potencial de alterar la hidrología local y, por lo tanto, impactar los servicios ecosistémicos como el suministro y calidad del agua, además de la biodiversidad. Cuando el agua se desvía a través de una tubería forzada, se afecta el canal fluvial, como mínimos, al reducir los niveles de flujo. La reducción en los cuerpos de agua puede introducir cambios en la temperatura, afectar los niveles de sedimentación en el agua y afectar los patrones de migración de peces autóctonos y otra fauna y flora ribereña.</p> <p>Además, los diques pueden cambiar los niveles de agua río arriba y río abajo y (potencialmente) el flujo. El cambio en los niveles de agua, si es lo suficientemente importante, puede aumentar el potencial de inundaciones río arriba, alterar los niveles de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la demanda y necesidades básicas de uso de agua a través de consultas con los usuarios locales. (P&amp;D)</li> <li>• Conducir pre-evaluaciones básicas a fondo de las condiciones del emplazamiento, incluyendo historial del caudal, temperatura del agua, necesidades de recursos hídricos, niveles básicos de sedimentación y flora y fauna local con mayor posibilidad de verse afectada. <b>Hacer esto antes de cualquier determinación final de ubicación y diseño.</b> Incorporar medidas en diseño para mitigar impactos a los bienes y servicios ecológicos. (P&amp;D)</li> <li>• Asegurar que los proyectos mantengan del 10% al 15% del caudal en la época de sequía como "caudal ambiental" en la sección de desagüe del río durante todo el año como práctica aceptable para minimizar el impacto en la flora y fauna acuática. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Ajustar la extracción tomando en cuenta las variaciones estacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir y mantener tasas de registro de caudal alto y caudal bajo, así como de la variabilidad estacional. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Reevaluar anualmente la hidrología local. (O&amp;M)</li> <li>• Semestralmente, reseñar las veces en que se trasgreda el límite de extracción durante períodos de caudal alto o bajo. (O&amp;M)</li> <li>• Controlar el nivel de desbordes y la habilidad del dique para resistirlos y de las paredes de contención para contenerlos. (O&amp;M)</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p>sedimentación río abajo y afectar especies terrestres y flora y fauna acuática que dependen de los recursos tanto río arriba como río abajo. Fallas en los diques/represas puede inundar las comunidades río abajo.</p>	<p>del caudal, de manera que 1) los caudales altos no se reduzcan excesivamente por la sobre extracción, y 2) el caudal nunca llegue a ser tan bajo como para secar completamente o reducir sustancialmente el nivel general del agua. (O&amp;M)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar el <b>flujo de excedencia</b> al 90% para sistemas micro hidroeléctricos y al 60-70% para sistemas a pequeña escala. El flujo de excedencia se refiere al porcentaje de tiempo en el que el flujo del río está por encima del flujo del diseño. (P&amp;D)</li> <li>• Construir diques que resistan los niveles máximos de desbordamientos diseñados, incluyendo potenciales impactos de cambio climático. Las paredes de protección de desbordamiento deben diseñarse de forma adecuada y construidas tanto para proteger las estructuras en las tomas de agua, como para restringir todo el caudal de inundación máximo anticipado dentro del caudal fluvial. (P&amp;D, C)</li> <li>• Ubicar los diques lejos de zonas que presenten riesgos de inundación para comunidades tanto río arriba como río abajo. (P&amp;D)</li> <li>• Realizar reparaciones inmediatamente después de la temporada de inundaciones para evitar daños serios en los diques y otras estructuras en las tomas de agua, entradas, trampas de grava y tanques de sedimentación. (O&amp;M)</li> </ul>	
<p><b>Erosión del Suelo.</b> La alteración de la hidrología local y la tasa de caudal como resultado de la introducción de diques y de sistemas RoR, puede causar el aumento de la erosión y degradar servicios ecosistémicos como la retención del suelo que llevan al aumento de la erosión a</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la sostenibilidad del suelo para apoyar la hidrología modificada antes de la implementación del proyecto. (P&amp;D)</li> <li>• Minimizar la fluctuación de caudal en la medida de lo posible; cuando sea viable, ubicar el emplazamiento del</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar la estabilidad de la ribera fluvial mediante la inspección visual regular y, si ayuda, análisis de suelo; evaluar la ribera después de grandes tormentas, inundaciones o cualquier otro evento disruptivo importante. (O&amp;M)</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p>lo largo de las riberas y cuencas de los ríos.</p>	<p>proyecto donde exista menor variabilidad estacional. (P&amp;D, O&amp;M)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Donde sea posible, plantar vegetación autóctona a lo largo de la costa para estabilizar la ribera fluvial. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> <li>• Diseñar el canal de descarga de forma que se minimice la erosión en los puntos de reingreso. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> </ul>	
<p><b>Pérdida de Biodiversidad y Alteraciones de Hábitats.</b><sup>9</sup>  Los hábitats y biodiversidad pueden sufrir impactos adversos como resultado directo de las alteraciones a la hidrología local (principalmente a lo largo de desviada sección del canal fluvial). Una reducción en el caudal de agua y/o el subsecuente cambio en temperatura puede crear condiciones inadecuadas para la flora y fauna local, creando a su vez impactos ecológicos indirectos.</p> <p>De forma similar, los cambios en la calidad del agua y/o niveles de sedimentación tienen el potencial de crear condiciones inadecuadas para la flora y fauna acuática, la cual a su vez puede impactar las especies terrestres o comunidades locales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir una pre-evaluación exhaustiva de las condiciones del sitio, incluyendo las valoraciones de la tasa del caudal estacional, temperatura del agua, necesidades de recursos hídricos, niveles de sedimentación iniciales y la flora y fauna potencialmente afectada antes de cualquier determinación final de diseño y ubicación. (P&amp;D)</li> <li>• “Compensar” los impactos predecibles e inevitables en la flora y fauna local plantando vegetación o repoblando con peces zonas afectadas designadas. (O&amp;M)</li> <li>• Poner especial atención a evaluar la presencia de especies en peligro de extinción en hábitats únicos. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer una referencia de la fauna y flora ribereña previa al proyecto. Seleccionar especies indicadoras claves para fines de control. (P&amp;D)</li> <li>• Semestralmente, conducir un censo biótico de alto y bajo caudal. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Impedimento para la Migración de Peces.</b> Los esquemas RoR pueden afectar directamente los patrones migratorios de las especies de peces locales. Los peces que migran río abajo pueden encontrar el reducido caudal del</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar un sistema que proporcione un "caudal ecológico" mínimo requerido en todo momento para sustentar la vida acuática.</li> <li>• Instalar redes en las tomas de agua para proteger a los peces durante las migraciones río abajo. (P&amp;D, C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Censo de biota previo a la evaluación con caudal alto y bajo, seguido de un censo semestral de la biota río arriba y río abajo, incluyendo las especies de peces migratorios. (O&amp;M)</li> </ul>

<sup>9</sup> En proyectos particularmente pequeños, – como los micro y minihidroeléctricos – los impactos en la biodiversidad y hábitat pueden ser muy pequeños. Aún así, los impactos potenciales deberían ser evaluados, pero la extensión de dicha evaluación debe ser proporcional al alcance del riesgo. Básicamente, El Diseño y Gestión Ambientalmente Sólidos requiere que exista un entendimiento apropiado del riesgo ambiental potencial sea **antes de la implementación del proyecto**.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p>canal fluvial insuficiente para su migración. De igual forma, si los peces viajan a través de la central eléctrica, pueden quedarse atrapados en la turbina, resultando heridos o muertos. Los diques pueden obstruir la migración de peces. y, al igual que en la migración río abajo, los tramos agotados del canal fluvial pueden resultar intransitables o desfavorables para la migración río arriba.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar "escaleras de peces" o "pasos de peces" para que éstos eviten los diques y/o turbinas, cuando pasos de peces sean requeridos por las normas locales de la EIA y/o cuando pueda beneficiar a las especies locales (como cuando los salmónidos utilizan el cuerpo de agua para su migración río arriba). (P&amp;D, C)</li> <li>• Cuando sea posible, utilizar tecnologías de turbinas "respetuosas con los peces". (P&amp;D, C)</li> </ul>	
<p><b>Aumento de la Actividad Humana en el Área.</b> La introducción de diques, tuberías forzadas y centrales eléctricas requieren una modesta construcción y desarrollo en el lugar. A su vez, la energía hidroeléctrica RoR crea un aumento en la huella humana en el área asociada con la construcción.</p> <p>También pueden requerirse nuevas carreteras (o la expansión de las existentes) para proporcionar acceso de vehículos a la construcción. Puede ocurrir un aumento en desperdicios y materiales de construcción sin utilizar. En algunos casos, se puede requerir la construcción de nuevas líneas de transmisión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donde sea posible, ubicar y construir diques en zonas ya desarrolladas, limitando el impacto de nuevas infraestructuras o de la expansión de carreteras existentes. (P&amp;D, C)</li> <li>• Conducir una evaluación previa al desarrollo y/o una ESV para asegurar que el desarrollo de caminos ocurra en zonas donde se minimicen los impactos a valiosos servicios ecosistémicos. (P&amp;D)</li> <li>• Eliminar únicamente el mínimo de vegetación requerido para permitir la construcción; replantar la vegetación removida en las zonas no afectadas. Los gobiernos de muchos de los países anfitriones tienen leyes y regulaciones respecto a la replantación de vegetación, lo cual suele estar conectado a la aprobación de permisos ambientales. (C, O&amp;M)</li> <li>• Conducir campañas de concientización dirigidas a comunidades locales e individuos nuevos en la zona acerca de los ecosistemas y especies sensibles en el área del proyecto. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> <li>• Consultar las <a href="#">Pautas Ambientales Sectoriales para Caminos Rurales de la USAID</a> y la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicamente (p.e., cada semestre), observar los cambios en la población humana de la comunidad de referencia durante el período de implementación del proyecto. (C, O&amp;M)</li> <li>• Mantener registros de la vegetación plantada durante la construcción. (O&amp;M)</li> <li>• Consultar las <a href="#">Pautas Ambientales Sectoriales para Caminos Rurales de la USAID</a> y la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Construcción de la USAID</a> para un análisis adicional de los impactos ambientales y orientación en su mitigación.</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
	<p><a href="#">para la Construcción de la USAID</a> para un análisis adicional de los impactos ambientales y orientación en su mitigación.</p>	

## SISTEMA DE EMBALSE

Como se mencionó en el análisis de los proyectos hidroeléctricos de RoR vs. los de embalse, los proyectos hidroeléctricos de embalse a pequeña escala son poco frecuentes. No obstante, los impactos ambientales y sociales resultantes de la creación de embalses –incluso para proyectos a una escala más pequeña (<10MW)– pueden ser significativos, incluyendo posibles inundaciones, mayores alteraciones a los hábitats de la flora y fauna local; erosión del suelo; cambios en los niveles de sedimentación del agua; creación de barreras para los patrones de migración de peces; y la introducción de nuevas carreteras, líneas de transmisión, mayor tráfico de personas, desplazamiento de individuos o comunidades, reasentamiento de viviendas y pérdida de áreas históricas o culturalmente significativas.

***Es importante señalar que la mayoría de los donantes tanto bilaterales como multilaterales, y las leyes de evaluación ambiental de muchos países requieren una Evaluación del Impacto Ambiental y Social antes de la implementación incluso de proyectos hidroeléctricos de embalse a pequeña escala.***

Esta guía no proporciona un cuadro de impactos ambientales y sus medidas de mitigación y control para proyectos hidroeléctricos de embalse ya que los impactos potenciales son extensos y la implementación de dichos proyectos es poco común. Hay en disponibilidad investigación substancial que trata la variedad de impactos y las mejores prácticas en medidas de mitigación asociadas con la energía hidroeléctrica de embalse, con referencias seccionadas proporcionadas en la bibliografía.

## RELACIONES HÍDRICAS TRANSFRONTERIZAS

Los proyectos hidroeléctricos –incluso a pequeña escala– tienen el potencial de involucrar a participantes **transfronterizos**. En particular, pueden existir complicaciones substanciales al asignar la responsabilidad por impactos río abajo cuando esos impactos ocurren en un lugar diferente al de la implementación del proyecto. Como ejemplo, Liberia tiene acceso a recursos hidroeléctricos potencialmente significativos en el río Cavalla. Sin embargo, este río también forma parte de un país vecino, Costa de Marfil, y la utilización de esos recursos hídricos requerirá cooperación bilateral, incluidas reglas establecidas en cuanto a beneficiarios y partes responsables de los impactos del proyecto.

Dicho esto, históricamente los problemas relacionados con el agua no han llevado al conflicto armado. A través de la colaboración y participación directa, estos problemas pueden, en cambio, resultar en cooperación en vez de conflicto. El Programa Hidrológico Internacional (IHP, por sus siglas en inglés) de la Organización Educativa, Científica y Cultural de las Naciones Unidas (UNESCO, por sus siglas en inglés) y el Programa de Evaluación Mundial del Agua desarrollaron conjuntamente el [programa De Potencial Conflicto a Cooperación Potencial \(PCCP\)](#), un recurso dedicado al apoyo de la resolución pacífica y equitativa de las relaciones hídricas transfronterizas.

Otro excelente recurso es el [Instituto de Agua y Cuencas](#) del Programa de Gestión y Transformación de los Conflictos Hídricos de la Universidad Estatal de Oregon, el cual contiene datos substanciales e investigación en conflictos y hídricos transfronterizos históricos y sus resoluciones, potenciales emplazamientos de futuros problemas hídricos y herramientas para evaluar el riesgo potencial.

# ENERGÍA GEOTÉRMICA



La energía geotérmica utiliza reservorios de vapor o agua caliente en la tierra para generar electricidad, calentar o enfriar edificaciones y en varias aplicaciones de procesamientos agrícolas.

El vapor geotérmico es condensado y convertido en agua fresca para la producción agrícola en Eburru, Kenya.  
Foto: Robert Foster, Winrock International.

## SINOPSIS

La tecnología geotérmica utiliza los reservorios de vapor y agua caliente de la tierra para generar electricidad, calentar y enfriar edificaciones y para varias aplicaciones de procesamiento agrícola. De acuerdo con un reporte del año 2010 del Congreso Mundial Geotérmico, la capacidad total de las plantas geotérmicas en el mundo es de aproximadamente 11.000MW. La disponibilidad de energía geotérmica a costos competitivos, su potencial en ahorro de energía y la prevención de emisiones de GHG la hace una fuente de energía importante y creciente para el desarrollo.

Los recursos geotérmicos se ubican generalmente a tres niveles de profundidad distintos –profundo, poco profundo y superficial. Los **recursos geotérmicos superficiales** están muy cerca de la superficie de la tierra o aprovechan el calor cerca de la superficie de la tierra (10-15,5°C). El calor leve es adecuado particularmente para fines de calefacción directa, como el calentamiento de edificaciones e invernaderos. Las zonas con las temperaturas subterráneas más altas y el mayor potencial geotérmico están ubicadas típicamente en regiones con volcanes activos o geológicamente "jóvenes". Estas zonas tienden a ser activas sísmicamente (propensas a terremotos). Dada la inversión de capital requerida para la construcción de plantas geotérmicas, estas zonas pueden presentar riesgos significativos a las instalaciones de generación de energía.

Las aplicaciones de la energía geotérmica, tanto a escala grande como pequeña, se dividen en dos categorías generales:

Uso directo:

- Utilización del calor para calentar/enfriar edificaciones, agricultura y acuicultura, invernaderos y plantas industriales.
- Bombas de calor: Que utilizan la temperatura superficial del suelo para calentar y enfriar edificaciones.

Producción de electricidad: Agua caliente y vapor de reservorios impulsan generadores de energía de gran tamaño para producir electricidad.

## TENDENCIAS

Los recursos geotérmicos ofrecen un significativo potencial para la generación amplia de energía renovable. Los costos de capital han sido un obstáculo para el desarrollo geotérmico a gran escala; sin embargo, en algunas zonas el costo de la producción eléctrica geotérmica ha disminuido a la mitad desde el año 1980 y existe gran potencial para aplicaciones geotérmicas a pequeña escala en la agricultura, recreación, aplicaciones comerciales e industrias de pequeña escala.

**Los proyectos geotérmicos a pequeña escala** más apropiados para servir a las poblaciones rurales se definen en esta guía como de menos de 10MW. Mientras los proyectos geotérmicos a pequeña escala tienen el potencial de cubrir las demandas de energía en países en desarrollo, el desafío principal es asegurar el financiamiento dado el alto costo por kW y baja rentabilidad.

**Inversiones Geotérmicas Recientes en Países en Desarrollo**<sup>10</sup>: El reciente crecimiento de las tecnologías geotérmicas ha sido estimulado mayormente por la inversión en aplicaciones a gran escala.

En Asia, Indonesia es un inversor importante en tecnologías geotérmicas. El país añadió dos unidades de 55MW a la estación Ulubelu en el año 2012. Además, Indonesia anunció planes (con significativo apoyo internacional) para un programa de inversión en energía geotérmica de 1.000MW y un fondo de préstamos para la mitigación de riesgos geotérmicos como estímulo para los promotores. En vista al futuro, Indonesia tiene como objetivo un aumento en la capacidad geotérmica para el año 2025. Sin embargo, un proyecto de 165 MW fue cancelado en Bali dada la continua oposición local basada en intereses ambientales y religiosos.<sup>11</sup>

En Latinoamérica y el Caribe, Nicaragua completó la segunda fase de 36MW del proyecto San Jacinto-Tizate a finales del año 2012, habiendo completado la primera fase un año antes. Se espera que el proyecto de 72MW cubra el equivalente al 17% de la demanda eléctrica nicaragüense. El Salvador tiene planes a largo plazo para una capacidad geotérmica adicional de 90MW, y Chile ha licitado la exploración en varias áreas. Muchas islas caribeñas tienen planes geotérmicos (incluyendo Nevis, Dominica, y el territorio inglés de Monserrat). Dominica espera tener una planta de 10-15MW en operación para finales del año 2015.

<sup>10</sup> REN 21 Renewables 2013 Global Status Report (GSR) Geothermal Heat and Power, p.34, disponible en: <http://www.ren21.net/ren21activities/globalstatusreport.aspx>.

<sup>11</sup> Wasti Atmodjo, "Bali to have adequate electricity supply: Minister," Jakarta Post, 4 de Septiembre de 2012.

Por otra parte, Kenia es el mayor productor de energía geotérmica de África, con una capacidad instalada total de más de 200MW. Kenia es uno de los mayores inversores en aplicaciones geotérmicas a pequeña escala, a principios del año 2012 puso en funcionamiento la planta de cabezal de pozo Eburru de 2,5MW y una unidad modular de cabezal de 5MW entró en funcionamiento en una instalación de KenGen. En mayo del año 2013, Ormat Technologies anunció la operación comercial de una nueva unidad de 36MW en el complejo Olkaria III. El país está explorando asociaciones público-privadas que asuman el desarrollo de 560MW adicionales en Olkaria en cuatro incrementos de 140MW.

El interés crece en otras partes de África. Por ejemplo, Ruanda recientemente comprometieron fondos para comenzar la perforación de una toma de un potencial geotérmico estimado en 700MW. Sin embargo, los altos costos de exploración asociados con la energía geotérmica son obstáculos importantes para los países africanos. El Banco Mundial está abordando este tema y ha establecido un Plan Global de Desarrollo Geotérmico para gestionar el riesgo de las perforaciones exploratorias en los países en desarrollo. En colaboración con Islandia, el Banco Mundial también ha establecido "Geotérmica Compacta" para apoyar los estudios de exploración superficial y asistencia técnica para países en el Valle del Rift en África.

