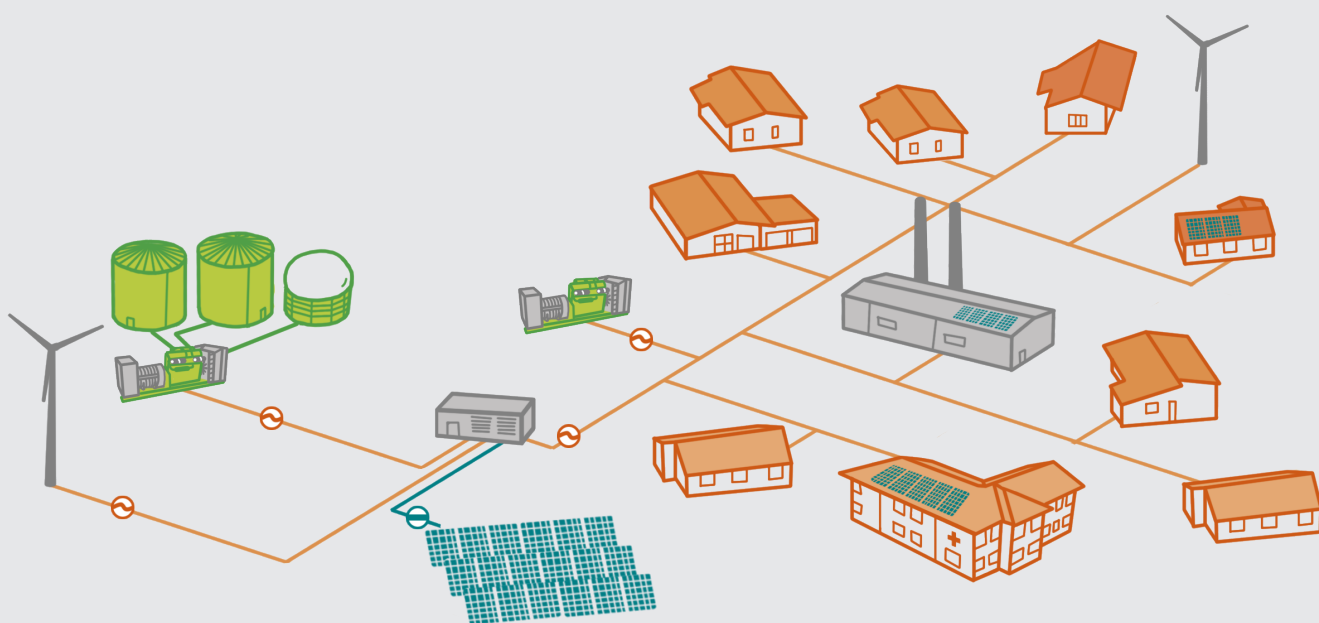


Informe Nexus, N.º 4, diciembre de 2017

**Cambio climático y medio ambiente**

# Mini redes de energía eléctrica



## Mensajes principales

El acceso a la electricidad es un factor importante en el desarrollo económico y social de las zonas rurales, y puede tener un impacto positivo sobre la educación, los ingresos y la salud. Sin embargo, más de 1000 millones de personas, principalmente en las zonas rurales de países en desarrollo, todavía viven sin acceso a la electricidad. Naciones Unidas, a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, quiere cambiar esta situación y brindar acceso universal a la electricidad para 2030.

La provisión de una red eléctrica a todas las zonas rurales supone un gasto considerable, de ahí el importante papel de las mini redes en la consecución de este objetivo. Las innovaciones tecnológicas actuales permiten a los países en desarrollo emplear un diseño de redes descentralizadas para electrificar las zonas más aisladas. Los generadores de combustible diésel en las mini redes existentes pueden ser sustituidos en gran medida por fuentes de energía eléctrica renovable, transformando así estas mini redes en ecológicas. Las nuevas mini redes verdes o ecológicas pueden evitar completamente el uso de combustibles fósiles, contribuyendo por tanto a reducir y frenar de forma significativa las emisiones de CO<sub>2</sub>.

No obstante, para que las mini redes puedan maximizar todo su potencial para el desarrollo, es necesario hacer frente a una serie de obstáculos de carácter económico, técnico y social. En este contexto, la cooperación para el desarrollo jugará un papel importante: con vistas a reducir la carga sobre los presupuestos nacionales para el desarrollo, se deberán crear nuevos modelos empresariales que atraigan inversión privada a las mini redes, brindar apoyo a las autoridades nacionales en la preparación de los marcos legales para la construcción y el funcionamiento de mini redes, respaldar a las comunidades y a los empresarios locales para que puedan hacer un mejor uso de la energía disponible por medio de miniredes, y establecer redes de servicios para mantener y reparar las mini redes y garantizar un suministro eléctrico sostenible y confiable.

## Contexto

### Finalidad de este informe

El presente informe Nexus se centra en la electrificación rural a través de mini redes, poniendo de relieve su importancia en la conexión entre el desarrollo sostenible, la mitigación de la pobreza y el cambio climático. Las mini redes tendrán un papel relevante en el logro del acceso universal a la electricidad; no obstante, para conseguir esta meta, es necesario desarrollar nuevos modelos empresariales, marcos regulatorios y redes de servicios para hacer frente a obstáculos de carácter técnico, económico y social.

