



SUMINISTRO DE ENERGÍA

Lucila Izquierdo Rocha

Coordinadora.

Fundación Energía Sin Fronteras

Mónica Aguado Alonso

CENER

Enrique Alcor Cabrerizo

ATERSA

Leopoldo Antolín Álvarez

Ingeniería Sin Fronteras

Asociación para el Desarrollo

Miguel Ángel Doménech Rojo

Consultor

Julio Eisman Valdés

Fundación Acciona Microenergía

Luis Fernández Narvarte

UPM

**Enrique Gómez de las Heras
Carbonell**

Gamesa

Jesús Gómez Martín

Fundación Energía Sin Fronteras

Leire Iriarte Cerdán

Fundación Energía Sin Fronteras

Julio Lumbreras Martín

UPM

Miguel Révolo Acevedo

Osinergmin

Thierry Reyners

Energía sin Fronteras

Académico revisor

José Luis Díaz Fernández

4

4.1. INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA

4.1.1. Papel de la energía en el desarrollo

La energía está presente en todas las actividades humanas. Su disponibilidad es imprescindible para el desarrollo y para llevar una vida digna. La energía es la fuente del calor de nuestros hogares, de la iluminación, de los servicios de transportes, de las comunicaciones y de los procesos productivos y, en definitiva, un elemento clave para el bienestar de las personas y el desarrollo de los pueblos. Sin energía es imposible promover la economía y el crecimiento. El acceso a la energía y a los combustibles limpios es un elemento clave para conseguir la erradicación de la pobreza y de sus dramáticos efectos sobre las personas, particularmente sobre las mujeres y los niños, y para encaminar a las comunidades aisladas empobrecidas en la senda del desarrollo (Alonso, 2009).

"La erradicación de la pobreza extrema sigue siendo uno de los principales desafíos de nuestro tiempo y es una de las principales preocupaciones de la comunidad internacional. Para poner fin a este flagelo se necesitarán los esfuerzos combinados de todos, los gobiernos, las organizaciones de la sociedad civil y el sector privado, en el contexto de una alianza mundial para el desarrollo más fuerte y más eficaz. En los objetivos de desarrollo del Milenio se fijaron metas con plazos determinados, mediante las cuales se pueden medir los progresos en lo tocante a la reducción de la pobreza económica, el hambre, la enfermedad, la falta de vivienda adecuada y la exclusión –al paso

que se promueven la igualdad entre los sexos, la salud, la educación y la sostenibilidad ambiental. Dichos objetivos también encarnan derechos humanos básicos –los derechos de cada una de las personas existentes en el planeta a la salud, la educación, la vivienda y la seguridad. Los objetivos de desarrollo del Milenio son ambiciosos pero realizables y, junto con el programa integral de las Naciones Unidas para el desarrollo, marcan el rumbo para los esfuerzos del mundo por aliviar la pobreza extrema para 2015."

Secretario General de las Naciones Unidas,
Ban Ki-moon

A pesar de que en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) no se contempla expresamente la necesidad de proporcionar a todos el acceso a las formas modernas de energía, está reconocido que éste es un requisito básico que afecta a la consecución de los ocho ODM. En el Plan de Aplicación de la Cumbre de Johannesburgo, se reconoció expresamente la contribución del acceso a la energía, a la erradicación de la pobreza y al logro de los ODM. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos ya realizados, la Agencia Internacional de la Energía estima que todavía 1.400 millones de personas –aproximadamente el 20% de la población mundial– carece de acceso a la electricidad, y 2.700 millones –aproximadamente el 40% de la población mundial– descansa en el uso tradicional de la biomasa para cocinar y calentarse (Cuadro 4.1), y calcula que para conseguir los ODM, todavía se requiere dar acceso a la electricidad a 395 millones de personas y proporcionar cocinas eficientes a 1000 millones más (WEO 2010). El 85% de estas personas vive en áreas rurales.

Cuadro 4.1. Relación de la energía y los ODM

OMD	RELACIÓN CON LA ENERGÍA
1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre.	La disponibilidad de combustibles modernos y energía eléctrica tiende a mejorar los ingresos de las familias en la medida en que mejora su productividad mediante la creación de más valor añadido, mayor ahorro de tiempo y mejores resultados económicos. En el ámbito rural, el empleo de energía para irrigación aumenta la producción de alimentos e incrementa el acceso a la nutrición.
2. Lograr la enseñanza primaria universal.	El acceso a la electricidad y a los combustibles modernos libera tiempo para dedicar a tareas educativas, mejora las condiciones para el estudio –iluminación, calefacción, etc.– y proporciona mejores medios materiales para facilitar la enseñanza y el aprendizaje.
3. Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer.	Las formas modernas de energía, especialmente la eléctrica, liberan gran cantidad de tiempo a las mujeres. Permiten que puedan ser educadas para la salud, para mejorar su progreso personal y para incorporarse a otras actividades productivas en las mismas condiciones que los varones.
4. Reducir la mortalidad infantil. 5. Mejorar la salud materna. 6. Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.	La electricidad proporciona la posibilidad de contar con la atención y las prácticas hospitalarias adecuadas y, también, de tener y conservar las vacunas y medicamentos en condiciones apropiadas. En el ámbito de la prevención sanitaria, la energía es crítica para poder disponer de agua potable, de calor para calentarla y de combustibles más limpios que permitan una mejor calidad del aire en las viviendas.
7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.	El acceso a la energía moderna permite el empleo de combustibles limpios, el uso de energías renovables y el incremento de la eficiencia energética. Se aumentan, por tanto, las posibilidades de mitigar impactos medioambientales en los ámbitos local, regional y global. Por otra parte, se pueden emplear de forma responsable algunos recursos naturales que, como la biomasa, son críticos para la conservación y estabilidad medioambiental.
8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.	No es esperable que únicamente el mercado sea capaz de proporcionar los servicios energéticos necesarios para cubrir las demandas de las comunidades más pobres y vulnerables. Es preciso lograr una asociación eficaz entre los gobiernos, las entidades públicas, las agencias de desarrollo, la sociedad civil y el sector privado. Además, las cuestiones de energía y cambio climático requieren un tratamiento global, no solo local, que aconseja crear y fomentar asociaciones de ámbito mundial.

Fuente: UNDP 2005.

Cuadro 4.2. Número de personas sin acceso a electricidad o que descansan en el uso tradicional de la biomasa en 2009 (millones)

	Nº de personas sin acceso a electricidad	Nº de personas que descansan en el uso tradicional de la biomasa
África	587	657
África subsahariana	585	653
Asia (países en desarrollo)	799	1.937
China	8	423
India	404	855
Otros países de Asia	387	659
Latinoamérica	31	85
Países en Desarrollo	1.438	2.679
Mundo	1.441	2.679

Fuente: Energy Poverty. ¿How to make modern access universal? IEA, 2010.

La comunidad internacional es consciente, desde hace tiempo, de la estrecha correlación que existe entre el nivel de ingresos de las familias y el acceso a la energía moderna. No es sorprendente que países con una gran proporción de población viviendo con menos de 2 dólares al día tengan un bajo nivel de electrificación y un alto nivel de población descansando en la biomasa tradicional. Pero, por otro lado, el acceso a la energía, especialmente a la electricidad, permite incrementar el nivel de ingresos de las familias al facilitar el acceso a medios de producción y mercados ahora inaccesibles.

Se observa que a medida que el nivel de ingresos sube, el acceso a la electricidad crece más rápidamente que el acceso a combustibles modernos y cocinas eficien-

tes; ello es debido a que los gobiernos dan más importancia al acceso a la electricidad en sus programas de desarrollo, aunque el acceso a ambas, electricidad y combustibles limpios, es esencial en la erradicación de los efectos perniciosos de la pobreza y en el desarrollo de las comunidades más pobres.

4.1.2. El acceso universal a la energía, complejidad y dificultad del problema

Aunque no existe un consenso general sobre qué se entiende como “acceso universal a la energía”, nos sumamos aquí a la interpretación que hace el Grupo Asesor del Secretario General de Naciones Unidas para la Energía y el Clima en su documento “Energy for a Sustainable Future” (UN AGECC 2010), que define el “Acceso Universal” como “el acceso a unos servicios de energía limpios, fiables y asequibles para cocinado, calentamiento, iluminación, salud, comunicaciones y usos productivos”, es decir, los niveles 1 y 2 de la figura 4.1.

Hemos adoptado esta definición porque entendemos que el acceso a una cantidad de energía suficiente para cubrir las necesidades humanas básicas y algunos usos productivos representa el nivel de energía necesario para mejorar la calidad de vida de los países más pobres y promover su desarrollo económico sobre una base sostenible.

Lograr el acceso a la energía abre muchos frentes de análisis, tanto de índole cualitativa como cuantitativa, sobre los que es necesario reflexionar. Desde el punto de vista cualitativo, es necesario hablar de dos campos diferentes y complementarios de necesidades, ya que condicionan la búsqueda de las soluciones óptimas; por un

<p>Nivel 1 Necesidades humanas básicas</p> <hr/> <p>Electricidad para iluminación, salud, educación, comunicación y servicios comunitarios. <i>(50-100 kWh por persona y año).</i></p> <p>Tecnologías y combustibles modernos para calefacción y cocinado. <i>(50-100 kgoe de combustibles modernos o cocinas de biomasa eficiente por persona y año).</i></p>	<p>Nivel 2 Usos productivos</p> <hr/> <p>Electricidad, combustibles modernos y otros servicios de energía para mejorar la productividad. Ej.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agricultura: bombeo de agua para irrigación, fertilización, cosechas mecanizadas. - Comercio: procesado agrícola, industrias domésticas o locales. - Transporte: Combustible. 	<p>Nivel 3 Necesidades de una sociedad moderna</p> <hr/> <p>Servicios de energía para muchas aplicaciones domésticas, requisitos avanzados para calefacción y cocinado, transporte privado. <i>(Uso de electricidad alrededor de 2000 kWh por persona y año).</i></p>
--	--	---

Figura 4.1. Niveles crecientes de acceso a los servicios de energía. Fuente: Energy for a sustainable future. UN AGECC, 2010.

lado, las necesidades de calor para cocina y calefacción, y por otro, las necesidades de electricidad o de energía mecánica para aplicaciones más sofisticadas, como iluminación, industria y telecomunicaciones. La necesidad de energía en forma de calor puede obtenerse eficientemente mediante procesos de combustión directa de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, con rendimientos elevados y costes inferiores a los que requieren las formas más sofisticadas de energía; su estudio debe orientarse a cómo incrementar la eficiencia y disminuir los impactos desfavorables en la salud o el medio ambiente. Sin embargo, los problemas que se plantean en la provisión de servicios que requieren formas más sofisticadas de energía, como es la electricidad o la potencia

mecánica, admiten soluciones diferentes, como pueden ser el suministro de energía eléctrica o de energía mecánica directamente obtenidas de las corrientes de agua o del viento. Su correcta selección exige estudios más cuidadosos.

Cuantitativamente, se deben estimar las necesidades en tres grupos. El primero lo constituyen las necesidades de uso doméstico. Es urgente estandarizar la cantidad de energía que se considera necesaria para cubrir las necesidades básicas en el seno de las familias; queremos llamar la atención sobre la gran dispersión de los datos que se manejan en este concepto. El siguiente lo forman las necesidades de carácter comunitario, como la escuela, el centro de salud y otras necesidades de uso común de la

comunidad. El tercer grupo lo constituyen las necesidades para usos productivos, en un nivel mínimo que pueda constituir la base del desarrollo de las comunidades. En la figura 4.1 se dan algunas cifras para los niveles de cobertura de las necesidades humanas básicas comparadas con las necesidades de una sociedad moderna (UN AGECC, 2010).

Desde el punto de vista económico, conviene aclarar que, en este contexto, el término “asequible” significa que el coste de la energía para los usuarios finales debe ser compatible con su nivel de ingresos, es decir que todos deberían ser capaces, querer y pagar el incremento de coste que pueda suponer el acceso a una forma de energía de más calidad. El coste de los servicios de energía no debe ser superior a una fracción del orden del 10-15% de sus ingresos; ello puede hacer necesaria la provisión temporal de subsidios hasta que se alcance un desarrollo económico suficiente de la zona lo deje de aconsejar. Este argumento proporciona una razón adicional para apreciar la importancia de incluir en el acceso universal los usos productivos: facilitar a los usuarios la capacidad de pagar por la energía lo que se establezca, cuestión clave para una viabilidad financiera de los servicios energéticos en el largo plazo.

La AIE ha estimado en su documento WEO 2010, que para cumplir los ODM se requiere una inversión anual en el periodo 2010-2015 de 41.000 millones de dólares, lo que representa solo el 0.06% del PIB mundial. Lograr el acceso universal a una energía moderna en el 2030, va a requerir un esfuerzo adicional de 756.000 millones de dólares, es decir, 36.000 millones de dólares anuales. Esto es menos del 3% de las inversiones globales de energía previstas en el escenario “Nuevas políticas” al 2030. El incre-

mento del consumo de energía provocado por este objetivo tendrá un impacto modesto sobre la demanda de energía primaria y las emisiones de CO₂. En 2030, la generación global de electricidad sería un 2.9% mayor, la demanda de petróleo subiría menos de un 1% y las emisiones de CO₂ serían un 0.8% más altas. El problema no es, pues, el capital necesario, ni el aspecto medioambiental, ni tampoco se trata de un problema tecnológico –las tecnologías necesarias están disponibles– sino que más bien se trata de problemas de carácter político, institucional, logístico, financiero etc., que requieren análisis pormenorizados de cada uno de ellos y un gran esfuerzo conjunto de toda la sociedad.

4.1.3. La electricidad como vector de desarrollo

El acceso al suministro eléctrico en los hogares es particularmente imprescindible para el desarrollo humano, ya que posibilita el alumbrado, la refrigeración y el funcionamiento de los electrodomésticos. El acceso a la electricidad es uno de los indicadores más claros del bienestar de las personas. La electricidad es también imprescindible para la mayoría de las aplicaciones de desarrollo productivo local. En este caso, es necesario, no solo el acceso sino también la garantía de un suministro suficiente, fiable y duradero. Por último, no son concebibles servicios sanitarios adecuados sin el acceso a la electricidad.

El Servicio Universal de electricidad es un elemento básico en las políticas de combate a la pobreza; implica dar acceso a la electricidad a todos los ciudadanos en igualdad de condiciones. La mayor parte de los países tienen entre sus objetivos alcanzar el servicio universal y se diseñan planes de electrificación rural que están obte-

Cuadro 4.3. El reto de lograr el acceso universal a la electricidad no es insuperable, sería similar al esfuerzo realizado en la década 1990-2000 (Millones)

	Asia Oriental	Resto del mundo	Total
Nuevas conexiones 1990-2000			240
Nuevas conexiones por década requeridas para el acceso universal en 2030	210	30	240

Fuente: Energy for a sustainable future. UN AGECC, 2010.

niendo buenos resultados en muchos casos. La mayoría de estos planes ha considerado, hasta ahora, la extensión de las redes de suministro como única estrategia para electrificar las zonas rurales, pero de esta forma, quedarán todavía amplios grupos de población, ubicados en zonas más aisladas, que van a quedar muy lejos de lograr el acceso a la electricidad; dar acceso a estas comunidades debe reconocerse como una responsabilidad de los Estados e implementarse a través de planes de electrificación rural específicos para estas zonas aisladas que estén en coordinación con las políticas sociales de los gobiernos y con otros programas concretos de desarrollo rural.

La utilización de fuentes de energía renovables mediante sistemas aislados de la red, ya sea en sistemas individuales o microrredes, proporciona soluciones operativas y reales para aquellas zonas donde el coste de la extensión de la red es prohibitivo. En lugares donde el coste por punto de conexión mediante extensión de redes es superior a 1.000 dólares USA, los microsistemas eléctricos renovables parecen ser una estrategia adecuada. Existen expe-

riencias de éxito con diferentes sistemas y tecnologías, que se comentan más adelante. La selección de las tecnologías más adecuadas depende fuertemente de las condiciones locales. Para la selección de la tecnología más adecuada a cada zona concreta, será necesario en muchos casos el disponer de encuestas de carácter sociológico y de bases de datos de recursos renovables y, si es posible, del uso de herramientas de mínimo coste (EsF, 2009).

Las actuales tecnologías energéticas renovables permiten su utilización directa en aplicaciones de bombeo y depuración de agua en proyectos locales, por lo que parece evidente la capacidad de optimización que pueden implicar las aplicaciones conjuntas de agua y energía en regiones aisladas de las redes de suministro. Los sistemas de gestión conjunta de ambos suministros también presentan sinergias importantes. La relación entre agua y energía es tan íntima, tiene un impacto de tal calado en la economía y el bienestar de nuestras sociedades, que debería tener una atención especial por parte de los poderes públicos y un análisis riguroso por parte de la industria, las instituciones académicas y la sociedad civil.

Aunque los pequeños sistemas eléctricos renovables implementados a nivel local son claves para resolver el problema de la electrificación rural, existen, como se ha visto en el capítulo 2, barreras para su desarrollo que necesitan ser superadas. Estas barreras incluyen los inexistentes o insuficientes marcos políticos y legales, las dificultades financieras, y la falta de capacidad de muchas regiones. Hay tres temas que conviene analizar con cuidado: la sostenibilidad integral de los proyectos, en sus aspectos económico, social y medioambiental, el modelo económico que se utilice y el marco regulatorio que lo haga sostenible. Dado el conjunto variado de agentes públicos y

privados que intervienen en la electrificación rural –desde la administración central, regional y local, hasta los promotores de proyectos y los propios consumidores o sus órganos de representación– es necesario también analizar el papel de cada uno de ellos, en aras de lograr la adecuada gestión técnica y económica de los proyectos.

4.1.4. El problema y el papel de la biomasa

Todavía hoy, 2.700 millones de personas que habitan en países en desarrollo dependen de los combustibles tradicionales (leña, carbón vegetal, residuos agrícolas o residuos animales) para cocinar y calentarse, y las proyecciones son que esta situación subirá a 2.900 millones en 2030 si no se ponen en marcha las acciones necesarias (WEO IEA, 2010). La mayoría de estas personas viven en zonas rurales y muchas de ellas en comunidades aisladas. Como se ha comentado, cambiar esta situación es el segundo eje en el que se basa el uso de la energía moderna como factor para la eliminación de la pobreza y de sus consecuencias.

Aunque, como hemos dicho, el acceso a la electricidad es un objetivo prioritario para incrementar el desarrollo, eliminar el uso ineficiente de la biomasa en los hogares es una necesidad urgente por varias razones. Por un lado, el uso de cocinas tradicionales de biomasa en los hogares, sin ningún tipo de chimenea o ventilación, eleva los niveles de contaminación en el interior de las viviendas varias veces por encima del nivel de contaminación en el exterior, incluso en las ciudades más contaminadas. Esto tiene un efecto pernicioso sobre la salud de las personas y particularmente de los niños. Por otro lado, el uso tradicional de la biomasa es la primera causa de deforestación en las zonas circundantes a los núcleos urbanos, de manera

que si se continúa así, su empleo no será sostenible. Se calcula además, que en las comunidades aisladas que no tienen acceso a combustibles limpios, las mujeres y los niños dedican, por término medio, 4 horas diarias para la recolección de los combustibles tradicionales que necesitan.