Se ha establecido una Instalación de Mitigación de Riesgos de \$66 millones de dólares americanos (50 millones de euros) para África Oriental (Etiopía, Kenia, Ruanda, Tanzania y Uganda) para apoyar los estudios de superficie y la perforación exploratoria. Después de la primera ronda de solicitudes a finales del año 2012, se preseleccionaron ocho proyectos. El respaldo a la instalación proviene del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ, por sus siglas en alemán) y del Fondo Fiduciario de Infraestructura UE-África.

## APLICACIONES DE TECNOLOGÍA

### USOS DIRECTOS DE CALOR

El uso directo del calor geotérmico es uno de los métodos de utilización de energía geotérmica más antiguos y versátiles. En sistemas de uso directo modernos, se accede a un flujo constante de agua caliente perforando un pozo en el reservorio geotérmico. Generalmente se utiliza una bomba para distribuir el calor, y un sistema de desecho para eliminar bajo tierra o a la superficie el agua ya enfriada.

#### **Caso Práctico: Oserian Development Co. Ltd. (ODC) Vivero Geotérmico de Flores – Naivasha, Kenia**

ODC fue establecida en 1969 como granja de hortalizas y fue ampliada en 1982 para incluir el cultivo de flores ornamentales. Utilizando un pozo de exploración geotérmica KenGen cercano a Ollaria y Hells Gate en Kenia, ODC investigó el uso geotérmico, estudiando la experiencia de Davao City en Filipinas, donde el 60% de las flores ornamentales estaban siendo cultivadas utilizando una planta geotérmica en un parque nacional.

ODC contrató una planta binaria de 1,8MW en el 2003. La planta fue exitosa y ODC amplió el uso de energía geotérmica. En junio de 2006, ODC adquirió un equipo de turbina-generador geotérmico de 2MW. En funcionamiento desde noviembre de 2007 paralelamente a la planta binaria existente.

**Condición actual.** Hoy, Oserian posee invernaderos en 230 hectáreas y exporta a Europa 400 millones de tallos al año (30% del mercado europeo de flores cortadas) y es el sistema de invernaderos geotérmico más grande del mundo. El sistema se utiliza para la regulación de temperatura, salud de las rosas, y generación de energía para el bombeo de agua, iluminación, control de humedad e informatización.

Fuente: GDA, Noviembre 2008.

Debido a que no se produce conversión, el proceso es altamente eficiente y puede ser utilizado tanto a pequeña como a gran escala.

La aplicación agrícola más común del calentamiento geotérmico directo es en **invernaderos** para el cultivo de hortalizas y flores durante temporadas bajas y para crear climas adecuados para el crecimiento. Los costos de operación, que pueden consumir el 30% de los costos de la planta, pueden reducirse de forma significativa mediante el uso de energía geotérmica para el calentamiento de los invernaderos.

Las aplicaciones geotérmicas para invernaderos también pueden ser utilizadas en la **cría de animales**. Aunque la cría de animales no es una aplicación común, los animales se pueden beneficiar grandemente del uso de líquidos calientes para desinfectar los refugios y productos de desecho. El calentamiento de una instalación de cría solo utiliza el 50% de la energía requerida para un invernadero del mismo tamaño, por lo que se pueden emplear usos en cascada para maximizar la eficiencia.

**La Acuicultura**, el control de cría de especies acuáticas, requiere un control de temperatura más significativo que para las especies terrestres, normalmente entre 20-30°C. La energía geotérmica se puede utilizar para controlar la temperatura de las instalaciones para producir un crecimiento mayor/más rápido de los peces y para estimular la rápida producción de algas. Para que este sector tenga un crecimiento mayor, deberá existir una diferenciación en las especies cultivadas, ya que las actuales han comenzado a nivelar la demanda de mercado.



Vivero de Flores de la Oserian Development Company

Foto: Geothermal Development Associates. Planta de Energía Geotérmica en Oserian Farms, Naivasha, Kenia. Segunda Conferencia Geotérmica del Rift Africano (ARGeo C2) Entebbe, 2008.

**El Secado de Alimentos.** La energía geotérmica puede ser utilizada para calentar el aire que se necesita para deshidratar alimentos. El aire se cicla a través de un transformador de aire y agua donde se calienta a 40-100°C. El aire caliente pasa por encima de las bandejas o bandas donde se colocan los productos frescos, facilitando el proceso de deshidratación. Normalmente se utiliza energía eléctrica para impulsar los ventiladores y bombas utilizados en el secado geotérmico de alimentos. Este tipo de sistema se puede usar para deshidratar cebollas, ajos, varias frutas e incluso granos, algas y madera.

El calor geotérmico también es viable para una fiable **purificación y desalinización del agua**, ya que la temperatura del suelo a cierta profundidad se mantiene constante durante todo el año. Con pozos de más de 100 metros de profundidad, la energía geotérmica se puede utilizar para calentar el agua directamente o para alimentar unidades de ósmosis inversa para obtener agua purificada.

Finalmente, una forma directa de aprovechar la energía geotérmica es para utilizar **bombas de calor superficial** que puedan acceder los 10°C de temperatura constantes justo debajo de la superficie. Con la recirculación de aire o de líquido anticongelante a través de tuberías subterráneas, la bomba puede calentar y enfriar edificaciones durante todo el año.

## PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD

La energía geotérmica también se puede convertir en electricidad mediante el uso de **plantas a vapor seco, plantas binarias y plantas a vapor flash**. Típicamente, las plantas geotérmicas a pequeña escala son binarias o flash (o una combinación de ambas), y los generadores de pozo (ver a continuación) también se están convirtiendo en una opción viable a medida que aumenta la demanda de plantas geotérmicas a pequeña escala.

Cada enfoque utiliza el mismo proceso fundamental: extraer agua y vapor calientes de una fuente subterránea, usarlos para energía y devolver el agua tibia a la fuente de calor. Los detalles en las características y diferencias entre estas plantas se puede hallar en el sitio web de la Unión de Científicos Interesados para [energía geotérmica](#).

Las unidades de **Generación de Energía en el Cabezal del Pozo** pueden ser útiles en aplicaciones a pequeña escala en ubicaciones remotas ya que son portátiles y reusables, y los costos de inversión de capital son modestos. Se pueden utilizar en pozos que generan hasta 15MW y, dado el diseño modular de la mayoría de los cabezales, pueden operar fuera del alcance de plantas de mayor tamaño.

Un ejemplo de dicho cabezal es la **Central Eléctrica Geotérmica de Cabezal Piloto Eburru** en Kenia. Encargada por la estadounidense Geothermal Development Associates en el año 2019 y ubicada en el campo geotérmico Eburru en Kenia (adyacente al volcán Ol Doinyo Eburru). Utiliza un generador de turbina de vapor de 2,5MW equipado con sistemas y controles auxiliares.

**Los Sistemas Geotérmicos Mejorados (EGS, por sus siglas en inglés)** son una nueva tecnología desarrollada para capturar el calor de las formaciones de roca seca ubicadas de 4 a 10km bajo la superficie. Los impactos ambientales de estos sistemas, aunque potencialmente significativos, no se examinan en esta guía ya que aún se encuentran en una fase de prueba y comercialización limitada. Sin embargo, el progreso significativo de la tecnología se describe en el [REN 2.1: Informe de Actualización Global de Energías Renovables 2013](#).

## IMPACTOS AMBIENTALES

La energía geotérmica tiene el potencial de proporcionar una fuente de energía continua y amplia con mínimos impactos en el medio ambiente. Aun así, al igual que con la mayoría de los desarrollos de infraestructura, existen importantes impactos ambientales que deberían entenderse. A menudo, los recursos geotérmicos se ubican en zonas remotas y ecológicamente sensibles, lo que puede afectar a especies y/o hábitats vulnerables. Sin embargo, en comparación con las instalaciones generadoras de combustibles fósiles, las emisiones de GHG (como dióxido de carbono y metano) provenientes de plantas geotérmicas son bajas. Consultar Fridleifsson (2001) para una completa exposición de las reducciones de emisiones de GHG provenientes de centrales geotérmicas.

El cuadro siguiente proporciona una sinopsis de los principales impactos ambientales potenciales asociados con los proyectos geotérmicos. Por cada impacto ambiental nombrado, se proporcionan las medidas de mitigación y control recomendadas. Por cada medida de mitigación y de control, la fase en la cual se recomienda que se tome la acción se indica siguiendo la siguiente clave: Planificación y Diseño (P&D), Construcción (C), Operación y Mantenimiento (O&M), y Desmantelamiento (DCM).

Los impactos ambientales, medidas de mitigación y medidas de control incluidos aquí se han planeado como una guía. Aunque estas listas son amplias, no tienen la intención de ser completas y siempre se

deben determinar los impactos a nivel del proyecto específico antes de su implementación para garantizar un adecuado tratamiento de los problemas.

Además, el cuadro siguiente no debe utilizarse en lugar de un Plan Ambiental de Mitigación y Control (EMMP) específico al proyecto. En el ANEXO I de este documento, se proporciona un patrón para estos EMMPs específicos a proyectos.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Calidad del Aire.</b> Emisiones de GHG (dióxido de carbono, metano) sulfuro de hidrógeno, amoníaco y rastros de otros gases que pueden contaminar el aire y afectar negativamente la salud humana. Debido a su olor, el sulfuro de hidrógeno es el mayor contaminante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar sistemas de circuito cerrado que prevengan emisiones gaseosas o tecnologías de captura de emisiones. (P&amp;D, C)</li> <li>• Utilizar Equipo de Protección Personal (PPE) durante las actividades de perforación. (C, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar análisis rutinarios (p.e. cada mes) de la calidad del aire exterior e interior e investigar los impactos en la salud respiratoria de los humanos incluyendo delegados de olor de miembros de la comunidad y trabajadores de la central. (C, O&amp;M)</li> <li>• Realizar mediciones periódicas de las emisiones de GHG durante la producción y procesamiento de los componentes de los sistemas geotérmicos, el transporte y el uso final del combustible. (C, O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Uso de la Tierra.</b> Dependiendo del tamaño del sistema, la energía geotérmica puede utilizar una gran extensión de tierra. El depósito de recursos, la cantidad de capacidad energética, el sistema de conversión de energía, el sistema de enfriamiento, la disposición de pozos y sistemas de tuberías y las huellas de la subestación y edificaciones auxiliares son los que finalmente indican la escala del proyecto. El suelo de la zona designada puede verse afectada significativamente por el desmonte, la construcción y el desmontaje de sistemas que han llegado al final de su vida útil. Existe una huella asociada si se necesita perforar un pozo para acceder a los recursos geotérmicos.</p> <p>Ya que los recursos geotérmicos a menudo se encuentran en zonas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporar evaluaciones previas al desarrollo en solicitudes y adjudicaciones, y conducirlas antes de la implementación para asegurar que se eviten zonas biológica y culturalmente sensibles. (P&amp;D)</li> <li>• Establecer y seguir un protocolo de resiembra de vegetación o repoblación de especies afectadas en zonas que han sido perjudicadas por la introducción de instalaciones geotérmicas. (C, O&amp;M, DCM, P&amp;D)</li> <li>• Los expertos deberían conducir evaluaciones previas al desarrollo para minimizar la erosión. (P&amp;D, C)</li> <li>• Los expertos deberían conducir evaluaciones previas al desarrollo y/o una ESV para asegurar que el uso de la tierra minimizará los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar que la mitigación en zonas sensibles sea incorporada a través de visitas anuales/semestrales. (P&amp;D, C, O&amp;M, DCM)</li> <li>• Controlar y evaluar las condiciones del suelo anualmente y durante la vida del proyecto. (P&amp;D, C, O&amp;M, DCM)</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p>remotas y ecológicamente sensibles, los cambios en la tierra pueden impactar de manera adversa a los servicios ecosistémicos –como el suministro de agua, los usos de tierra de valor cultural, herencia cultural y aspectos estéticos– así como a especies y hábitats sensibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Impactos de la Perforación:</u> Modifica la morfología de la superficie y potencialmente daña las plantas y vida silvestre local. Los estallidos pueden contaminar las aguas superficiales.</li> <li>• <u>Infraestructura de Tuberías:</u> Potencialmente impacta las plantas y vida silvestre local, suelo, cuerpos de agua, pantanos y estética visual (cuencas visuales).</li> </ul>	<p>impactos a valiosos servicios ecosistémicos. (P&amp;D)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los jefes de proyecto deberían considerar la pérdida de hábitat, lluvia e interferencia del drenaje al construir sistemas geotérmicos, especialmente cuando la biodiversidad o especies amenazadas o en peligro puedan verse afectadas. (P&amp;D)</li> </ul>	
<p><b>Ruido.</b> Durante la extracción de vapor, la descarga de ventilación y la generación de energía se produce ruido proveniente de ventiladores de gran tamaño, eyector de vapor y las turbinas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante la planificación, asegurar que la ubicación del sistema geotérmico minimice los impactos del ruido en las comunidades locales. (P&amp;D)</li> <li>• Si fuese necesario, utilizar silenciadores y otras formas de insonorización para mitigar los efectos. (P&amp;D, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir encuestas entre la comunidad y las partes interesadas durante la preparación del concepto, al igual que prototipos de pruebas de ruido. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Conducir encuestas entre la comunidad y las partes interesadas para evaluar la satisfacción con el proyecto, incluyendo los impactos del ruido. (O&amp;M)</li> <li>• Hacer seguimiento a las quejas de la comunidad con respecto al ruido. (O&amp;M)</li> </ul>

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Recursos Hídricos.</b> The temperature of discharge water may induce ecological phase shifts in receiving water bodies afectando el suministro y calidad del agua; if shallow groundwater is located above geothermal reservoirs, pressure drops in the reservoir could create cold down flow which can deplete fresh groundwater. Dissolved mineral liquid streams that result from well drilling can pollute surface and groundwater.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratar la descarga de los fluidos geotérmicos utilizados que contengan boro, fluoruro o arsénico antes del vertido. (O&amp;M)</li> <li>• Enfriar el vertido de agua en lagunas o tanques antes de descargarla. (O&amp;M)</li> <li>• Reinyectar a la fuente las aguas residuales geotérmicas. (O&amp;M)</li> <li>• Utilizar revestimientos para crear una barrera entre el interior del pozo y la tierra adyacente. (P&amp;D, C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar periódicamente (p.e., cada seis meses) la altura de la capa freática y su variabilidad estacional, además de su calidad (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Controlar visualmente los pozos durante la perforación y operación para una temprana detección y gestión de fugas. (C, O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Salud y Seguridad.</b> El calor asociado con los emplazamientos geotérmicos y el calor y generación de energía pueden suponer riesgos a trabajadores de las instalaciones, agricultores, poblaciones rurales y niños. También deben abordarse los peligros comunes de la construcción de plantas y los de operación y mantenimiento. El vandalismo y hurto de equipos también puede ocurrir.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar, entrenar y hacer cumplir los protocolos para construcción de la planta, operación y mantenimiento. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Utilizar cercas de alambre para proteger el equipo contra el robo/vandalismo y para prevenir las lesiones en las instalaciones de los miembros de la comunidad. Para aplicaciones geotérmicas menos sensibles, considerar las cercas naturales. (C)</li> <li>• Asegurar el uso de PPE adecuado: guantes, botas, y cascos para empleados y visitantes. (C, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir pruebas antes y después del entrenamiento de empleados en los protocolos de seguridad para operaciones geotérmicas. (P&amp;D, C, O&amp;M).</li> <li>• Mantener sistemáticos registros de inspección mensual haciendo seguimiento del uso de PPE y accidentes en el lugar. (C, O&amp;M)</li> </ul>

# BIOENERGÍA



Producida responsablemente, la biomasa puede proporcionar energía que reduzca las emisiones de carbono sustituyendo los combustibles fósiles. Aún así, en muchos casos, los bosques naturales son talados de forma insostenible para proporcionar cultivos de bioenergía dejando una zona sin posibilidad de regeneración.

Tres mujeres recojen leña. Foto: Michael Benanav, Global Alliance para Clean Cookstoves.

## SINOPSIS

La bioenergía, o energía basada en la biomasa, es energía derivada de organismos vivos o previamente vivos. Como opción accesible y de bajo costo, la biomasa representa cerca de un tercio de toda la energía utilizada en los países en desarrollo, con más de dos billones de personas en el mundo dependiendo de combustible de biomasa (derivado principalmente de madera y materiales vegetales) para cocinar y calentarse. En muchos de los países en desarrollo, el uso de la bioenergía satisface del 80-90% de las demandas de energía en zonas rurales.

Frecuentemente, el uso insostenible de la bioenergía contribuye sustancialmente a la degradación ambiental y escasez de recursos, resultando en importantes impactos sociales y económicos adversos. Aunque estrategias sólidas y sostenibles en el uso de la bioenergía pueden promover el desarrollo económico rural, mitigar los impactos del cambio climático y proporcionar acceso a energía moderna, estrategias inadecuadas con rendimientos a corto plazo pueden impactar a valiosos servicios ecosistémicos mediante la creación de pérdidas en la biodiversidad, la deforestación, y presiones adicionales en los recursos hídricos.

### SABÍA QUE...

Un obstáculo importante para el éxito generalizado de la producción de sorgo dulce para bioetanol es la corta "vida útil" de la cosecha.

Como cultivo relativamente resistente a la sequía, el sorgo dulce podría medrar en muchas partes del mundo (particularmente en África Subsahariana), pero las limitaciones en infraestructura confiable como carreteras y transporte, almacenamiento postcosecha y refinamiento actualmente atemperan sus prospectos.

Esta sección ofrece orientación en la implementación ambientalmente sostenible de proyectos de bioenergía a pequeña escala. En esta guía, no se exponen de manera explícita los impactos asociados con aplicaciones bioenergéticas a mayor escala como las turbinas de vapor o gas que utilizan biomasa, aunque algunos de los riesgos ambientales asociados se superponen con los cubiertos aquí.

## TENDENCIAS

A manera que crecen las poblaciones, el número de personas que dependen de la bioenergía ha crecido también –tendencia que se prevé va a continuar. La Agencia Internacional de Energía (IEA) ha pronosticado que, en el año 2030, 100 millones de personas más usarán combustibles de biomasa. En muchos casos, aún cuando hay electricidad presente (más que nada en zonas urbanas), todavía se utilizan combustibles sólidos como carbón por razones económicas y culturales.

A pesar de que se espera que aumente el número de usuarios de combustible tradicional, se han estado utilizando tecnologías de bioenergía moderna en países en desarrollo por décadas, con continuos avances tecnológicos.

### TENDENCIAS DE LA BIOMASA SÓLIDA

La biomasa sólida es la cuarta fuente de energía más grande del mundo, después del petróleo, carbón y gas natural, y representa el 10% del suministro global de energía. Tanto la energía de biomasa tradicional como la moderna se usan mayormente para la calefacción. El uso de la biomasa moderna representa del 3 al 4% de la demanda mundial de energía, mientras que el uso de la tradicional contribuye del 6 al 7%

Los excedentes regionales y la escasez de materia prima de biomasa han fomentado el desarrollo de un importante mercado de combustible de biomasa sólida (y líquida); en el año 2012, se comercializaron internacionalmente cerca de 8,2 millones de toneladas de gránulos. Entre otras materias prima para biocombustible que se comercializan internacionalmente se incluyen la leña, el carbón, las briquetas y residuos agrícolas.

Se han hecho avances en la modernización de las tecnologías de cocina y calefacción rurales. El número de países en desarrollo que se están alejando de las estufas y combustibles tradicionales está aumentando, pero el 76% de las personas en el África Subsahariana aún dependen de las tecnologías de biomasa tradicionales. Estos números son bastante menores en Asia y Latinoamérica.