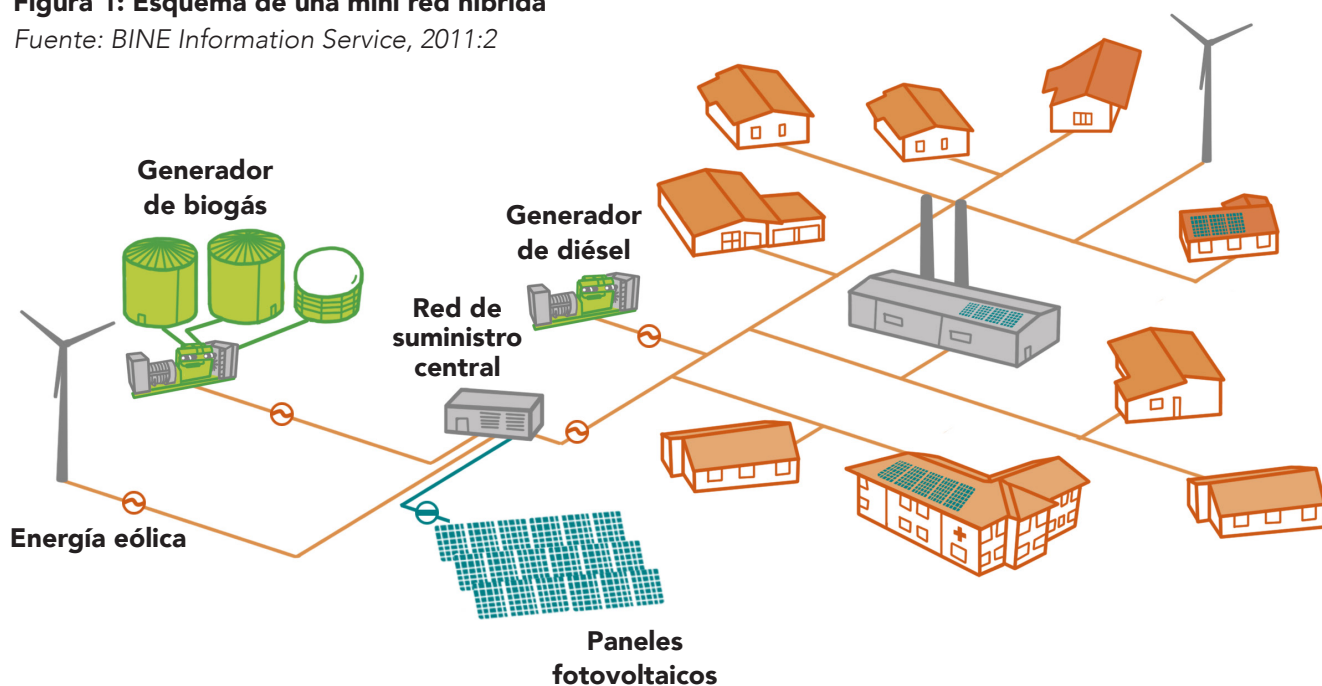
### Las mini redes verdes en el contexto del cambio climático y el desarrollo sostenible

El acceso a la electricidad es reconocido a nivel general como un elemento crucial para el desarrollo económico.

La ausencia de electricidad tiene un impacto negativo sobre la salud y la educación, al no poder refrigerarse los medicamentos y las vacunas e impedirse el estudio nocturno. El acceso a agua limpia y la seguridad alimentaria mejoran cuando hay electricidad para sistemas de bombeo e irrigación. La electricidad posibilita otras actividades generadoras de ingresos al proveer energía para molinos, almacenamiento en frío, manufactura a pequeña escala, servicios y tecnología de la información y las comunicaciones. En la actualidad, más de 1000 millones de personas, sobre todo habitantes rurales, no tienen acceso a servicios eléctricos. El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 7 intenta remediar esta situación enfocándose en garantizar para 2030 el acceso universal a servicios de energía eléctrica asequibles, confiables y modernos. (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>).

**Figura 1: Esquema de una mini red híbrida**

Fuente: BINE Information Service, 2011:2



### Definición de mini red

Una mini red es un conjunto de generadores de electricidad a pequeña escala, y posiblemente también de sistemas de almacenamiento energético, que están interconectados a una red de distribución que suministra electricidad a un pequeño grupo localizado de clientes y que funciona de forma independiente a la red de transmisión nacional (Energía sostenible para todos (SE4All), 2017). En esta publicación nos referimos principalmente a mini redes de aldea alimentadas por un único generador con una capacidad de 10 kW a 200 kW. Las mini redes más pequeñas a veces reciben el nombre de «micro redes» o «nano redes». A las mini redes basadas en energía renovable también se las conoce como «mini redes verdes o ecológicas».

Las opciones para proveer acceso a la electricidad en las zonas rurales incluyen la ampliación de la red nacional, mini redes y sistemas autónomos. En el pasado, la mayoría de los gobiernos nacionales de países en desarrollo han dado prioridad al enfoque de ampliación de la red para la electrificación rural. Sin embargo, los progresos han sido con frecuencia muy lentos, y en algunos países del África Subsahariana la tasa de electrificación ha sido incluso inferior al crecimiento demográfico (Programa de Cooperación en Energía Renovable África-UE (RECP por sus siglas en inglés), 2014:25). En consecuencia, las mini redes están despertando un mayor interés por parte de gobiernos nacionales y desarrolladores privados, al considerarlas una alternativa menos cara y más rápida para

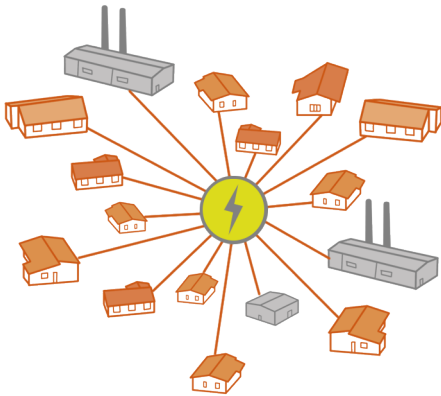
la electrificación. Los sistemas autónomos son adecuados para zonas aisladas con una demanda potencial muy baja y cargas dispersas.

Las mini redes en el África Subsahariana, el Caribe e islas del Pacífico se pusieron en marcha en su mayoría por medio de generadores diésel, al ser esta la forma de electrificación que requiere un uso menos intensivo de capital. La desventaja que tienen estas mini redes diésel es el elevado costo del combustible diésel. A consecuencia de los elevados costos de funcionamiento, las mini redes verdes, que predominantemente se basan en energías renovables, se han convertido en un tema cada vez más importante en los debates internacionales de los últimos 15 años. El aumento en de los precios de combustibles diésel ha influido profundamente en los presupuestos financieros de los gobiernos, que han tenido que buscar otras vías para reducir sus costos. El descenso acelerado de los precios de la energía fotovoltaica y de otras fuentes renovables en los últimos años ha permitido alimentar estas mini redes a partir de fuentes de energía renovables. La combinación de energía convencional y renovable recibe el nombre de hibridación de mini redes. La Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés) (2016:3) estima que existe un potencial de entre 50 y 250 gigavatios de mini redes de diésel que se pueden hibridar con energías renovables. Este es el equivalente a la capacidad de entre 50 y 250 plantas de energía nuclear. Las mini redes ecológicas, por tanto, no solo disminuyen los costos operativos, sino que además contribuyen a reducir de forma significativa las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## Figura 2: El paso de una red eléctrica centralizada a un diseño distribuido