La eficiencia de la biomasa puede ser incrementada, proporcionando a las familias biocombustibles limpios y facilitando la instalación de cocinas y hornos mejorados y sistemas de ventilación adecuados. La provisión de formas modernas de energía basadas en las oportunidades que hoy ofrecen las energías renovables constituye una esperanza para frenar este proceso de muertes prematuras y deforestación. Las alternativas que ofrece la tecnología son muy amplias y pueden satisfacer todo tipo de necesidades en función del área geográfica, empleando recursos autóctonos, con tecnologías sencillas y económicamente viables.

4.1.5. Visión de los organismos internacionales

En el momento actual, se percibe un notable cambio en la visión que los organismos internacionales presentan en relación con la estrategia en materia energética. Si en la última década del siglo XX los objetivos prioritarios eran la independencia energética y los cambios estructurales basados en la privatización y la introducción de la competencia en los mercados energéticos, en el comienzo del siglo XXI, sin que de ninguna manera se hayan cambiado estos objetivos, la prioridad está focalizada en conseguir el acceso universal a la energía, en promover el cambio hacia una matriz energética que resulte medioambientalmente sostenible, y en estimular el uso racional de la energía. Este cambio está basado en dos pilares, el primero de

ellos es la toma de conciencia de que el acceso a la energía es crítico para el desarrollo económico y la reducción de la pobreza, y el segundo es el convencimiento de la necesidad urgente de tomar medidas orientadas a la reducción del impacto global del cambio climático.

El acceso a la energía está siendo recogido ya en las estrategias de los principales organismos internacionales del sector energético y en las estrategias de la cooperación internacional. En el documento “Access to sustainable energy sources at the local level in developing countries” propuesto por la Comisión Europea en abril de 2009, se reconoce que las soluciones energéticas locales sostenibles, implementadas por actores locales y con compromiso del sector privado, deben tener un creciente papel en la cooperación europea al desarrollo.

Se ha mencionado varias veces el documento elaborado por la AIE, en colaboración con UNDP y UNIDO, “Energy Poverty” y también el redactado por el Grupo Asesor para la Energía y el Cambio Climático del Secretario General de la ONU “Energy for a Sustainable future”. En ellos el acceso universal a la energía se considera una de las máximas prioridades de los próximos años. Instituciones como el Grupo Banco Mundial o el Banco Interamericano de Desarrollo, han modificado también en este sentido sus estrategias energéticas.

“Uno de los principales desafíos claves que encaran los gobiernos de los países en desarrollo es aumentar la confiabilidad y eficacia del suministro de energía, y permitir, al mismo tiempo, que los servicios energéticos modernos sean accesibles y asequibles para todos”

Grupo Banco Mundial
Síntesis Sectorial de Estrategia Energética, Oct 2009

4.2. ASPECTOS BÁSICOS EN EL ACCESO A LA ENERGÍA DE LAS CRA

4.2.1. El acceso a la electricidad de las comunidades rurales aisladas

La electricidad es imprescindible para algunos servicios como iluminación eficiente o alimentación de equipos electrónicos para comunicación y entretenimiento. Pasar de las sombras y penumbras a la luz y del aislamiento al conocimiento de lo que pasa en el mundo sólo es posible con electricidad.

Para lograr el objetivo de que en 2030 sea realidad el acceso universal a los servicios básicos de electricidad de los 1.200 millones de personas sin acceso que se estima habría en dicha fecha, de no tomarse las medidas adecuadas, la AIE evalúa que el 38% debería ser conectado a redes eléctricas por su ubicación próxima a ciudades y a redes existentes, mientras que el 62% debería abastecerse con microrredes (46,5% núcleos poblacionales muy alejados de redes) y con sistemas domiciliarios (15,5% casas con alta dispersión). Por tanto, el abastecimiento eléctrico de comunidades rurales aisladas se basa en microrredes y sistemas domiciliarios en función de su grado de dispersión.

En principio, de los tres modos de suministro, red, microrred y sistema domiciliario, el suministro con red tiene importantes ventajas en cuanto a disponibilidad de potencia y posibilidad de aumento progresivo de la demanda energética. Sin embargo, en algunos países, el suministro mediante red es muy poco fiable, debido fundamentalmente a un déficit de energía disponible, consecuencia de la falta de inversión en generación. Por otro lado, los costes

de inversión por punto de suministro aumentan exponencialmente a medida que el grado de cobertura eléctrica aumenta, como consecuencia de la alta dispersión y las dificultades de acceso físico. En esta tesitura, para electrificar las comunidades rurales aisladas sólo existe la vía práctica de recurrir a microrredes o a sistemas domiciliarios, aunque tengan algunas desventajas, como la limitación de potencia o, en algunos casos, el suministro de corriente continua. Por tanto, para la electrificación rural se debe buscar la mejor opción socioeconómica en cada caso, contemplando los tres modos de suministro.

4.2.2. Microrredes y Sistemas Domiciliarios

Las microrredes son una buena solución para electrificar pequeños núcleos de población. Pueden estar alimentadas por centrales fotovoltaicas, microeólicas o microhidráulicas. Es muy habitual recurrir a los sistemas híbridos, donde los grupos electrógenos pueden proveer una reserva para aumentar la fiabilidad y para conseguir una alternativa más eficiente en coste que sólo energías renovables. En muchos casos existe una complementariedad natural entre la fotovoltaica y la eólica.

Las microrredes necesitan de una pequeña red de distribución, con instalación de contadores de energía, limitadores de carga en cada usuario y un sistema de regulación de tensión y potencia que adapte en cada momento la generación de energía necesaria para el consumo y que evite el colapso del sistema por sobrecarga.

Los Sistemas Domiciliarios se adaptan mejor a las poblaciones dispersas, ya que no requieren redes de distribución. El generador puede ser fotovoltaico, microeólico o grupo electrógeno.

Las fuentes de energía usadas tanto en microrredes como en sistemas domiciliarios pueden ser renovables (fotovoltaica, eólica, microhidráulica) o basadas en combustibles fósiles. En muchos estudios se pone de manifiesto que la generación basada en combustibles fósiles, aunque tiene un menor coste de inversión inicial, tiene un mayor coste medio (inversión más operación y mantenimiento, más combustible, durante la vida del proyecto) de la energía producida. Esta tendencia se acentúa en la medida en que las comunidades están más remotas y el coste de suministrar productos petrolíferos aumenta. Por tanto, las energías renovables desempeñan un papel crítico en la electrificación de comunidades rurales aisladas.

La selección de la energía renovable más apropiada en cada caso viene condicionada por la disponibilidad del recurso. Así, la microhidráulica sólo se puede utilizar, y habrá que hacerlo de forma preferente, en los sitios donde exista un cauce de agua con caudal y salto suficiente. El uso de la eólica y la fotovoltaica está condicionado, respectivamente, por la existencia de viento e insolación suficientes. En ambos casos, es muy importante disponer de mediciones adecuadas en todas las épocas del año, que permitan un dimensionamiento fiable de los sistemas. La mayoría de los países en desarrollo están ubicados entre los paralelos 35° N y 35° S, en el denominado “cinturón del sol”, lo cual hace de la energía fotovoltaica una referencia muy importante para la electrificación de las comunidades rurales aisladas de los países en desarrollo.

Dentro de los sistemas domiciliarios, se han desarrollado, en los últimos años, productos de coste reducido para cubrir las necesidades de iluminación y pequeñas cargas a 12Vcc. Son lámparas y linternas con focos leds que integran un pequeño panel fotovoltaico de carga de energía

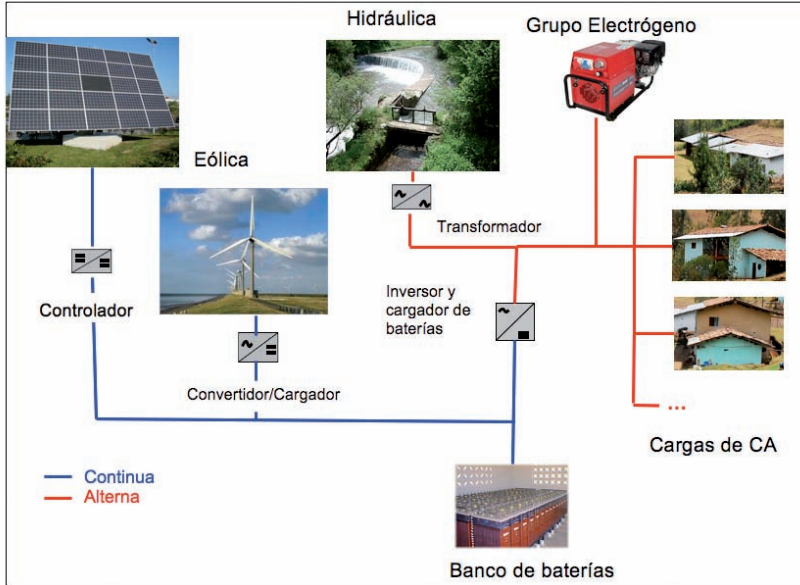


Figura 4.2. Esquema de microrred. Fuente: Elaboración del autor.

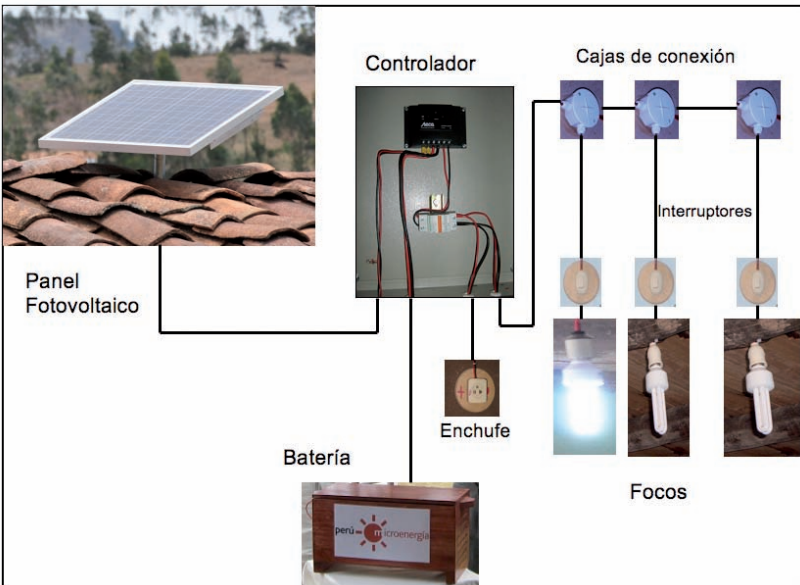


Figura 4.3. Esquema de Sistema Fotovoltaico Domiciliario. Fuente: Perú Microenergía.

y un enchufe para carga de móvil o conexión de radio. Conforman la denominada picrofotovoltaica, y se ha demostrado de una gran utilidad en muchos países de África.

Se puede asegurar que conseguir el acceso universal a la energía en el 2030 no será posible sin el concurso de las energías renovables. Se estima que la electrificación con energías renovables, tanto en microrredes como en sistemas domiciliarios, debe alcanzar a más de 1.000 millones de personas, generando 571 TWh, con una inversión estimada superior a 441.000 Millones de USD en los próximos 20 años o 20.800 Millones de USD al año.

4.2.3. Política energética, planificación y regulación

Sobre los estados pesa la principal responsabilidad de facilitar el acceso a la electricidad. Es prácticamente imposible conseguir el acceso universal a los servicios eléctricos básicos si los gobiernos nacionales no contemplan de forma prioritaria este objetivo en las políticas energética y de desarrollo, la planificación eléctrica y la regulación.

La política energética debe contemplar el objetivo prioritario de acceso eléctrico universal en el 2030, con los hitos intermedios que aseguren el progreso adecuado. Esta política debe coordinarse con la política de desarrollo rural, educación, infraestructuras y lucha contra la pobreza.

En aquellos países cuyos gobiernos, por diferentes razones, no asumen explícitamente su responsabilidad de suministrar energía a todos los ciudadanos mediante el uso de energías renovables, esta actividad es llevada a cabo por dos tipos de emprendimientos:

- Las agencias de cooperación y otras instituciones de cooperación al desarrollo, que fundamentalmente apo-

yan al desarrollo de proyectos dando soporte a emprendimientos sociales.

- Los emprendedores que ven una oportunidad de desarrollo de mercado en esta actividad.

La planificación eléctrica debe recoger, en el escenario de 10 años, los proyectos de electrificación rural con su programación temporal y su presupuesto. Esta planificación debe ser vinculante y debe conllevar un proceso exigente de seguimiento anual. La planificación conlleva identificar las necesidades (ubicación y demanda) y los recursos energéticos locales disponibles, y, mediante aplicaciones informáticas específicas, establecer con criterios claros y transparentes el modo de suministro eléctrico más adecuado en cada caso: extensión de redes, microrredes o sistemas domiciliarios. Ya se vio como las microrredes y los sistemas domiciliarios son el modo de suministro más relevante para las comunidades rurales aisladas. Un plan bien concebido pone de manifiesto las necesidades y el modo de abordarlas, facilitando la coordinación entre los diferentes actores y posibilitando las aportaciones de las organizaciones multilaterales, agencias internacionales, sector privado y sociedad civil.

Ante la magnitud del problema, es necesaria la participación de todos los grupos de interés, para lo cual los gobiernos deben crear el entorno adecuado. Aunque el mercado potencial global de microrredes y sistemas domiciliarios es de una magnitud atractiva, existen barreras claramente definidas para el desarrollo de este mercado y la principal de ellas es el elevado coste de las instalaciones comparado con los niveles de renta de las comunidades rurales aisladas. Estas barreras de carácter económico tienen dos manifestaciones, una, posiblemente la más impor-

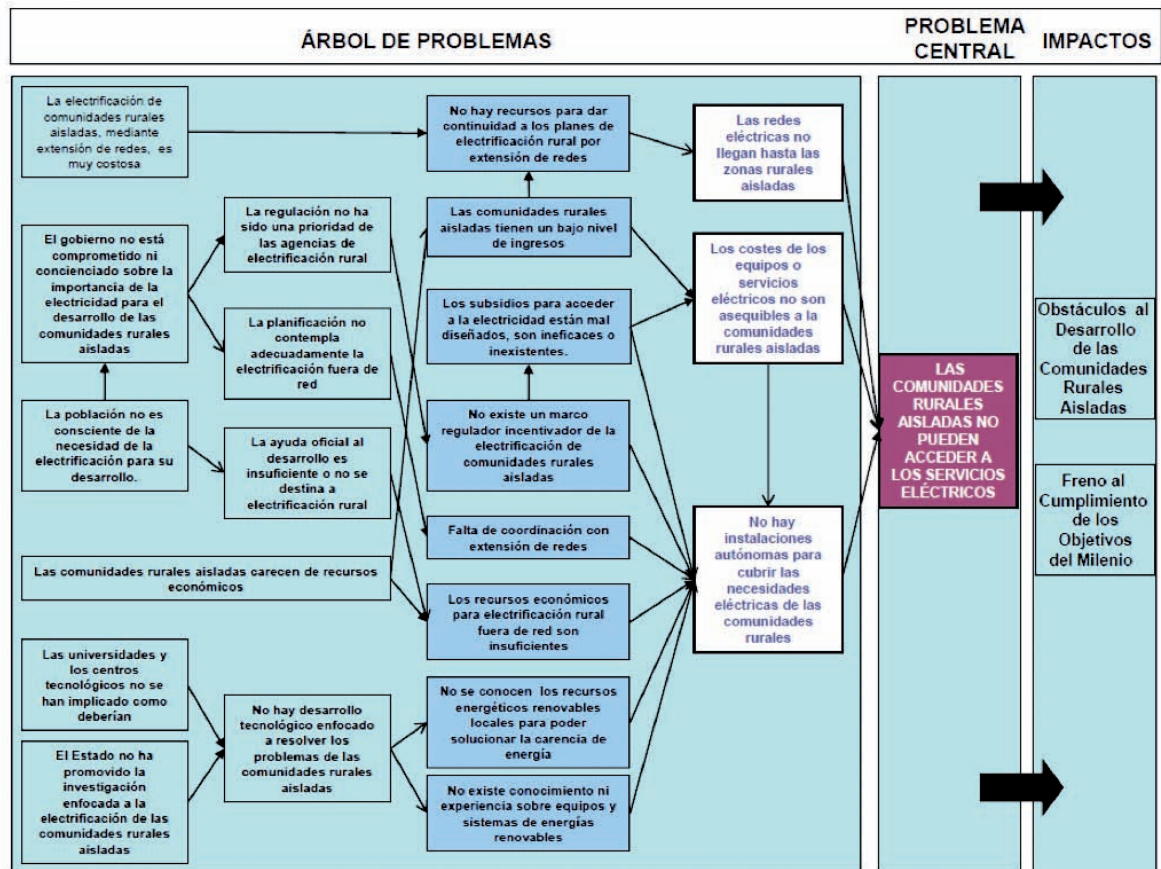


Figura 4.4. Árbol de problemas de la electrificación de comunidades rurales aisladas.
Fuente: Elaboración del autor.

tante, es el elevado coste de la inversión inicial y otra, el elevado coste del mantenimiento de las instalaciones, en particular la reposición de baterías en el caso de la energía fotovoltaica y eólica. Es necesario que los gobiernos creen el marco adecuado para que resulte atractiva la participación de todos los grupos de interés.

En la medida en que los gobiernos facilitan las condiciones para que los diferentes actores participen en la

electrificación, y dado que las comunidades rurales aisladas resultan vulnerables, es necesario que se establezca una regulación específica para la electrificación rural. Normalmente, existe regulación para el suministro por redes, pero no así para el suministro no convencional (microrredes o sistemas domiciliarios) debido a su reducida potencia unitaria. Por tanto, el primer paso es establecer dicha regulación específica, si no existiera. En el caso de la pico-

fotovoltaica, no se requiere regulación específica de la actividad, remitiéndose a la regulación general sobre productos/servicios.

La regulación específica de la actividad de suministro eléctrico mediante microrredes o sistemas domiciliarios debe ser muy sencilla y fácil de aplicar, evitando costes transaccionales. Debe establecer las condiciones de suministro o tipo de concesión, la calidad del servicio, los niveles de suministro: potencia, tensión, frecuencia y energía, las condiciones de conflicto: impago, manipulación y comunicaciones, así como las tarifas o cuotas a abonar.