El "Programa Nacional de Estufas" de la India fue lanzado en el año 2012 con el objetivo de prevenir el 17% de las muertes prematuras y discapacitaciones relacionadas con las emisiones de la biomasa tradicional. En el año 2013 en Bangladesh, el Banco Mundial inició un programa para dotar a hogares rurales con un millón de estufas limpias y 20.000 unidades de biogás, partiendo del ya fuerte compromiso de Bangladesh con el biogás, con más de 30.00 de estas unidades en el país. En Latinoamérica, tanto México como Perú tienen continuos programas de envergadura para proporcionar estufas limpias, teniendo como objetivo la distribución de un millón de unidades cada uno. Muchos países en Centroamérica y el Caribe, incluyendo Guatemala, Honduras y Nicaragua, utilizan los mercados del carbono para apoyar los proyectos de estufas.

#### SABÍA USTED...

Se necesitan 1 a 2 vacas, 5 a 8 cerdos, o 4 humanos adultos para suministrar a un biodigestor casero individual la suficiente materia prima para producir energía de cocción para un día.

#### SABÍA USTED...

Sólo en el África Subsahariana, la producción de carbón es una industria de \$10 mil millones de dólares y causa una importante destrucción ambiental a los bosques, que son talados para cubrir la creciente demanda.

## TENDENCIAS DEL BIOGÁS

Los biodigestores fueron ampliamente introducidos en los países en desarrollo en los años setenta y ochenta cuando los altos precios de la energía estimularon la investigación de fuentes alternativas. La dispersión del biogás desaceleró a finales de los ochenta cuando se descubrió que su aplicación era más útil en el tratamiento de desperdicios a nivel industrial y urbano, pero desde el año 2000, ha vuelto a aumentar el número de plantas.

La producción de biogás ha tenido el mayor éxito en Asia, específicamente en China e India, donde la tecnología se popularizó a través de campañas gubernamentales. China tiene 27 millones de biodigestores y la India tiene 4 millones. Estos son primordialmente pequeños biorreactores rurales alimentados por estiércol animal. Nepal y Vietnam han tenido un éxito considerable con el biogás doméstico, instalando cada uno 300.000 unidades en los últimos 25 años, con el 95% aún en operación. Se ha comprobado que la edad de la instalación, el mantenimiento y la constante inversión son factores importantes en el éxito del digestor. A pesar de que se han instalado muchos en Asia, alrededor de la mitad de los digestores ya no son funcionales.

En África, el Programa de la Asociación Africana de Biogás (ABPP, por sus siglas en inglés) ha contribuido a repetir los resultados en Asia. La ABPP es una asociación entre la organización Hivos y la Organización de Desarrollo de los Países Bajos para apoyar programas nacionales de biogás en Etiopía, Senegal, Kenia, Tanzania, Uganda y Burkina Faso. El programa tiene como objetivo utilizar sus aproximadamente \$42 millones de dólares en financiamiento para construir 7.000 biodigestores. El Programa Nacional de Biogás Doméstico de Kenia está aprovechando el potencial de 200.000 plantas de biogás en Kenia, las cuales podrían suplir de energía a un millón de personas. La fase de activación tiene como objetivo la construcción de 12.000 plantas de biogás para el año 2014; para el año 2010 se habían construido 3.400.

Se espera que el desarrollo de biogás acelere, pero se ve impedido por factores como la falta de acceso a materiales de construcción; la ausencia de instituciones que promuevan y proporcionen entrenamiento técnico y divulgación; muy poca agua; climas muy fríos o muy secos; insuficientes cantidades de estiércol; altos costos de construcción, operación y mantenimiento, disponibilidad de mano de obra poco capacitada y el desinterés del gobierno.

## TENDENCIAS DEL BIOCOMBUSTIBLE LÍQUIDO

La inversión y producción actual de biocombustible sufre a causa de las continuas tensiones asociadas con la habilidad de implementar proyectos de manera efectiva sin impactar de manera adversa las emisiones de GHG, competir directamente con la producción y precios de los alimentos locales, o limitar los beneficios a los inversores y partes interesadas a expensas de los pequeños agricultores que apoyan el cultivo de materias primas. Las pequeñas granjas generalmente sustentan a una familia con una mezcla de cultivos comerciales y agricultura de subsistencia. No obstante, las iniciativas de generación de biocombustibles están esparcidas a nivel global, abarcando desde aceite de palma, caña de azúcar y jaroba en Asia; sorgo y yuca en África Subsahariana; hasta caña de azúcar y aceite de soya en Latinoamérica.

En general, los biocombustibles líquidos representan el 3.4% de los combustibles mundiales para el transporte en carreteras (el mayor porcentaje de cualquier energía renovable) pero el crecimiento de los biocombustibles líquidos en el transporte ha tenido resultados mixtos. Del año 2007 al 2012, el etanol creció un 11% y el biodiesel un 17%, pero la producción de biodiesel creció a un ritmo más lento que años antes, y la producción de etanol ha disminuido desde el año 2010.

## FUENTES Y USOS DE LA BIOMASA

Las fuentes de biomasa se pueden categorizar de forma general en 1) residuos agrícolas y forestales (incluyendo los subproductos de los alimentos, fibra y procesamiento de madera), 2) cultivos destinados para energía, y 3) desperdicios orgánicos. La bioenergía puede ser producida mediante la quema de biomasa sólida para producir calor o electricidad, o también tomando la forma de combustibles líquidos o gaseosos utilizados en estufas, motores, generadores y otros equipos para cocinar, proporcionar luz, calor, energía o transporte. Cada fuente de biomasa particular es más o menos adecuada para diferentes procesos de conversión y diferentes destinos. El biogás y los biocombustibles líquidos se explican con más detalle en esta sección.

### BIOGÁS

El biogás es un producto gaseoso proveniente de la descomposición de materia orgánica sin oxígeno (proceso conocido como digestión anaeróbica). Está compuesto de 50% a 80% de metano y de 20% a 50% de dióxido de carbono. Los fluidos de residuos orgánicos son la fuente más común de biogás utilizado para energía e incluyen estiércol de ganado, desechos humanos, desechos de alimentos y residuos de molinos, entre otros. Dado su alto contenido en humedad, el estiércol se convierte eficientemente a biogás, siendo el de ganado especialmente útil ya que los animales rumiantes tienen una bacteria que produce metano en sus estómagos. Los desechos humanos también pueden ser útiles, pero es más eficiente cuando se combina con sustrato agrícola, ya que la combinación aumenta la cantidad de biogás producida. En Europa, los cultivos para producción de energía están ganando popularidad como productores de biogás (particularmente los de granos) similares a los desperdicios de animales. Potenciales cultivos para producción de energía de biogás en países desarrollados, como la paja arroz o la cáscara del arroz, ofrecen menor producción de biogás.

Las tecnologías de biogás se consideran como una posible solución tanto para el tratamiento de desperdicios como para la generación de energía limpia. El proceso de producción de biogás también genera sólidos que pueden ser, entre otras cosas, utilizados como fertilizante orgánico. El biogás en sí puede ser utilizado como energía para cocinar, calentar y enfriar, e iluminar. Esta guía cubre la producción de biogás a varios niveles de pequeña escala, desde la producción doméstica de biogás con ganado o inodoros composteros, hasta la producción con ganado a nivel de granja y comunidad, y también de gestión de desperdicios sólidos y líquidos a nivel de municipal.

#### **Éxito de una planta de biogás en Ruanda**

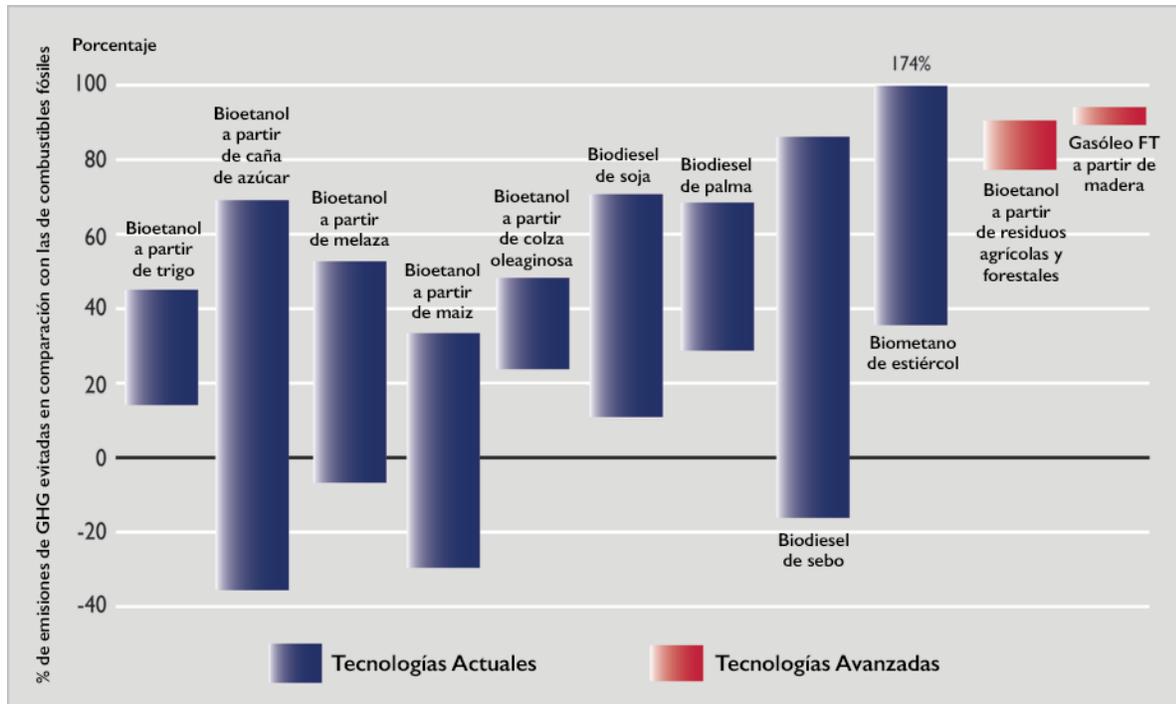
Aunque plantas biogás de mayor escala son escasas en el mundo en desarrollo, existe un ejemplo prometedor en Ruanda, donde cinco cárceles utilizan biodigestores para proporcionar más de la mitad de la energía de las cocinas.

### BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Los biocombustibles líquidos consisten de **bioetanol** y **biodiésel**, los cuales pueden ser utilizados como alternativas a la gasolina y diésel tradicionales, respectivamente. El bioetanol es producido típicamente a través de la fermentación de desperdicios biológicos altos en azúcar o almidón, siendo las fuentes más comunes la caña de azúcar y el maíz. El biodiésel es producido a partir de los aceites que se encuentran en plantas, vegetales o semillas (como yuca, colza y palma), de aceites para cocinar ya utilizados, o incluso de grasas animales.

Los biocombustibles han ganado popularidad gracias a su potencial para reemplazar combustibles de petróleo y sus correspondientes GHG, a su seguridad energética y a sus implicaciones en la calidad del aire. Los biocombustibles se pueden utilizar para el transporte, calefacción y energía. Pueden ser considerados para su uso en vehículos, maquinaria y generadores de gasóleo modificados.

Los beneficios ambientales y socioeconómicos de los biocombustibles han sido cuestionados recientemente al ser reconocido el hecho que los impactos netos de los biocombustibles a lo largo del período de producción y uso pueden no proporcionar un beneficio positivo neto. Un aumento o disminución neta de los GHG provenientes de los biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles depende de varios factores, como la fuente del biocombustible, la tierra utilizada para la producción del cultivo, la metodología agrícola, tecnologías de cosecha utilizadas y el proceso de refinamiento. El siguiente cuadro ilustra esta variabilidad, con la producción de bioetanol a partir de maíz y caña de azúcar y la producción de biodiésel a partir de sebo como ejemplos de la generación de biocombustibles con el potencial de resultar en **más** GHG que los combustibles fósiles.



Fuente: datos de la IEA, 2011; gráfica ©FAO, 2013.

Los proyectos de biocombustible líquido varían desde inversiones a gran escala en las que se adquieren tierras y producen cultivos a partir de los cuales se pueden generar biocombustibles, a esquemas de cultivadores a pequeña escala. Entre los ejemplos de desarrollos de biocombustible a gran escala se encuentran mucha de la producción de etanol a base de caña de azúcar en Brasil, la producción de etanol a base de maíz en Estados Unidos, y las plantaciones de palma de aceite en Malasia e Indonesia. Por el contrario, los esquemas de cultivadores típicamente incluyen directamente a los pequeños agricultores y a menudo se les califica como proyectos "pro-pobre" en relación a los proyectos de biocombustible a gran escala derivados de la relativamente mayor participación de los beneficios recibidos por los agricultores a través de los alquileres de tierras e ingresos por los cultivos. Mucha de la producción actual de jatrofa (expuesta a continuación en el cuadro "*Jatrofa: Los Riesgos de los Biocombustibles de Siguiete Generación*"), por ejemplo, ocurre a través de estos esquemas de cultivadores en Ghana, Tanzania y Mozambique, entre otros.

### **JATROFA: Los riesgos de los Biocombustibles de Siguiete Generación**

Los esquemas de generación de biocombustibles basados en la planta *Jatropha curcas*—originaria de América Central, aunque crece tanto en ambientes tropicales como subtropicales— recibieron una fuerte inversión a mediados de la década del 2000. Esta inversión estuvo impulsada por el conocimiento de que 1) las semillas de jatrofa contienen un biodiésel puro y natural, que puede operar en motores a gasóleo directamente de la planta, (con un económico tratamiento necesario para remover elementos dañinos para el motor a largo plazo); 2) el árbol del jatrofa puede crecer en tierras marginales por lo que no competirá por la escasa tierra cultivable; y 3) la jatrofa, como planta tóxica, proporciona potenciales beneficios de sostenibilidad como cultivo no alimentario.

Sin embargo, hasta ahora, poca de la inversión privada y gubernamental en jatrofa ha tenido éxito comercial. La crisis financiera en el año 2008 hizo que muchos inversores se alejaran de negocios especulativos como la producción de biodiésel a partir de jatrofa. Además, a pesar de ser cierto que la jatrofa crece en tierras marginales, las cosechas en tierras de esta clase han demostrado ser menores que en condiciones más adecuadas, de alguna manera negando la noción de que la producción de jatrofa puede ser exitosa sin tener que competir por la escasa tierra cultivable.

Al igual que con muchos de los biocombustibles de próxima generación, el potencial a largo plazo para la jatrofa depende de la eficacia de la investigación actual en desarrollar variedades de semillas que produzcan cosechas más confiables y plenas. Como un cultivo no alimentario, la jatrofa se utiliza tradicionalmente como borde natural, o para jabones, fertilizantes y medicinas. Es sólo recientemente que dichas investigaciones e iniciativas en mejorar el rendimiento agrícola se han invertido en la jatrofa. En esta fase, es demasiado temprano para decir si la jatrofa tendrá éxito comercial, o si demostrará ser más efectiva en ensayos aislado como los de Mozambique y Tanzania.

## **PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍAS**

Se considera que la energía de biomasa está "modernizada" cuando se produce y convierte en formas limpias y conveniente como gases, líquidos o electricidad (en vez de calor para cocinar o para calefacción). Varios de los procesos y tecnologías de la producción de bioenergía se describen a continuación.

### **GASIFICACIÓN**

Las biomásas sólidas se pueden convertir en gas con procesos de alta temperatura (termoquímica) y directamente quemar para cocinar o proveer calor, o utilizar en dispositivos de conversión secundaria como motores de combustión para producir electricidad. Básicamente, el dispositivo gasificador quema la biomasa con sólo el aire suficiente para convertir la masa en combustible gaseoso, pero sin el aire suficiente para una combustión completa. El gas "productor" resultante sólo tiene del 10% al 15% del valor de calentamiento del gas natural, pero requiere significativamente menos combustible de biomasa para crear la misma cantidad de energía que la quema directa. Si los gasificadores se acercan lo suficiente a los quemadores de gas, el gas productor puede ser utilizado en aplicaciones de calor directo. El gas productor se ha utilizado ampliamente en la cocina doméstica, pero requiere almacenamiento del gas, sistemas de tuberías y quemadores. En la provincia de Shandong, China, se han instalado generadores de gas productor para convertir huiras en gas de cocina para las casas. Sólo se necesita la mitad de huiras cuando se utilizan para producir gas que cuando se quema directamente como biomasa. El gas productor también se puede utilizar en motores de combustible diésel (ignición por compresión) o de gasolina (ignición por chispa) para proporcionar energía para el bombeo, molienda, iluminación, comunicaciones, refrigeración y para otros usos.

## DIGESTIÓN ANAERÓBICA

Materia orgánica, como heces de ganado, desechos en mataderos, efluentes de instalaciones de procesamiento agrícola y residuos de cosechas, pueden convertirse en biogás a través de la digestión anaeróbica, la cual convierte la materia (usualmente en forma líquida) en metano y dióxido de carbono utilizando bacteria. Entonces, el biogás puede quemarse directamente para cocinar y como calefacción, o utilizarse en secundarios dispositivos de conversión para producir energía. La efectiva generación de electricidad requiere tuberías y quemadores en los puntos de cocina, un motor por compresión o por chispa, así como filtros para remover el vapor de agua y dióxido de sulfuro en el biogás.

En el entorno agrícola de los países en desarrollo, los digestores anaeróbicos a pequeña escala generalmente utilizan un proceso semicontinuo en el cual una cantidad fija de estiércol y agua se ponen diariamente en el digestor, contrariamente al proceso continuo en el que constantemente se añade materia prima. Existe un espacio en el digestor para almacenar gas, y el purín puede salir del digestor a un tanque de almacenamiento y ser aplicado directamente a los campos como abono. Además, este lodo puede ser deshidratado en zonas de escasez de agua o de alta demanda de agua, como las granjas de animales, para sacar más agua que luego se usa para diluir excrementos frescos para producción adicional de gas.

Se pueden encontrar más detalles acerca de los diferentes tipos de digestores anaeróbicos en "Design of Small Scale Anaerobic Digesters for Application in Rural Developing Countries" (Rowse, Laurel, 2011).

La digestión anaeróbica puede emplearse a varios niveles de producción, desde una vivienda individual a una granja o comunidad, e incluso a la gestión de residuos municipales. Es importante tener en cuenta los diferentes impactos ambientales de los proyectos a cada uno de estos niveles.

**Producción Doméstica.** A nivel doméstico, el biogás se usa principalmente para cocinar y para calefacción, y el purín restante es usado como fertilizante. Las viviendas con sistemas de biogás producen significativamente menos emisiones que las viviendas sin sistemas, incluso cuando los sistemas de biogás tienen fugas. Un informe por Rajendran et al. muestra que una planta de biogás familiar de tres metros cúbicos en India alimentada por cuatro vacas, tenía el potencial de mitigación de calentamiento global equivalente a 9,7 toneladas de dióxido de carbono por año. Aunque los sistemas de también

### ***Biogás del Efluente de la Molienda del Aceite de Palma (POME) en Malaysia***

En el año 2011, la industria del aceite de palma representó el mayor porcentaje de producción de aceites y grasas en el mundo. Malasia es el principal productor y exportador de aceite de palma, con el 46% de las exportaciones mundiales y el 37% de la producción mundial en el año 2011. El manejo inadecuado de las aguas residuales producidas durante las actividades de molienda, conocido como Efluente de la Molienda del Aceite de Palma (POME, por sus siglas en inglés), resulta en emisiones importantes de metano, las cuales contribuyen a las emisiones GHG y también causan contaminación en los cauces de agua en donde se descarga. Sin embargo, POME tiene un alto contenido orgánico lo que lo hace adecuado para la digestión anaeróbica

Sólo en el año 2011, Malasia produjo un estimado de 57 millones de toneladas de POME, que si se convirtieran en biogás a través de digestión anaeróbica, podrían alimentar de energía a 700.000 viviendas o compensar el uso de la biomasa o diésel durante el proceso de producción de aceite de palma. Para septiembre de 2012, estaban en marcha 36 proyectos de recuperación de biogás en la industria de aceite de palma en Malasia (como se registró en el programa Mecanismo de Desarrollo Limpio bajo el protocolo de Kyoto).

emiten dióxido de carbono y metano (lo cual se agrava por las fugas), la quema de metano mediante el uso de biogás en lugar de permitir que escape al medio ambiente mediante la gestión inadecuada del estiércol reduce el potencial de GHG liberados.