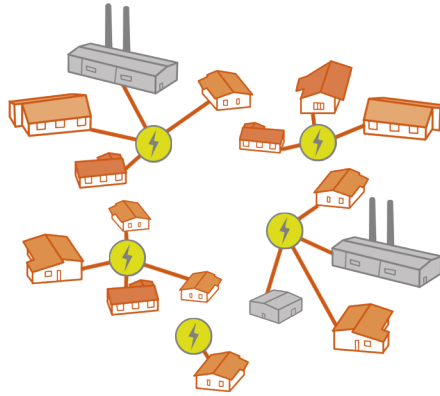
Fuente: Bacchetti et al., 2016

### ESTRUCTURA DEL SISTEMA de **centralizado**



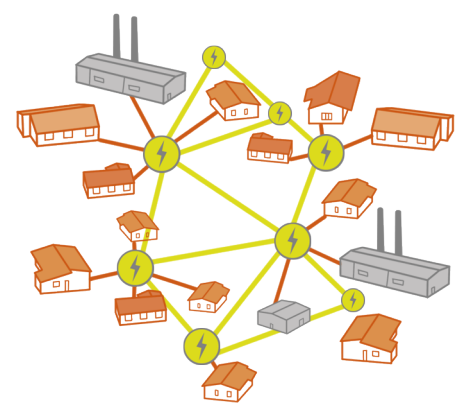
### RECURSOS de **no renovables**

### a **descentralizado**



### a **renovables**

### y **distribuido**



## Las mini redes como parte del futuro diseño de las redes eléctricas

El desarrollo de la tecnología de mini redes verdes se ha visto también influido por los avances en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). El continuado crecimiento de plantas de generación de electricidad descentralizada, a partir de energía fotovoltaica, eólica y biomasa, exigirá un ajuste fundamental en el diseño de las redes eléctricas. El diseño eléctrico tradicional que se expandió por todo el mundo durante los últimos cien años se basó en generadores eléctricos convencionales más grandes y centralizados. La concepción de la red eléctrica del futuro se acerca más a una malla de nodos distribuidos de almacenamiento, generación y consumo, distanciándose así de su actual esquema unidireccional (Figura 2). Esta estructura de sistema distribuido se asemejará a una malla de mini redes interconectadas. La interconexión favorece la estabilidad del sistema, aunque en teoría, estos subsistemas de mini redes podrían funcionar de forma autónoma a medida que las tecnologías inteligentes de redes y almacenamiento vayan evolucionando y haciéndose asequibles.

## Datos y cifras

### 1200 millones de personas no tienen acceso a servicios eléctricos modernos

En términos mundiales, en 2014 el 84 % de la población tenía acceso a la electricidad, mientras que casi 1200 millones de personas seguían careciendo de servicios eléctricos. El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 7 se dirige al acceso universal a una energía asequible, confiable y moderna para 2030 (Naciones Unidas, 2015). En los últimos años, Asia —donde el 79 % de la población rural disfruta de acceso a la electricidad en comparación con el 96 % de la población urbana— ha logrado los mayores progresos en la consecución de este objetivo. Por el contrario, en África se ha observado durante los últimos cinco años un aumento en el número de personas sin acceso a la electricidad. Solo el 28 % de la población rural y el 71 % de la población urbana en África tienen acceso a servicios eléctricos. La situación es aún peor en

el África Subsahariana, donde la tasa de electrificación rural sigue situándose por debajo del 10 % en 22 países (cifras tomadas de la Tabla 1: AIE, 2016).

La mayoría de los gobiernos africanos en la región han desarrollado estrategias de electrificación nacional que recomiendan tanto la ampliación de la red nacional como la electrificación descentralizada a través de mini redes y de soluciones aisladas fuera de la red. Aunque no se dispone de cifras oficiales sobre el número de personas que actualmente obtienen su electricidad de una conexión en mini red, teniendo en cuenta la magnitud de la tarea en cuestión, es posible concluir que el volumen de mini redes existentes es sin duda pequeño.

**Tabla 1: Acceso a la electricidad en 2014 – Cifras agrupadas por región**

Fuente: AIE, 2016

Región	Población sin electricidad (millones)	Tasa electrificación (%)	Tasa electrificación urbana (%)	Tasa electrificación rural (%)
<b>Países en desarrollo</b>	<b>1.185</b>	<b>79</b>	<b>92</b>	<b>67</b>
<b>África</b>	<b>634</b>	<b>45</b>	<b>71</b>	<b>28</b>
África del Norte	1	99	100	99
África Subsahariana	632	35	63	19
<b>Países en desarrollo de Asia</b>	<b>512</b>	<b>86</b>	<b>96</b>	<b>79</b>
China	0	100	100	100
India	244	81	96	74
<b>América Latina</b>	<b>22</b>	<b>95</b>	<b>98</b>	<b>85</b>
<b>Oriente Medio</b>	<b>18</b>	<b>92</b>	<b>98</b>	<b>78</b>
<b>Economías en transición y OCDE</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>1.186</b>	<b>84</b>	<b>95</b>	<b>71</b>

**Tabla 2: Inversión adicional requerida para lograr el acceso universal a la electricidad en el caso de Energía Para Todos (en miles de millones de USD de 2010)**

Fuente: AIE, 2011:22

	2010–2020	2021–2030	Total
<b>África</b>	<b>119</b>	<b>271</b>	<b>390</b>
África Subsahariana	118	271	389
<b>Países en desarrollo de Asia</b>	<b>119</b>	<b>122</b>	<b>241</b>
India	62	73	135
Resto de países en desarrollo de Asia	58	49	107
<b>América Latina</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>Países en desarrollo*</b>	<b>243</b>	<b>398</b>	<b>641</b>
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>243</b>	<b>398</b>	<b>641</b>

\* El total de países en desarrollo incluye a los países de Oriente Medio

## Para lograr el acceso universal a la electricidad se requieren 641 000 millones de USD adicionales

Se estima que serían necesarios 32 000 millones de USD adicionales anuales para lograr el objetivo del acceso universal a la energía eléctrica para 2030, una cifra que, a pesar de suponer una inversión significativa, solo representa cerca del 3 % de la inversión mundial anual en infraestructura energética (AIE, 2011:20 s.). La Agencia Internacional de la Energía (AIE) estima que el 45 % de las nuevas conexiones se llevarán a cabo mediante ampliaciones de la red nacional, el 35 % mediante soluciones de mini red y el 20 % restante mediante soluciones autónomas fuera de la red. La inversión anual en mini redes en este contexto asciende a 12 000 millones de USD, lo que permitiría que 19 millones de personas más cada año tengan acceso a la electricidad. Se espera que de estas nuevas mini redes el 90 % sean ecológicas.

### Obstáculos técnicos de las mini redes

La principal dificultad para poner en funcionamiento una red eléctrica es mantener un suministro eléctrico estable y confiable. En ausencia de dispositivos de gran capacidad de almacenamiento de electricidad, el suministro debe equilibrarse exactamente con el consumo real con el fin de mantener una frecuencia y voltaje estables. Esta tarea es más fácil de conseguir cuando la red se abastece de energía procedente de turbinas hidroeléctricas o de motores de combustión. Esto es lo que se conoce como «fuentes energéticas gestionables», las cuales permiten ajustar fácilmente la producción energética para dar respuesta a la demanda energética real.