Otro efecto que se consigue con la regulación es que los usuarios de microrredes y sistemas domiciliarios puedan acceder, al menos, al mismo grado de subsidios que existen en las redes, ya sea para inversión inicial o subsidios sobre las tarifas (tarifa social). Y es deseable, dado el mayor nivel de pobreza de las comunidades rurales aisladas, que los subsidios se focalicen en estos casos de mayor necesidad. En todo caso, al establecer la tarifa hay que considerar la asequibilidad de la misma para los usuarios y la sostenibilidad a largo plazo.

4.2.4. Modelos de gestión

En la explotación de microrredes, la variedad en los modelos de gestión es muy limitada. Se deben considerar tres figuras, que pueden ser independientes o solaparse. La figura del *promotor*, que concibe y desarrolla el proyecto, analizando su viabilidad técnica y económica y buscando la financiación; esta figura es típica del emprendedor, que puede ser el mismo propietario, o una empresa, o una ONG o cualquier otro actor con imaginación, voluntad y capacidad para ello. La figura de la *propiedad de la instala-*

ción, a cuyo nombre están los activos de la instalación; la propiedad puede ser un particular o una municipalidad o una cooperativa capaz de conseguir la financiación correspondiente y gobernar la iniciativa. Y la figura del *explorador*, que opera y mantiene la instalación y es contratado por la propiedad para que gestione sus activos. Al explorador se le requiere la capacidad de gestionar la actividad y de hacerlo de forma eficiente. Dadas las características de las comunidades rurales aisladas, parece conveniente desarrollar las capacidades de explotador a nivel local, fomentando la capacitación y la formación de organizaciones que asuman este rol.

En el caso de los Sistemas Domiciliarios existe una gran variación y disparidad de modelos de gestión, que podemos agrupar en tres bloques: venta al contado, venta a crédito y cuota por servicio. En la venta, tanto al contado como a crédito, existe una transferencia de propiedad limitada por las condiciones de venta, mientras que en el modelo de cuota por servicio, no se transfiere la propiedad, sino sólo la electricidad a disposición (generada y almacenada) o el servicio eléctrico.

En los modelos de venta a crédito aparece la figura de la institución crediticia o de microcrédito. Se pueden clasificar por el sujeto del crédito: al comprador o al vendedor. En el caso del crédito al vendedor, éste asume el riesgo de impago del comprador, mientras que este riesgo es asumido por la institución crediticia en caso de la venta con crédito al comprador. Una variante es el alquiler con opción de compra, aunque hay pocas experiencias con este modelo.

Finalmente, en los modelos de cuota por servicio, lo que se vende es el servicio eléctrico. Es el modelo más parecido al de las empresas distribuidoras convencionales,

con la salvedad de que la instalación del proveedor de servicio está situada en el domicilio del usuario. Este modelo, a su vez, puede tener concesión o no.

Se puede decir que no existe un modelo mejor que los demás. Al analizarlos bajo los diferentes aspectos de riesgos, coste, sostenibilidad, etc., cada modelo tiene sus ventajas, inconvenientes y factores críticos de éxito. Existen casos de éxito de cada tipo de modelo de gestión. Lo que parece que es crítico es el conjunto de modelo, tipo de producto/servicio y condiciones específicas del entorno.

4.2.5. El problema de la sostenibilidad

La sostenibilidad de las soluciones planteadas para la electrificación de comunidades rurales aisladas debe ser un *planteamiento irrenunciable*. Cualquier actividad que se lleve a cabo debe contemplar ineludiblemente su sostenibilidad social, medioambiental y económica.

Respecto a la *sostenibilidad social*, debe contemplarse la participación de los usuarios en todas las fases del proyecto, directamente o mediante sus órganos representativos existentes, o creados para este objetivo. Es importante considerar la participación activa de las mujeres en los órganos de representación ya que son el colectivo al que más suelen afectar las condiciones de las viviendas. También es muy conveniente la participación y colaboración de las administraciones locales y regionales.

Como la generación eléctrica para alimentar las microrredes o los sistemas domiciliarios está basada en energías renovables, la *sostenibilidad medioambiental* parece más fácil de lograr que con energías basadas en combustibles fósiles. Sin embargo, es necesario contemplar

adecuadamente el uso y manejo de elementos contaminantes, como baterías de plomo y aceites de engrase o dieléctricos.

Pero el verdadero caballo de batalla en la electrificación de comunidades rurales aisladas es la *sostenibilidad económica*. Poder comprar y mantener un sistema, o pagar una cuota periódica que permita cubrir los costes (costes de capital y operación y mantenimiento), es poco compatible con los niveles de ingresos de estos usuarios. Como ya se ha indicado, el coste de inversión inicial de las energías renovables es alto, y es cierto que, como consecuencia del desarrollo de los mercados, especialmente en países desarrollados, se prevé una reducción de los costes (por ejemplo, una reducción del 40% en paneles solares de 2010 a 2015). También el desarrollo tecnológico previsto en las baterías apunta hacia una reducción de coste y aumento de prestaciones. Sin embargo, todavía la inversión inicial es una fuerte barrera. Esta barrera no se resuelve exclusivamente con financiación, pues aunque se consiguiera su financiación a coste muy reducido, el peso que tiene sobre la cuota periódica la haría inasequible para las comunidades rurales aisladas. Por tanto, es necesario un subsidio a la inversión inicial, que puede provenir de los gobiernos centrales, provenientes a su vez de sus presupuestos o de préstamos de organismos multilaterales o bilaterales, o de la cooperación internacional.

Por otro lado, todos los equipos requieren algún mantenimiento, ya sea para facilitar su correcta operación o para reparar sus averías. Dar la atención requerida, mediante personal especializado, no es nada fácil en lugares remotos que exigen largos desplazamientos. Para afrontar este tema deben contemplarse cuatro tipos de actuaciones:

- Especificar, siempre que sea posible, equipos que requieran poco mantenimiento y de fácil ejecución.
- Capacitar a los propios usuarios para que conozcan bien las limitaciones y prestaciones de sus instalaciones y asuman ciertas labores sencillas de mantenimiento.
- Capacitar a técnicos locales que puedan ofrecer sus servicios para asesorar o reparar.
- Concentrar las intervenciones para facilitar todas las actividades anteriores.

Los costes de desarrollo de capacidades locales deben integrarse en los costes de inversión inicial. Además de capacitar, es necesario garantizar alguna forma de apoyo o asesoramiento para los casos que sobrepasan las situaciones normales.

Aunque los sistemas estén perfectamente dimensionados, suministrados e instalados, y adecuadamente operados los equipos tienen una vida útil, al cabo de la cual es necesario sustituirlos. La reposición de equipos costosos, como puede ser el caso de las baterías, puede representar una barrera infranqueable para el usuario.

Por último, la gestión de cobro de las cuotas, en el caso de financiación de la compra (micro financiación) o en el caso de cuota por servicio, es un tema especial a considerar. Según el modelo de gestión que se implante, los propios usuarios pueden proceder a la gestión del cobro, lo cual evitará costes adicionales a cargar sobre las cuotas. La gestión de impagos debe contemplarse desde el principio con criterios claros. Es evidente que el impago de cuotas no sólo provoca pérdidas, sino lo que es más grave, incita al resto de usuarios a imitar esa conducta. La desconexión de los usuarios con impagos injustificados parece una medida necesaria, si se quiere preservar la sostenibilidad de la acción de electrificación.

Cuando la cuota resulta excesiva respecto a los ingresos de los usuarios, es necesario establecer subsidios mientras perduren dichas condiciones. Basándose en el éxito que la implantación de la tarifa con prima (feed-in tariff) ha tenido en el desarrollo de las energías renovables en muchos países, la Plataforma Fotovoltaica de la Unión Europea propone la Tarifa Regulada de Compra (Regulated Purchase Tariff-RPT) para incentivar la electrificación de comunidades rurales aisladas. Parte de los costes totales son cubiertos mediante subsidio estatal o mediante subsidio cruzado aportado en su tarifa por los usuarios de mayor consumo. Este tipo de subsidio existe en muchos países, aún en países desarrollados, pero normalmente sólo se aplica a usuarios conectados a red. Sería necesario extender su uso a microrredes y a sistemas domiciliarios. De esta forma, los consumidores de comunidades rurales aisladas atendidos por microrredes o por sistemas domiciliarios, se verían beneficiados de la mayor aportación que hacen en su tarifa los usuarios de mayor consumo, normalmente conectados a la red, de igual forma que lo hacen ahora los usuarios de menor capacidad de pago atendidos por la red.

El gasto en que incurren las comunidades rurales aisladas como consecuencia de la falta de electrificación es una parte importante de sus ingresos. El uso de velas, lámparas de keroseno, pilas carga de baterías con sus desplazamientos asociados, es un dato a considerar para validar la asequibilidad de la tarifa. Es deseable que la tarifa aplicada a las comunidades rurales aisladas no sea superior a la aplicada a los usuarios de red, pero si tuviera que ser superior, nunca debiera superar al coste que implica la compra de los elementos sustitutivos para el servicio de iluminación y de comunicación.

4.3. ASPECTOS BÁSICOS DE LA PRODUCCIÓN DE CALOR PARA COCINA Y CALEFACCIÓN

4.3.1. Situación actual

Como se ha puesto de manifiesto en la introducción a este capítulo, la relevancia de la energía para el desarrollo humano está vinculada a los servicios que ésta proporciona. La electricidad no es crítica para el desarrollo por facilitar luz, sino por promover el acceso a la educación, la salud, la preservación de alimentos, el agua potable o las comunicaciones. De igual forma, la energía térmica ligada a la calefacción o el cocinado no lo es por proporcionar calor, lo es por facilitar la habitabilidad básica y, especialmente, por facilitar el procesado y conservación de alimentos.

Aunque el procesado de alimentos presenta algunos inconvenientes –la reducción del contenido en vitaminas, fibras y minerales naturales o el aumento de la ingesta de azúcares y sales, que favorecen la aparición de problemas como el aumento de la tensión arterial, la obesidad, o la diabetes– la energía térmica proporciona ventajas insustituibles en la alimentación humana: permite acceder al es-caldado –que interrumpe la acción enzimática–, la cocción, la pasteurización y la uperización –que eliminan agentes patógenos– y permite consumir productos que de otra forma serían difícilmente asimilables por nuestro organismo. Son muchos los beneficios asociados al uso de energía térmica para el procesado, la conservación, la facilidad de manejo, el transporte, o incluso la consistencia o el sabor de los alimentos. La energía térmica también permite la esterilización –muy relevante para evitar el contagio de enfermedades– y aporta calor para mantener con-

diciones de habitabilidad en las viviendas durante las épocas de bajas temperaturas.

En el caso de las comunidades rurales aisladas, su acceso a la energía térmica para calefacción, esterilización o procesado de alimentos está ampliamente restringido a las fuentes energéticas tradicionales, fundamentalmente biomasa y carbón vegetal, utilizadas de forma muy ineficiente. Según EIA (2006), el 87% de la población de la India que habita en zonas rurales tiene la biomasa como su fuente de energía primaria para cocinar. El porcentaje aumenta hasta el 93% en las zonas rurales de África Subsahariana e incluso alcanza valores superiores en algunos países como Indonesia (95%). Pero esto no es una situación exclusiva de las zonas mencionadas; el porcentaje medio de dependencia en el mundo rural es del 83%. Es decir, la inmensa mayoría de la población rural no tiene acceso a fuentes modernas de energía para la generación de calor. El informe anual de la Agencia Internacional de la Energía más reciente (WEO IEA, 2010) confirma cifras similares para 2009 e incluye proyecciones para 2030 que muestran una situación análoga en el futuro próximo.

4.3.2. Impactos del uso de biomasa

Esta dependencia de la biomasa conlleva trágicas consecuencias, tanto ambientales como sociales y económicas, que se explican a continuación.

Problemas respiratorios y muertes prematuras derivados de la inhalación de humos

La Organización Mundial de la Salud, OMS (2008), estima que la quema de biomasa en espacios interiores produce

la emisión de sustancias que generan la muerte prematura de 1,45 millones de personas al año en el mundo. Una parte significativa de estas muertes corresponde a niños pequeños que pasan muchas horas al día respirando el humo contaminado. También provoca enfermedades respiratorias crónicas en los adultos y continuos problemas de conjuntivitis. Esta situación convierte el problema de la quema de biomasa en la segunda causa de muerte mundial por delante de la tuberculosis y la malaria y sólo detrás del Síndrome de Inmuno-Deficiencia Adquirida (SIDA).

Problemas derivados de la forma de combustión

La combustión ineficiente de la biomasa también lleva asociados otros problemas inherentes entre los que destacan: dolores de espalda y lumbares por malas posturas al cocinar, quemaduras en el cuerpo por contacto directo con el fuego o con los utensilios que alcanzan temperaturas elevadas, contaminación de los alimentos por estar en contacto directo con los humos, riesgo de incendio en la vivienda, etc. Además, el muy bajo rendimiento de la combustión exige la necesidad de mayores cantidades de biomasa para alcanzar el mismo servicio energético.

Problemas derivados del transporte de biomasa

Para poder disponer de biomasa para la combustión, hay que realizar largos desplazamientos, que suponen una media del orden de 1 hora al día, según OMS (2007), aunque hay países, como Níger, en los que la media puede llegar a 4 horas diarias. La mayor parte de estos desplazamientos los realizan mujeres y niños. Además, las mujeres dedican, adicionalmente, un tiempo destacado a la preparación y al

cocinado de la comida, que aumenta sustancialmente en estos sistemas tradicionales; por tanto, se produce un déficit de horas diarias que podrían dedicarse a la educación o a labores productivas. Por otra parte, esta biomasa se suele transportar sobre la espalda, lo que da lugar a importantes lesiones que impiden la realización de otras tareas o, incluso, inhabilitan a la persona que la transporta.

Deforestación

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en su informe FAO (2010), pone de manifiesto la deforestación que se está produciendo en algunas zonas de América Latina, África Subsahariana y Asia Suroriental. Esta situación se debe, en parte, a la necesidad de biomasa forestal para la generación de calor. Hay imágenes de satélite que muestran la gran superficie deforestada en los entornos de los caminos rurales de donde se extrae la biomasa para consumo energético. La deforestación conlleva una degradación del suelo y favorece la desertización que, a su vez, provoca una reducción de la precipitación de agua en la zona, la reducción de la fertilidad de los suelos, el aumento de la propensión a la erosión y problemas de retención de nutrientes y de prevención de impactos de eventos meteorológicos extremos. Además, cuando aumenta la deforestación, se incrementa el tiempo necesario para recoger la leña, lo que amplía los impactos de su transporte.

Cambio Climático

Una consecuencia directa de la deforestación es la pérdida de sumideros de carbono que reducen la concentra-

ción de CO₂ en la atmósfera; sin embargo, no es el único efecto del uso de biomasa sobre el cambio climático. La quema de esa biomasa genera unas partículas de color oscuro denominado “black carbon” que favorecen el calentamiento del planeta por tener una capacidad de absorción de la radiación y por reducir el albedo¹ cuando se depositan sobre la nieve o el hielo. Además, esta deposición acelera el deshielo, favoreciendo algunos de los impactos del cambio climático.

4.3.3. Sistemas eficientes de utilización de la biomasa

Una de las causas de los importantes impactos mencionados de la quema tradicional de biomasa es que la combustión se realiza a “fuego abierto”, es decir, se quema en un hogar confinado entre tres o más piedras sobre las cuales se apoyan los utensilios de cocina. Por tanto, una de las primeras alternativas para reducir el problema es utilizar sistemas de combustión más eficientes, manteniendo la satisfacción de las necesidades de los usuarios. Para el caso del cocinado a estos sistemas se les suele denominar cocinas mejoradas. Las cocinas mejoradas consiguen reducir los niveles de concentración de partículas en el interior de las viviendas hasta un 90% (OMS, 2007) y permiten disminuir una parte de los problemas asociados (mejoran la eficiencia, disminuyen riesgos de quemaduras e incendios, atenúan problemas posturales al cocinar, etc.). La figura 4.5 ilustra los componentes de la cocina y las mejoras asociadas (Araque, 2005).

Existen multitud de manuales para la construcción de cocinas mejoradas y publicaciones con la evaluación de experiencias sobre programas de instalación de estas cocinas. Entre las premisas que se han extraído del éxito

de estos programas destacan las siguientes:

- Los beneficiarios deben estar convencidos de la necesidad del cambio de sistema de combustión (porque la recogida de leña sea costosa, por los problemas respiratorios, por los tiempos empleados, etc.).
- Los artesanos locales han de participar en el proceso de diseño de las cocinas y se han de usar materiales disponibles a nivel local.
- Las cocinas son similares a las antiguas, fáciles de encender, aceptan todo tipo de leña (forma, tamaño, material, etc.) y permiten ajustar la potencia de salida.

Otra forma de mejorar la eficiencia de la combustión es tapando los utensilios de cocción o utilizando mejores dispositivos, como ollas que retienen el calor u ollas a presión.

También existen alternativas a los sistemas más eficientes, que se fundamentan en la sustitución del combustible. Entre los combustibles alternativos destaca el biogás producido por la fermentación anaeróbica de residuos ganaderos y agrícolas. También se pueden utilizar combustibles fósiles como el gas natural o Gases Licuados del Petróleo (GLP). Todos estos sistemas mejoran drásticamente los impactos de la quema de biomasa y evitan también la mayor parte de la contaminación exterior asociada a las cocinas mejoradas.

En lo que respecta al ambiente en el que se produce la combustión, algunos de los problemas mencionados se pueden mitigar mejorando la ventilación de la vivienda (aumentando el número de ventanas, utilizando campanas sencillas de extracción de humos) o separando el habitáculo para cocinar del resto de estancias de la vivienda. También se pueden reducir los impactos modificando ligeramente los hábitos de uso de biomasa: secando la leña

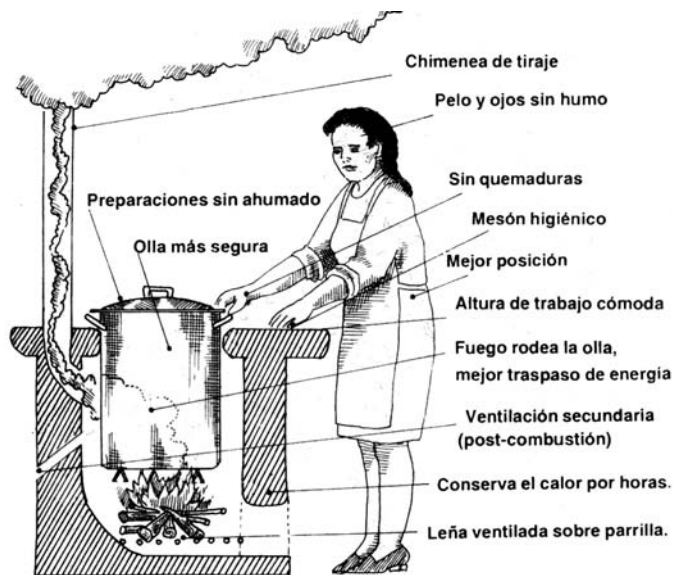


Figura 4.5. Corte transversal de una cocina mejorada incluyendo las ventajas asociadas. Fuente: Araque, 2005.

previamente, preparando los alimentos para reducir los tiempos de cocinado (por ejemplo, manteniendo en remojo las legumbres al menos las 8 horas previas), mejorando el mantenimiento de las cocinas o alejando a los niños del humo durante la combustión.