**Gestión de Residuos Municipales.** Los residuos sólidos municipales (MSW, por sus siglas en inglés) y las aguas residuales (o el lodo de las aguas residuales) son desperdicios provenientes de fuentes domésticas, comerciales e industriales (principalmente en zonas urbanas) que pueden ser convertidos en combustible a través de diferentes canales, incluida la digestión anaeróbica. Puede ser necesario el tratamiento previo de los residuos para separar los desechos orgánicos de los inorgánicos, para reducir el tamaño de los mismos, o para convertir el MSW en purín para ser usado en ciertos digestores. **La cantidad de energía necesaria para el pretratamiento debería tomarse en cuenta en el diseño del proyecto.** Típicamente, el uso de la digestión anaeróbica en la gestión de MSW a gran escala no es viable debido a la necesidad de clasificar los desechos durante el pretratamiento. Sin embargo, cuando es posible, este proceso puede reducir de manera significativa los efectos ambientales negativos asociados con la biodegradación de los desperdicios orgánicos tanto en vertederos como durante incineración, así como por evitar el uso de abono convencional al usar el purín. La gasificación también puede utilizarse para convertir MSW en combustible, y supone la combustión parcial de MSW a altas temperaturas en un ambiente controlado.

La incineración de MSW requiere una quema controlada para oxidar casi la totalidad de la materia orgánica en los residuos en vapor para producir energía. Reduce el volumen de los residuos en alrededor del 90% y el peso en un 70%. La inversión y el costo de operación de los incineradores puede ser un factor limitante en los países en desarrollo. Además, la incineración generalmente conduce a mayores impactos ambientales negativos que la digestión anaeróbica. La ceniza resultante de la incineración (cerca del 10% del residuo original) generalmente se deposita en vertederos, y los incineradores con incontrolado calor, en zonas con débiles aplicaciones normativas pueden causar una significativa contaminación en el aire. En zonas desarrolladas, donde esta tecnología es más común, se pueden utilizar depuradores y filtros para reducir la contaminación y cenizas.

La producción de biogás a partir de residuos municipales requiere la recogida y transporte de los mismos a una ubicación central y, posiblemente, transporte secundario a una planta de biogás. Los impactos ambientales del transporte y el consumo de combustible dependen en gran medida de las variables del proyecto, pero sin embargo deberían tenerse en cuenta en la planificación de proyectos de residuos municipales a pequeña escala. Consultar la [Pauta Sectorial Ambiental en Residuos Sólidos de la USAID](#) para más información en la gestión de residuos sólidos.

**Producción de Biogás a Pequeña Escala.** Las granjas a pequeña escala se pueden beneficiar de la producción de biogás a través de prácticas de gestión de estiércol mejoradas, mejores perspectivas ambientales y una necesidad menor de comprar o captar energía (gas propano y leña). Como se expuso anteriormente, los granjeros además se benefician del lodo producido por el proceso de digestión anaeróbica, el cual puede ser utilizado como abono orgánico, reduciendo los costos de fertilizante. La [Pauta Sectorial Ambiental en Agricultura de la USAID](#) proporciona información adicional en los impactos ambientales asociados con el uso de fertilizantes en la agricultura.

La operación efectiva de los sistemas de biogás en las granjas a pequeña escala requiere el acceso suficiente a un mínimo de estiércol animal que permita una colección diaria que sirva como materia prima. A pesar de que la recolección de estiércol puede resultar difícil, especialmente cuando el ganado no se mantiene en un sólo sitio, la Alianza Global para Estufas Limpias (GACC, por sus siglas en inglés) estima que 155 millones de viviendas y granjas comerciales tienen, de hecho, acceso suficiente a estiércol. Un proyecto de biogás puede respaldar las prácticas mejoradas de gestión de estiércol, mientras que la terminación de estos proyectos puede revertir las ganancias de la gestión de estiércol,

especialmente si los profesionales vuelven a las prácticas de gestión inadecuadas. La [Pauta Sectorial Ambiental en Ganado de la USAID](#) proporciona información adicional en los impactos ambientales en la gestión de reses.

Otra opción de materia prima para las granjas a pequeña escala es el cultivo energético, el cual se puede combinar con estiércol para la co-digestión. Cuando los proyectos de biogás incluyen cultivos energéticos, se deben tomar en cuenta las consideraciones ambientales asociadas con el uso de tierras, uso de agua y recursos y las emisiones de GHG (entre otros) relacionadas con dichos cultivos y sus cosechas. Además, pueden necesitarse subsidios gubernamentales y otros programas de incentivos para agricultores a pequeña escala invirtiendo en tecnología de biogás, ya que los costos de capital inicial pueden ser muy altos para la mayoría de los agricultores en zonas rurales.

**Producción Comunitaria.** Las plantas de biogás a nivel comunitario pueden contribuir a abordar las necesidades comunes de la comunidad, incluyendo el saneamiento, la seguridad energética, el control de la contaminación y la generación de empleo. En India, la organización Sulabh ha construido 200 plantas de biogás que reciben excrementos de baños públicos, produciendo un pie cúbico de biogás por persona, por día.

El caso práctico a continuación en la "Iniciativa De la Vaca al Kilovatio" en Ibadan, Nigeria, proporciona un ejemplo de los beneficios ambientales potenciales resultantes de los proyectos de biogás efectivos.

#### ***Producción de Biogás Comunitaria: Iniciativa De la Vaca al Kilovatio Ibadan, Nigeria***

En los países en desarrollo, los mataderos (mataderos) son una fuente importante de contaminación acuática y emisión de GHG a causa de regulaciones débiles, inexistentes o aplicadas inadecuadamente. Además de generar metano y dióxido de carbono procedentes de la digestión anaeróbica, los desechos de mataderos también pueden transmitir enfermedades que pueden afectar seriamente la salud de los seres humanos.

En Ibadan, Nigeria, se desarrolló un reactor de lecho fijo de 3.000 m<sup>3</sup> para convertir los desechos de mataderos en gas limpio para la cocina doméstica. Además, los subproductos pueden ser utilizados por los agricultores como abono orgánico y el biogás se puede vender para obtener un beneficio adicional.

Este proyecto, denominado "De la Vaca al Kilovatio", produce 1.800 m<sup>3</sup> de biogás a diario y genera 1MW de electricidad para uso en comunidades de bajos ingresos. Se proporciona gas de cocina a 5.400 hogares.

Dado que la tecnología de las plantas de biogás no es específica a los mataderos, existe un importante potencial para que este tipo se repliquen y amplíen en todo el mundo.

Para más detalles, visite [http://www.wipo.int/wipo\\_magazine/en/2008/02/article\\_0002.html](http://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2008/02/article_0002.html).

## ESTUFAS

Las estufas limpias son una tecnología particularmente importante para reducir el consumo de biomasa en los países en desarrollo. Casi la mitad de la población mundial quema biomasa (madera, estiércol y carbón) para cocinar alimentos y calentar sus hogares ya sea con hogueras o con estufas simples. La inhalación de humo y material particulado y acre proveniente de las estufas tradicionales contribuye a casi dos millones de muertes al año en el mundo, principalmente de mujeres y niños. Millones más sufren de



enfermedades cardíacas y pulmonares o de quemaduras o desfiguraciones a causa de llamas al descubierto y agua hirviendo.

Aparte de los impactos en la salud, el uso de estufas tradicionales también tiene significativos impactos indirectos sociales y ambientales. La recolección de madera para la producción de carbón y combustible para cocinar contribuye fuertemente a la deforestación, pérdida de las cuencas y desertificación que está ocurriendo en algunos de los países en desarrollo. La pérdida de la cubierta forestal como resultado de la producción de carbón en países como Togo, la República Democrática del Congo, Cambodia, Guatemala, Madagascar y otros más ha tenido efectos devastadores en la biodiversidad. Además, las emisiones provenientes de estufas simples, como metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y carbono negro, contribuyen substancialmente al cambio climático global.

Estufas artesanales eficientes.  
Fuente: Winrock International.

La fabricación y venta local de estufas de bajo consumo energético, las cuales pueden reducir el consumo de energía de biomasa en cerca del 40%, ha aumentado a lo largo de África desde su introducción en los años 80. A menudo fabricadas por artesanos, estas estufas típicamente tienen costos de transporte y producción relativamente nominales, permitiendo que su precio al consumidor se mantenga asequible a los beneficiarios previstos. Los diseños varían desde pequeños cuencos de cerámica portátiles, hasta grandes instalaciones con chimeneas a la medida. La durabilidad de estas estufas varía desde un año en las versiones más simples hasta más de diez en las estufas permanentes. Los precios varían de forma correspondiente, desde \$1 dólar, hasta más de \$90 dólares, dependiendo del diseño.

La GACC está intentando abordar los impactos ambientales y de salud asociados con las estufas tradicionales e ineficientes financiando la adquisición de estufas limpias y de sus tecnologías, y desarrollando patrones internacionales y rigurosos protocolos de pruebas para estufas. Su objetivo a 10 años es fomentar la adopción de estufas y combustibles limpios en 100 millones de hogares. Las tecnologías específicas que respaldan, así como más información sobre la organización, pueden encontrarse en su sitio web.

El biogás tiene el potencial de reemplazar a la biomasa sólida en estufas tradicionales domésticas que utilizan carbón o madera como combustible con resultantes consecuencias ambientales e impactos en la salud significativos, especialmente en las mujeres. La GACC se enfoca principalmente en estrategias para hacer más eficiente la combustión de biomasa sólida, pero existe renovado interés en estufas de biogás, así como potencial para su incorporación en la estrategia de la GACC. Las estufas de biogás utilizan la tecnología de digestor antes mencionada para convertir desechos animales y humanos en gas metano utilizable a nivel doméstico como combustible para cocinar. Sin embargo, mientras los beneficios ambientales son claros, cualquier proyecto que tenga como objetivo esta transición debe tomar en cuenta la importante base cultural de las estufas en muchos de los países en desarrollo.

## PROBLEMAS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

La bioenergía moderna tiene el potencial de cubrir las necesidades energéticas de muchas comunidades en una forma más beneficiosa ambiental y socialmente que la tradicional de energía basada en biomasa o combustibles fósiles. Los proyectos de desarrollo energético a pequeña escala para modernizar el uso de biomasa en zonas rurales se han convertido en herramientas esenciales para mejorar los servicios energéticos, a la vez que reducen la posibilidad de problemas socioeconómicos derivados de la escasez de recursos.

Sin embargo, en años recientes ha habido una mayor percatación de los potenciales impactos negativos que puede tener la bioenergía. La deforestación y los cambios en el uso de tierras han estado conectados con la creciente demanda de bioenergía. La competencia por tierras, aguas y recursos de los cultivos también pueden afectar negativamente la seguridad alimentaria y la disponibilidad de agua. El uso de la energía basada en biomasa también puede afectar directamente los medios de sustento mediante impactos en la calidad del aire interior y en la seguridad de suministros. Por ejemplo, las mujeres en zonas rurales, que tradicionalmente son responsables de recolectar leña, cocinar y recoger agua, son particularmente vulnerables a la escasez de recursos de biomasa. A manera que disminuye la madera y otros recursos de biomasa, ellas deben aventurarse cada vez más lejos para encontrar madera y biomasa, perdiendo tiempo dedicado a otras actividades productivas como comenzar pequeñas empresas que podrían aportar dinero al hogar. Además, con mayores distancias que recorrer para recoger combustible, las mujeres pueden exponerse a violencia de género, especialmente en zonas de conflicto. En un campo de refugiados en el este de Chad, la mayoría de las violaciones confirmadas ocurrieron mientras las mujeres se encontraban recolectando leña para combustible.

*Los impactos positivos y negativos particulares de un proyecto de bioenergía son específicos al contexto local donde ocurre dicho proyecto. Abordar estas condiciones locales es crítico para el éxito del proyecto de bioenergía. Por consiguiente, es de vital importancia que se tomen en cuenta los impactos ambientales durante las etapas de selección del emplazamiento y de las tecnologías.*

Los impactos ambientales de un proyecto de energía en particular pueden estar relacionados con las actividades agrícolas y forestales que producen la biomasa, con el transporte entre la fuente de materia prima y cada punto hasta su uso final; con las actividades de limpieza y construcción para el emplazamiento, caminos de acceso y líneas de transmisión; con la operación y mantenimiento de la tecnología de generación de dicha energía; y con el uso final de la misma. A efectos de estas pautas, la mayoría de estas etapas se cubren en otras guías de esta serie. El cuadro a continuación enumera algunos de los impactos ambientales e ilustrativas medidas de mitigación y control en proyectos bioenergéticos en el sitio de generación de energía y uso final.

El cuadro siguiente proporciona una sinopsis de los principales impactos ambientales potenciales asociados con los proyectos bioenergéticos. Por cada impacto ambiental nombrado, se proporcionan las medidas de mitigación y control recomendadas. Por cada medida de mitigación y de control, la fase en la cual se recomienda que se tome la acción se indica siguiendo la siguiente clave: Planificación y Diseño (P&D), Construcción (C), Operación y Mantenimiento (O&M), y Desmantelamiento (DCM).

Los impactos ambientales, medidas de mitigación y medidas de control incluidos aquí se han planeado como una guía. Aunque estas listas son amplias, no tienen la intención de ser completas y siempre se deben determinar los impactos a nivel del proyecto específico antes de su implementación para garantizar un adecuado tratamiento de los problemas.

Además, el cuadro siguiente no debe utilizarse en lugar de un Plan Ambiental de Mitigación y Control (EMMP) específico al proyecto. En el ANEXO I de este documento, se proporciona un patrón para estos EMMPs específicos a proyectos.

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<b>TODAS (BIOMASA, BIOGÁS, BIOCOMBUSTIBLE)</b>		
<p><b>Impactos por Construcción, Introducción de Líneas de Transmisión, Desarrollo o Rehabilitación de Caminos para apoyar Proyectos de Bioenergía.</b> Los proyectos de bioenergía pueden requerir la instalación de nuevas tecnologías, la construcción de edificaciones (o modificaciones a los existentes), la introducción de nuevos caminos (o rehabilitación de los existentes) y/o la instalación de nuevas líneas de transmisión. Este desarrollo de infraestructura puede resultar en impactos adversos al uso de tierras y a los servicios ecosistémicos como la retención del suelo, el suministro y calidad del agua, los aspectos estéticos y la calidad del aire, entre otros. También pueden afectar la salud y seguridad de las personas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Construcción de la USAID</a> y la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para Caminos Rurales de la USAID</a> para obtener orientación en la mitigación de los impactos ambientales asociados con estos aspectos de los proyectos bioenergéticos.</li> <li>• Conducir evaluaciones previas al desarrollo y/o una ESV para asegurar que las líneas de transmisión o el desarrollo de caminos minimicen los impactos en valiosos servicios ecosistémicos. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Construcción de la USAID</a> y la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para Caminos Rurales de la USAID</a> para obtener orientación en la mitigación de los impactos ambientales asociados con estos aspectos de los proyectos bioenergéticos.</li> </ul>
<p><b>Impactos por Prácticas Agrícolas y/o la Instalación de Pozos/Perforaciones/Irrigación.</b> Muchas de las fuentes de bioenergía dependen de la producción agrícola o ganado para generar la materia prima suficiente para la producción de energía.</p> <p>Las prácticas agrícolas (desde antes hasta después de la cosecha), si se gestionan mal, tienen el potencial de significativos impactos ambientales adversos, muchos de los cuales son impactos en valiosos servicios ecosistémicos. La retención y calidad del suelo pueden verse grandemente afectadas si los nutrientes no se gestionan de manera sostenible (particularmente como resultado de la cosecha excesiva de materia prima de biomasa, lo cual puede afectar el equilibrio natural de los ciclos de nutrientes). El uso de agroquímicos puede representar un riesgo para la salud y seguridad humanas y/o amenazar la fauna y flora y la calidad del agua y suelo de la zona; y la introducción de nuevos sistemas de irrigación puede atraer la</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Agricultura de la USAID</a> para obtener orientación en la mitigación de los impactos ambientales asociados con la producción agrícola e/o irrigación en proyectos bioenergéticos.</li> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para el Ganado de la USAID</a> para obtener orientación en la mitigación de los impactos ambientales asociados con la gestión del ganado de los proyectos bioenergéticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Agricultura de la USAID</a> para obtener orientación en la mitigación de los impactos ambientales asociados con la producción agrícola e/o irrigación en proyectos bioenergéticos.</li> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para el Ganado de la USAID</a> para obtener orientación en la mitigación de los impactos ambientales asociados con la gestión del ganado de los proyectos bioenergéticos.</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p>insostenibilidad a los recursos hídricos de la zona o facilitar la escorrentía de agroquímicos hacia la superficie de los cuerpos de agua de la zona.</p>		
<p><b>Sostenibilidad de Recursos.</b> Los proyectos bioenergéticos efectivos deben operar dentro de las limitaciones de los recursos de la zona del proyecto; la producción de bioenergía puede amenazar los valiosos bienes y servicios ecosistémicos, especialmente la producción agrícola y suministro de agua locales. Estos cambios pueden crear resentimientos entre los miembros de la comunidad afectada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para evaluar los potenciales impactos a valiosos servicios ecosistémicos. Se debería prestar atención a los recursos de la zona, incluyendo (pero sin limitarse a) la tierra cultivable, recursos hídricos disponibles, las necesidades y usos de agua en la zona, las necesidades y usos de tierra en la zona, los cultivos locales rivales (alimentos/bioenergía), la cosecha bioenergética esperada y las opciones de almacenamiento de la materia prima. (P&amp;D)</li> <li>• Evitar el emplazamiento de proyectos en zonas donde los proyectos agrícolas rivales se extiendan o reubiquen hacia zonas ecológicamente sensibles o ricas en carbono. (P&amp;D, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar la disponibilidad y precio de los alimentos de la zona – particularmente de los cultivos de subsistencia – para asegurar una relativa estabilidad tras la llegada del proyecto energético. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Controlar el nivel freático, disponibilidad del agua superficial, así como su estacionalidad y calidad. (O&amp;M)</li> <li>• Controlar el surgimiento o aumentos en la necesidad de usos rivales. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Cambios en el Uso de Tierras.</b> La producción de cultivos bioenergéticos tiene el potencial de generar cambios (tanto directos como indirectos) en el uso de tierras. Con una gestión inadecuada, los cultivos bioenergéticos pueden impactar a un número de valiosos servicios. Por ejemplo, pueden contribuir a la deforestación y pérdidas de biodiversidad asociadas, retención de agua y estabilidad climática. Al desplazar la tierra agrícola, también podrían llevar a la pérdida de retención de suelo y suministros alimentarios .</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir, dentro de las adjudicaciones para Socio Implementador (IP, por sus siglas en inglés), que las evaluaciones preliminares garanticen que no se plantarán cultivos de combustible de biomasa en tierras aptas para los cultivos de alimentos. (P&amp;D)</li> <li>• Plantar cultivos bioenergéticos en sitios baldíos, tierras de minas abandonadas u otras áreas de menor calidad para repoblar de vegetación tierra yerma, recuperar suelos saturados o salinizados, estabilizar zonas propensas a la erosión, proporcionar hábitats y aumentar la biodiversidad. (P&amp;D, C)</li> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que el cambio en el uso de tierras minimice los impactos en valiosos servicios ecosistémicos. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir una visita independiente al emplazamiento durante la fase de diseño y anualmente después para confirmar que no se esté utilizando ninguna tierra apta para cultivos de alimentos, pantanos degradados o hábitats naturales. (P&amp;D, O&amp;M)</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Utilización de los Recursos Hídricos en el Punto de Producción de Energía.</b> Es posible utilizar cantidades considerables de agua en el punto de producción energética. Sin una planificación apropiada, esto puede reducir de manera insostenible los recursos hídricos de la zona, amenazando la flora y fauna local y al bienestar de la comunidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir una evaluación previa al desarrollo de los usos del agua y de las necesidades hídricas tanto de la comunidad como de la flora y fauna locales. (P&amp;D)</li> <li>• Durante la fase de concepto y diseño del proyecto, desarrollar un plan de gestión de agua, en coordinación con la comunidad local. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar el nivel freático, disponibilidad del agua superficial, así como su estacionalidad y calidad. (O&amp;M)</li> <li>• Controlar el surgimiento o aumentos en la necesidad de usos rivales. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Entrada y Escorrentía de Productos Químicos.</b> El procesamiento y producción de los materiales necesarios para la producción y mantenimiento de la materia prima de la bioenergía puede emitir contaminantes a la atmósfera que impactan la calidad de aire tanto local como global y la estabilidad climática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclar los químicos utilizados cuando sea seguro y apropiado; en lo posible, tomar precauciones durante la fabricación para minimizar el uso, o desperdicio, de materiales peligrosos; y asegurarla localización y diseño apropiados del proyecto <b>antes de</b> su implementación. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> <li>• Desarrollar y analizar con los proveedores y consumidores la gestión y desecho de desperdicios durante la fase de concepto y diseño del proyecto. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir análisis rutinarios (cada semestre) del suelo, así como del agua superficial y subterránea. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Gestión de Desperdicios.</b> Si se gestiona de forma inadecuada, el proceso de producción de energía para la bioenergía puede resultar en una amplia serie de desperdicios potencialmente dañinos, incluyendo las cenizas de la gasificación de biomasa y el lodo residual de la digestión anaeróbica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar y analizar con los proveedores y consumidores la gestión y desecho de desperdicios durante la fase de concepto y diseño del proyecto. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir una revisión rutinaria (cada trimestre) de la eficacia del plan de gestión de desperdicios para asegurar que los mismos lleguen a los designados emplazamientos de eliminación que se están siguiendo todas las apropiadas precauciones de manejo. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Emisiones de GHG.</b> Los cambios en el uso de tierras como resultado de la conversión de la misma para la producción de bioenergía pueden generar cambios positivos netos en las emisiones generales de GHG que impactan la calidad de aire tanto local como global y la estabilidad climática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la idoneidad del emplazamiento propuesto para la producción de cultivos antes de la implementación del proyecto. (P&amp;D)</li> <li>• Evitar la contaminación tanto de interiores como exteriores causada por la combustión de desperdicios y la contaminación causada por el ciclo bioenergético. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que el cambio en el uso de tierras minimice los impactos en valiosos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir análisis de la calidad del aire tanto exterior como interior e investigar regularmente los impactos en la salud respiratoria de los humanos. (O&amp;M)</li> <li>• Recolectar mediciones durante el ciclo de vida del proyecto de las emisiones de GHG durante la producción y procesamiento de la materia prima bioenergética, durante el transporte y en el uso final</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
	servicios ecosistémicos. (P&D)	del combustible. (C, O&M)