En la medida en que solo haya un generador, la tarea

de controlar la mini red puede dominarse con facilidad y manejarse por técnicos semicualificados. Cuando son varios generadores los que abastecen la mini red, la tarea se vuelve más complicada debido a que es necesario sincronizar la corriente alterna entre los generadores. Para ello se requiere normalmente de un canal de comunicación entre los generadores así como de controladores electrónicos sofisticados que hacen aumentar el costo del sistema.

Estos inconvenientes pueden multiplicarse aún más si los generadores que alimentan la red son de diferente tipo, algo que ocurre concretamente en el caso de utilizarse diferentes energías renovables como la eólica y la fotovoltaica. Estas fuentes de energía no son gestionables, por lo que su producción de energía fluctúa enormemente con condiciones meteorológicas cambiantes. Cuando la proporción de energías renovables sobrepasa el 20 %, es necesario ajustar específicamente el diseño y las medidas operativas.

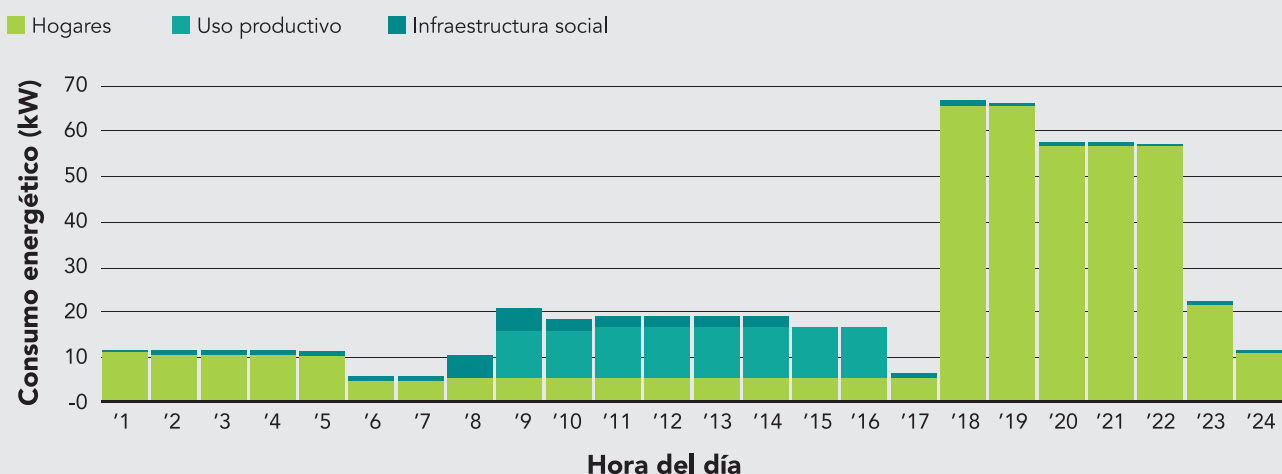
### Obstáculos económicos de las mini redes

Las mini redes aisladas a menudo adolecen de factores de baja carga (esto es, el porcentaje de energía generada durante un periodo de tiempo que puede venderse realmente). Cuando la electricidad se utiliza solo con fines de iluminación y funcionamiento de un par de equipos de TV, el factor de carga puede ser inferior al 25 %. La Figura 3 muestra un perfil teórico de carga para un pueblo de Indonesia de 350 hogares con actividades económicas establecidas aparte de la agricultura (Blum *et al.*, 2013:8).

El perfil de carga refleja un pico nocturno pronunciado. Sin embargo, durante el día la demanda de electricidad es más bien baja a pesar de algunas actividades econó-

**Figura 3: Perfil de carga típico de una mini red aislada**

Fuente: Blum *et al.*, 2013:8





micas. Los ingresos resultantes son consecuentemente bajos y apenas suficientes para cubrir los costos periódicos de funcionamiento y mantenimiento o para amortizar la inversión. Estas mini redes no pueden funcionar de forma sostenible si los precios y las ayudas a la inversión no logran cubrir sus costos relativamente altos. Cuando los habitantes locales no pueden permitirse los elevados precios existe una gran probabilidad de que estos sistemas, antes o después, acaben deteriorándose.

Estas previsiones de baja rentabilidad dificultan la tarea de encontrar inversores privados para mini redes aisladas. Con el objetivo de aumentar el atractivo de estas mini redes, se hace necesario encontrar nuevos usos productivos que permitan generar una mayor carga (e ingresos) durante la franja diurna.

La experiencia demuestra, no obstante, que no es fácil materializar estos usos productivos. La mera disponibilidad de electricidad no es una condición suficiente.

### Obstáculos sociales de las mini redes

La construcción de mini redes en aldeas remotas supone una intervención a gran escala en las condiciones de vida habituales, por lo que puede desencadenar conflictos, especialmente cuando la propiedad y el funcionamiento comunitario es el modelo de preferencia. Algunos elementos de este modelo pueden provocar la aparición de conflictos personales y de luchas de poder por los recursos, lo que afectaría negativamente el funcionamiento de una mini red:

- El personal asociado al comité de gestión de una mini red dispondrá de acceso a recursos (trabajo, salarios y poder), y podrían ser seleccionadas personas que gocen de mayor influencia en detrimento de las más adecuadas.

- Si la capacidad disponible de la mini red no resulta suficiente para electrificar la totalidad de los hogares, la población no conectada podrá percibir que ha sido tratada injustamente, y sabotear en consecuencia la infraestructura de la mini red de energía.
- En algunas sociedades, los operadores no se sienten capaces para aplicar sanciones contra los habitantes locales en caso de robo de redes eléctricas o de no pago de facturas, lo cual puede repercutir negativamente en el funcionamiento sostenible y en la seguridad del suministro eléctrico.
- La ausencia de un sistema de monitoreo independiente de los operadores puede derivar en gastos improcedentes, lo que a su vez puede generar una escasez para cubrir costos legítimos como los relativos al mantenimiento y las reparaciones.
- Si la propiedad de la tierra donde se ubica la infraestructura de la mini red no está clara, es posible que posteriormente surjan reclamaciones de compensación.