4.3.4. Sostenibilidad de los proyectos

Como en todos los proyectos para el desarrollo de comunidades rurales aisladas, hay que recordar que se deben mantener criterios que aseguren o, al menos, faciliten su sostenibilidad temporal.

Entre estos criterios, destacan:

- Uso de tecnologías apropiadas (incluyendo el uso de materiales disponibles, maquinaria que sea fácil de repa-

rar, combustibles que sean accesibles, etc.) y transferencia del conocimiento.

- Participación de la comunidad receptora en todo el ciclo de gestión. En el caso de las cocinas, es especialmente importante la participación de las mujeres para que los proyectos se adapten a las necesidades reales.
- Planteamiento de una escala de proyectos que analicen el problema de forma regional, sin exclusiones, con perspectiva de acceso universal a la energía, más allá de la vida útil del proyecto, garantizando el servicio alcanzado, etc.
- Fortalecimiento y capacitación de las instituciones públicas locales y regionales que deben apoyar a las comunidades en la gestión.
- Coordinación entre donantes, con los organismos permanentes de los niveles intermedios, con las políticas nacionales y locales, etc.

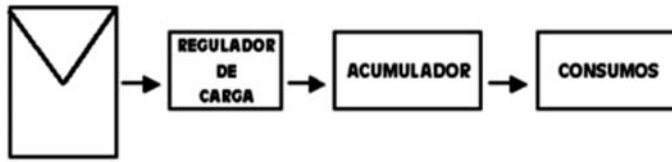
4.4. TECNOLOGÍAS PARA EL ACCESO A LA ENERGÍA EN LAS CRA

4.4.1. Sistemas fotovoltaicos para electrificación rural

La Energía Solar Fotovoltaica (ESF), desde que se desarrolló a nivel terrestre en la década de los 80, ha tenido una marcada aplicación en la posibilidad de poder generar energía eléctrica allí donde tiene que ser consumida, sin necesitar costosas y complejas infraestructuras de distribución. En efecto, la ESF es casi la única que puede generarse allí donde se precisa, no necesita de aporte de combustible, es susceptible de ser dimensionada para los consumos necesarios e incluso puede ser

ampliada posteriormente para adaptarse a los requerimientos futuros, precisando, además, de muy poco mantenimiento. Es un tipo de energía que puede paliar casi cualquier necesidad energética en sitios remotos y con independencia absoluta.

Los sistemas individuales de electrificación rural siguen el esquema básico siguiente:



Se parte de uno o varios módulos solares fotovoltaicos, que son conectados a un regulador de carga cuya función es la de controlar y gestionar la carga y descarga de la batería, además de dar cierta información del sistema. Este dispositivo es conectado posteriormente a la batería de acumuladores y desde ésta se alimentan los diferentes consumos para los cuales se diseñó el sistema.

Los módulos fotovoltaicos son equipos que transforman la radiación solar en electricidad, de forma directa, silenciosa y nada contaminante. Su vida es excepcionalmente larga, pudiéndose situar en más de 30 años sin que su rendimiento se vea reducido en más de un 20%. La tecnología usada para el resto de dispositivos (regulador, batería, consumos, etc.) es sobradamente conocida, por lo que un buen técnico es capaz de diseñar sistemas solares seguros y eficientes que puedan resolver multitud de necesidades.

El diseño de un sistema fotovoltaico se realiza en función de los consumos que se tienen que alimentar, más un factor de seguridad. Si el equilibrio de generación-con-

sumo se rompe, habrá un déficit energético que, una vez superado el factor de seguridad, desembocará en la parada del sistema hasta que nuevamente se consiga recargar la batería e iniciar el ciclo de carga-descarga de forma equilibrada. Los sistemas de control, integrados normalmente en el regulador de carga, dan una información actualizada y fiable de cómo se encuentra el sistema para que, de esta forma, se pueda consumir energía de forma eficiente y sin poner en peligro el uso de los diferentes consumidores, ayudando a lograr el equilibrio del que se hablaba antes.

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser objeto de ampliación en cualquier momento, no obstante es una buena práctica prever las horas de utilización reales de los diferentes consumos, así como pensar en las posibles nuevas necesidades que pueden aparecer, con el fin de que el diseño responda adecuadamente a las necesidades inmediatas y de futuro próximo. Esta tarea es fundamental a la hora de calcular una instalación, pero este trabajo tiene un 50% de aspectos técnicos y otro 50% de análisis sociológico. Evidentemente, es difícil que un nuevo usuario, por ejemplo, de luz eléctrica y TV, pueda dar el dato de uso, por la sencilla razón de que en una gran multitud de casos, principalmente en el tema que nos ocupa, jamás ha podido disfrutar de estos servicios y por lo tanto, no puede tener un criterio cierto de cómo éste le puede transformar los hábitos de vida; por tanto, la persona que diseña la instalación tiene que basar su decisión en la experiencia, la lógica y el estudio previo de las circunstancias que rodean la futura instalación.

Claros ejemplos de las aplicaciones fotovoltaicas que inciden directamente en la electrificación rural, podrían ser, aparte de la clásica iluminación de viviendas, sis-

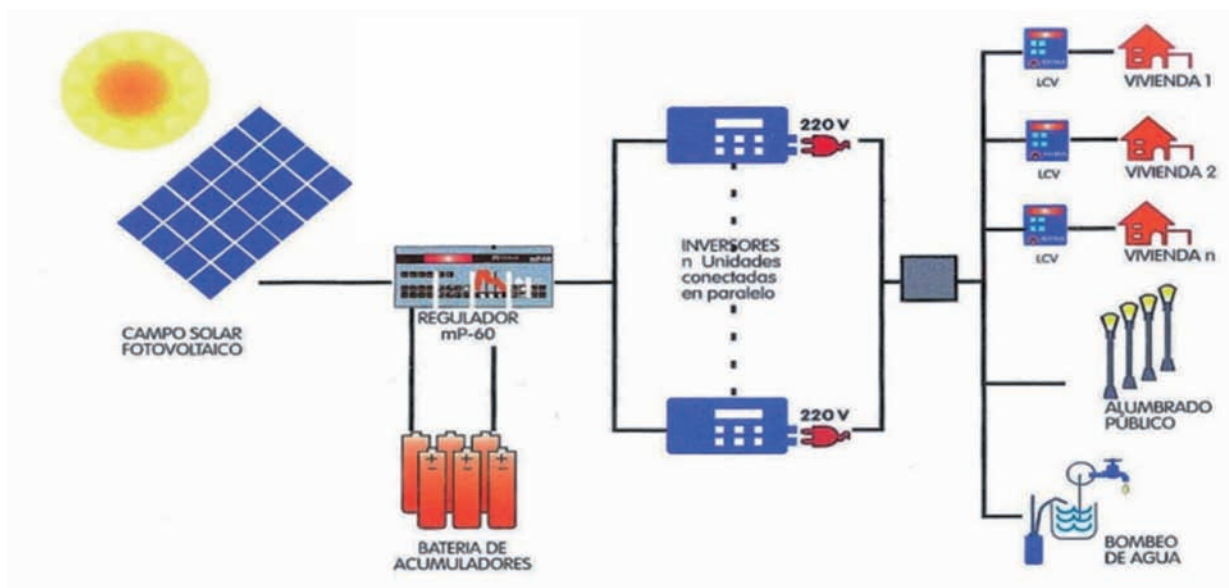


Figura 4.6. Sistema fotovoltaico centralizado. Fuente: ATERSA.

temas de bombeo, abastecimiento y depuración de agua, alimentación de equipos de radio, televisión y transmisión, iluminación pública, equipamiento eléctrico para centros de salud, centros de convivencia, etc., en definitiva, prácticamente todas las aplicaciones donde se use electricidad como fuente de energía.

En lo que se refiere a electrificación rural, se pueden diferenciar las instalaciones descentralizadas y las centralizadas. La principal virtud de las descentralizadas radica en el hecho de que cada vivienda es gestora de su propia energía, cada grupo de individuos (familia, pequeña industria, etc.) se abastece de la energía de su instalación fotovoltaica y da prioridad a los usos más necesarios en cada momento, teniendo en consideración siempre la energía almacenada en los acumuladores se-

gún los recursos solares de cada época del año y la necesidad de consumos para los diferentes receptores. En definitiva, los usuarios son los que cuidan de su instalación permanentemente, ya que si rompen el equilibrio producción-consumo corren el riesgo de no poder disfrutar de las ventajas que les proporciona la energía eléctrica disponible para los usos que entienden prioritarios para el conjunto de usuarios. En otras palabras, son los únicos responsables de la disponibilidad energética de su instalación.

Las instalaciones centralizadas son aquellas en las que el conjunto generador, así como la batería, sistema de regulación y resto de equipos son comunes y donde los beneficiarios de la energía solo disponen de equipos consumidores (iluminación, receptores de TV, electrodo-

mésticos, etc.). Este tipo de instalaciones suele ser algo más económico que los sistemas descentralizados y puede diseñarse para abastecer otros usos de la comunidad, como alumbrado público, extracción y distribución de agua, etc. En la figura 4.6 se ilustra uno de estos sistemas.

¿Cuál de los dos sistemas sería mejor, por ejemplo, para la alimentación eléctrica de usos básicos en una aldea? La solución, aun siendo económica, pasa por un análisis de carácter social. Se puede constatar que la disposición de energía en una comunidad de usuarios, donde se comparte la energía finita de un sistema fotovoltaico, suele causar problemas de desabastecimiento por el hecho de que la energía es de todos y nadie concretamente se hace responsable. Además, alguna de las características del ser humano que hacen siempre difícil la convivencia, no ayudan precisamente al mantenimiento del equilibrio producción-consumo del que se hablaba antes.

Las experiencias que se han realizado en el ámbito de las instalaciones centralizadas y que han tenido éxito total incorporan sistemas de medida de energía individual, así como una limitación de uso para aquellos que rebasan la cantidad de energía para la cual el sistema fue calculado. En el esquema anterior, a estos dispositivos se les da el nombre de LCV, están instalados en las viviendas y pueden ser consultados por los usuarios sabiendo en cada momento cuanta energía llevan consumida y cuanta les queda por consumir, para que de esta forma regulen su consumo y eviten quedarse sin energía en un determinado momento.

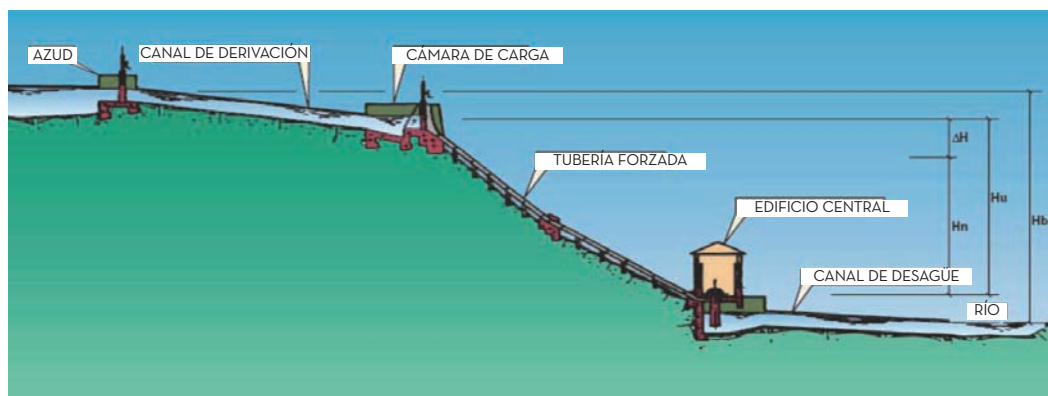
En general, los sistemas centralizados respecto a los descentralizados suelen tener un costo más barato.

Para una cantidad de energía disponible similar es posible ahorrar, entre otros elementos, en los sistemas de regulación y de almacenaje (baterías) puesto que en los sistemas distribuidos tendremos siempre repetido el mismo esquema. Pueden también ofrecer, como se comentaba anteriormente, servicios comunes a una determinada comunidad, y al ser más grandes en potencia, pueden proveer de sistemas electrónicos tecnológicamente más avanzados.

En definitiva, no es posible generalizar cuál sería el mejor sistema a aplicar, pues siempre debe ser aquel que sea capaz de dar el mejor servicio allá donde se necesite, tanto desde el punto de vista tecnológico, como de la realidad sociocultural y geográfica en el cual se desarrollará su trabajo. Las distancias de los puntos de consumo respecto a la central generadora, la posibilidad de mantenimiento y repuestos, así como el grado de implicación de los propios usuarios del sistema, entre otros factores, pueden hacer decidir por uno u otro modelo.

Los grandes “fracasos fotovoltaicos” en la mayoría de los casos no se han producido por la técnica de los componentes, ni por cálculos erróneos, ni siquiera por averías de los equipos; se han producido por haber diseñado sistemas para europeos, con destino a, por ejemplo, zonas rurales africanas. Ese suele ser el gran problema real, ya que se tiene que diseñar de acuerdo a las necesidades de los futuros usuarios, no a la propia concepción de la realidad; todo esto, junto con un programa de formación, concienciación y mantenimiento básico de la instalación, son los elementos necesarios para que las comunidades acepten el sistema como suyo, no como un regalo de los ricos a los pobres.

Figura 4.7. Central Microhidroeléctrica.
Fuente: IDAE



4.4.2. Centrales microhidroeléctricas (CMHE)

Las centrales microhidroeléctricas (CMHE en adelante) –aquellas cuya potencia no supera los 20kW– son una solución rentable a medio y largo plazo para el suministro de electricidad a las zonas aisladas en aquellos lugares donde hay ríos escarpados, corrientes, calas o manantiales que fluyen durante todo el año. Sin embargo, la central hidroeléctrica es la más difícil de diseñar por la cantidad de variables que intervienen en el proyecto.

En principio, se puede decir que, salvo la potencia, una CMHE es similar a cualquier otra central hidroeléctrica, aunque son muy escasas las CMHE construidas a pie de presa, casi todas ellas son centrales de agua fluyente o de canal de riego o distribución. Las centrales de agua fluyente son aquellas en las que el agua se toma de un punto de un curso de agua y se descarga en el mismo corriente abajo. Habitualmente, la captación se realiza por medio de un canal de derivación que conduce una parte de la corriente por medio de una tubería forzada a la turbina de generación y la devuelve seguidamente al

cauce principal del río. La energía que se aprovecha en las CMHE depende del caudal que se tome y de la diferencia de altura entre el punto de captura y el de devolución del agua. Esta configuración permite que la obra civil de una central de este tipo sea menor que la de una central a pie de presa. Las centrales de canal de riego o distribución son un caso particular de las de agua fluyente, en las que, en vez de devolver el agua a su curso, ésta se utiliza para regar o para abastecimiento humano. Por fin, en ausencia de desnivel suficiente, también se usan turbinas flotantes, ancladas directamente en el caudal principal del río, por lo que se evita cualquier obra civil salvo la necesaria para el anclaje de la turbina.

Además de la obra civil, los componentes esenciales de una CMHE son las turbinas, los accesorios para el control, y en algunos casos, transformadores eléctricos para facilitar el transporte de la electricidad producida hasta una distancia de la central. Las turbinas deben estar adaptadas a las características de la ubicación, siendo éste uno de los aspectos más importantes de los proyectos. Existen en el mercado una variedad de turbinas (Pelton, Francis y



Figura 4.8. Componentes de una central microhidroeléctrica. Fuente: Saltos del Pirineo.

Kaplan con las variantes de ambas) adaptadas a estas microcentrales.

Para analizar la viabilidad de los proyectos de CMHE es necesario disponer de alguna información básica imprescindible. En primer lugar, como en todos los proyectos de abastecimiento de energía eléctrica, es obligatorio estimar, con la mayor exactitud y precisión posible, las necesidades de electricidad en kWh, los usos de los consumos y la potencia eléctrica máxima necesaria en kW. Hay que estimar los consumos medios diarios para cada mes del año y la distribución diaria del consumo. Para evaluar

la coherencia del proyecto, es también conveniente conocer el uso que se le va a dar a la electricidad y el número de personas que se van a beneficiar de ella.

Evidentemente, se requiere información detallada de la geografía de la zona, con datos tales como: la longitud y latitud del núcleo urbano, una descripción geográfica del entorno, indicando la existencia de cursos de agua, la diferencia de cotas en un área próxima al núcleo urbano, la distancia mínima entre el curso de agua y el núcleo urbano, y las características geológicas del terreno. Es también necesaria información cartográfica del entorno y de

la región donde se ubica el área de actuación del proyecto, por ejemplo, mapas topográficos (con curvas de nivel), mapas geológicos y de suelos, mapas de pluviometría de la zona y limítrofes y mapas de escorrentía.

Los datos mínimos necesarios para seleccionar la maquinaria y analizar la viabilidad global del proyecto son: el caudal mínimo del río y el caudal disponible de diseño, el desnivel bruto (distancia vertical entre la parte superior de la tubería de presión de la instalación y la entrada a la turbina), la longitud y el diámetro de la tubería de presión necesaria, el voltaje requerido, la potencia máxima necesaria, el método de control deseado y la longitud de la línea de transporte. Asimismo, deberá conocerse el consumo (máximo, mínimo y medio) previsto de electricidad. Estos datos permiten valorar la dimensión económica del proyecto, para la que los elementos esenciales son, el coste de la obra civil, la maquinaria, la línea eléctrica, la operación y mantenimiento y los costes de formación del personal y de la propia comunidad.

Si se decide abordar el proyecto, los datos de algunos parámetros, en particular, el caudal disponible en todos los meses del año, el desnivel y la distancia hasta los puntos de uso, deben ser determinados con la adecuada exactitud y precisión, lo que conlleva la realización de determinados trabajos de medición que pueden prolongarse en el tiempo. Como mínimo, se tendrá que levantar un perfil topográfico del camino que va a recorrer el agua desde su curso inicial hasta la central.

4.4.3. Energía eólica en aplicaciones aisladas

El viento se ha utilizado desde hace siglos como fuente de energía. Desde los antiguos molinos persas (datados del

500 a.c.) utilizados para moler el grano, hasta los modernos aerogeneradores de más de 100m de diámetro, el abanico tecnológico es muy amplio. Esto significa que, existiendo un adecuado recurso eólico, siempre será posible encontrar una solución técnica apropiada al nivel de desarrollo donde se vaya a utilizar. A día de hoy, en lugares como Perú, Cabo Verde, Etiopía o Sri Lanka ya se han implementado sistemas eólicos para contribuir al desarrollo de comunidades rurales aisladas.