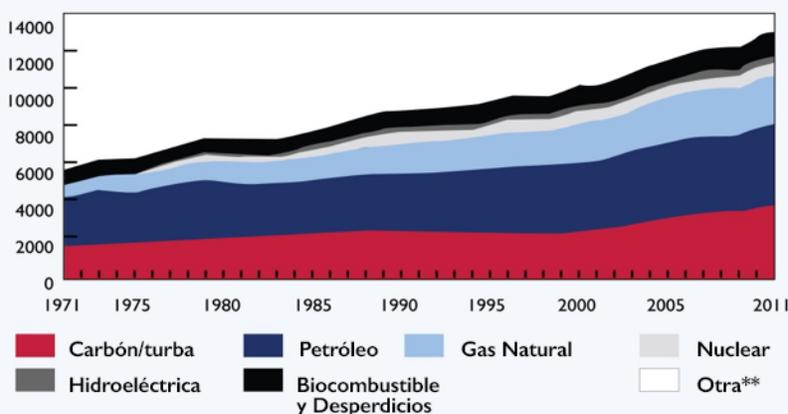
## BIOMASA

<p><b>Balances de Carbono y Deforestación.</b> Cuando se produce de manera responsable, la biomasa puede proporcionar energía que reduce las emisiones de GHG al desplazar a los combustibles fósiles. Sin embargo, en muchos casos, el bosque natural se tala de forma insostenible para proveer cultivos bioenergéticos, lo que deja unas tierras que no se pueden regenerar. Esta deforestación impacta a muchos servicios ecosistémicos asociados como la retención de suelo y agua, estabilidad climática y significancia cultural.</p> <p>En muchos de los países en desarrollo, una vez recolectada la biomasa, es convertida ineficientemente en energía calórica para cocinar (principalmente en estufas tradicionales), produciendo emisiones dañinas como carbono negro y metano, lo que contribuye significativamente al calentamiento global.</p> <p>Además, la pérdida de la capa forestal a causa de la recolección de madera y la producción de carbón puede causar un efecto devastador en la vida silvestre local, disminuyendo la biodiversidad local.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que el cambio en el uso de tierras minimice los impactos en valiosos servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques locales. (P&amp;D)</li> <li>• Utilizar los desechos agrícolas producto de los cultivos bioenergéticos como materia prima en lugar del bosque natural. (P&amp;D, C)</li> <li>• Utilizar estufas eficientes que puedan maximizar la eficiencia de la materia prima de biomasa sólida para que se necesite menos combustible. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Cuando sea posible, utilizar biogás y tecnología de biocombustible para evitar utilizar biomasa sólida como combustible. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• La iniciativa <i>Reducir Emisiones Provenientes de la Deforestación y Degradación de los Bosques</i> de las Naciones Unidas (REDD+, por sus siglas en inglés) aborda la alta tasa de emisiones de carbono relacionadas a la biomasa a través de incentivos a la industria para compensar dichas emisiones mediante la captura de carbono a través de la reforestación y gestión de bosques. Ofrece incentivos a los países en desarrollo para reducir las emisiones e incluye funciones en le conservación y gestión sostenible de los bosques y de las reservas de carbono de los mismos. Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Dasonomía de la USAID</a> y la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las emisiones de carbono del ciclo completo del combustible, tanto por encima como por debajo de la superficie del suelo, para todo el sistema de suministro de biomasa. (O&amp;M)</li> <li>• Medir la cosecha anual de los recursos madereros. (O&amp;M)</li> <li>• Consultar la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Dasonomía de la USAID</a> y la <a href="#">Pauta Ambiental Sectorial para la Agricultura de la USAID</a> para obtener más información. (P&amp;D)</li> </ul>
---	--	---

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
	<p><a href="#">Agricultura de la USAID</a> para obtener más información. (P&amp;D)</p>	
<p><b>Emisiones de GHG.</b> La cantidad de emisiones producidas por las estufas limpias depende altamente del rendimiento de la estufa en uso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar estufas de alto rendimiento energético para minimizar las emisiones; estufas con ventiladores avanzados que mejoran el rendimiento de la quema de biomasa, reducen el impacto del calentamiento neto un 60%. Las estufas gasificadoras reducen el calentamiento neto un 40%. (O&amp;M)</li> <li>• Cosechar la biomasa sólida de manera sostenible, para obtener hasta un 95% de reducción del calentamiento general. (O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la calidad del aire tanto exterior como interior e investigar regularmente los impactos en la salud respiratoria de los humanos. (O&amp;M)</li> <li>• Medir las emisiones de GHG durante el ciclo de vida del combustible a lo largo de la vida del proyecto. (C, O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Salud Humana.</b> Aunque las estufas limpias pueden reducir la polución del aire en espacios cerrados causante de impactos adversos para la salud humana, éstas no eliminan completamente las emisiones adversas. Los impactos adversos a la salud humana dependen altamente del rendimiento de la estufa en uso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar estufas de alto rendimiento energético para minimizar las emisiones y asegurar que se cocine en espacios bien ventilados. (P&amp;D, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la calidad del aire tanto exterior como interior e investigar regularmente los impactos en la salud respiratoria de los humanos. (O&amp;M)</li> </ul>
<b>BIOGÁS</b>		
<p><b>Emisiones de GHG.</b> Cuando se gestiona de manera inadecuada, el estiércol animal puede ser una fuente importante de contaminación aérea y acuática a causa de la lixiviación de nutrientes. La biodegradación natural de materia orgánica en condiciones anaeróbicas libera a la atmósfera 590-800 millones de toneladas de metano al año. La industria de producción animal es responsable del 18% de las emisiones globales de GHG.</p> <p>Aunque típicamente se recomienda la producción de biogás para compensar los impactos ambientales de la producción de ganado, los biodigestores también pueden causar problemas ambientales como fugas en digestores defectuosos o la fuga intencional de metano para evitar la acumulación de presión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar planificación y observación apropiadas para mitigar los efectos adversos de estos problemas en el cambio climático. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Utilizar biodigestores de alta calidad para evitar fugas de metano en las cámaras y tuberías de colección de gas. Reciclar el agua separando los sólidos del purín.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir las emisiones de GHG durante el ciclo de vida del combustible a lo largo de la vida del proyecto. (C, O&amp;M)</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Polución/Salud Humana.</b> Los biodigestores también enfrentan riesgos de fugas de material orgánico y de purín sin esterilizar completamente durante la digestión, llevando a la contaminación acuática y terrestre.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dado que los efluentes de los digestores a menudo se utilizan como abono, es necesario tomar precauciones al utilizar heces humanas y porcinas como materia prima, ya que ciertos parásitos y patógenos transmitidos por excrementos pueden ser peligrosos para el cultivo de cosechas y la ingestión humana. (O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar regularmente los impactos de los biodigestores en la salud humana. (O&amp;M)</li> </ul>
<b>BIOCOMBUSTIBLE</b>		
<p><b>Desarrollo “Anti-Pobre”.</b> Los esquemas de generación de biocombustible planificados de forma inadecuada pueden debilitar las iniciativas de desarrollo al limitar como beneficiarios de los proyectos a inversores extranjeros adinerados o grupos interesados bien posicionados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar esquemas que aseguren que las ganancias del proyecto sean repartidas entre los inversores y los pequeños agricultores que producen y gestionan los cultivos de materia prima. (P&amp;D)</li> <li>• Proporcionar continuas oportunidades de capacitación a los pequeños agricultores, desde mejores prácticas agrícolas y técnicas de cultivo mejoradas, hasta conocimientos en gestión, producción y distribución que promuevan oportunidades de desarrollo de la bioenergía a largo plazo operadas por el país anfitrión. (O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir encuestas en la comunidad para asegurarles a los pequeños propietarios una parte determinada de las ganancias del proyecto. (O&amp;M)</li> <li>• Hacer seguimiento del número de individuos capacitados. (O&amp;M)</li> <li>• Hacer seguimiento a los cambios en el número de desarrollos en el país/región anfitriona, desde el inicio del proyecto hasta su cierre. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Competencia por los Recursos Hídricos.</b> El proceso de refinamiento de biocombustibles puede requerir cantidades extremas de agua, con tasas de uso potencialmente tan altas como 5 litros por litro de combustible, un ritmo que puede crear tensión en el suministro de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la disponibilidad de recursos hídricos, tanto como para respaldar la producción de materia prima, como para el necesario refinamiento de materia prima seleccionada, sin impactar de forma adversa las necesidades agrícolas tanto a nivel macro como de pequeños agricultores. (P&amp;D)</li> <li>• Escoger la materia prima que minimice al máximo la demanda general de recursos hídricos a lo largo del ciclo de producción, manteniendo la efectividad en el emplazamiento seleccionado. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer una referencia de los recursos hídricos disponibles en la zona. (P&amp;D)</li> <li>• Conducir encuestas comunitarias para determinar el alcance de la escasez de agua en relación a las necesidades de la comunidad. (O&amp;M)</li> </ul>

# COMBUSTIBLES FÓSILES



El informe *Perspectivas de la Energía en el Mundo 2012* de la Agencia Internacional de Energía exploran varios escenarios para mantener el Cambio Climático Global en la meta de no más de dos grados de aumento para el año 2050. Bajo su *Escenario de Rendimiento Energético*, no más de un tercio de las comprobadas reservas de combustibles fósiles pueden consumirse antes del año 2050 si el mundo quiere obtener la meta de los 2°C.

Fuente: IEA, Key World Energy Statistics 2012. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/kwes.pdf>

## SINOPSIS

Los combustibles fósiles son considerados no renovables porque se formaron durante millones de años a partir de la descomposición, a alta presión, de material vegetal y animal antiguo en rocas sedimentarias o alta presión y, una vez extraídos, no se regeneran rápidamente. Carbón, gas natural y petróleo son las fuentes principales de las demandas mundiales de energía, y alimentan dos tercios de la generación de electricidad. La mayoría de las actividades de desarrollo a pequeña escala dependen de combustibles fósiles, principalmente para la operación de maquinaria, para bombas y generadores de gasóleo y para el transporte. De hecho, en entornos rurales a nivel global, los generadores a gasóleo son probablemente la fuente más común de electricidad, y el gasóleo es la fuente de combustible predominante en el transporte y la industria.

## CARBÓN Y LIGNITO

Con el mayor contenido de carbono de todos los combustibles fósiles, las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la combustión de carbón y lignito pueden causar impactos adversos importantes a la salud de los humanos como las enfermedades respiratorias. Además de los impactos asociados con las emisiones de GHG y con los contaminantes atmosféricos de la combustión, la minería de carbón crea un importante efecto adverso en los paisajes y en los recursos hídricos.

### Motores a gasóleo y Combustible

Los motores a gasóleo son uno de los principales contribuyentes a la baja calidad del aire y a las emisiones globales de GHG a causa de su uso en vehículos y en muchos de los equipos a nivel mundial. Esto probablemente continuará dadas las expectativas de aumentos en la cantidad de vehículos y las millas recorridas por vehículo a nivel global.

El uso de gasóleo para la generación local de energía es común en muchos entornos en desarrollo, particularmente en zonas rurales y en áreas urbanas donde la generación de electricidad a través de fuentes centrales es inexistente o poco fiable.

## GAS NATURAL

El gas natural es principalmente metano. Sus emisiones tienen menos impactos potenciales en la salud humana y en el ambiente, pero su extracción y producción aún causa impactos ambientales adversos importante.

## PETRÓLEO

A nivel global, el principal uso del petróleo es para el transporte, representando sólo un pequeño porcentaje de la demanda de electricidad. La ausencia de alternativas renovables significativas en el sector del transporte puede crear impactos adversos a largo plazo en el desarrollo a pequeña escala, a medida que disminuyen los recursos petrolíferos y gaseosos y la demanda y precio de estos combustibles continúan en aumento.

**Gas Licuado del Petróleo (LPG, por sus siglas en inglés)** es un subproducto del procesamiento del gas natural y de la refinación del petróleo que se convierte en líquido a presión moderada. El LPG se utiliza como combustible para vehículos a motor en una mezcla líquida, usualmente denominada "propano" entre los consumidores. También se utiliza en la cocción de alimentos, en la calefacción y en la refrigeración.

## TENDENCIAS Y RENTABILIDAD

Según las Perspectivas de la Energía en el Mundo 2012 (WEO, según sus siglas en inglés), el mundo no está actuando rápidamente para pasar el sistema global de energía a una vía sostenible. Bajo el *Escenario de Nuevas Políticas* de la WEO 2012 (escenario central de la WEO), se prevé que, para el año 2035, la demanda global de energía crecerá en más de un tercio, con China, India y Oriente Medio representando el 60% del aumento. No se espera que la demanda energética aumente mucho en los países de la OECD y se prevé que esta parte del mundo se aleje del petróleo, carbón y fuentes de energía nuclear hacia una mayor utilización del gas natural y las energías renovables. A pesar de este cambio hacia las opciones energéticas bajas en carbón, los combustibles fósiles aún son la fuente de energía dominante a nivel global, respaldada por \$523 mil millones de dólares en subsidios en el año 2011. El objetivo del *Escenario de Nuevas Políticas* es **prevenir aumentos en la temperatura global de más de 2°C (3,6°F)**, y para lograrlo se requerirá un consumo de no más del tercio de las reservas actuales de combustibles fósiles antes del año 2050, a no ser que la **tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés)** se implemente en gran escala. De las reservas restantes de combustibles fósiles, dos tercios están atribuidas al carbón, 22% al petróleo y 15% al gas. Dos tercios de estas reservas se encuentran en Norteamérica, Oriente Medio y Rusia.

## GAS NATURAL

En todos los escenarios de la IEA, la demanda de gas natural aumenta. En China, India y el Oriente Medio, la demanda es fuerte, lo que demuestra que el gas natural se ve favorecido por las condiciones de política variables. Se prevé que el uso del gas sobrepase al del petróleo en Estados Unidos para el año 2030 debido a precios bajos y abundante oferta.

Casi la mitad del aumento de la producción global de gas para el año 2035 se le acreditará al **gas no convencional**<sup>12</sup>, principalmente de China, Estados Unidos y Australia. Sin embargo, las industrias de gas

---

<sup>12</sup> El gas no convencional requiere mayor inversión y tecnología para su explotación debido a sus inusuales ubicaciones geológicas. Las tres fuentes principales son gas de esquisto, gas compacto y metano en capas de carbón.

no convencional aún están buscando posicionarse, y existe mucha incertidumbre en cuán extensas y utilizables son los recursos de gas antinatural conocidos.

## ¿CUÁL ES EL FUTURO EL CARBÓN?

A nivel mundial, el carbón representa el 26,6% del uso de energía, pero emite el 43.1% del dióxido de carbono global. Dependiendo de la firmeza de las políticas en favor de fuentes de energía renovables y de emisiones bajas, la demanda de carbón podría variar enormemente en la próxima década. Será crucial la aplicación de una tecnología eficiente para la quema de carbón, especialmente en Beijing y Nueva Delhi, donde se prevé el 75% de la demanda de carbón en países no pertenecientes a la OECD.

## PROBLEMAS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Varios de los problemas ambientales a los que se enfrenta el mundo hoy en día se deben a la dependencia en combustibles fósiles para energía. Los combustibles fósiles producen la mayor cantidad de emisiones de GHG en el mundo, principalmente por combustión para producir electricidad. Aunque los efectos adversos en la calidad del aire y las emisiones de GHG derivados de actividades a nivel doméstico o micro-empresarial son pequeños, cuando se combinan miles de viviendas o pequeñas empresas, las acumulativas emisiones adversas al aire pueden llegar a ser bastante significativos, particularmente en entornos urbanos sujetos a inversiones.

El cuadro a continuación destaca los impactos ambientales asociados con el uso de los combustibles mencionados anteriormente en desarrollos a pequeña escala.