### Posibles modelos de negocio para operar las mini redes

Aparte del modelo de propiedad comunitaria, la propiedad o el funcionamiento de las mini redes puede recaer en el sector público, el sector privado o en una combinación de ambos. La Tabla 3 ofrece una panorámica de los diferentes modelos de negocio.<sup>1</sup> La razón principal de buscar la participación del sector privado es apalancar la limitada disponibilidad de fondos públicos para el desarrollo de infraestructuras. El ambicioso objetivo del acceso universal a servicios eléctricos no podrá lograrse únicamente con fondos públicos, de manera que los modelos 100 % públicos no pueden postularse como una alternativa. Por otro lado, un modelo 100 % privado tampoco será la solución definitiva teniendo en

**Tabla 3: Modelos empresariales de mini redes**

Modelo de negocio	Generación/Distribución/Venta al público
<b>100 % público</b>	El gobierno construye la infraestructura
	El funcionamiento y el mantenimiento recaen en una empresa de servicios públicos
<b>100 % privado</b>	La propiedad, el funcionamiento y el mantenimiento recaen en una empresa privada integrada verticalmente o en dos o más empresas privadas
<b>Modelo de alianza público-privada (APP, modelo mixto)</b>	La propiedad de la infraestructura es del sector público pero el funcionamiento y el mantenimiento se subcontrata al sector privado ya sea mediante concesión o a través de un contrato de administración por honorarios
<b>Modelo de acuerdo de adquisición de electricidad (AAE, modelo mixto)</b>	Generación: el sector privado construye y posee la parte de la generación y vende el suministro al por mayor con arreglo a un AAE con la empresa de servicios públicos
	Distribución/Venta al público: la empresa de servicios públicos posee la red de distribución y gestiona la venta de la electricidad al público

<sup>1</sup> Estos modelos y sus elementos responden a una síntesis recopilada de diferentes estudios: Tenenbaum et al., 2014; RECP, 2013 y 2014; ECA, 2014; Meier, 2012 y 2015.

cuenta los obstáculos económicos que se han descrito anteriormente. Entre estos dos polos opuestos, existen modelos mixtos que ofrecen mayores oportunidades para el éxito.

### **El modelo de alianza público-privada (APP)**

El gobierno o una empresa de servicios públicos planifican y construyen un proyecto de mini redes que incluye los generadores eléctricos. El funcionamiento del proyecto se subcontrata a una empresa privada que se encarga de la generación, la distribución y la venta al público del suministro eléctrico. El modelo APP puede ser útil en aquellos casos en que se privatice el funcionamiento y se mantengan las mini redes existentes. Un operador privado puede trabajar a un menor costo que una empresa de servicios públicos, reduciendo así la presión sobre el presupuesto. Sin embargo, para la construcción de nuevas mini redes este modelo parece menos atractivo, ya que los fondos públicos no apalancan la inversión privada.

### **El modelo de acuerdo de adquisición de electricidad (AAE)**

En muchos países en desarrollo, los servicios públicos nacionales han construido mini redes aisladas para prestar servicio a las comunidades a las que no es posible llegar a través de la red principal nacional. Así, para abastecer a estas mini redes aisladas, se recurría a generadores diésel, que exigían la menor inversión de capital inicial. Una vez que las mini redes estaban operativas, la empresa nacional de servicios públicos solía verse obligada a vender la electricidad a la tarifa nacional de venta al público, aun cuando sus costos de producción en estas localizaciones fueran varias veces superiores a los de dicha tarifa. A medida que las energías renovables se han ido abaratando, los productores privados de energía eléctrica han empezado a acercarse a las empresas nacionales de servicios públicos con ofertas para sustituir el combustible diésel con fuentes renovables de menor costo. Esta opción resulta especialmente atractiva para el sector privado cuando el regulador establece una tarifa de alimentación próxima al costo relativamente alto del funcionamiento de los generadores diésel por parte de la empresa de servicios públicos, lo que se conoce también como «tarifa de costos evitados».

El modelo AAE también puede ser una alternativa en proyectos de creación de nuevas mini redes porque engloba elementos motivadores para todas las partes interesadas:

- El sector público no necesita pagar por la infraestructura de generación de energía sino solo por la infraestructura de la red, logrando así sacar mayor provecho de sus fondos propios.
- Al inversor privado se le paga una tarifa de alimentación económicamente atractiva, evitando la exposición a riesgos relacionados con la venta de la electricidad al público.
- Los habitantes locales reciben un trato equitativo como clientes conectados por red, y pueden beneficiarse de tarifas nacionales subvencionadas de forma cruzada.

El tipo de modelo que se elija siempre va a depender del marco regulatorio actual y de consideraciones políticas. En países donde no exista una política de tarifas nacionales uniformes, por ejemplo, a los productores privados de energía también se les puede permitir cobrar una tarifa al público que cubra sus costos. Esta práctica puede considerarse injusta para las comunidades más aisladas, pero al mismo tiempo puede ser más justo que no proveerles servicios eléctricos en absoluto.



## Temas principales

### Tema principal 1: El funcionamiento sostenible es un reto en muchas mini redes

Es frecuente que en el despliegue de mini redes se centre toda la atención en la planificación técnica y en la construcción física, descuidándose en cierta medida aspectos relativos al funcionamiento duradero de estas mini redes. A menudo, en pueblos aislados no se dispone de servicios sistemáticos de mantenimiento y reparación, y los operadores carecen de una comprensión suficiente sobre la gestión de la carga y las limitaciones para el crecimiento de la carga. Los obstáculos económicos impiden que los comités de mini redes puedan desarrollarse como organizaciones sólidas en términos financieros. Un reciente estudio en el norte de Pakistán reveló que «...casi tres cuartos de las plantas examinadas presentaron fallas y debilidades, desde deficiencias leves a una reducción grave de la capacidad, hasta llegar finalmente al colapso total» (GIZ, 2013:10).

Las causas de estos problemas no son técnicas por naturaleza, sino que se deben a la falta de un esquema organizativo claro sobre el funcionamiento y el mantenimiento de las mini redes. El funcionamiento comunitario de las mini redes solo podrá ser sostenible si se dispone de una asistencia posventa adecuada. Este puede parecer el modelo empresarial más sencillo de implementar al no requerir ningún marco regulatorio específico y no suponer una carga para los presupuestos gubernamentales aparte de la inversión inicial. Sin embargo, cuando no es posible garantizar una asistencia periódica a las comunidades en el largo plazo, se podría considerar introducir nuevos modelos empresariales basados en una alianza público-privada. Estos modelos requieren de algún tipo de ayuda pública y la aplicación de un marco regulatorio, pero a pesar de ello, estos esfuerzos adicionales se verán compensados con un suministro eléctrico más sostenible y confiable en las zonas más aisladas.