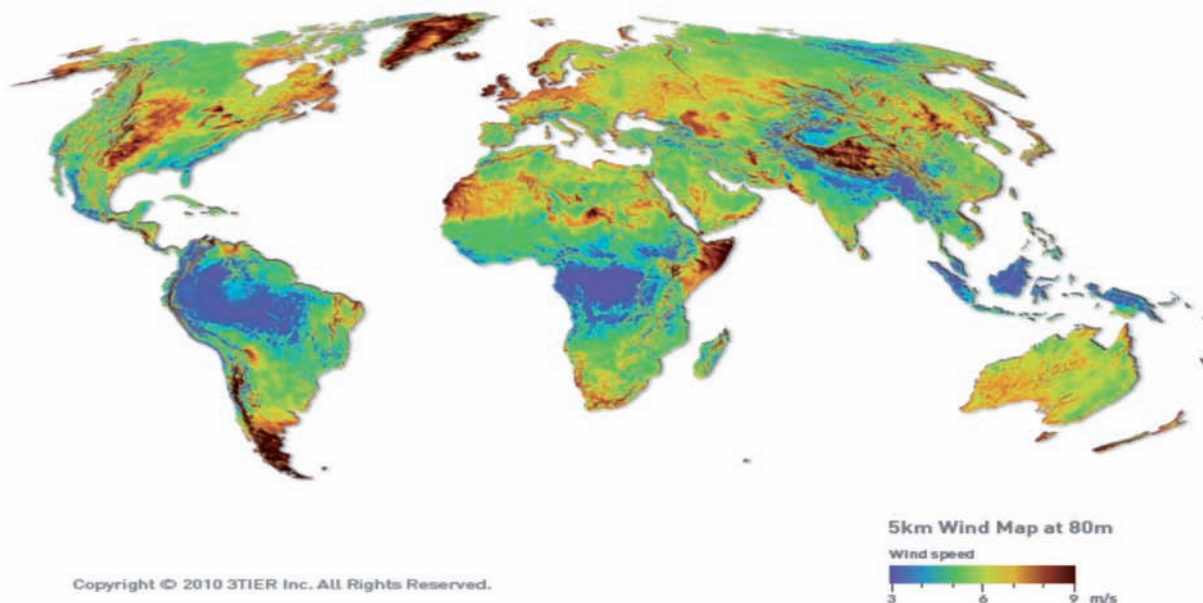
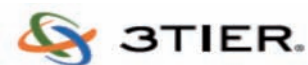
En cuanto al recurso energético, en todos los continentes existen amplias zonas con abundante recurso eólico (ver figura 4.9) pero en cada caso particular habrá que evaluar si la ubicación concreta es favorable o no para el aprovechamiento del mismo.

Por otro lado, las condiciones topográficas particulares puede dan lugar a efectos locales que incrementen el potencial eólico, como lo que ocurre con las brisas marinas cerca de la costa, en lo alto de colinas y montañas, en estrechos (ej. Estrecho de Gibraltar), o en cabos (ej. Cuerno de África). El efecto del viento en los árboles puede ser un indicador sencillo pero fiable del potencial eólico de un lugar

La energía eólica se puede utilizar como fuente de energía mecánica (para bombear agua o moler grano principalmente) o para producir electricidad a través de un generador acoplado al rotor eólico, denominándose *aerogenerador*. En el caso de aplicaciones aisladas (sin conexión a la red eléctrica), un aerogenerador puede funcionar de manera totalmente autónoma para, por ejemplo, carga de baterías; o puede formar parte de un sistema híbrido, operando en paralelo junto a un generador diesel o un sistema fotovoltaico.

Al igual que con cualquier otra tecnología, la utilización de la energía eólica para el desarrollo en comunidades rurales aisladas exige tener en cuenta que el acceso a ma-

5km Global Wind



Copyright © 2010 3TIER Inc. All Rights Reserved.

Figura 4.9. Mapa de velocidad de viento global. Fuente: 3TIER.

teriales de repuesto puede ser muy limitado, ya que dichos lugares suelen quedar fuera de la cobertura de los servicios técnicos oficiales y el nivel educativo de los usuarios será probablemente bajo. Esto obliga a utilizar sistemas de alta fiabilidad y robustez, de fácil operación y mantenimiento, y cuyas piezas de repuesto sean fácilmente accesibles. En el caso particular de los sistemas eólicos, la existencia de partes móviles y la utilización de componentes electrónicos o baterías pueden suponer una barrera tecnológica que ponga en peligro la sostenibilidad de la instalación; sin embargo, existen soluciones relativamente

sencillas que se pueden fabricar con materiales locales, como las máquinas eólicas tipo cretense, las bombas multipala tipo americano o los molinos de eje vertical tipo Savonius (Arrakis, 1997; FAO, 1986; WBTP, 1989).

La aplicación para producción de electricidad supone un paso más allá de sofisticación, con las ventajas e inconvenientes que eso supone. Para esta aplicación, además de existir numerosas opciones comerciales de aerogeneradores de pequeña potencia, también existen varios modelos diseñados específicamente en el marco de las *tecnologías apropiadas* (Arrakis, 1997; ITDG, 2008).



Molino tipo cretense



Molino tipo multipala

Figura 4.10. Tipos de molinos. Fuente: FAO, 1986.

4.4.4. Sistemas híbridos y microrredes

La fiabilidad en la cobertura eléctrica de los consumos se ve mejorada con el uso de los denominados sistemas híbridos, que hacen uso de diferentes fuentes de energía. El hecho de poder utilizar distintas fuentes energéticas de distintas características proporciona flexibilidad al sistema para gestionar la demanda a lo largo del día, así como para futuras ampliaciones. No obstante, si se combinan dos fuentes energéticas que dependen de las condiciones meteorológicas (como por ejemplo, energía solar y eólica), que podrían no estar disponibles en un momento dado, la cantidad de baterías necesarias puede ser considerable.

La mayoría de los sistemas híbridos hacen uso de un generador diesel junto con paneles fotovoltaicos y/o aerogeneradores, ya que el generador diesel proporciona una salida de potencia conocida que puede ser controlada. En algunos casos también se utilizan baterías junto con los generadores diesel. De este modo, las baterías pueden cubrir las fluctuaciones diarias y los generadores diesel se

encargan de asumir las fluctuaciones a largo plazo, como por ejemplo durante días o semanas en las que no existiese viento o los cielos estuviesen cubiertos. Con la implementación de un sistema híbrido se intenta reducir los costes del proyecto y facilitar la gestión del sistema a partir de la combinación de las fuentes energéticas disponibles. La figura 4.11 muestra una comparativa entre algunos métodos para acometer la electrificación rural, sistemas basados en diesel, sistemas autónomos fotovoltaicos y sistemas híbridos con fotovoltaico y diesel.

Microrredes en sistemas híbridos

El concepto de microrred eléctrica es una extensión del sistema híbrido. Además de contar con elementos de generación, almacenamiento energético y unidades de gestión necesarias, necesita de una infraestructura eléctrica de distribución en baja tensión (monofásicas o trifásicas) para alimentar las cargas de los diferentes lugares que se consideren. La implantación física de la microrred podrá abordarse de modos diversos. En los apartados siguientes vamos a mostrar los más comunes, indicando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos en la electrificación rural. En general, los sistemas son:

- **Sistemas centralizados:** Todos sus componentes son controlados por una unidad central a partir de la cual se inyecta la energía a la red. La comunicación entre los distintos componentes es mucho más fácil si estos están localizados en un mismo punto.
- **Sistemas descentralizados:** Los sistemas de generación no se encuentran todos conectados al mismo punto, sino que comparten una infraestructura eléctrica de distribución común, en donde se conectan el resto de ele-

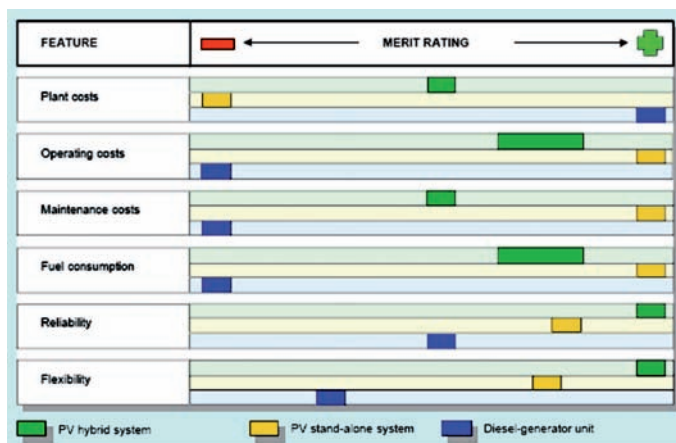


Figura 4.11. Comparativa métodos de electrificación rural.

Fuente: Kremer, Smith y Mainkka, 2000.

mentos de la microrred tales como el almacenamiento de energía y los consumos.

Sistema con bus de corriente continua

Se trata de un sistema centralizado en el que todos los componentes de generación están acoplados por medio de un bus de continua. Los sistemas de generación se acoplan a un regulador de carga cuya función será la misma que en el utilizado para las instalaciones fotovoltaicas autónomas. El generador grupo electrógeno se conecta directamente a un rectificador que cambia la salida de alterna a continua para poder cargar las baterías en caso de ser necesario o proporcionar más energía a la red.

Se puede clasificar este diseño como un sistema donde sus componentes están acoplados para interactuar con las baterías. La función de los grupos generadores (paneles, aerogeneradores, grupos diesel...) es cargar las

baterías y son éstas quienes inyectan la energía a la red a través de inversor. En caso de estar totalmente cargadas, el regulador se encarga de cortar el paso hacia los acumuladores e inyecta la electricidad a la red pasando previamente por el inversor.

Sistema con bus de corriente alterna

La principal característica de un sistema con bus de alterna es que los elementos de la microrred se conectan directamente a un bus de alterna, con lo que los generadores podrán alimentar directamente a las cargas sin necesidad de disponer de una etapa de continua previa. Los generadores renovables, como los fotovoltaicos, dispondrán de un inversor propio para conectarse a la microrred. Los elementos de almacenamiento, en este caso las baterías, se conectarán de igual manera a la microrred a través de un inversor bidireccional. Este inversor es una pieza clave del sistema, y se perfila como “maestro” del mismo. Este equipo permite el flujo de potencia en las dos direcciones, de continua a alterna y viceversa. Cuando exista un excedente energético en la microrred, el dispositivo funcionará como rectificador para así de este modo cargar el banco de baterías, mientras que si hay un déficit de generación, el modo de funcionamiento pasará a ser el de inversor para generar la energía necesaria.

Sistema mixto

Un sistema mixto de alterna y continua tiene los elementos integrados a través de diferentes buses de alterna y continua. Este sistema tiene muchos elementos en común con el sistema con bus de continua ya que las fuentes re-

novables se conectan al mismo bus de continua en donde se conecta el banco de baterías (algunas podrían conectarse en el bus de alterna con los controles adecuados). La diferencia radica en que el generador diesel, además de cargar a las baterías, puede conectarse al bus de alterna para así suministrar energía a los consumos sin necesidad de pasar por el rectificador. Este sistema se considera como centralizado ya que tanto las fuentes renovables como el banco de baterías se conectan mediante un bus de corta distancia.

Para establecer una comparativa entre cada una de las configuraciones, es necesario analizar los siguientes tres aspectos: Eficiencia en la conversión de energía, flexibilidad del sistema y localización de la generación y los consumos.

Requisitos para la sostenibilidad

El éxito de una microrred para electrificación rural depende en buena medida de la existencia de unos procedimientos de operación y mantenimiento adecuados. Es un aspecto que si no se tiene en cuenta de manera apropiada, puede amenazar la sostenibilidad de un proyecto de estas características. Además, constituye un campo de trabajo óptimo para involucrar a la comunidad a través de la formación de técnicos locales y de la gestión de las organizaciones locales. Para reducir costes, un solo técnico debería ser el responsable de la gestión de varias instalaciones. Por otro lado, como ya se ha dicho en apartados anteriores, es importante que la propia instalación genere por sus propios medios los recursos necesarios para su sostenibilidad económica, así como la participación de la comunidad en el desarrollo de los proyectos.

4.4.5. Cocinas y estufas mejoradas

En el apartado 4.3 se indica la situación actual de utilizar la biomasa a “fuego abierto” y sus implicaciones de todo tipo, así como las posibilidades que ofrecen las cocinas y estufas mejoradas para paliar esta situación. El rápido incremento en la construcción de estas cocinas se inició en los años 70, debido a la crisis del petróleo. Actualmente, hay infinidad de tipos y modelos distintos, ya instalados, o instalándose en zonas rurales de países del Sur. Son cocinas o estufas que han mejorado su eficiencia en el aprovechamiento de la leña y en la disminución de la contaminación, por eso se las llama también “cocinas eficientes”, que normalmente son de leña (*Improved Biomass Cooking Stoves*) pero que también pueden ser de carbón vegetal o mineral. Se pueden definir como: “*Aquellas cocinas que ofrecen mejores condiciones que las cocinas tradicionales de fuego abierto: menor emisión de humo al interior de la vivienda y menor consumo de combustible, lo que repercute en menor emisión de gases de efecto invernadero y mejores condiciones de seguridad*” (Perú, 2009).

Conceptualmente, estas cocinas están relacionadas con las denominadas comúnmente en España “cocinas económicas”, construidas en hierro fundido y alimentadas por leña o carbón, pero las cocinas que se instalan actualmente en los países del Sur son muy distintas, no suelen ser de hierro fundido, ni disponer de calentador de agua y horno incorporado; y se construyen de acuerdo con la disponibilidad de materiales y las características de la región concreta donde se instalan. Debido a ello, resulta difícil hacer una clasificación sencilla de los numerosos tipos y modelos que existen. La característica común es un mejor aprovechamiento energético de la leña, que pasa de un 10 ó 15% en el

fuego de tres piedras, a más del 25% en las cocinas mejoradas. La lista de BioEnergy (2007) sobre cocinas y estufas mejoradas recoge entre tipos, modelos y versiones de modelos, un total de 126, pero no ofrece una clasificación de los mismos, ni esto se encuentra en la bibliografía consultada. En la actualidad, no existe una caracterización completa de los modelos instalados en el mundo, lo que sería, probablemente, de gran utilidad. De forma resumida:

- En relación a los *materiales* de los que está hecha la cámara de combustión, ésta puede ser de cerámica, de hierro, de hormigón, de ladrillos refractarios, de arcilla o barro especial, etc. Depende mucho de la facilidad de obtener tales materiales en la zona.
- En cuanto al *combustible*, puede variar si es solamente de leña, como suele ocurrir en las poblaciones aisladas, o debe quemar carbón vegetal, briquetas de cáscaras o de serrín, etc., como ocurre en zonas urbanas o periurbanas. Incluso, en las comunidades rurales aisladas, el tipo de leña de la zona puede influir en el diseño de la cocina.
- Si se considera la *movilidad*, la cocina puede ser fija o portátil. Estas suelen ser más pequeñas, generalmente metálicas y sin chimenea.
- El *diseño* termodinámico puede variar notablemente. Mientras unas cocinas son del tipo cohete (*Rocket*), que da bastante altura al hogar, las cacerolas se introducen en el mismo y permiten aprovechar más el calor, otras tienen un hogar de poca altura y las cacerolas se colocan encima de las troneras como en el caso de la figura 4.12. Hay cocinas que incorporan rejillas para entrada adicional de aire y facilitar la extracción de cenizas, mientras que en otras el aire sólo entra por la boca de entrada para la leña. Existen unos principios generales de diseño

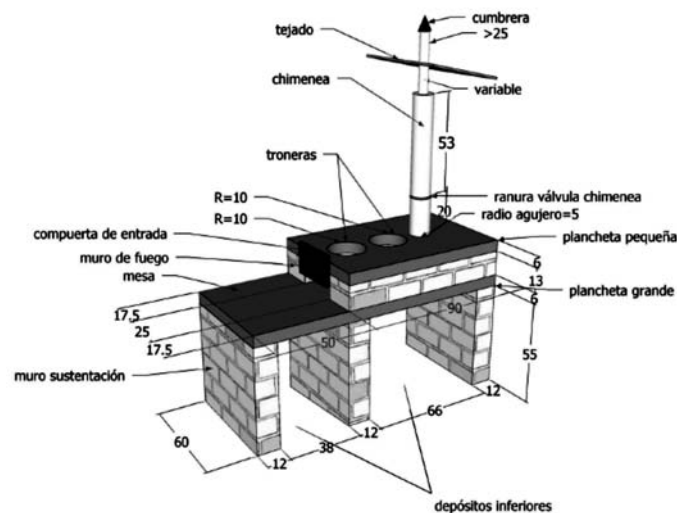


Figura 4.12. Cocina Ceta-Híbrida. Fuente: Programa Terrena Nicaragua.

que se aplican, sin embargo, de forma muy distinta según las características y limitaciones de cada lugar.

A modo de ejemplo, se describe el proceso de selección y el tipo de cocina que se está instalando en diferentes municipalidades de Nicaragua en el marco de un programa de desarrollo en Centroamérica llamado Terrena. Se trata del tipo Ceta modelo Híbrida. El nombre Ceta proviene de las siglas de su promotor, el Centro de Experimentación en Tecnología Avanzada (CETA) de Guatemala, e Híbrida porque es una mezcla de varios modelos mejorados de cocinas Ceta. Este tipo de cocina fue seleccionado, tras una evaluación técnica y económica entre cuatro diferentes tipos de cocina que se habían instalado anteriormente en varios países de Centroamérica: Ceta, Lorena, Ecofogón y Mejorada (NIC, 2005). Posteriormente, se optó por el modelo Híbrido, dentro del tipo

Ceta, como resultado de la evaluación comparativa (NIC, 2008) entre tres modelos distintos instalados en municipalidades de la cuenca del Río Viejo que acumulaban ya varios años de experiencia en su uso: fogón mejorado de hormigón, fogón mejorado de lámina y fogón mejorado de adobe. Las propias familias beneficiarias definieron un modelo híbrido de estos tres.

La cocina Ceta está construida a base de ladrillos cuarterones, una mezcla de arcilla y cemento. Dispone de una chimenea para la salida de humos coronada por una cumbre que evita la entrada de agua, de una válvula tajadera de forma redondeada para regular el tiro, y de una compuerta o tapa de la boca de entrada de aire a la cocina. Normalmente, está acondicionada, también, con dos troneras u hornillos, aparte del orificio para la salida de humos por la chimenea.