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
CARBÓN Y LIGNITO		
<p><b>Contaminación del Aire.</b> La quema de carbón es la causa principal de contaminación por smog, por lluvia ácida y por aire tóxico. Las emisiones incluyen:</p> <p><b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>):</b> Las plantas de carbón son la principal fuente de la contaminación por SO<sub>2</sub>, afectando en gran medida a la salud pública, incluso contribuyendo a la formación de pequeñas partículas ácidas que pueden penetrar los pulmones y ser absorbidas por el flujo sanguíneo. El SO<sub>2</sub> también causa la lluvia ácida, la cual daña cultivos, bosques y suelos, y acidifica lagos y arroyos.</p> <p><b>Óxidos Nitrógeno (NO<sub>x</sub>):</b> La contaminación por NO<sub>x</sub> causa la presencia de ozono a nivel del suelo, o smog, que puede quemar el tejido pulmonar, empeorar el asma y crear</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En lo posible, utilizar calderas, estufas y lámparas limpias y de alto rendimiento energético que utilicen energía renovable. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que la quema de carbón –o la mejor alternativa energética– minimice los impactos a la calidad del aire y agua. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener registros diarios de la calidad del aire tanto en entornos exteriores como interiores. (O&amp;M)</li> <li>• Medir continuamente, en locaciones seleccionadas, la calidad del aire exterior e interior. Conducir análisis semestrales de los impactos en la salud respiratoria humana. (O&amp;M)</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
<p>mayor susceptibilidad a enfermedades respiratorias crónicas en las personas.</p> <p><b>Materia Particulada (MP):</b> La materia particulada (también conocida como hollín o ceniza volante) puede causar bronquitis crónica, asma agravado y muerte prematura, también causa bruma que obstruye la visibilidad.</p> <p><b>Mercurio:</b> Las plantas de carbón son responsables por emisiones significativas de mercurio, un metal pesado tóxico que causa daños cerebrales y problemas cardíacos. Con sólo 1/70 de cucharadita de mercurio depositada en un lago de 25 acres, se puede hacer que sus peces no sean aptos para comer. La tecnología de inyección de carbono activado puede reducir las emisiones de mercurio hasta en un 90% cuando se combina con filtros de mangas.</p> <p>Otros contaminantes dañinos incluyen metales pesados tóxicos como el <b>plomo</b>, <b>cadmio</b>, así como pequeños rastros de <b>uranio</b>. Los filtros de mangas pueden evitar las emisiones de metal pesado hasta en un 90%. Además, la quema de carbón produce <b>monóxido de carbono</b>, <b>hidrocarburos</b> y <b>compuestos orgánicos volátiles</b> (VOC, por sus siglas en inglés), los cuales forman ozono y arsénico.</p>		
<p><b>Recursos hídricos.</b> Si la extracción minera ocurre a nivel local, existe potencial para que los cuerpos de agua cercanos se contaminen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar sellos de cemento para separar y proteger la roca, el suelo y el agua subterránea local. (C)</li> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que la minería –o la mejor alternativa energética– minimice los impactos a los recursos hídricos. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar el nivel freático, disponibilidad del agua superficial, así como su estacionalidad y calidad. (C, O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Gestión de Desperdicios.</b> Los</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar e implementar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar de forma constante</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
residuos de la combustión y almacenamiento de combustibles contaminan el suelo y cuerpos de agua cercanos.	protocolos de contención y eliminación de los residuos provenientes de la combustión. (O&M)	el proceso de gestión de desperdicios para asegurar la contención de eliminación apropiadas de los residuos de combustión. (O&M)
<b>Cambios en la tierra.</b> En los lugares donde se extrae carbón, los cambios en la tierra debidos a la perforación pueden causar pérdidas substanciales de hábitats y de biodiversidad, e interferir con los usos existentes de la tierra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes de la implementación, conducir evaluaciones pre-desarrollo y/o una ESV para asegurar que los cambios en el uso de tierras minimicen los impactos a valiosos servicios ecosistémicos, así como a hábitats sensibles y zonas culturalmente sensibles. (P&amp;D)</li> <li>• Replantar vegetación o repoblar las especies afectadas en zonas que no estén directamente impactadas por la minería. (C, P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una inspección visual al inicio de la construcción para determinar el nivel del dosal arbóreo y de la incidencia del hábitat animal. Conducir inspecciones de seguimiento durante el proceso de rehabilitación. (C, O&amp;M)</li> </ul>
<b>Efectos en la Salud.</b> El humo producido al cocinar y calentar en las casas puede resultar en efectos acumulativos en la salud, especialmente en las mujeres que cocinan con estos combustibles y en familias que dependen de ellos para la calefacción de sus casas. Estos impactos pueden extenderse a nivel comunitario, especialmente en los fríos meses de invierno, cuando el uso doméstico de carbón se encuentra en su máximo apogeo.  En lugares donde se practica la minería artesanal, pueden existir problemas de salud y seguridad para los mineros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando no sea posible utilizar tecnología limpia para la cocina y calefacción, construir cocinas con materiales porosos y con la ventilación apropiada para mejorar la calidad del aire interior. (C)</li> <li>• Proporcionar PPE a los trabajadores locales, especialmente máscaras, para evitar la inhalación de humo y polvo durante las actividades mineras. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar regularmente la calidad del aire tanto exterior como interior, e investigar los impactos en la salud respiratoria de los humanos. (C, O&amp;M)</li> <li>• Visitar semestralmente los lugares de trabajo para asegurar que se estén utilizando PPE y prácticas de seguridad. (O&amp;M)</li> </ul>
<b>Calentamiento Global.</b> Las emisiones de GHG producidas por la quema de carbón a nivel doméstico, sobre todo para la cocina y calefacción, las cuales afectan la calidad de aire local, así como la estabilidad climática tanto local como global.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En lo posible, utilizar calderas, estufas y lámparas de alto rendimiento que utilicen energía renovable. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que los cambios de desarrollo minimicen los impactos a valiosos servicios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir las emisiones de GHG durante la explotación y extracción a lo largo de la vida del proyecto, y el uso final del combustible. (C, O&amp;M)</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
	ecosistémicos; en este caso, la calidad del aire y la captura de carbono. (P&D)	
<b>GASÓLEO</b>		
<p><b>Contaminación del Agua/Suelo.</b> Pueden ocurrir derrames y liberación de vapores en las bombas, al igual que fugas en los tanques subterráneos, causando contaminación las aguas subterráneas, aguas superficiales y del suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que los cambios de desarrollo minimicen los impactos a valiosos servicios ecosistémicos; en este caso, la calidad del aire y agua. (P&amp;D)</li> <li>• Utilizar losas de concreto diseñadas para capturar contaminantes en caso de filtraciones o derrames. (P&amp;D, C, O&amp;M, DCM)</li> <li>• Utilizar boquillas de prevención de fugas en las bombas. (C, O&amp;M)</li> <li>• Inspeccionar tanques tanto por encima como por debajo del suelo, en busca de corrosión y soldaduras en mal estado.</li> <li>• Desarrollar y establecer protocolos para la educación de los trabajadores en las operaciones apropiadas y seguridad. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Establecer requisitos contractuales para el desmantelamiento de tanques al fin de sus vidas útiles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener registros de combustible y de O&amp;M. Visitar los lugares de trabajo cada semestre para comprobar los registros y asegurar que las losas y boquillas están previniendo y capturando cada emisión, filtración o derrame. (O&amp;M)</li> <li>• En el desmontaje de tanques, asegurar la contención de todo el líquido combustible residual.</li> </ul>
<p><b>Contaminación al Aire.</b> Los principales contaminantes emitidos por las energías a gasóleo incluyen: PM, monóxido de carbono, NOx, hidrocarburos, VOCs, y otros contaminantes aéreos peligrosos clasificados como tales por la Ley de Aire Limpio. Se puede encontrar información acerca de estos contaminantes en: <a href="http://www.mde.maryland.gov/programs/Air/MobileSources/DieselVehicleInformation/HealthandEnvironmentalE">http://www.mde.maryland.gov/programs/Air/MobileSources/DieselVehicleInformation/HealthandEnvironmentalE</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En aplicaciones pesadas, utilizar menos azufre y aromáticos en el combustible, y considerar la utilización de combustibles sin azufre, como el gas natural. (P&amp;D)</li> <li>• Utilizar tecnologías en el control de la contaminación aérea, y en motores híbridos y pilas de combustible. (P&amp;D)</li> <li>• Utilizar trampas de vapor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener registros diarios de la calidad del aire tanto en entornos exteriores como interiores. (O&amp;M)</li> <li>• Medir continuamente, en locaciones seleccionadas, la calidad del aire exterior e interior. Conducir análisis semestrales de los impactos en la salud respiratoria humana. (O&amp;M)</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
<a href="ffects/Pages/index.aspx">ffects/Pages/index.aspx</a>	ajustadas y detectores de humo. (P&D, C, O&M)	
<p><b>Salud/Seguridad de los Trabajadores.</b> La salud de los trabajadores en las plantas de almacenamiento y llenado puede verse afectada si no se proporciona PPE. La exposición al humo del escape de gasóleo afecta el sistema respiratorio y empeora el asma, alergias, bronquitis y la función pulmonar. Existe alguna evidencia de que la exposición al humo del escape de gasóleo puede aumentar los riesgos de problemas cardíacos, muerte prematura y cáncer de pulmón.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerir el uso de PPE a los trabajadores para evitar la exposición al humo del escape de gasóleo. (P&amp;D, C, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visitar semestralmente los lugares de trabajo para asegurar que se estén utilizando PPE y prácticas de seguridad. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Calentamiento Global.</b> En lugares donde se utilizan generadores de gasóleo para la generación local de energía, los impactos causados por numerosos generadores domésticos o comerciales/industriales pueden tener efectos adversos en la calidad del aire, así como producir notables aumentos en las emisiones de GHG en comparación con las emisiones producidas en centrales generadoras alimentadas por combustibles fósiles. Las emisiones de GHG impactan la estabilidad climática local y global.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar alternativas a los generadores de gasóleo, incluyendo sistemas adaptados a biocombustibles y pilas de combustible. Para un ejemplo, ver: <a href="http://www.yorpower.com/renewable-energy.htm">http://www.yorpower.com/renewable-energy.htm</a>. (P&amp;D)</li> <li>• Utilizar tecnología de control de emisiones. (O&amp;M)</li> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que los cambios de desarrollo minimicen los impactos a valiosos servicios ecosistémicos; en este caso, la calidad del aire y la captura de carbono. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar cálculos estimados de las emisiones de GHG durante el ciclo de vida. (P&amp;D, O&amp;M)</li> </ul>
<b>GAS DE PETRÓLEO LÍQUIDO</b>		
<p><b>Contaminación del Agua/Suelo.</b> Pueden ocurrir derrames y emisiones de evaporación durante el reabastecimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que los cambios de desarrollo minimicen los impactos a valiosos servicios ecosistémicos; en este caso, la calidad del aire y agua. (P&amp;D)</li> <li>• Utilizar tanques herméticos y válvulas de reabastecimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar que se reciban apropiadas instrucciones de manejo.</li> <li>• Conducir análisis regulares de las condiciones del suelo/agua. (O&amp;M)</li> </ul>

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
	<p>especiales para eliminar las emisiones de evaporación y los derrames. (P&amp;D, C, O&amp;M)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar e implementar protocolos para el manejo seguro de gas de petróleo Líquido (LPG, por sus siglas en inglés) durante el reabastecimiento. (O&amp;M)</li> </ul>	
<p><b>Contaminación al Aire.</b> El LPG generalmente es una alternativa más limpia que muchos combustibles, pero su combustión también produce contaminantes. Ciertos tóxicos, especialmente el óxido de nitrógeno y el monóxido de carbono, tienen menos emisiones que los de los vehículos a gasolina, pero igual ocurren. Los niveles de emisión del dióxido de carbono se reducen un 40% comparado con los de vehículos a gasolina, pero también pueden ocurrir.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar tecnología de control de emisiones y considerar alternativas de combustible. (P&amp;D, O&amp;M)</li> <li>• Conducir un análisis previo al desarrollo y/o una ESV para asegurar que los cambios de desarrollo minimicen los impactos a valiosos servicios ecosistémicos; en este caso, la calidad del aire y la captura de carbono. (P&amp;D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar regularmente la calidad del aire tanto exterior como interior e investigar los impactos en la salud respiratoria de los humanos. (O&amp;M)</li> </ul>

# SISTEMAS DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS



Los sistemas de Recursos Energéticos Distribuidos (DER, por sus siglas en inglés) ofrecen un enfoque flexible y receptivo a la gestión del suministro de energía. Al extraer de un grupo de recursos energéticos, los sistemas DER pueden lograr menores costos, menos impactos ambientales y mejor garantía de suministro que las grandes centrales generadoras.

Fotografía de una microred local, la Midred Sendai, ubicada en el campus de la Universidad Tohoku Fukushi en Sendai, en el distrito japonés de Tohoku. Fuente: NTT Facilities. [http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed\\_generation](http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_generation)

## SINOPSIS

### SISTEMAS DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS (DER)

generan electricidad a partir de varios recursos energéticos locales, en contraste con los sistemas tradicionales que utilizan grandes estaciones eléctricas centralizadas. A menudo, DER combina una mezcla de tecnologías de generación de energía, ya sean de combustible fósil o renovables, con la gestión de energía y sistemas de almacenamiento para lograr un suministro de energía confiable y de alta calidad. Los sistemas DER pueden tener una capacidad de 3kW hasta 50MW.<sup>13</sup>

Al extraer de recursos energéticos “distribuidos” de menor tamaño, DER permite la posibilidad de una mezcla energética más limpia, lo que resulta en menos impactos ambientales que en las centrales energéticas más grandes. Además, el sistema descentralizado ofrece la posibilidad de menor



Un aerogenerador local en España, 2010.  
Foto: Patrick Charpiat.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed\\_generation](http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_generation)

<sup>13</sup> Guía de Diseño Completo de Edificaciones: Un Programa del Instituto Nacional de Ciencias de la Edificación: Distributed Energy Resourced (DER) por Barney L. Capehart, PhD, CEM Facultad de Ingeniería, Universidad de Florida.  
<http://www.wbdg.org/resources/der.php>

congestión en las líneas de transmisión de la zona, al igual que mayor flexibilidad y receptividad a las actuales demandas de energía

Los sistemas DER pueden ser utilizados para la generación de energía de **carga básica**, en la cual el sistema DER proporciona el suministro de energía principal para una zona determinada. Sin embargo, estos sistemas también poseen la flexibilidad para ser utilizados como fuente de energía secundaria para responder a condiciones de **máxima demanda**, cuando la necesidad de energía en una zona dada se encuentra en su nivel más alto. Al utilizarlos para demanda máxima, —ya que los sistemas DER no son centralizados— estos son particularmente útiles respondiendo a las zonas específicas donde la demanda está al máximo, mientras que la planta central proporciona la mayoría de la energía al sistema energético en general.

El **Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL, por sus siglas en inglés)** ofrece una sinopsis de las **Bases de la Energía Distribuida** en: [http://www.nrel.gov/learning/eds\\_distributed\\_energy.html](http://www.nrel.gov/learning/eds_distributed_energy.html).

## TECNOLOGÍAS DER

Las tecnologías DER son **modulares** por diseño, proyectadas para una utilización flexible. En la práctica, los sistemas DER también son diversos, empleando combustibles renovables o fósiles como gasóleo, aceites usados y gas natural. Los renovables pueden incluir viento, solar PV, hidroeléctrica y/o biomasa.

El cuadro a continuación es una adaptación de la información desarrollada en la Guía de Recursos Energéticos Distribuidos de California, y describe tecnologías comunes utilizadas conjuntamente con los sistemas DER.

TECNOLOGÍAS DER	GENERACIÓN DE ENERGÍA	COMBUSTIBLE UTILIZADO	BENEFICIOS
<p><b>Microturbinas</b></p> <p>Pequeñas turbinas de combustión derivadas de la tecnología de turbocargador que se encuentra en camiones de gran tamaño, o las turbinas en las unidades de potencia auxiliar (APU, por sus siglas en inglés) de aeronaves. Para más información, consultar: <a href="#">Microturbinas</a>.</p>	25 kW – 500 kW	Gas natural, propano, gasóleo, combustible múltiple	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce significativamente la emisión de GHG en relación con la tradicional generación de energía con combustibles fósiles.</li> <li>• Puede usarse como Combinación de Calor y Potencia (CHP, por sus siglas en inglés) para mejorar el rendimiento.</li> <li>• Puede proporcionar calefacción a pequeña escala (residencias o pequeños comercios).</li> <li>• Disponible comercialmente y</li> </ul>

TECNOLOGÍAS DER	GENERACIÓN DE ENERGÍA	COMBUSTIBLE UTILIZADO	BENEFICIOS
			<p>puede ser adquirida en cantidades limitadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede utilizarse de forma flexible, para cubrir las necesidades energéticas base, o para cubrir altas demandas.</li> </ul>
<p><b>Turbinas de Combustión</b></p> <p>Los generadores de turbinas de convención (CT, por sus siglas en inglés) convencionales se alimentan típicamente de gas natural, petróleo o una combinación de combustibles.</p> <p>Las modernas unidades de turbinas de combustión de un ciclo tienen rendimientos típicos del 20% al 45% con carga llena.</p>	<p>500 kW – 25 MW (para DER)</p>	<p>Gas natural, destilados, metano</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento energético muy alto cuando se utiliza para CHP.</li> <li>• Actualmente disponible comercialmente, con costos de O&amp;M relativamente bajos.</li> <li>• Puede utilizarse de forma flexible, para cubrir las necesidades energéticas base, o para cubrir altas demandas.</li> </ul>
<p><b>Motores de Combustión Interna</b></p> <p>Un motor de combustión interna (IC, por sus siglas en inglés) convierte la energía combustible en energía mecánica, la cual hace rotar un eje en el motor para generar energía a partir de la rotación.</p>	<p>5 kW – 7 MW</p>	<p>Gasóleo, gas natural, propano, biogás</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede proporcionar grandes cargas de energía en ausencia de una fuente de energía centralizada.</li> <li>• Si se utiliza como energía de apoyo, tiene un arranque rápido, lo que previene la necesidad de Fuentes de Alimentación Ininterrumpidas (UPS, por sus siglas en inglés)</li> <li>• Tecnología madura, disponible comercialmente</li> </ul>

TECNOLOGÍAS DER	GENERACIÓN DE ENERGÍA	COMBUSTIBLE UTILIZADO	BENEFICIOS
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy alto rendimiento cuando se utiliza para CHP.</li> </ul>
<p><b>Almacenamiento de Energía / Sistemas de Fuentes de Alimentación Ininterrumpidas</b></p> <p>No producen energía neta, sino que proporcionan energía eléctrica por corto tiempo, para estabilizar el suministro de electricidad.</p>	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponible comercialmente.</li> <li>• Aseguran estabilidad en el suministro de energía en caso de que las fuentes base fallen o se encuentren temporalmente inestables.</li> </ul>
<p><b>Sistemas Fotovoltaicos</b></p> <p>Ver la exposición en Energía Solar Fotovoltaica en la sección de <a href="#">Energía Solar</a> de esta pauta.</p>		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin costos variables por combustible.</li> <li>• Sin partes móviles—mantenimiento asequible y de larga duración.</li> <li>• Sin emisiones o ruido.</li> <li>• Puede utilizarse en demandas punta.</li> <li>• Tecnología madura, altamente confiable.</li> </ul>
<p><b>Sistemas Eólicos</b></p> <p>Ver la sección de <a href="#">Energía eólica</a> de esta pauta.</p>	Aerogenerador grande – <1kW - 1,000 kW	Ninguno —velocidad del viento >12 mph	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin costos variables por combustible.</li> <li>• En la implementación de servicios públicos, las emisiones cero pueden permitir un recargo al precio por la "energía verde".</li> <li>• Tecnología madura.</li> <li>• Múltiples fabricantes.</li> </ul>
<p><b>Sistemas Híbridos</b></p> <p>Estos combinan las tecnologías disponibles para mejorar el desempeño y rendimiento del</p>	Supeditada a la mezcla de tecnologías	Supeditado a la mezcla de tecnologías	Supeditados a la mezcla de tecnologías.