### Tema principal 2: Es necesaria una mayor participación del sector privado para lograr los objetivos de desarrollo

Dada la cuantiosa inversión que es necesaria para lograr el objetivo del acceso universal, el sector eléctrico necesita de abundante capital privado para poder complementar los escasos recursos públicos. No obstante, la inversión privada en mini redes todavía es rara, pues sigue siendo difícil generar unos márgenes adecuados con las mini redes. Por el momento, las empresas con ánimo

de lucro solo pueden considerarse como proveedoras de servicios de ingeniería, adquisición (del sistema eléctrico), instalación y puesta en funcionamiento, y como firmas de consultoría.

Los desarrolladores y operadores privados solo considerarán entrar en un proyecto de mini redes en países donde esta actividad pueda ser rentable, o que al menos permita cubrir los costos en el caso de entidades sociales, ONG y cooperativas (RECP, 2014). Pero los costos de generación y distribución de la electricidad en mini redes son superiores a los de la red nacional. Por ello, con el objeto de atraer la inversión privada, es necesario que un sistema de mini redes sea capaz de generar mayores ingresos (sea mediante la aplicación de tarifas de alimentación o de consumo adecuadas) en comparación con el sistema de red tradicional.

### Tema principal 3: Marcos regulatorios ausentes o inadecuados

La movilización del sector privado para poner en funcionamiento las mini redes es esencial para lograr un mayor despliegue, sobre todo en las comunidades más pequeñas. Según RECP (2014), se considera que un país es adecuado para el desarrollo de mini redes cuando reúne las siguientes condiciones:

1. Debe ser legal operar una empresa de servicios públicos a mini o microescala, y las licencias para ello deben obtenerse con facilidad.
2. A estas microempresas se les debe permitir cobrar tarifas que generen márgenes equivalentes a los riesgos.
3. Los ministerios y autoridades deben comunicar a los posibles inversores los pueblos y ciudades que han sido seleccionados para la electrificación por medio de mini redes y que no serán conectados a la red principal durante un periodo de tiempo garantizado, y establecer un plan claro y seguro a largo plazo para cuando llegue la red nacional.

En muchos países en desarrollo, especialmente en África, las mini redes solo pueden operarse de manera informal sobre la base del modelo, notablemente complicado, de funcionamiento comunitario. Este carácter informal dificulta a los operadores de mini redes la obtención de financiación. En consecuencia, en los países donde el funcionamiento privado de las mini redes no está permitido legalmente, solo podrá establecerse de un número limitado de mini redes.

Otros países están siguiendo un planteamiento descentralizado y han desagregado su sector eléctrico, permitiendo la competencia en la generación y/o distribución de electricidad bajo un control estricto por parte de las autoridades reguladoras. Estos planteamientos son en principio adecuados para un funcionamiento privado de las mini redes; sin embargo, de cara a un despliegue más amplio será necesario hacer frente a otras cuestiones prácticas, entre ellas, los complejos y alargados procesos para la obtención de licencias y el establecimiento de tarifas, o las tasas prohibitivamente altas sobre las distintas licencias, permisos o autorizaciones.

#### **Tema principal 4: Las mini redes deben poder ampliarse para afrontar el crecimiento de la demanda**

La demanda máxima de carga en una mini red suele subestimarse. Es difícil predecir el ritmo del progreso de la carga, sin embargo un generador puede alcanzar su capacidad debido al rápido crecimiento en la demanda solo unos meses después de ponerse en funcionamiento una planta. Casos como este reclaman medidas para la gestión de la carga, como la desconexión durante las horas pico. Los consumidores no aceptan fácilmente estas medidas. Después de todo, han pagado una tasa de conexión y esperan disponer de un servicio eléctrico permanente, no ocasional. Otro problema aún más grave es que a otras personas que soliciten conexión se les niegue por la falta de capacidad para hacer frente a los picos en la demanda.

Considerando estos problemas potenciales, el diseño de las mini redes debe abordar las posibilidades de ampliar la capacidad de las plantas eléctricas, lo cual supone un verdadero reto dada la limitada disponibilidad de recursos energéticos naturales. La aparición de baterías asequibles puede brindar nuevas soluciones a este problema. En el pasado, estos sistemas eran demasiado grandes en comparación con la carga promedio para poder suplir al máximo la demanda en las horas pico nocturnas. La integración de baterías en el diseño de mini redes permite reducir la capacidad de los generadores eléctricos hasta un nivel suficiente para poder recargar las baterías. Así pues, las baterías se utilizan para proveer la potencia máxima, lo

que técnicamente se conoce como «nivelación de picos». La definición del tamaño de los generadores se correlaciona directamente con la inversión de capital necesaria. Esta medida permite invertir en baterías el capital que se ahorra por la reducción de capacidad de los generadores. La disociación del potencial eléctrico disponible y de la demanda de carga máxima resulta especialmente interesante para microplantas hidroeléctricas. El potencial hidroeléctrico disponible puede desarrollarse por fases con el fin de sincronizar los incrementos de capacidad con el crecimiento de la demanda de electricidad.

#### **Tema principal 5: Las innovaciones técnicas aumentan el potencial de las mini redes**

Los países en desarrollo pueden beneficiarse de los rápidos desarrollos tecnológicos en los países de la OCDE aprovechando las oportunidades para saltarse algunas fases del desarrollo tecnológico. Así, los países en desarrollo se saltaron, por ejemplo, la fase de las redes telefónicas fijas para pasar directamente a redes modernas de transmisión por microondas. Del mismo modo, en el sector eléctrico, los países podrán saltarse la fase de redes eléctricas centralizadas para pasar directamente a un sistema de red descentralizada o distribuida. Otras innovaciones complementarias todavía en curso contribuirán a que las mini redes sean más ecológicas y estables, aumenten la modularidad y faciliten el uso (IRENA, 2016).

Concretamente, se prevé que el papel de las tecnologías de almacenamiento será cada vez mayor en aspectos como la mejora de la flexibilidad de los sistemas eléctricos y la penetración en el mercado de vehículos eléctricos, sistemas de calefacción y aire e instalaciones de mini redes. El desarrollo de nuevos tipos de baterías favorecerá la competencia hasta situar los precios por debajo de 50 USD/kWh para 2035. Las tecnologías de la Internet de las cosas seguirán favoreciendo un uso más inteligente de la electricidad.

La integración de estas tecnologías en las mini redes puede contribuir a que estas redes sean más rentables y beneficiosas para las comunidades locales, aumentando así su potencial y relevancia para las regiones en desarrollo.