La cocina se asienta sobre tres pilares de ladrillo cuarterón unido por hormigón, que dejan entremedias dos espacios amplios, que pueden utilizarse para diferentes usos, como guardar leña o guardar cacerolas y demás utensilios de cocina. Las paredes laterales de la cámara (muros de fuego) son también de ladrillo, pero en vez de usar el hormigón normal como mortero de unión, se usa un hormigón especial que resiste mejor al calor y evita la aparición de grietas. Las planchas superior e inferior de la cámara de combustión son del hormigón especial al que se le ha añadido sal para, según la experiencia, combatir la aparición de grietas o reducir su tamaño. El hormigón está armado por varillas de hierro.

El coste por cocina, sin descontar las subvenciones, ronda los 100 euros; ello incluye los materiales, transporte y apoyo a la construcción, pues la mayor parte de la mano de obra corre a cargo de los beneficiarios. En algunas co-

cinas se hicieron modificaciones para adaptarse a los deseos de los usuarios; las que afectan a dimensiones de la cámara de combustión y a la separación entre troneras han redundado en funcionamiento distinto a lo esperado y, en algunos casos, a pérdida de eficiencia.

En el estudio del Banco Mundial "*What Makes People Cook with Improved Biomass Stoves*" (A Comparative International Review of Stove Programs 1994) se destacan las razones para promover un programa de instalación de cocinas mejoradas, proponiendo dos estrategias que siguen siendo actuales:

- La primera es que deben tomarse medidas para acelerar la tendencia natural de los hogares hacia los combustibles modernos, como el queroseno o el gas licuado (LPG). También se podría citar aquí la energía eléctrica aunque no lo mencione explícitamente el estudio.
- La segunda es que deben introducirse tecnologías mejoradas para las cocinas como un escalón intermedio entre el uso tradicional de la biomasa y los combustibles modernos.

Estos mensajes han dado su fruto pues la implantación de programas de construcción de cocinas mejoradas ha experimentado un gran crecimiento en los países del Sur. Los ejemplos de China e India son esclarecedores. En China se han instalado más de 120 millones de cocinas mejoradas en zonas rurales entre los años 1982 y 1990, a pesar de que la subvención del estado era de solamente el 10%. En la India se inició en 1983 un programa nacional de instalación, subsidiado al 50% por el estado, con la meta de instalar 1,8 millones de cocinas al año. Aunque se consiguió una gran diseminación de las mismas, en partes del territorio no se cumplieron las expectativas de eficien-

cia y muchas de ellas dejaron de usarse. El éxito diferente entre China e India ha sido analizado en profundidad y se han extraído las lecciones oportunas. Un tema actual de discusión radica en la tendencia a fabricar de forma centralizada los elementos clave de las cocinas. Recientemente el Ministerio indio de Energía Nueva y Renovables ha lanzado una nueva iniciativa para la construcción de cocinas mejoradas. Se empezará con proyectos piloto para probar las distintas tecnologías y, paralelamente, se diseñará una estrategia global para el desarrollo del programa. Esta estrategia incluirá, entre otras, actividades de I+D, de supervisión, de evaluación y certificación de las cocinas.

También en América Latina hay numerosos programas: en Perú, Bolivia, etc., además del mencionado de Nicaragua. En África merece citarse, por el éxito alcanzado, el programa de instalación de las cocinas “Upesi” en Kenia. En 1986 se realizó un estudio enfocado a las necesidades de cocinas domésticas en áreas rurales. Como resultado, se decidió lanzar este tipo de cocina diseñado por ITDG (*Intermediate Technology Development Group*). Se formó en alfarería a grupos de mujeres para producir las cámaras de combustión (cuerpos cerámicos), que consiguieron unas ventas anuales de 25.000 cocinas a precios entre 3 y 6 euros por cocina. Merece subrayarse que el PMA (Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas) apoya decididamente la *Alianza Mundial para las Cocinas Eficientes*, la cual tiene por objetivo proporcionar equipos seguros y eficientes para cocinar en 100 millones de hogares para 2020.

4.4.6. El biogás

Una de las posibles formas de aprovechamiento de la biomasa para fines energéticos es la obtención de biogás a

partir de desechos orgánicos. Esta tecnología permite la digestión anaerobia de un sustrato con alto contenido en materia orgánica y alta humedad (residuos animales, vegetales o industriales) obteniendo una mezcla de gases, compuesta principalmente por metano, que puede utilizarse para diferentes fines como el cocinado de alimentos, la iluminación de diferentes estancias, la alimentación de motores de combustión interna y, finalmente, la producción de electricidad.

El proceso para la obtención de biogás comienza con la construcción del biodigestor, estructura que albergará las reacciones químicas necesarias para su obtención. Los residuos, una vez introducidos en esta estructura, permanecen de 60 a 80 días sometidos a condiciones constantes, obteniendo así el biogás listo para su aprovechamiento energético; las partes sólida y líquida podrán aprovecharse para usos agronómicos. Para su uso en motores de combustión interna, será necesario eliminar las impurezas que el biogás suele llevar especialmente el H₂S (ácido sulfhídrico), pues puede ocasionar daños a los motores. Una planta de biogás suministra energía y abono, mejorando las condiciones higiénicas tanto de personas como del medio ambiente al eliminar residuos. Se trata de una fuente de energía moderna fácilmente modulable que, en el caso del medio rural, puede ser montada en el lugar donde se consumirá la energía. Este tipo de plantas es de fácil construcción y presenta una operación y mantenimiento sencillos, por lo que puede tratarse de una tecnología apropiada desde el punto de vista económico y social. Además, la capacitación que deben recibir los operarios para su manejo es fácil. Los costes de inversión de este tipo de plantas pueden ser relativamente bajos y sus costes de mantenimiento son reducidos, alcanzando una vida útil de hasta 20 años.

Esta tecnología se ha desarrollado ampliamente en diferentes países asiáticos con el fin, entre otros, de satisfacer las necesidades energéticas de los habitantes del medio rural. También se han realizado diferentes esfuerzos en países latinoamericanos para la introducción de esta tecnología, aunque todavía no ha alcanzado un alto impacto.

4.4.7. Biocombustibles y desarrollo humano

La mayor parte de las fuentes energéticas utilizadas hasta el momento (petróleo, carbón y gas natural, fundamentalmente), provienen de elementos que existen en una cantidad limitada en el planeta y no siempre son accesibles a las poblaciones más desfavorecidas. En los últimos años ha habido una promoción de las fuentes de energía renovables, esto es, fuentes que explotadas racionalmente, podrían suministrar energía durante un tiempo ilimitado y que, pueden ser desarrolladas en cualquier país con una tecnología adecuada. Éste es el caso de los biocombustibles (BC) y su directa aplicación en el sector energético y del transporte cuando se producen y comercializan bajo determinadas condiciones.

Existen varias razones para estimular la promoción de BC a nivel mundial:

- Disminución de las emisiones de gases contaminantes en países del norte.
- Fomento de la agricultura, reemplazando cultivos no rentables en países del norte.
- Aumento de las alternativas energéticas en países del norte y del sur.

Casi todas estas razones responden a razones macro económico-ambientales, pero su desarrollo, si es

aprovechado inteligentemente, puede beneficiar directa e indirectamente a las comunidades rurales. Sin embargo, el que las fuentes de producción sean renovables, no quiere decir que no tengan un impacto mayor o menor sobre las personas y ecosistemas presentes en los lugares en que se obtienen, dado que la producción de BC necesita de grandes superficies de terreno y, en general, de monocultivos que tienen un gran impacto en la agricultura tradicional. El impacto de los BC depende fuertemente de que en su desarrollo se apliquen criterios de sostenibilidad. Un análisis de este impacto se puede encontrar en el informe de ISF-ApD “Incidencia de los BC sobre el desarrollo humano”, publicado en Octubre de 2009.

Los BC del futuro se producirán, principalmente, a partir de la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y urbanos. La fuente más importante de producción de los BC líquidos que se producen en la actualidad (denominados combustibles de primera generación) son las materias primas alimentarias (cereales y caña de azúcar en el bioetanol y aceites vegetales en el biodiesel). La peculiaridad de los BC líquidos actuales es que se necesita tierra para producirlos, de la que dependen no sólo las personas que habitan en ella y su entorno, sino también todo el ecosistema que en ella se asienta y que produce, y ha de producir, los alimentos necesarios para la población rural.

Amenazas y oportunidades sobre el desarrollo de BCs

Desde un enfoque basado en el respeto a los derechos humanos y el desarrollo de los colectivos vulnerables, existe un gran número de amenazas y oportunidades que dependen de diversos factores, entre otros, las condiciones en las que se realiza la producción de materias primas: tipos de cultivos, técnicas agrícolas, condiciones laborales y su marco institucional y normativo. Algunas de ellas se exponen en el cuadro 4.4.

Resultados de los estudios de casos

Con motivo de validar el documento de ISF ApD anteriormente citado y conocer de primera mano el desarrollo de los BC en los países del Sur, se procedió a realizar unos estudios de casos representativos en Nicaragua, Perú y Tanzania, países en desarrollo en los cuales ISF-ApD tiene presencia. Los principales hallazgos se exponen a continuación.

Derechos Humanos, laborales y sobre la tierra. Aunque existe, en general, alguna normativa al respecto, ésta no es comunicada adecuadamente a la población o no es regularmente aplicada. Existe una falta de actualización de catastros y censos agrícolas.

Seguridad alimentaria. Algunos de los problemas asociados a este tema son crónicos en estos países. Gran parte de la población se lamenta de la escasez de alimentos y de materias primas y del encarecimiento de los mismos. Se detectan cuatro causas fundamentales que afectan la seguridad alimentaria: la reducción de tierras cultivables

Cuadro 4.4. Oportunidades y amenazas de los biocombustibles sobre el desarrollo humano

Oportunidades	Amenazas
Posibilidad de mejora del rendimiento de tierras ya en explotación y utilización de tierras degradadas o marginales para la producción de BCs.	Disminución de la seguridad alimentaria ante el cambio de usos de la tierra.
Empoderamiento de las sociedades rurales a través de su capacitación, aprendizaje en gestión de recursos propios y creación de redes de trabajo local.	Vulneración de derechos humanos, sociales, ambientales, laborales y culturales: salarios escasos, explotación laboral, desigualdades entre trabajadores, condiciones de seguridad y salud deficientes, derecho de uso y tenencia del suelo.
Oportunidad de aumento de la seguridad energética en países y comunidades pobres.	Desestructuración de la sociedad civil y destrucción de modos de producción y vida tradicionales.
Potencial de reducción de gases de efecto invernadero.	Afección a la biodiversidad y usos del suelo: competencia por agua y suelo, pérdida de la biodiversidad debido a la deforestación, utilización de especies ajenas al agrosistema local, monocultivos, contaminación ambiental....

Fuente: Elaboración propia.

disponibles y de su calidad, la degradación de la calidad y variedad de los cultivos, el cambio de estrategias agrícolas y métodos y cultivos tradicionales y la disponibilidad de recursos hídricos.

Técnicas y Tecnologías adecuadas. Los BCs han traído a las comunidades nuevas tecnologías y cultivos y métodos más eficientes, aunque todo esto no llega o no puede ser empleado por las comunidades rurales no involucradas en los monocultivos.

Economía local. La implantación de BCs en las comunidades locales genera mayores oportunidades de empleo, mejora los servicios sociales (escuelas, carreteras...) y mejora la renta de aquellos que se benefician de ellos. Pero, por otro lado, aumentan los desequilibrios en la sociedad y aumenta, en casos, la pobreza y dificultades de supervivencia, especialmente para algunos grupos no vinculados a su producción. La incipiente producción, en muchos casos no está destinada a uso local.

Seguridad Energética local o nacional. La experiencia indica que los BCs generados están más orientados a la exportación, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en países desarrollados, que para el consumo interno ya sea estatal o local. En otros, a nivel nacional, los BCs se mezclan por ley con el diesel y gasolina, en este caso, se observa que los precios aumentan y el rendimiento disminuye al tener el nuevo combustible menor poder calorífico. En algunos casos, los productos residuales de los cultivos como, por ejemplo, el bagazo de caña, es utilizado para producir electricidad, que es consumida en la planta o vendida, pero no puesta a disposición de la población rural.

Sostenibilidad en el uso de recursos y generación de residuos. Excepto en uno de los casos, la legislación de los países considerados no contempla el desarrollo de estudios de Evaluación del Impacto Ambiental y Socioeconómico (EIAS) previos. En general, los actores institucionales en todos los países considerados conocen los efectos positivos y negativos de la implantación de los BCs.

En los informes se observa que:

- La implantación de BCs no se hace de una manera sostenible.
- Existen graves ataques a los ecosistemas y a la biodiversidad, como: contaminación de las aguas freáticas por pesticidas y fertilizantes (agro tóxicos), contaminación del aire por pesticidas, uso inadecuado del agua etc.
- Solamente cuando los efectos colaterales de los cultivos y el procesamiento para conseguir los BCs se hacen notar, se aplican medidas correctivas.
- Muchas veces, los daños son irreversibles, y en muchos casos, solamente se aplican medidas o se realizan estudios por la presión internacional.

Proceso en la implantación de BCs, experiencia extraída de los informes. Inicialmente, la población rural ve la implantación de BCs como una oportunidad de desarrollo. Estas expectativas se ven materializadas durante el proceso generando empleo y mejora del nivel de vida. Sin embargo, la población, paso a paso, percibe problemas asociados en términos económicos, de desequilibrios sociales y medioambientales, que producen desmotivación entre la población rural, que advierte que los beneficios no se quedan en la comunidad.

Principales causas de los problemas encontrados

Entre las principales causas de los problemas encontrados destacan las siguientes:

- Falta de legislación apropiada y no adaptada a la realidad local, o una aplicación de ésta inadecuada e insuficiente.
- Carencia total de información o información sesgada o insuficiente.
- Falta de estudios ambientales y socioeconómicos que, o no son realizados, o son realizados sin el rigor necesario o tendenciosamente.
- Preponderancia de los macro-objetivos gubernamentales sobre las garantías sociales y ambientales de las comunidades locales.

Propuestas de actuación

Las conclusiones del estudio de ISF ApD proponen avanzar en los siguientes aspectos:

- Desarrollar normas de obligado cumplimiento e instrumentos voluntarios adicionales, que incluyan criterios de sostenibilidad sociales, ambientales y económicos que tengan en cuenta a la población de las comunidades rurales.
- Revisar los objetivos, planes y plazos existentes de promoción de BCs para asegurar la incorporación de medidas, criterios e instrumentos que favorezcan su sostenibilidad e impidan su afección a la población vulnerable.
- Emplear materias primas que no generen una presión adicional sobre las tierras agrícolas actuales y la seguridad alimentaria en general, y la de las poblaciones rurales en las que se producen, en particular. Se ha de ase-

gurar que los BCs no interfieran en el suministro suficiente y variado de alimentos a la población rural más desfavorecida.

- Emplear tierras improductivas y marginales, aunque asegurando que no sean susceptibles de ser utilizadas como terreno agrícola productivo para asegurar la alimentación de la población, y mejorar los rendimientos productivos en las zonas actuales.
- Evitar el empleo de tierras que por su alto valor ecológico han de permanecer protegidas.
- Fomentar la asociación de campesinos-productores locales y su integración en organizaciones empresariales propias.
- Implementar cursos de capacitación agrícola para los productores, mejorando así el proceso productivo en conjunto.
- Fomentar la utilización en países del Sur de la energía producida a través de BCs, siempre que sea de forma sostenible, facilitando el acceso a la misma de los colectivos más vulnerables.

Actualmente, existen varias iniciativas a nivel internacional para el uso exclusivo de biocombustibles que cumplan criterios de sostenibilidad, por ejemplo el sistema de sostenibilidad de biocarburantes de la Unión Europea, incorporado en la Directiva 2009/28/CE de promoción de las Energías Renovables, pero son todavía incipientes y de difícil implementación. La investigación para incorporar los biocombustibles de segunda generación, que no utilicen materias primas alimentarias, está en marcha, pero no se espera que estos biocombustibles estén incorporados masivamente al mercado en algunas décadas. Sería necesario hacer un esfuerzo adicional para la promoción de los proyec-

tos de biocombustibles a pequeña y media escala, cuyo objetivo sea su utilización en aplicaciones locales o regionales.

4.5. LA REGULACIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS AISLADOS DE LA RED

Dada la demostrada capacidad de la electricidad para promover el bienestar y el desarrollo de los pueblos, se considera un derecho de todos el poder acceder a este servicio.

En los países desarrollados, el concepto de servicio eléctrico universal está bien asumido como objetivo por la mayoría de los gobiernos; normalmente se realiza a través de redes de suministro, y está usualmente regulado en un contexto en que obligaciones y derechos están sujetos a “reglas de juego” establecidas, que garantizan y facilitan el suministro. El problema se presenta en aquellos países, y especialmente en aquellas zonas, en las que la electricidad no puede llegar a través de redes eléctricas, creando en ellas una importante asimetría en este servicio. La especial situación de estas zonas –poco favorecidas económicamente, alejadas, con alta dispersión geográfica, poco desarrollo administrativo y con dificultades de acceso a la financiación– obliga a que el abastecimiento deba ser atendido en condiciones técnica y económicamente diferentes, y por lo tanto, deba estar sujeto a un ordenamiento legal adecuado, que atienda en igualdad los intereses de consumidores y suministradores del bien.

El tema fundamental a resolver es garantizar el acceso a la electricidad a estos colectivos menos favorecidos, para los que, en muchos casos, el reconocimiento del suministro como servicio universal no existe. La condición necesaria es el desarrollo de una justa legalidad que ga-

rantice a estas comunidades el acceso eléctrico mediante sistemas aislados de la red, en condiciones de equidad con aquellas que están suministradas por las redes.

A pesar de que la mayoría de los países tienen desarrollados, en mayor o menor grado, marcos regulatorios para la gestión ordenada del servicio eléctrico suministrado a través de redes de transporte y distribución, la reciente incorporación de las energías renovables a la distribución de electricidad y la todavía baja utilización de los sistemas de generación distribuida, llevan, lógicamente, a una escasa consideración de las especificidades de estos sistemas en las regulaciones nacionales. Esta circunstancia supondrá para el desarrollo del servicio eléctrico en las comunidades rurales aisladas una importante barrera, que deberá ser tenida en cuenta a la hora de establecer las normas que proporcionen legalmente calidad y continuidad en el suministro a los usuarios.

Con carácter general, existen una serie de principios que deben ser considerados en el contexto de un sistema dirigido a proteger los derechos y deberes de los consumidores, dar garantías a inversores y gestores del servicio y estabilidad temporal a los programas de electrificación a desarrollar en las comunidades rurales aisladas (CRA). Para ello, es imprescindible la seguridad jurídica que articule debidamente las relaciones entre todas las partes implicadas. El desarrollo del marco regulatorio responderá a los principios sociales de justicia y equidad, dará respuesta a los principales problemas y lagunas detectados en los esquemas de electrificación rural y facilitará el acceso al capital financiero y el mantenimiento temporal de los proyectos.