TECNOLOGÍAS DER	GENERACIÓN DE ENERGÍA	COMBUSTIBLE UTILIZADO	BENEFICIOS
<p>equipo y del suministro de energía.</p> <p>Un ejemplo de sistema híbrido sería un aerogenerador que utiliza almacenamiento de batería y generadores de repuesto a gasóleo.</p>			

## IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS TECNOLOGÍAS DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS (DER)

TECNOLOGÍA	IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
<p><b>Microturbinas</b></p> <p>Rendimiento del 28% al 33%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitados impactos ambientales en el sitio</li> </ul>		
<p><b>Pequeñas Turbinas de Combustión a Gas</b></p> <p>Rendimiento del 25% al 40%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede ser necesario almacenar combustible en el sitio</li> <li>Emisiones en el sitio</li> <li>Operaciones que generan mucho ruido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar entrenamiento y protocolos de orientación en el almacenamiento, manejo y eliminación de combustibles. (P&amp;D, O&amp;M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener registros de operación en abastecimiento de combustible, mantenimiento y derrames. (O&amp;M)</li> </ul>
<p><b>Motores de Combustión Interna</b></p> <p>Rendimiento del 28% al 37%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede ser necesario almacenar combustible en el sitio</li> <li>Emisiones en el sitio</li> <li>Operaciones que generan mucho ruido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se requiere un tanque en el sitio, asegurar que el mismo tenga revestimiento doble, con una "zona de derrames" no permeable para contener derrames accidentales (losa de hormigón). (P&amp;D, C)</li> <li>Atenuación del ruido, por ejemplo, mantener el motor en un espacio de amortiguación y, en lo posible, en una zona alejada de áreas sensibles (escuelas, hospitales, residencias). (P&amp;D, C)</li> <li>Mantener en un área bien ventilada. Si está al aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conducir pruebas de ruido con poblaciones muestra antes de la construcción. (P&amp;D)</li> </ul>

TECNOLOGÍA	IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE CONTROL
		libre, asegurar que esté en una zona alejada de áreas sensibles (escuelas, hospitales, ancianatos). (P&D, C)	
<b>Energía Fotovoltaica</b>	Ver el apartado de Impactos Ambientales en la sección de <a href="#">Energía Solar</a> de esta pauta.		
<b>Grandes Aerogeneradores</b>	Ver el apartado de Impactos Ambientales en la sección de <a href="#">Energía Eólica</a> de esta pauta		

# LOS EFECTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS COMO CONCEPTO

## SINOPSIS

Muchas de las actividades del ser humano pueden no tener efectos significativos en el medio ambiente al evaluarlas de forma individual; la instalación de una bomba para agua subterránea o para irrigación fluvial puede tener poco impacto en los recursos hídricos, pero cien bombas similares en la misma zona pueden reducir el nivel del acuífero o rebajar significativamente los caudales. De manera similar, el fuego de una cocina en un centro urbano o en un campamento de refugiados puede no tener un impacto individual más que los efectos perjudiciales en la salud de las mujeres que preparan las comidas, pero cuando se multiplica por miles y mezclado con los humos del escape vehicular se vuelve un serio problema de salud a largo plazo.

Cada vez más, las actividades de desarrollo a pequeña escala que se consideran beneficiosas de manera individual, cuando se combinan e interactúan entre ellas tienen impactos que generan inquietud a nivel local, nacional o global. El deterioro de las tierras áridas, la degradación y contaminación de suelos agrícolas, la pérdida de poblaciones de peces artesanales y polución de ríos y arroyos rurales pueden atribuirse a la acumulación e interacción de varias acciones individuales. El crecimiento en nuestros números significa que nuestras acciones conjuntas son un factor importante detrás del alarmante aumento en las emisiones de GHG, incluyendo las prácticas de transporte y uso energético individuales. Estos efectos acumulativos pueden diferir en su naturaleza o extensión de los efectos de las actividades individuales. Los ecosistemas no siempre se pueden adaptar a los efectos combinados de las actividades humanas sin fundamentales cambios funcionales o estructurales.

Otros ejemplos de efectos ambientales acumulativos incluyen el incremento en la pérdida de pantanos, la deforestación, la agricultura de corte y quema, la pérdida de los paisajes estéticos, la disminución de la biodiversidad, la pérdida de hábitats y la pérdida de los usos tradicionales de los

### **Comprender los Efectos Ambientales Acumulativos**

Los efectos ambientales acumulativos no deberían ser vistos como un nuevo tipo de efecto ambiental. El concepto es simplemente el reconocimiento de las maneras complejas en que los efectos de proyectos y actividades individuales interactúan y se combinan entre sí en el tiempo y la distancia. Por lo tanto, abordar los efectos ambientales acumulativos en las evaluaciones ambientales sólo requiere pensar de forma acumulativa. Lo que significa considerar:

- "Los límites temporales y geográficos de la evaluación; y
- Las interacciones entre los efectos ambientales del proyecto, así como los proyectos y actividades tanto pasados como futuros.

Hasta cierto punto, las evaluaciones federales y otras evaluaciones ambientales ya abordan los efectos ambientales acumulativos. Por ejemplo, la mayoría examina las condiciones ambientales base, lo que incluye los efectos ambientales acumulativos de proyectos y actividades tanto existentes como pasados. Sin embargo, también se deberían tener en cuenta los efectos acumulativos provenientes de las interacciones entre los efectos ambientales del proyecto propuesto con proyectos y actividades futuros."

*Guía de Referencia de Evaluación Ambiental Canadiense: Abordar los Efectos Ambientales Acumulativos*  
<http://www.ceaa.gc.ca/default.asp?lang=En&n=9742C481-1&offset=1&toc=show>

recursos naturales. Además, los impactos sociales producto de estas actividades pueden incluir el desplazamiento o reasentamiento de grupos indígenas.

La evaluación de los efectos ambientales acumulativos se está volviendo crítica durante la fase inicial del diseño del proyecto. Aunque los ecologistas y científicos ambientales reconocen esto, las técnicas de evaluación y gestión actuales no siempre los prevén o controlan adecuadamente.

# IMPLICACIONES GLOBALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

## PLANIFICAR PARA UN CLIMA CAMBIANTE

A medida que el clima continúa cambiando debido a insostenibles emisiones de GHG, los proyectos de energía renovable a pequeña escala ofrecen una oportunidad de mitigación indirecta contra el cambio climático a individuos y comunidades que a menudo se encuentran entre aquéllos con mayor vulnerabilidad a los impactos adversos de este fenómeno, reduciendo las emisiones de GHG y difundiendo conocimiento y capacidad tecnológica en el uso de prácticas energéticas sostenibles.

Al mismo tiempo, los proyectos de energía renovable a pequeña escala tienen el potencial de verse afectados de manera adversa por el clima cambiante que ellos mismos pueden ayudar a estabilizar, ya que fluctuaciones en los patrones climáticos locales afectan los recursos naturales de los cuales dependen estos proyectos de para ser exitosos.

**En el contexto de la EIA, la mitigación** es las medidas de implementación diseñadas para eliminar, reducir o compensar los efectos indeseados en el ambiente de una acción propuesta.

**En el contexto del cambio climático, la mitigación** es una intervención para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de GHG para con el fin de imitar la magnitud/tasa del cambio climático.

## LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO MINIMIZANDO LA VULNERABILIDAD A TRAVÉS DEL DISEÑO DE PROYECTO

Alteraciones en la cubierta de nubes, los patrones del viento, la hidrología local, la idoneidad del suelo, las precipitaciones y en la temperatura son ejemplos de cambios climáticos que podrían impactar la eficacia a corto o largo plazo de los proyectos de energía renovable. Las vulnerabilidades a las que se enfrenta el desarrollo de la energía a pequeña escala tienen que ver con la forma en que las fuentes de energía en sí están influenciadas por el clima cambiante:

- En **proyectos de energía solar**, podría haber impactos insignificantes debido a los cambios en la cubierta de nubes, el vapor de agua de la atmósfera, las precipitaciones, la turbidez y en la irradiación solar podrían alterar el recurso solar disponible a nivel global, o en zonas específicas.
- En **proyectos geotérmicos**, es poco probable que el cambio climático tenga algún impacto perceptible.
- La **Materia Prima Bioenergética** es susceptible a los cambios climáticos como los aumentos o disminuciones en las precipitaciones, variaciones en la temperatura, o la mayor incidencia de eventos climáticos extremos (como sequías o inundaciones). El crecimiento de las plantas podría verse fortalecido por alteraciones en los patrones meteorológicos locales, aumentando así la materia prima disponible. Por otro lado, los recursos hídricos podrían volverse cada vez más escasos, poniendo en riesgo el suministro de agua a las comunidades locales y dañando la producción agrícola. La [Pauta Ambiental Sectorial para la Agricultura de la USAID](#) proporciona más detalles en los impactos del cambio climático en la producción agrícola.

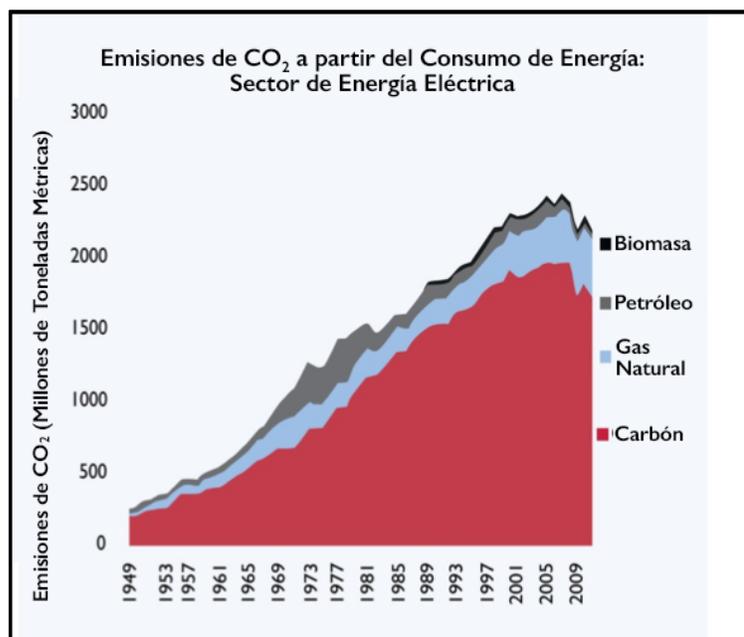
- Cambios climáticos en precipitaciones y temperatura podrían impactar a la **energía hidroeléctrica a pequeña escala** ya que la alteración en el caudal de los ríos afecta la energía potencial del proyecto. Dichos riesgos pueden empeorar aún más por los cambios en la sedimentación causados por la reducción (o aumento) del caudal absoluto, lo que altera el potencial de carga de los embalses o el rendimiento de las turbinas. Además, eventos meteorológicos extremos como las sequías o inundaciones podrían tener impactos significativos y dañinos en los proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas, ya sea poniendo en riesgo al proyecto o reduciendo dramáticamente el potencial de energía.
- Los proyectos de **energía eólica** podrían verse influenciados por fluctuaciones en los patrones regionales del viento, resultando potencialmente en aumentos o disminuciones de los recursos eólicos locales. Además, eventos meteorológicos extremos como velocidades de viento inusualmente altas podrían significar un riesgo para las instalaciones de turbinas pequeñas.

Sin embargo, a pesar del riesgo impactos adversos a la eficacia del proyecto, cuando se implementan con la apropiada planificación y consideración, los proyectos de energía renovable a pequeña escala tienen la capacidad de servir como una importante medida de mitigación contra impactos del cambio climático más severos.

## MINIMIZAR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GHG)

El potencial para reducir las emisiones globales de GHG es clave fundamental en el impulso para alejarse de los combustibles fósiles tradicionales hacia fuentes alternativas de energía, como las que se exponen en esta pauta.

A nivel macro, la agencia EPA de Estados Unidos estima que la generación de electricidad representa el 26% de las emisiones globales de GHG, del cual la mayoría proviene de la electricidad basada en combustibles fósiles. El gráfico a la derecha, que proporciona una comparación de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre las fuentes de energía en el sector eléctrico, lo deja claro. Dicho esto, el descenso de las emisiones totales de dióxido de carbono provenientes de la producción de electricidad entre los años 2007 y 2011 refleja el impacto positivo de las tendencias mundiales hacia las fuentes de energía renovables y las tecnologías más limpias de combustibles fósiles.



Fuente: EPA EE. UU (Datos obtenidos en noviembre de 2013)

En el contexto de desarrollo, las tendencias globales hacia los proyectos de energía renovable a pequeña escala fomentan mayores reducciones en las emisiones de GHG, ya sea relativas a las fuentes de energía de la zona o a escenarios alternativos de electrificación. Los proyectos de energía eólica y solar a

pequeña escala emiten pocos —o cero— GHG. Otros proyectos de energía renovable, como las pequeña centrales hidroeléctricas o la bioenergía, también tienen el potencial de apoyar reducciones significativas, aunque los cambios en las consideraciones del uso de tierras se deben tomar en cuenta de manera apropiada al planificar actividades para asegurar que los GHG netos se reduzcan a lo largo de la vida de un proyecto dado. Cada vez más, sistemas de electrificación con energía renovable a pequeña escala y fuera de la red como los sistemas solares domésticos, esquemas pequeños o microhidroeléctricos RoR, biodigestores, y pequeños o medianos aerogeneradores pueden competir económicamente con la tradicional electrificación por combustibles fósiles.

# CONSIDERACIONES DE COSTOS EN LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS

## SINOPSIS

Disminuciones en costos, combinadas con aumentos en la productividad de turbinas, paneles fotovoltaicos, biodigestores, y sistemas geotérmicos, están cerrando la brecha entre los costos de los sistemas energéticos tradicionales y los de las alternativas renovables.

En particular, los mercados de la energía eólica y de la energía solar son motivo de optimismo por el futuro de la industria de la energía renovable. A lo largo de África, se prevé que la energía eólica y la solar —así como la hidroeléctrica— reciban grandes beneficios. Se espera un crecimiento similar en las principales economías emergentes de Latinoamérica (Brasil) y Asia (China e India).

Sin embargo, en mercados menos desarrollados, y a escalas más pequeñas, la adopción de alternativas de energía renovables se ve frenada por los costos de inversión iniciales, plazos de amortización, fiabilidad y variabilidad. Estas inquietudes afectan la percepción del potencial de la energía eólica y, en menor grado, de la hidroeléctrica y solar. Hasta cierto punto, existen en mercados desarrollados a una escala mayor.

Quizá, aún más urgente, es el tema de la escalabilidad de las alternativas de energía renovables. Si bien los proyectos pueden satisfacer las necesidades de un individuo, familia, tienda, escuela, clínica o comunidad, para que sean verdaderamente alternativas de energía renovables sostenibles deben 1) continuar mejorando la competitividad de costos en relación con las fuentes de energía tradicionales y 2) que los gobiernos locales acojan las alternativas de energía renovables con iniciativas de políticas de apoyo.

## EL COSTO DE GENERACIÓN DE LA ENERGÍA RENOVABLE

Además de políticas, para poder evaluar de manera efectiva el costo potencial de un proyecto de energía renovable, los implementadores deben considerar varios factores asociados con las opciones de energía disponibles. Los factores esenciales que considerar incluyen:

- El costo directo de la fuente de energía (como la materia prima de la biomasa)
- Calidad de la fuente de energía
- Cantidad disponible del recurso
- Tamaño del proyecto energético (¿Cuánta energía debe producir el proyecto inicialmente? ¿Una vez a escala?)
- Desembolsos iniciales de capital (construcción de la central eléctrica, adquisición de generadores y turbinas)
- Costos de operación y mantenimiento de maquinaria
- Costos de mano de obra para construir y operar el equipo
- Productividad de la tecnología utilizada
- Prevista duración del proyecto

Dependiendo de las consideraciones específicas al sitio, los costos asociados a cada uno de estos factores contienen un elemento de variabilidad. En los proyectos hidroeléctricos, la cantidad y variabilidad de los recursos hídricos variará por sitio, las cadenas de valor pueden ser débiles o

inexistentes, haciendo la adquisición de algunas tecnologías mucho más costosas que en otros sitios; la materia prima de la biomasa puede crecer con mucho más alto potencial energético en algunos países o regiones que en otros.

El cuadro siguiente del Costo Nivelado de Electricidad (LCOE, por sus siglas en inglés) proporciona el LCOE – o costo por kilovatio por hora (kWh) de la energía generada al año 2013 – de las tecnologías expuestas en esta pauta, tomando en cuenta el rango de factores enumerados anteriormente. El LCOE presenta los costos estimados en un rango de valores para incluir la variabilidad de costos basados en la ubicación.

## UN ENTORNO DE POLÍTICAS FAVORABLES

Las normativas locales existentes en torno a la energía renovable pueden tener un papel significativo en el éxito del proyecto a largo plazo. A la escala más pequeña, esto a menudo significa asegurar que los temas concernientes al uso de tierras sean claramente establecidos *antes* de la implementación del proyecto; que se entienda correctamente el reparto de beneficios entre los inversores y los pequeños agricultores o jefes de proyecto en el sitio; y que los costos para la comunidad por el acceso a electricidad (si forma parte del diseño del proyecto) sean presentados al inicio del proyecto.

A medida que los proyectos aumentan en tamaño, también aumentan las oportunidades para mecanismos de normativas de apoyo. A nivel internacional, la solución normativa más común para promocionar la energía renovable son las **Tarifas de Suministro**, las cuales establecen acuerdos a de precios a largo plazo diseñados para compensar a hogares, comercios o municipalidades por la generación de energía renovable. Estos acuerdos de precios tienden a tener el mayor éxito cuando se diseñan para a) contrarrestar el precio de la generación de energía renovable y b) garantizar un beneficio económico adicional a aquéllos que producen la electricidad. Otras herramientas normativas exitosas incluyen las **normativas de la cartera de renovables**, las cuales requieren que un cierto porcentaje de la electricidad sea de fuentes renovables, o **reembolsos directos, subsidios o créditos fiscales**, que descuentan el costo de la inversión en energía renovable.

El creciente éxito de los proyectos de energía renovable a pequeña y gran escala en los mercados emergentes tiene el potencial de crear mayor demanda de entornos de políticas favorables. Entender las políticas –o sistemas– establecidas y las opciones disponibles puede ayudar significativamente a fomentar futuros de energía sostenible para los beneficiarios del proyecto.