## Relevancia para la cooperación para el desarrollo

La cooperación suiza, las ONG y el sector privado han participado en la electrificación rural desde los inicios de la cooperación para el desarrollo. En un principio, el objetivo principal era desarrollar microtecnologías hidroeléctricas adecuadas y transferir estas tecnologías a talleres y técnicos locales en los países asociados. Las mini redes para la distribución eléctrica siempre han desempeñado un papel importante en estos proyectos.<sup>1</sup> Gracias a la iniciativa de organizaciones suizas, muchas pequeñas empresas en los países en desarrollo contribuyen de forma independiente a expandir el acceso a la electricidad en sus propios países. Solo en Indonesia, Nepal y Pakistán, funcionan actualmente varios centenares de microplantas hidroeléctricas basadas en la transferencia de tecnología suiza. En los dos últimos decenios, las tecnologías renovables más nuevas (fotovoltaica, eólica, biomasa) han despertado una creciente atención. El Gobierno suizo apoya proyectos innovadores en estas áreas a través de su plataforma interdepartamental REPIC<sup>2</sup>, entre otras iniciativas.

Aunque se ha avanzado mucho, en la práctica también se han hecho evidentes las limitaciones de las capacidades locales, algo que se ha puesto de manifiesto en la descripción de los obstáculos y en los temas principales. Esto significa que aún queda mucho para que puedan completarse las tareas de la cooperación para el desarrollo. Por el contrario, para lograr los ambiciosos objetivos en las áreas del acceso a la electricidad, el cambio climático y el Desarrollo ambientalmente sostenible, es necesario intensificar aún más las actividades. Las posibles áreas de futura cooperación para el desarrollo incluyen las siguientes:

Las capacidades de las mini redes existentes en su mayoría no se aprovechan lo suficiente, con excepción del pico nocturno. Las comunidades carecen de ideas, conocimientos y capacidades sobre cómo utilizar mejor la energía disponible. La cooperación para el desarrollo debe desarrollar y aplicar enfoques que faciliten el mejor uso de la energía para fines productivos y de consumo.

Tras la puesta en marcha de las mini redes, las comunidades locales solían quedarse sin acceso a un servicio posventa adecuado de funcionamiento, mantenimiento y reparación. La cooperación para el desarrollo debe facilitar el establecimiento de estas estructuras de servicio. El apoyo de REPIC al establecimiento de una red de servicios en Pakistán (véase el cuadro a continuación) ofrece un modelo útil.

Encontrar ingenieros locales que puedan solucionar un determinado problema técnico ha dejado de ser un tema principal; sin embargo, sigue siendo difícil encontrar empresarios locales dedicados a la electrificación rural que quieran iniciar e invertir en proyectos de infraestructura eléctrica. La cooperación para el desarrollo puede ayudar a desarrollar los sistemas de motivación necesarios. Una posible forma de abordar este reto puede ser promover la generación de electricidad cautiva por parte de empresarios locales como un modelo empresarial. Una empresa local puede recibir apoyo para establecer y operar un mini red y utilizar la electricidad durante el día con fines productivos. Después de las horas de trabajo, la empresa se convierte en una empresa de servicios eléctricos que provee electricidad a los habitantes locales vecinos. Fábricas de hielo, almazaras agrícolas y aserraderos remotos en Asia y África ya están operando este tipo de mini redes.

La cooperación para el desarrollo también podría hacer una importante contribución apoyando a las autoridades nacionales o regionales en la creación de marcos legales para la construcción y el funcionamiento de mini redes. En muchos lugares, la falta de claridad en los marcos legales y responsabilidades deriva en problemas. En Suiza, las plantas eléctricas de las zonas rurales tienen un importante papel en el desarrollo rural. Los reglamentos existentes en materia de los derechos sobre los recursos, la propiedad, los permisos de operación, la obtención de licencias y otros asuntos pueden servir de modelos y transferirse a países en desarrollo.

1 La pericia técnica está bien documentada en la serie MHPG, publicada durante la década de los noventa (véase <http://skat.ch/publications/publications-energy-climate>).

2 REPIC es la plataforma interdepartamental para la promoción de la energía renovable y la eficiencia energética y de recursos en la cooperación internacional.

## Red de servicios para el funcionamiento y el mantenimiento de mini redes en Pakistán

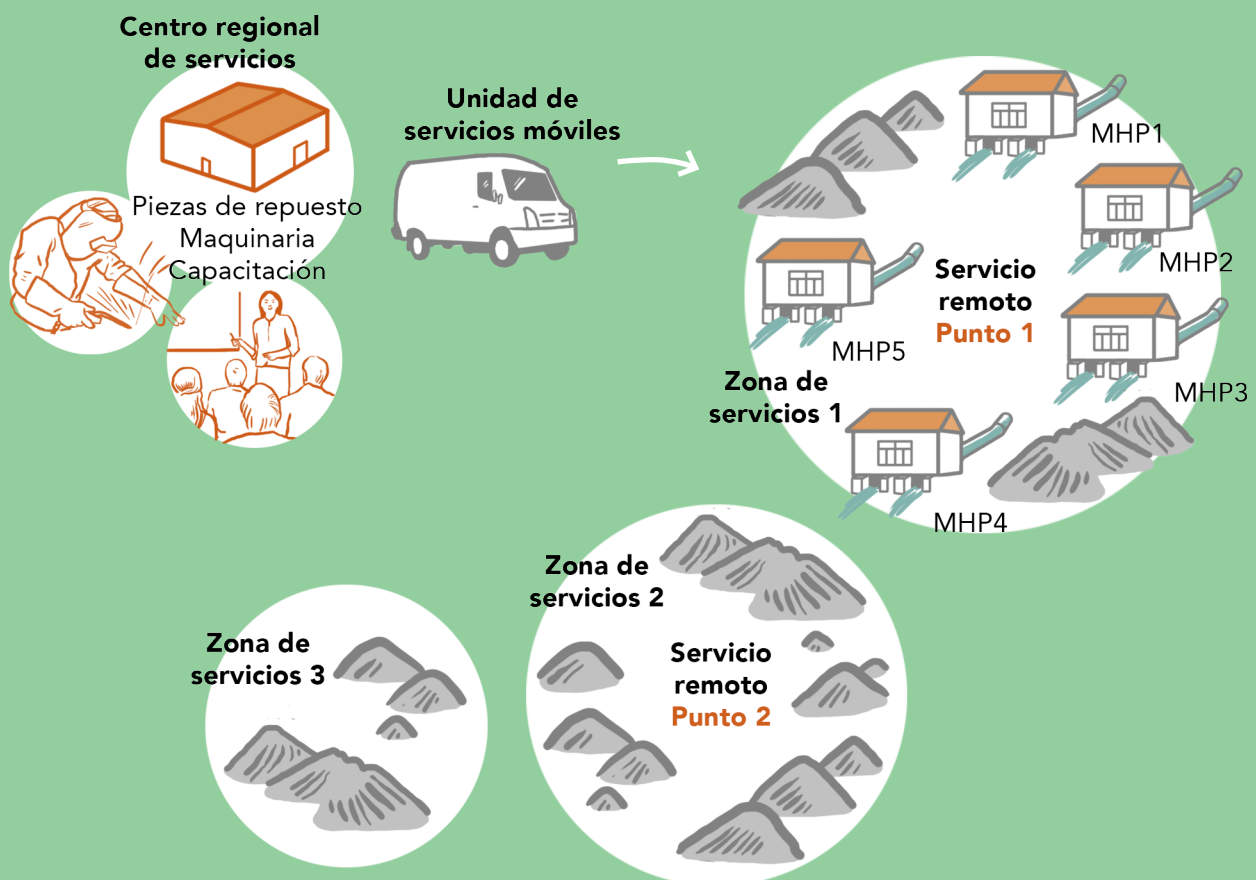
REPIC apoyó el establecimiento de una red para el funcionamiento y el mantenimiento de mini redes en Chitral, al norte de Pakistán. En este alejado distrito existen centenares de mini redes, que principalmente se alimentan de microplantas hidroeléctricas. El Centro de Recursos y Servicios Microhidrológicos gestiona una red de puntos remotos de servicios distribuidos por todo el distrito. La red garantiza una respuesta rápida a los operadores locales ante cualquier problema técnico.