Los principios a partir de los cuales se deberá articular la necesaria regulación “ad hoc” para las CRA son básicamente los siguientes:

Electricidad para todos

Este principio está dirigido al desarrollo sostenible de las comunidades rurales aisladas, mejorando la calidad de vida, combatiendo la pobreza y desincentivando las migraciones no deseadas del campo a la ciudad. El desarrollo legislativo a establecer por los estados recogerá:

- La declaración de necesidad nacional y utilidad pública de la electrificación de las CRA.
- La incentivación del acceso a la energía a estas comunidades mediante el desarrollo de una regulación específica coordinada con la reglamentación de la electrificación rural.
- La coordinación de las intervenciones de todos los agentes de acuerdo a sus prioridades y de forma que las acciones resulten de la máxima eficacia.

Precios equitativos y calidad razonable

El suministro deberá ser realizado en condiciones, económicas y de calidad, similares a las que se aplican a las personas que, habitando en zonas rurales, tienen acceso a las redes de distribución. Habida cuenta de las particulares condiciones económicas de las CRA, el coste del suministro lógicamente estará situado por encima de las posibilidades de pago de los ciudadanos, por lo que se hace necesario el subsidio como elemento de apoyo a los proyectos de electrificación de CRA. El diseño de los subsidios responderá a criterios de neutralidad que eviten riesgos no deseados de distorsión económica con pérdida de los fines sociales para los que estos recursos están destinados.

Conforme a estas consideraciones, será necesario ordenar legalmente los siguientes aspectos:

- Los modelos de subsidios destinados a facilitar la inversión inicial y apoyo a los gastos de operación y mantenimiento.
- Las tarifas de explotación, que deberán ser equivalentes a las establecidas para las zonas rurales a las que llegan las redes y acordes con la capacidad de pago de las comunidades.
- Las normas técnicas de calidad de servicio para estos sistemas y zonas.

Control del gobierno: Descentralización y coordinación de actuaciones

La Declaración sobre el Derecho al Desarrollo (1986) establece que los Estados son los principales responsables del mismo, y quienes deben crear las condiciones favorables al desarrollo de los pueblos y los individuos.

Los gobiernos de los Estados deberán:

- Regular el desarrollo de proyectos de electrificación de las CRA, dado su preferente interés social, mediante una acción coordinada con los otros sectores del Gobierno Nacional que busquen el desarrollo socio económico de estas zonas.
- Definir las responsabilidades de los órganos reguladores en esta materia que, entre otras funciones, tendrán las de supervisión de los planes de electrificación de las CRA y de la intervención privada en el abastecimiento.
- Disponer que los órganos reguladores puedan delegar funciones en organismos públicos descentralizados.
- Facilitar la participación de las comunidades afectadas, necesaria para el buen desarrollo de los proyectos, para lo que deberá darse un adecuado nivel de descentralización técnica y gerencial.

- Disponer que las Administraciones Central y Local serán subsidiarias en aquellas zonas en donde, por ausencia de la iniciativa privada, el suministro de electricidad no se lleve a cabo.

Voluntad y participación de las comunidades

La participación activa de la sociedad civil en el análisis, diagnóstico, evaluación de soluciones, toma de decisiones, seguimiento, exigencia de compromisos, valoración de resultados y de problemas relevantes, es un derecho irrenunciable de cualquier sociedad. En la electrificación de las CRA, esta participación es crítica en todas las fases del proyecto, especialmente en la gestión del mantenimiento, que garantiza la sostenibilidad del abastecimiento. Esta participación activa de las comunidades afectadas debe quedar reflejada de forma explícita en la normativa legal en los siguientes términos:

- Una parte de los recursos destinados a la electrificación de las CRA, será dedicado a la educación y capacitación de los consumidores, que incluirá programas de formación sobre los usos productivos de la electricidad.
- Los fondos para capacitación y educación elemental energética serán presupuestados por la Administración Central y/o Regional y/o Local.
- Deberá cuidarse la incorporación de un enfoque de género en el diseño e implementación de los proyectos.
- Las comunidades serán el centro de la planificación, de la implementación y de la integración con otros aspectos del desarrollo.
- Las comunidades participaran en el análisis, evaluación de soluciones, seguimiento de los proyectos y cumplimiento de los compromisos adquiridos.

- El Estado debería considerar el “cooperativismo social” como forma organizativa adecuada para el desarrollo eléctrico de las CRA.

Promoción de la iniciativa privada

Dada la finalidad principal que tiene la electricidad como contribución a la erradicación de la pobreza en las CRA, normalmente deprimidas a nivel económico, y dada la magnitud del problema, se considera necesaria la participación de la iniciativa privada. El carácter esencial del suministro exige que el marco reglamentario garantice rentabilidad y continuidad a las inversiones privadas eficientemente realizadas. Al objeto de facilitar la implantación de sistemas de abastecimiento a las CRA por parte de la iniciativa privada, deberán establecerse legislativa y reglamentariamente los siguientes aspectos:

- Fijar por parte del gobierno las condiciones adecuadas que incentiven la inversión privada.
- Estimar que serán objeto de promoción de la inversión privada, los estudios, la implantación, la operación y el mantenimiento de los proyectos de electrificación desarrollados en el marco de la regulación.
- Asegurar que el régimen de suministro a las CRA, se realizará a través de procedimientos administrativos simples, eficaces y rápidos.
- Fijar los titulares de las inversiones y del suministro que serán beneficiarios de los incentivos económicos, fiscales, tarifarios y subsidios que se establezcan.
- Asegurar incentivos adecuados para mantener la calidad y continuidad del servicio, además de las correspondientes condiciones económicas razonables para los clientes.

Mecanismos de financiación adecuados

La financiación constituye seguramente el principal problema a resolver para conseguir un adecuado y eficaz desarrollo de la electrificación de las CRA. Facilitar la inversión inicial y adecuar la capacidad de pago de las comunidades al coste del suministro, serán los problemas fundamentales a resolver; ambos suelen estar fuertemente condicionados por la escasez de recursos iniciales y por la cuantía y temporalidad de los ingresos en estas comunidades. Tarea prioritaria será la implementación de modelos imaginativos de financiación, que incluyan a los organismos multilaterales, las agencias de cooperación, la financiación privada convencional, los microcréditos, los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y cualquier sistema que permita el apoyo financiero a las diferentes iniciativas, y la correcta periodificación de los costes.

Para facilitar la financiación de los proyectos, en la correspondiente regulación se recogerán los siguientes aspectos:

- Los presupuestos generales del Estado establecerán condiciones de financiamiento especiales dedicadas al fomento de inversiones en instalaciones eléctricas en CRA.
- Se considerarán como posibles fuentes de financiación las procedentes de Organismos Multilaterales, Instituciones Financieras, Agencias de Cooperación Internacional, y ONG, favoreciendo y facilitando al máximo las condiciones contables y fiscales.
- Se promoverán los Convenios de financiación con administraciones regionales y locales.
- Los subsidios podrán tener origen en aspectos fiscales, tarifarios o en el propio régimen concesional.

- Los materiales y equipos podrán ser objeto de donación, y por lo tanto, de exención de cualquier tipo de aranceles e impuestos.
- La reglamentación específica establecerá las normas de operación comercial y contabilización.

Cooperación internacional

Teniendo en cuenta el volumen de financiación requerido para realizar las inversiones necesarias en el proceso de electrificación de las CRA, será necesario acudir a los fondos de cooperación internacional al desarrollo para poder afrontar con éxito este proceso. Por esta razón, es conveniente que la regulación del suministro de electricidad a las CRA contemple el tratamiento adecuado del procedimiento de utilización de los fondos procedentes del mundo de la cooperación internacional. Serán aspectos básicos a regular:

- La necesaria coordinación de la administración del Estado en las intervenciones de cooperación, de acuerdo a sus prioridades y de forma que las acciones resulten de máxima eficacia.
- El establecimiento de un marco de reglamentación del uso de los fondos de la cooperación internacional que fije las condiciones, prioridades y el régimen económico correspondiente.

Participación de las universidades y los centros de I+D+i

En la actualidad, está teniendo lugar un importante proceso de innovación en los temas de carácter técnico, social, económico y medioambiental relativos al desarrollo de las comunidades rurales aisladas. Las Universidades y

los Centros de Investigación tienen un papel fundamental en el encuentro de soluciones de carácter técnico, social y económico, en la propuesta de proyectos piloto, en la creación de bases de conocimiento y en la construcción de redes y convenios con otros agentes sociales.

La regulación establecerá los procedimientos que se consideren adecuados para promover:

- La I+D+i en los aspectos técnicos, sociales y económicos relacionados con la electrificación de las CRA.
- La participación activa del mundo universitario, de forma que el caudal de conocimientos técnicos, jurídicos y sociales sea tomado en consideración en el desarrollo de la actividad de suministro de energía a las CRA.

4.6. ANÁLISIS DE CASOS

4.6.1. Perú Microenergía: Un modelo sostenible de electrificación rural con energías renovables

La electrificación de comunidades rurales aisladas con energía fotovoltaica es la opción escogida por la Fundación Acciona Microenergía (FUNDAME) para facilitar el acceso a los servicios eléctricos básicos a las comunidades rurales sin previsión de que lleguen las redes eléctricas. El principal problema de esta forma de electrificar es conseguir que los Sistemas Fotovoltaicos (SFD) estén operativos al menos durante la vida útil de los paneles, 20 años, sin que las averías, o la reposición de la batería (hasta el 60% de la inversión material), o de cualquier otro componente del sistema, representen un escollo insuperable para la supervivencia operativa de los SFD, o lo que es lo mismo, para su sostenibilidad. Para soslayar este

grave inconveniente, FUNDAME ha optado por un modelo de cuota por servicio.

Perú Microenergía

Para desarrollar el modelo de cuota por servicio, FUNDAME creó, a inicios del 2009, una organización no lucrativa, Perú Microenergía, que, basándose en los principios de una microempresa social, fuese capaz de facilitar acceso a los servicios eléctricos básicos a comunidades rurales aisladas de la Región de Cajamarca en Perú. En definitiva, Perú Microenergía, busca la excelencia como proveedor de servicio eléctrico básico a usuarios con muy escasos ingresos económicos, sin expectativas de ser conectados a la red eléctrica y en unas condiciones de alta dispersión y bajos niveles de formación. Es decir, usuarios que se sitúan en la “base de la pirámide”. Para asegurar el éxito de Perú Microenergía, Acciona, mediante la Fundación Acciona Microenergía, la apoya, no sólo mediante recursos económicos, sino también mediante apoyo técnico y de gestión, con el objetivo de conseguir la autosuficiencia cuanto antes.

Planificación eléctrica y marco regulatorio en Perú

Pese a los esfuerzos del gobierno peruano en electrificación rural, Perú parte de una situación desfavorable: es el segundo país de Sudamérica con menor cobertura eléctrica y el último según el Índice de Desarrollo Energético de la AIE.

Dada la orografía del país y la alta dispersión de viviendas en las zonas rurales, llegar con redes a todas las viviendas es prácticamente imposible en un plazo razonable. Por otro lado, el bajo consumo eléctrico per cápita de



Figura 4.13. Pobladora de Carrerapampa pasando ante los paneles solares. Fuente: Fundación Acciona Microenergía

los usuarios rurales hace que la tarifa no cubra los gastos de operación y mantenimiento de la ampliación de redes. Ante esta tesitura, una opción económicamente eficiente y técnicamente fiable para facilitar el acceso a los servicios eléctricos básicos a las comunidades rurales aisladas es la utilización de sistemas descentralizados con energías renovables, como es el caso de los Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios (SFD).

Para integrar esta electrificación no convencional (basada en sistemas descentralizados de energías renovables o microrredes) como una opción operativa en el acceso universal a los servicios eléctricos, es necesario resolver dos temas: la planificación de la electrificación rural estable, con un horizonte a 10 años y en la que se contemple la mejor opción técnico-económica (extensión de redes o electrificación no convencional) para cada caso, y un marco regulatorio apropiado de la electrificación no convencional.

En Perú existe un Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) a 10 años, en el que se recogen las diferen-

tes iniciativas de los múltiples actores y que se actualiza anualmente. Pero el PNER no es suficientemente estable, como consecuencia de que la planificación no está basada en análisis técnico-económicos de conjunto de las diferentes alternativas, y de que el grado de compromiso es más bajo de lo deseable. Por ello, resulta poco confiable, y se producen faltas de coordinación indeseables entre extensión de redes y electrificación no convencional.

En cuanto al marco regulatorio, en Perú se ha publicado en Agosto del 2010 una tarifa fotovoltaica para electrificación rural no convencional que posibilita el acceso de los usuarios de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios al subsidio cruzado (Fondo de Compensación Social Eléctrica- FOSE) que le cubre el 62,5% de la tarifa; esto representa un avance muy significativo, pero, dado que a igualdad de consumo, la tarifa fotovoltaica es más del doble de la de red, para estos casos la cobertura del FOSE se ha ampliado hasta el 80%. Es un claro ejercicio de focalización de subsidios en los más necesitados.

Se puede concluir que una mejora en la planificación eléctrica ayudaría mucho a la electrificación rural con fotovoltaica, mientras que la tarifa fotovoltaica ha representado un avance significativo en la asequibilidad de los usuarios de SFD, susceptible de poder ser mejorada en el futuro en función de la experiencia.

Programa “Luz en Casa”

El plan económico financiero de Perú Microenergía a 20 años contempla conseguir el punto de equilibrio con 3.500 Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios (SFD), que es el objetivo del programa Luz en Casa, lo que significa llegar al menos a unos 15.000 beneficiarios. El servicio eléc-

trico básico suministrado es de iluminación (tres focos de bajo consumo) y comunicación y entretenimiento (cargador de teléfono móvil y TV o radio) durante al menos cuatro horas al día. Esto implica una energía media disponible de 86 kWh. al año, que se consigue con un panel solar de 60Wp y una batería de 100Ah.

Desarrollo

El proceso de desarrollo del programa implica una metodología que empieza por identificar a las comunidades rurales que no están en ningún plan de electrificación. Una vez identificadas, se mantiene una reunión de explicación del proyecto con los potenciales beneficiarios. Si, tras la reunión hay suficientes interesados, se apuntan como interesados y constituyen su Comité de Electrificación Fotovoltaica. Dicho Comité es, en esta etapa, el órgano de comunicación entre Perú Microenergía y la comunidad, y al menos una mujer debe ser miembro de cada Comité. En paralelo, Perú Microenergía, mantiene reuniones con la Municipalidad Distrital y Provincial, tendientes a informar del proyecto y a firmar un acuerdo de colaboración interinstitucional entre ambas partes.

Formulado el correspondiente expediente del proyecto y conseguida la financiación, se procede a la licitación, contratación e instalación de los SFD.

Previamente a la instalación de los SFD, se procede a la capacitación de los Comités y de los usuarios. Esta capacitación es muy importante para establecer claramente los derechos y deberes de cada parte y dar a conocer las limitaciones y las capacidades del Sistema, y cómo proceder en caso de incidencias. Con la supervisión y recepción de los SFD se entra en la fase de explotación.

Modelo de gestión. Participación de los beneficiarios

El precio de los SFD los hace prácticamente inaccesibles para comunidades rurales aisladas debido al alto nivel de pobreza de estas comunidades. Además, estos sistemas requieren formas asequibles de reparación de averías y de reposición de elementos agotados, que no son fáciles en lugares remotos. El no considerar esta problemática desde el inicio está en la base de la baja tasa de pervivencia de los SFD, más allá de tres años, con que nos encontramos en numerosos proyectos de electrificación rural no convencional. Analizando todos estos temas, Perú Microenergía optó por el modelo de cuota por servicio, que es el que mejor garantiza la sostenibilidad económica del proyecto. El usuario paga una cuota periódica a cambio de disponer de un servicio eléctrico básico. Para llevar a cabo este modelo, se requiere que los SFD sean propiedad de Perú Microenergía, y que el impago de la cuota conlleve la retirada del SFD. Para establecer la cuota fue necesario llevar a cabo estudios socioeconómicos sobre una muestra significativa de la población interesada, y establecer un diálogo abierto con los interesados calculando en las reuniones cuánto les estaba costando el consumo de productos y servicios energéticos sustitutivos (velas, keroseno, baterías, pilas, carga de móviles,...). Se estableció una cuota mensual de 15 soles (1,35 €) que es menos de lo que se estaban gastando la mayoría de los beneficiarios para iluminarse, oír radio o ver TV, cargar sus móviles, con el compromiso de revisarla a la baja en función de la nueva regulación fotovoltaica que se estaba desarrollando. Con la regulación ya publicada, se reducirá la cuota mensual a 10 soles tan pronto Perú Microenergía sea autorizado a aplicar la nueva tarifa fotovoltaica con acceso al subsidio

cruzado. La cuota percibida es suficiente para soportar los costes del servicio de Perú Microenergía y permitir un ligero crecimiento. En la cuota no está prevista la recuperación de capital, o dicho de otro modo, la inversión es a fondo perdido, del mismo modo como suele ocurrir en la extensión de redes en la mayoría de los planes de electrificación rural.

Para mantener los SFD en localidades y viviendas tan dispersas, se requieren modelos operativos innovadores. En el modelo operativo implantado por Perú Microenergía, los propios usuarios participan de forma relevante a través de los Comités de Electrificación Fotovoltaica (CEF). Se capacita a los miembros de los CEF para proceder a las inspecciones periódicas de las instalaciones, para atender, en primera instancia, las incidencias, y para proceder al cobro de las cuotas periódicas. Para respaldar la autoridad de los CEF, los Alcaldes Distritales proceden a su reconocimiento mediante un edicto de la Alcaldía.

Experiencia

Actualmente, están instalados y operativos 610 SFD de los 3.500 previstos. Debido a las deficiencias en la planificación de la electrificación rural, la identificación de las comunidades rurales donde no van a llegar las redes resulta compleja, lenta y poco fiable. La capacitación es clave para un uso adecuado de los equipos y facilitar las relaciones de confianza entre ambas partes, pero igual o más importante, es la cercanía de Perú Microenergía a las comunidades y el seguimiento de las incidencias y el cobro de cuotas.

La receptividad de las comunidades es muy buena, una vez superada la desconfianza inicial. Después de po-



Figura 4.14. Usuario mostrando su SFD. Fuente: Fundación Acciona Microenergía.

ner en servicio los SFD, ha habido bastantes solicitudes adicionales en la misma localidad.

Otro factor clave de éxito es no incurrir en excesiva demora desde los primeros contactos hasta la instalación de los equipos. Los campesinos han sido sometidos a excesivas promesas incumplidas. Los usuarios valoran mucho el servicio facilitado por los SFD y en muchos casos, se ha detectado que les facilita ingresos adicionales por el uso del tiempo adicional para tareas productivas. Lo más significativo es que los usuarios pagan su cuota mensual, aunque inicialmente con cierto retraso, y lo que resulta más curioso, es que los mejores cumplidores del pago son las comunidades de menores ingresos.