## Costo Nivelado de Electricidad (LCOE) de Algunas Opciones Seleccionadas de Generación de Energía Renovable<sup>14</sup>

RECURSO	TECNOLOGÍA	TAMAÑO TÍPICO DEL DISPOSITIVO (KW)	INVERSIÓN (\$/KW)	COSTO DE O&M, FIJA ANUAL (DOL/KW) Y/O (NO ALIMENTARIA) VARIABLE (¢/KWH)	INGRESOS POR SUBPRODUCTOS (¢/KWH)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$/GJ)	RENDIMIENTO DE CONVERSIÓN DE LA MATERIA PRIMA (%)	FACTOR DE CAPACIDAD (%)	TÍPICA DURACIÓN DEL PROYECTO (AÑOS)	LCOE US¢/KWH		
										TASA DE DESCUENTO		
										3%	7%	10%
Bioenergía	Combinación Calor + Potencia (CHP) (Ciclos Rankine con Fluido Orgánico)	650-1.600	6.500-9.800	59-80 \$/kW 4,3-5,1 ¢/kWh	7,7	1,25-5	14	55-68	20	8,6-26	12-32	15-37
	CHP (Turbina de vapor)	2.500-10.000	4.100-6.200	54 \$/kW and 3,5 ¢/kWh	5,4	1,25-5	18	55-68	20	6,2-18	8,3-22	10-26
	CHP (Motor de Combustión Interna por Gasificación)	2.200-13.000	1.800-2.100	65-71 \$/kW and 1,1.-1,9 ¢/kWh	1,0-4,5	1,25-5	28-30	55-68	20	2,1-11	3,0-13	3,8-14
	Gasificadores de Biomasa	20-5.000KW	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8,0-12	N/A
Energía Solar Directa	PV (techo residencial)	4-100	3.700-6.800	19-110 \$/kW	N/A	N/A	N/A	12,0-20	20-30	12-53	18-71	23-86
	PV (techo comercial)	20-50	3.500-6.600	18-100 \$/kW	N/A	N/A	N/A	12,0-20	20-30	11-52	17-69	22-83
Energía Geotérmica	Plantas de Ciclo Binario	1.000-10.000+	2.470-6.100	150-190 \$/kW	N/A	N/A	N/A	60-90	25-30	N/A	7-14	N/A
	Calefacción de ambientes (Edificios)	100-10.000+	400-1.200	N/A	N/A	N/A	80-90	50-90	25-30	N/A	10-27	N/A
	Bombas de calor de tierra	10-350	500-4.000	N/A	N/A	N/A	N/A	25-30	25-30	N/A	7-23	N/A
Hidroenergía	Embalses basados en red/RoR	1.000-10.000+	2.000-4.000	N/A	N/A	N/A	N/A	30-60	40-80	1,1-7,8	1,8-11	2,4-15
	Fuera de red/rural (RoR)	0,1-1.000	1.175-3.500	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	40-80	N/A	5,0-40	N/A
Energía Eólica	Eólica a pequeña escala	0/1-100	10.000 (1 kW) 5.000 (5 kW)	N/A	N/A	N/A	N/A	20-40	20	N/A	15-20	N/A
	Aerogenerador doméstico	0,1-3,0	2.500 (250 kW)	N/A	N/A	N/A	N/A	20-40	20	N/A	15-35	N/A

Fuente: Informe de Situación Global "REN21", 2013; IPCC, 2011

<sup>14</sup> Las cifras del LCOE se extraen principalmente del Anexo III del Reporte Especial en Energía Renovable de la IPCC ([http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Annex\\_III.pdf](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Annex_III.pdf)). Cuando hubo información adicional disponible, se completó el cuadro con datos provenientes del Cuadro 2, Sección 2 del Informe de Situación Global "REN 21" 2013 ([http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2013/GSR2013\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2013/GSR2013_lowres.pdf)).

# ANEXO I PATRÓN DE PLANES DE MITIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTALES

## MITIGACIÓN (CUADROS INDEPENDIENTES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y ELIMINACIÓN GRADUAL)

### EJEMPLO: PEQUEÑAS MÁQUINAS DE ENERGÍA EÓLICA

IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	PARTE RESPONSABLE	PRESUPUESTO
<p><b>Impacto 1:</b></p> <p><b>Amenaza a la Biodiversidad:</b> Turbinas eólicas en tierra pueden causar daño a especies voladoras locales, particularmente a pájaros y murciélagos. Pueden chocar con las turbinas en operación, o ser influenciados en vuelo por las fluctuaciones en presión causadas por las aspas en movimiento. Las turbinas, o su instalación, también pueden alterar o destruir los hábitats de animales o plantas.</p>	<p>En lo posible, evitar proyectos en zonas ecológicamente sensibles (como con especies de pájaros y/o murciélagos en peligro de extinción).</p> <p>Diseñar turbinas tomando en cuenta los comportamientos de las especies locales (como estar inactivas cuando la velocidad del viento es menor).</p>	(paisajista, especialista en medio ambiente).	---
<b>Impacto 2:</b>	---	---	---
<b>Impacto 3:</b>	---	---	---

## CONTROL

### EJEMPLO: PEQUEÑAS MÁQUINAS DE ENERGÍA EÓLICA

IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDA DE MITIGACIÓN	MEDIDA DE CONTROL	FASE	PARTE RESPONSABLE	PRESUPUESTO
<p><b>Impacto 1:</b></p> <p><b>Amenaza a la Biodiversidad</b></p> <p>Turbinas eólicas en tierra pueden causar daño a especies voladoras locales, particularmente a pájaros y murciélagos. Pueden chocar con las turbinas en operación, o ser influenciados en vuelo por las fluctuaciones en presión causadas por las aspas en movimiento. Las turbinas, o su instalación, también pueden alterar o destruir los hábitats de animales o plantas.</p>	<p>Seleccionar emplazamientos con presencia limitada, o nula, de especies que puedan verse afectadas; en lo posible, evitar proyectos en zonas ecológicamente sensibles (como con especies de pájaros y/o murciélagos en peligro de extinción).</p> <p>Diseñar turbinas tomando en cuenta los comportamientos de las especies locales (como estar inactivas cuando la velocidad del viento es menor).</p>	<p>Estudio de referencia de las especies que posiblemente se vean afectadas.</p> <p>Número de especies lesionadas o muertes posterior a la implementación del proyecto.</p> <p>Desarrollar un análisis comparativo de las tecnologías disponibles, evaluando cómo el diseño de la turbina seleccionada es el más efectivo para la zona y el propósito.</p>	<p>Planificación &amp; Diseño/Localización</p> <p>Operación y Mantenimiento</p> <p>Planificación &amp; Diseño</p>	<p>(especialista en medio ambiente)</p> <p>(especialista en medio ambiente)</p> <p>(ingeniero líder)</p>	<p>(\$1000)</p>
<b>Impacto 2:</b>	---	---	---	---	---
<b>Impacto 3:</b>	---	---	---	---	---

# ANEXO II REFERENCIAS

## ENERGÍA SOLAR

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

Doig, A. (2007, 2 de octubre). *Solar Photovoltaic Energy*. Extraído el 7 de octubre de 2013, de Practical Action: <http://practicalaction.org/solar-photovoltaic-energy>

*Environmental Impacts of Solar Power*. (2013, 5 de marzo). Extraído el 4 de octubre de 2013, de Union of Concerned Scientists : [http://www.ucsusa.org/clean\\_energy/our-energy-choices/renewable-energy/environmental-impacts-solar-power.html](http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/environmental-impacts-solar-power.html)

European Parliament, Science and Technology Options Assessment (STOA), Future Metal Demand from Photovoltaic Cells and Wind Turbines, Directorate General for Internal Policies Directorate G: Impact Assessment, febrero de 2012, págs. 25-26.  
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2011/471604/IPOL- JOIN\\_ET\(2011\)471604\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2011/471604/IPOL- JOIN_ET(2011)471604_EN.pdf)

Frankl, Paolo, y Stefan Nowak. *Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy*. Paris: International Energy Agency.

*How Solar Energy Works*. (2009, 16 de diciembre). Extraído el 4 de octubre de 2013, de Union of Concerned Scientists : [http://www.ucsusa.org/clean\\_energy/our-energy-choices/renewable-energy/how-solar-energy-works.html](http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/how-solar-energy-works.html)

Maupoux, M. (2012, Mayo). *Practical Action*. Extraído el 11 de Octubre de 2013, de Solar (PV) Water Pumping: <http://practicalaction.org/solar-photovoltaic-waterpumping-1>

Punter, A. (2011, Noviembre). *Solar Thermal Energy*. Extraído el 7 de octubre de 2013, de Practice Action: <http://practicalaction.org/solar-thermal-energy>

*Solar Energy Development Programmatic EIS*. (n.d.). Extraído el 4 de octubre de 2013, de Solar Energy Development Environmental Considerations: <http://solareis.anl.gov/guide/environment/>

*Technology: Photovoltaic (PV) Systems*. (n.d.). Extraído el 7 de octubre de 2013, de Powering Health: <http://www.poweringhealth.org/index.php/topics/technology/solar-pv>

Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, 289-296.

Wamukonya, N. (2007). Solar home system electrification as a viable technology option for Africa's development . *Energy Policy*, 6-14.

Watkins, T. (2013, 20 de enero). EarthSpark uses micro-grid, pre-pay electricity to power homes in Haiti. *Haiti Rewired*.

## ENERGÍA EÓLICA

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

Alliance for Rural Electrification. (2012). *The Potential of Small and Medium Wind Energy in Developing Countries*. Brussels: Alliance for Rural Electrification.

Ashden. (2013). *Ashden Case Study: Cabeolica, Cape Verde*. Extraído el 1 de noviembre de 2013, de Ashden Awards: <http://www.ashden.org/winners/cabeolica13>

Noble, N. (2008, febrero). *Practical Action*. Extraído el 1 de noviembre de 2013, de Windpumping: <http://practicalaction.org/wind-pumping-1>

REN21: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. (2013). *Renewables 2013 Global Status Report*. Paris, France: REN21 Secretariat.

Roland, S. (2013, 1 de abril). *Promoting Small Wind in Developing Markets*. Extraído el 1 de noviembre de 2013, de Renewable Energy World: <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2013/04/promoting-small-wind-in-developing-markets>

Wheldon, D. A. (2013, septiembre de 2013). *What can a small island teach us about wind power?* England. Extraído el 1 de noviembre de 2013, de <http://www.ashden.org/blog/what-small-island-can-teach-rest-world-about-wind-power>

Wiemann, M. (2013, 10 de mayo). *Small Wind in a Developing World*. Extraído el 1 de noviembre de 2013, de Renewable Energy Focus: <http://www.renewableenergyfocus.com/view/32333/small-wind-in-a-developing-world/>

## PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

State Government Victoria Department of Environment and Primary Industries. (2011, 10 de diciembre). *Environmental Impact of Dams, Wiers & Pumping*. Extraído el 1 de noviembre de 2013, de Water in the Environment: <http://www.water.vic.gov.au/environment/rivers/flows/impacts>

U.S. Department of Energy. (2001, julio). *Small Hydropower Systems*. Extraído el 1 de noviembre de 2011, de National Renewable Energy Laboratory: <http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/29065.pdf>

## ENERGÍA GEOTÉRMICA

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

Andritsos, N, P Dalampakis, and N Kolios. "GeoHeat Center." *Use of Geothermal Energy for Tomato Drying*. Marzo de 2003. <http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull24-1/art3.pdf> (consultada el 29 de octubre de 2013).

Brown, Valerie J. "Industry Issues: Putting the Heat on Gas." *Environmental Health Perspectives*, 2007.

Clark, Corrie, John Sullivan, Chris Harto, Jeongwoo Han, y Michael Wang. "Life Cycle Environmental Impacts of Geothermal Systems." *Thirty-Seventh Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*. Stanford, California, 2012.

"Enhanced Geothermal Systems." *Environmental Impacts, Attributes, and Feasibility Criteria*.  
[http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/egs\\_chapter\\_8.pdf](http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/egs_chapter_8.pdf) (consultada el 30 de octubre de 2013).

Fridleifsson, Ingvar B. "Geothermal energy for the benefit of the people." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2001: 299–312.

Geothermal Energy Association. *Geothermal Basics- Power Plant Costs*. [http://www.geo-energy.org/geo\\_basics\\_plant\\_cost.aspx](http://www.geo-energy.org/geo_basics_plant_cost.aspx) (consultada el 30 de octubre de 2013).

*Geothermal Power Plants — Minimizing Land Use and Impact*. 17 de enero de 2006.  
[http://www1.eere.energy.gov/geothermal/geopower\\_landuse.html](http://www1.eere.energy.gov/geothermal/geopower_landuse.html) (consultada el 30 de octubre de 2013).

Goosen, Mattheus, Hacene Mahmoudi, and Noredine Ghaffour. "Water Desalination Using Geothermal Energy." *Energies*, 2010.

Lund, John W, and Derek H Freeston. "World-wide Direct Uses of Geothermal Energy 2000." *World Geothermal Congress*. Tohoku, Japón, 2000.

Lund, John W. *Direct Heat Utilization of Geothermal Energy*.  
<http://www.oregon.gov/energy/RENEW/Geothermal/docs/directheat03-USa.pdf> (consultada el 30 de octubre de 2013).

—. "GeoHeat Center." *Small Geothermal Power Project Examples*. Junio de 1999.  
<http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull20-2/art2.pdf> (consultada el 1 de noviembre de 2013).

National Geographic. *Geothermal Energy: Tapping the Earth's Heat*.  
<http://environment.nationalgeographic.com/environment/global-warming/geothermal-profile/#close-modal> (consultada el 1 de noviembre de 2013).

National Renewable Energy Laboratory. *Geothermal Energy Basics*. 30 de mayo de 2012.  
[http://www.nrel.gov/learning/re\\_geothermal.html](http://www.nrel.gov/learning/re_geothermal.html) (consultada el 30 de octubre de 2013).

## BIOENERGÍA: BIOGÁS

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

Aberdeen, D.-U. o. (2011). The Potential of Small-Scale Biogas Digesters to Alleviate Poverty and Improve Long Term Sustainability of Ecosystem Services in Sub-Saharan Africa.

Bond, T., & Templeton, M. (2011). History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development*.

Brown, V. (2006). Biogas: A Bright Idea for Africa. *Environmental Health Perspectives*.

Cookstoves, G. A. (2011). Igniting Change: A Strategy for Universal Adoption of Clean Cookstoves and Fuels.

Differ, *A Rough Guide to Clean Cookstoves*,  
[http://www.differgroup.com/Portals/53/Analysis/Cookstoves\\_PartI\\_Final.pdf](http://www.differgroup.com/Portals/53/Analysis/Cookstoves_PartI_Final.pdf), marzo de 2012, pág. 3

Holm Nielson, J., Al Seadi, T., & Oleskowicz-Popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*.

Kartha, S., & Larson, E. (2000). *Bioenergy Primer: Modernised Biomass Energy for Sustainable Development*. Denmark: United Nations Publications.

Kartha, S., & Larson, E. (2000). *Modernised Biomass Energy for Sustainable Development*. Denmark: United Nations Publications.

Renewable Nature Gas (Biogas). (2013). Extraído de *Energy Efficiency & Renewable Energy*:  
[http://www.afdc.energy.gov/fuels/emerging\\_biogas.html](http://www.afdc.energy.gov/fuels/emerging_biogas.html)

Steets, Julia. *Climate Change: From Cows to Kilowatts – A Case Study in Successful Technology Transfer*. Abril de 2008.  
[http://www.wipo.int/wipo\\_magazine/en/2008/02/article\\_0002.html](http://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2008/02/article_0002.html) (consultada el 25 de octubre de 2013).

Sustainable Energy Project Support: Powering Milk Chilling Units with Biogas. (2013). Extraído el 2 de octubre de 2013, de WISONS of Sustainability: <http://www.wisions.net/projects/powering-milk-chilling-units-with-biogas%20-%20project69>

The Issues: Environment. (2012). Extraído de *Global Alliance for Clean Cookstoves*:  
<http://www.cleancookstoves.org/our-work/the-issues/environment.html>

## BIOENERGÍA: BIOMASA SÓLIDA

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

Aberdeen, D.-U. o. (2011). The Potential of Small-Scale Biogas Digesters to Alleviate Poverty and Improve Long Term Sustainability of Ecosystem Services in Sub-Saharan Africa.

Bond, T., & Templeton, M. (2011). History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development*.

Brown, V. (2006). *Biogas: a Bright Idea for Africa*. *Environmental Health Perspectives*.

Cookstoves, G. A. (2011). *Igniting Change: A Strategy for Universal Adoption of Clean Cookstoves and Fuels*.

*Cookstove Technology*. <http://www.cleancookstoves.org/our-work/the-solutions/cookstove-technology.html>  
(consultada el 25 de octubre de 2013).

Holm Nielson, J., Al Seadi, T., & Oleskowicz-Popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*.

Kartha, S., & Larson, E. (2000). *Bioenergy Primer: Modernised Biomass Energy for Sustainable Development*. Denmark: United Nations Publications.

Kartha, S., & Larson, E. (2000). *Modernised Biomass Energy for Sustainable Development*. Denmark: United Nations Publications.

Renewable Nature Gas (Biogas). (2013). Extraído de Energy Efficiency & Renewable Energy: [http://www.afdc.energy.gov/fuels/emerging\\_biogas.html](http://www.afdc.energy.gov/fuels/emerging_biogas.html)

Sustainable Energy Project Support: Powering Milk Chilling Units with Biogas. (2013). Extraído el 2 de octubre de 2013, de WISIONS of Sustainability: <http://www.wisions.net/projects/powering-milk-chilling-units-with-biogas%20-%20project69>

The Issues: Environment. (2012). Extraído de Global Alliance for Clean Cookstoves: <http://www.cleancookstoves.org/our-work/the-issues/environment.html>

## BIOENERGÍA: BIOCOMBUSTIBLES

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

FACT Foundation. (2011). *End Report FACT pilot project "Jatropha oil for local development in Mozambique" 2007-2010*. FACT Foundation.

Food and Agriculture Organization. (2013). *Biofuels and the Sustainability Challenge: A global assessment of sustainability issues, trends, and policies for biofuels and related feedstocks*. Rome: Trade and Markets Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

International Energy Agency. (2008, 10 de diciembre). *From 1st- To 2nd- Generation Biofuel Technologies: AN Overview of Current Industry and RD&D Activities*. Paris: OECD.

International Energy Agency. (2013, julio). *Tracking Clean Energy Progress 2013*. Paris: OECD/IEA.

Portale, E. (2012). *Socio-Economic Sustainability of Biofuel Production in Sub-Saharan Africa: Evidence from a Jatropha Outgrower Model in Rural Tanzania*. Cambridge: Harvard Kennedy School Belfer Center for Science and International Affairs.

Wang, M. Q. (2011). Energy and Greenhouse Gas Emission Effects of Corn and Cellulosic Ethanol with Technology Improvements and Land Use Changes. *Biomass & Bioenergy*, 11.

## CAMBIO CLIMÁTICO & EVALUACIÓN DE IMPACTOS

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

International Association for Impact Assessment (IAIA). FasTips #3. Febrero de 2013. Climate Smart Decisions. [http://www.iaia.org/publicdocuments/special-publications/fast-tips/Fastips\\_3%20Climate%20Smart%20Decisions.pdf](http://www.iaia.org/publicdocuments/special-publications/fast-tips/Fastips_3%20Climate%20Smart%20Decisions.pdf)

## RECURSOS EN CAMBIO CLIMÁTICO

Cada país envía Comunicados Nacionales a la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) que incluyen información en el contexto del país, prioridades generales de desarrollo y objetivos climáticos, panoramas de los sectores clave, condiciones climáticas

históricas, cambios climáticos previstos y sus impactos en los sectores clave, posibles medidas prioritarias de adaptación, limitaciones, desafíos y necesidades. [http://unfccc.int/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/items/2979.php](http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php)

El Portal de Conocimiento en Cambio Climático del Banco Mundial tiene como objetivo proporcionar, de manera rápida y accesible, datos climáticos y relacionados con el clima a los formuladores de políticas y profesionales del desarrollo. La página también incluye una herramienta de visualización de mapas (webGIS) que muestra variables climáticas y datos relativos al clima. <http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/>

Políticas y planes nacionales en el cambio climático. Muchos países tienen planes y políticas para abordar la adaptación al cambio climático.

## EFFECTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS COMO CONCEPTO

**(Para acceder a más recursos, consulte la Bibliografía Anotada)**

Ver Canter, Larry y Bill Ross, *State of Practice of Cumulative Effects Assessment and Management: The Good, The Bad and The Ugly*, (2008). 17 págs.

[http://www.iaia.org/iaia08calgary/documents/Keynote\\_AddressCanterandRoss.pdf](http://www.iaia.org/iaia08calgary/documents/Keynote_AddressCanterandRoss.pdf)

IAIA Impact Assessment Wiki, *Cumulative Effects Assessment and Management (CEAM)*

Modificada el 22 de septiembre de 2009 por Bridget John. <http://www.iaia.org/iaia/wiki/cea.ashx>