El centro regional de servicios, ubicado en Chitral, consta de un taller y de una instalación de soldadura para las reparaciones y revisiones más importantes de los microequipos hidroeléctricos. El centro de servicios también dispone de instalaciones para capacitación y de una tienda de piezas de repuesto. Para las reparaciones a domicilio, el centro está equipado con una unidad de servicios móviles.

A través de esta red se contribuye a mejorar el funcionamiento sostenible de las mini redes locales. Para que esta red de servicios pueda seguir prestando servicios a largo plazo, debe ser sostenible. Por consiguiente, las comunidades tienen que pagar por estos servicios, sin ningún tipo de subvención del gobierno o de organismos donantes. Las comunidades están dispuestas a pagar porque los precios que les cobra el centro de servicios siguen siendo inferiores al costo de tener que solucionar el problema por su cuenta.

**Figura 4: Red de servicios para microplantas hidroeléctricas operadas por el sector privado en Chitral, Pakistán**

Fuente: GFA Entec



## Referencias

- AIE (2011): Energy for All. Financing Access for the Poor. Special early excerpt from the World Energy Outlook 2011.
- AIE (2016): World Energy Outlook 2016. Electricity access database. Agencia Internacional de la Energía (AIE). [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2016\\_ExecutiveSummary\\_Spanishversion.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2016_ExecutiveSummary_Spanishversion.pdf)
- Bacchetti, E., Vezzoli, C., y Landoni, P. (2016): Sustainable Product-Service System (S.PSS) applied to Distributed Renewable Energy (DRE) in Low and Middle-income contexts: a case study analysis. En: Procedia CIRP 47 (2016), pp. 442 - 447.
- BINE Information Service (2011): New operating system for stand-alone grids. BINE-Project info 16/2011. [http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Englische\\_Infos/ProjektInfo\\_1611\\_en\\_internetx.pdf](http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Englische_Infos/ProjektInfo_1611_en_internetx.pdf)
- Blum, N. U., Wakeling, R. S., y Schmidt, T. S. (2013): Rural electrification through village grids - Assessing the cost competitiveness of isolated renewable energy technologies in Indonesia. En: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 22, pp. 482-496.
- ECA (2014): Project Design Study on the Renewable Energy Development for Off-Grid Power Supply in Rural Regions of Kenya. Informe final de noviembre de 2014 presentado ante el banco KfW por Economic Consulting Associates (Reino Unido), Trama TecnoAmbiental (España) y Access Energy (Kenia).
- GIZ (2013): Strategy for Improved Quality and Management of Community Based Mini-Micro Hydro Power Plants (MHP) in Pakistan. Publicado por el proyecto Energía Renovable y Eficiencia Energética (REEE) de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), Pakistán, septiembre de 2013.
- IRENA (2016): Innovation Outlook. Renewable Mini-Grids. Summary For Policy Makers. Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA).
- Meier, T. (2012): Policy Recommendations to Improve the Sustainability of Rural Water Supply Systems. Based on the Experience with Conventional and Photovoltaic Pumping Systems. Programa PVPS de la AIE, Servicios fotovoltaicos para países en desarrollo.
- Meier, T. (2015): Innovative Business Models and Financing Mechanisms for PV Deployment in Emerging Regions. Programa PVPS de la AIE, Servicios fotovoltaicos para países en desarrollo.
- Naciones Unidas (2015): Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015.
- Progreso en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Informe del Secretario General, Foro político de alto nivel sobre el desarrollo sostenible, celebrado bajo los auspicios del Consejo Económico y Social, 11 de mayo de 2017, E/2017/66.
- RECP (2013): Overview of Framework to Attract Investment into Mini-Grids in the SADC Region. Supportive framework conditions for mini-grids employing renewable and hybrid generation. Estudio elaborado en nombre de la Asociación Regional de Reguladores de Electricidad del África Meridional (RERA) y financiado por el Programa de Cooperación en Energía Renovable África-UE (RECP).
- RECP (2014): Mini-grid Policy Toolkit. Policy and Business Frameworks for successful Mini-grid Roll-outs. Programa de Cooperación en Energía Renovable África-UE (RECP).
- SE4All (2017): Green Mini-Grid Help Desk. Sitio web desarrollado para el Centro Africano de Energía Sostenible para Todos (SE4All), alojado por el Banco Africano de Desarrollo y financiado a través del Fondo de Energía Sostenible para África (SEFA, por sus siglas en inglés) del Banco. <http://greenminigrid.se4all-africa.org>
- Tenenbaum, B., Greacen, C., Siyambalapatiya, T. y Knuckles, J. (2014): From the Bottom Up: How Small Power Producers and Mini-Grids Can Deliver Electrification and Renewable Energy in Africa. Directions in Development. Washington, DC: Banco Mundial.

## Con las contribuciones de:

Autor: Thomas Meier (GFA Entec AG, St. Gallen, Suiza)

Publicado por la red Cambio Climático y Medio Ambiente de la COSUDE: <https://www.shareweb.ch/site/Climate-Change-and-Environment/Pages/%B0.aspx>

Diseño y diagramación: Zoë Environment Network