Desde Perú Microenergía se considera parte importante de su trabajo situar la relación con los usuarios en el plano de derechos y deberes debidamente regulados y no en una relación de dependencia.

Además de los beneficios directos en cuanto a iluminación y comunicación/entretenimiento, se vienen observando transformaciones inducidas por el hecho de disponer de electricidad en las viviendas. Por un lado, se produce una modificación de hábitos (lectura, reuniones familiares y de amigos) y por otro lado, se ha observado una tendencia a mejorar las viviendas (limpieza, pintura, obras de reparación y consolidación) lo cual facilita una mejora de las condiciones de vida. Estas transformaciones son muy significativas, por cuanto confirman que el acceso a los servicios eléctricos básicos es un catalizador de cambio en la mejora de las condiciones de vida.

Documentos de referencia

- Defensoría del Pueblo de la República del Perú (2010). La Electrificación Rural en el Perú: Derechos y Desarrollo para todos.
- Yunus M. (2008). Un mundo sin pobreza, Ediciones Paidós Ibérica, S.A.

4.6.2. Regulación de la Tarifa Eléctrica Rural Fotovoltaica en el Perú

La expansión de los sistemas eléctricos en zonas rurales, aisladas o de frontera, tiene relación con factores económicos, tecnológicos y disposición de pago de los potenciales usuarios. A continuación, se describen los fundamentos de la actividad del servicio público de electricidad en el Perú a través de sistemas fotovoltaicos, los criterios técnico-económicos que sustentan la tarifa fotovoltaica, los resultados obtenidos en la regulación y las condiciones de aplicación de la tarifa a usuario final.

La prestación del Servicio Público de Electricidad a través de sistemas fotovoltaicos

La regulación de la tarifa eléctrica rural fotovoltaica en el Perú se encuentra enmarcada en la Ley General de Electrificación Rural (LGER) y su Reglamento. El esquema de regulación empleado es el de *regulación por incentivos* basado en una empresa modelo. La tarifa se revisa cada 4 años. El valor real de la tarifa se mantiene durante el citado periodo mediante la aplicación de una fórmula de actualización de precios². En principio, la tarifa debe permitir la sostenibilidad económica; para ello se reconoce el Valor Nuevo de Reemplazo (VNR) y los costos de operación y mantenimiento³. Cuando el Estado realiza las inversiones, la tarifa, en la parte de capital, sólo considera un fondo para la reposición del activo⁴. Se ha implementado un esquema de subsidio al consumo para posibilitar que los usuarios del sistema rural fotovoltaico paguen de acuerdo a su disposición de pago.

La creación de concesiones eléctricas rurales fotovoltaicas tiene el objetivo de mejorar la eficiencia en la prestación del servicio a través de economías de escala, estandarización tecnológica, y gestión de los activos subsidiados por el Estado.

Tarifa eléctrica rural fotovoltaica

La tarifa eléctrica rural fotovoltaica comprende los costos de instalación y explotación. Se estructura sobre la base de una empresa modelo que atiende una cantidad determinada de suministros potenciales. La tarifa eléctrica rural fotovoltaica considera los tipos de módulo y energía promedio mensual disponibles (kWh/mes) a efectos de varia-

Cuadro 4.5. Factura mensual aplicable a los usuarios residenciales con inversión privada del 100% en (US\$/mes)

Región	Tipo de Módulo				
	BT8-050	BT8-080	BT8-160	BT8-240	BT8-320
Costa	3.20	3.92	5.80	8.19	14.52
Sierra	3.26	3.98	5.86	8.27	14.25
Selva	3.59	4.44	6.47	9.18	11.78
Amazonía	3.99	4.96	7.30	10.41	13.39

Fuente: OSINERGMIN Resolución nº 206-2010-OS/CD que fija Tarifa Eléctrica Rural para Sistemas Fotovoltaicos, Agosto 2010.

bilizar los costos por unidad de energía con la finalidad de acceder al subsidio por consumo a través de la aplicación del Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE⁵).

La tarifa eléctrica rural fotovoltaica considera la diferenciación por zonas geográficas de influencia (costa, sierra, selva y amazonía⁶) y tipos de módulo de sistemas fotovoltaicos. Asimismo, consideran tarifas diferenciadas en función de la fuente de financiamiento de la inversión, que puede ser privada o estatal.

En los cuadros 4.5 y 4.6 se muestra la facturación mensual antes de aplicar el impuesto general a la ventas⁷ (IGV), para los usuarios residenciales de servicio rural fotovoltaico que tienen derecho al descuento del 80% previsto por el FOSE.

La tarifa regulada por OSINERGMIN tiene carácter de tarifa máxima. La tarifa es única por tipo de módulo dentro de una misma concesión, aún cuando existan módulos instalados por inversiones privadas y públicas. Ello se logra a través de un factor de ponderación que posibilita la aplicación de un subsidio cruzado interno (entre usuarios).

Cuadro 4.6. Factura mensual aplicable a los usuarios residenciales con inversión pública del 100% en (US\$/mes).

Región	Tipo de Módulo				
	BT8-050	BT8-080	BT8-160	BT8-240	BT8-320
Costa	2.11	2.55	3.43	4.70	8.19
Sierra	2.16	2.60	3.48	4.76	8.07
Selva	2.47	3.03	4.06	5.62	7.11
Amazonía	2.72	3.38	4.56	6.36	8.08

Fuente: OSINERGMIN Resolución nº 206-2010-OS/CD que fija Tarifa Eléctrica Rural para Sistemas Fotovoltaicos, Agosto 2010.

La facturación y el reparto de los recibos pueden efectuarse en forma mensual, semestral o anual, mientras que la cobranza se debe efectuar en forma mensual. Asimismo, se han fijado las responsabilidades y obligaciones de los concesionarios, entre los que se han tipificado los casos en los que se procede con cortes y reconexiones, retiro del sistema fotovoltaico y cambio del módulo.

Conclusiones y recomendaciones

- Se ha elaborado un marco institucional y regulatorio que tiene el objetivo de promover las inversiones y propiciar el desarrollo sostenible de la electrificación rural a través de tecnología fotovoltaica en zonas donde los costes de inversión por usuario a través de redes eléctricas resulten muy costosos.
- Se garantiza la gestión de una empresa concesionaria dedicada a la prestación del servicio eléctrico rural fotovoltaico con un marco legal que le garantiza la recuperación de sus inversiones en 20 años, con un reconoci-

miento de una tasa de descuento del 12%. Asimismo, se reconocen los costos de operación y mantenimiento necesarios para garantizar el funcionamiento eficiente de los equipos fotovoltaicos.

- Se ha dotado de un sistema de subsidios, tanto a las inversiones como al consumo. Lo primero, a través del aporte de capital del Estado y el hundimiento de sus inversiones. Lo segundo, a través de la ampliación del subsidio del FOSE hasta un 80% de descuento en la tarifa eléctrica rural fotovoltaica.

- Se ha establecido un sistema de condiciones de aplicación tarifaria que define las obligaciones y responsabilidades de las empresas y los usuarios de forma que la prestación del servicio se desarrolle en forma sostenible y equitativa.

- Se recomienda implementar la Norma Técnica de Calidad de Servicio (NTCSE) para los Sistemas Rurales Fotovoltaicos.

4.6.3. Sostenibilidad de programas de bombeo fotovoltaico. Una experiencia exitosa de 12 años

Se describe aquí un programa de bombeo fotovoltaico que ha suministrado más de cinco millones de m³ de agua en los últimos 12 años a aproximadamente 40.000 personas, que pagan regularmente por el consumo de agua, permitiendo así establecer una estructura de mantenimiento para garantizar su sostenibilidad. Las 49 bombas, con un total de 173 kWp, incluyen la red de distribución hasta las casas con un grifo y un contador, y los usuarios pagan por el agua de acuerdo a una tarifa establecida. Esto representa un total de 2951 contadores en una región, mas o menos circular, de aproximadamente, 200 km



Figura 4.15. Bomba fotovoltaica para el consumo humano en el sur de Marruecos. Fuente: Instituto de Energía Solar de la UPM.

de diámetro. Los bombeos incorporan también un clorador para la potabilización del agua. Aproximadamente la mitad de los bombeos fotovoltaicos sustituyeron antiguas bombas mecánicas diesel de eje vertical instaladas en pozos abiertos. El coste del programa ascendió a 22€/Wp, y los módulos representaron tan sólo el 15% del coste total del sistema instalado (Liebard A., 1999).

El tamaño del programa y su fiabilidad a lo largo de tanto tiempo hacen que las lecciones aprendidas puedan ser representativas de este tipo de programas de bombeo fotovoltaico. Los aspectos clave para su éxito han sido la consideración de las peculiaridades técnicas de los sistemas de abastecimiento de agua previos, el riguroso aseguramiento de la calidad técnica y el establecimiento de una estructura de mantenimiento. Los dos primeros aspectos se describen en detalle en otras publicaciones (Narvarte L. et al, 2005; Narvarte L. et al, 2006). Aquí nos centrare-

mos en lo relacionado con la estructura de mantenimiento para asegurar la sostenibilidad.

Aspectos clave

Los puntos clave para el éxito del programa a lo largo de estos 12 años han sido los siguientes:

- Respetar las prioridades de los usuarios

El estudio inicial del sistema de aprovisionamiento de agua tradicional reveló que las prioridades de los usuarios eran: primero, la fiabilidad del suministro de agua; segundo, el gusto del agua; y tercero el esfuerzo para acarrear el agua desde la fuente hasta la casa. No encontramos ningún indicio que nos indicara que la calidad sanitaria de agua estuviera entre las prioridades de los usuarios.

Por tanto, diseñamos la sustitución del sistema tradicional de abastecimiento de agua mediante bombas fotovoltaicas de acuerdo a las prioridades de los usuarios:

- **Fiabilidad:** no usando componentes que pudieran reducir la fiabilidad (tales como baterías, seguidores, etc.) y utilizando componentes suficientemente probados (como bombas centrífugas o variadores de frecuencia).
- **Sabor del agua:** bombeando desde los pozos señalados por los usuarios como aquellos que disponen agua del “mejor sabor”, incluso cuando estos no eran la mejor opción técnica en términos de distancia y capacidad.
- **Esfuerzo:** distribuyendo el agua hasta los grifos de las casas.

Además, a pesar de que no respondía a las prioridades de los usuarios, incluimos potabilización de agua, en la

convicción de que contribuía positivamente a la calidad de vida de las poblaciones y de que los promotores de los proyectos deben también proponer sus prioridades siempre que no contravengan las de los usuarios. Obviamente, el cloro modifica el sabor de agua y, aunque inicialmente las dosis eran muy bajas, teníamos incertidumbre sobre la reacción de los usuarios. Esta fue la razón por la que, en vez de comenzar con un gran proyecto, empezamos con un proyecto piloto de tan solo 5 bombas fotovoltaicas. El resultado fue que, tras dos años de operación, la población aceptó las tres ventajas desde el punto de vista de los usuarios (fiabilidad-sabor-esfuerzo) junto a la desventaja (el cloro). El indicador de la aceptación fue que los cinco pueblos pagaban puntualmente por el consumo del agua y que los pequeños problemas técnicos que aparecieron fueron reparados con el dinero recogido por el pago de las tarifas (Narvarte L. et al, 2005).

- Considerar el sistema en su globalidad: desde el pozo hasta el grifo

Experiencias anteriores (Liebard A., 1999), han mostrado que la tasa de fallos más importante no está en la “parte fotovoltaica” (es decir, generador fotovoltaico, convertidor de frecuencia y moto-bomba) sino en el “resto del sistema” (pozo, depósito y red de distribución). Por tanto, extendimos las prácticas de buena ingeniería a toda la cadena del agua (bombeo, acumulación y distribución) (Lorenzo E., 2005). Este ha sido uno de los puntos clave para asegurar la fiabilidad técnica del programa de bombeo fotovoltaico. Las especificaciones técnicas resultantes fueron parte integrante del pliego de condiciones del concurso internacional para la compra de los sistemas de

bombeo y que fueron publicadas para su amplia difusión en distintos idiomas (Lorenzo E., 2003).

- Procedimiento de control de calidad: inspección temprana

El procedimiento de control de calidad desarrollado para el programa consistía en: definición de especificaciones técnicas, ensayo de prototipos en laboratorio e inspección en el terreno. Estos pasos se han descrito en publicaciones anteriores (Narvarte et al, 2006). Aquí simplemente subrayaremos que estos ensayos se han llevado a cabo con equipamientos extremadamente sencillos que permiten su reproducción en los países donde suelen ejecutarse este tipo de programas (Brito AU et al, 2007; Poza, 2008).

Un aspecto clave fue la inspección temprana sobre el terreno. Se llevó a cabo cuando un pequeño porcentaje de las bombas fotovoltaicas había sido instalado. Esta inspección temprana permitió detectar defectos en el proceso de instalación y, así, reaccionar con mínimo impacto en el coste. Esta inspección fue complementada con dos recepciones técnicas, una al final del proceso de instalación y otra tras un año de funcionamiento.

Sostenibilidad: asegurar una estructura de mantenimiento

Cualquier tipo de tecnología utilizada en la electrificación rural descentralizada, incluido el bombeo fotovoltaico, tiene similares problemas de sostenibilidad: la dispersión conlleva costes extremadamente altos y ausencia de estructuras de mantenimiento. Debido a esto, es frecuente que ocurra que, a pesar de que haya usuarios con capacidad de pago para el mantenimiento, no exista nadie a quien pagar. En la literatura se pueden encontrar muchos

intentos de implementar estructuras de mantenimiento en proyectos fotovoltaicos que, cuando han publicado sus resultados, se observa que no concuerdan con las expectativas de sus promotores (Hirshman, 2003; World Bank, 1996), típico escenario de paradigmas no consolidados, como es el caso de la electrificación rural fotovoltaica. Nuestra estrategia, como una contribución más a la investigación sobre estructuras dispersas de mantenimiento fotovoltaico, ha sido: primero, respetar la organización previa de gestión de los usuarios, y segundo, asegurar la existencia de un proveedor de servicios de mantenimiento.

Tal como mencionamos anteriormente, un número significativo de bombas fotovoltaicas sustituyeron antiguas bombas mecánicas diesel de eje vertical, que funcionaban gracias a una organización local de mantenimiento basada en un “Comité Local del Agua”, que estaba a cargo de las tarifas, la lectura de contadores, cobro, compra de gasoil y realización de las tareas básicas de mantenimiento del motor diesel. En todos los pueblos, las tarifas eran progresivas, es decir, mientras que el consumo básico del agua era barato, el sobreconsumo era fuertemente penalizado. El dinero cobrado por esta vía era dedicado, en primer lugar, a mantener el motor diesel en operación, y en segundo lugar, a otras necesidades de la población (como la reparación de la escuela o de la mezquita). Este hecho indicaba que los usuarios finales de las bombas diesel tenían capacidad para dedicar algo de dinero al mantenimiento. Por tanto, garantizar la existencia de un proveedor de servicios de mantenimiento y asegurar su viabilidad con las tarifas existentes se convirtió en uno de los objetivos principales del programa de bombeo fotovoltaico. El punto clave consistía en asegurar una densidad suficiente de bombas fotovoltaicas en la región como para hacer via-

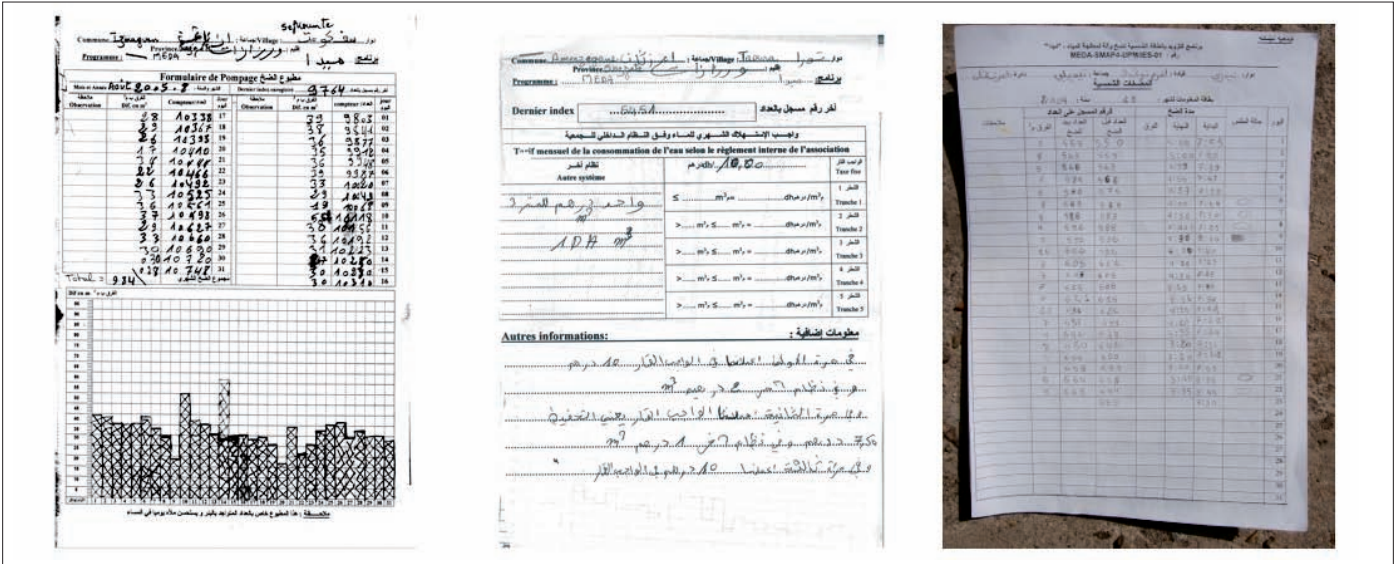


Figura 4.16. Ejemplos de documentación de gestión de las bombas fotovoltaicas. Fuente: Instituto de Energía Solar de la UPM.

ble que una empresa ganara dinero ofreciendo servicios de mantenimiento. Para ello, se instalaron 49 bombas fotovoltaicas con un total de 173 kWp y 2951 contadores en una región de 200 km de diámetro. Cuando estas bombas fotovoltaicas sustituyeron las antiguas bombas diesel, mantuvimos la organización gestora previa.

Tan solo introdujimos algunas modificaciones:

- Se propuso reservar un fondo especial para pagar el futuro recambio del variador de frecuencia y de la motobomba. Se estableció esta reserva en el 10% del dinero colectado cada mes y debía ser depositado en una cuenta bancaria.
- Se debían registrar las lecturas del agua consumida y del correspondiente cobro en unos impresos desarrollados ad-hoc, junto con las incidencias técnicas, la naturaleza y

el coste de las reparaciones, etc. Esa documentación es ahora una potente mina de datos (Figura 4.16).

- Se firmó un contrato de mantenimiento conjunto entre todos los comités locales de agua y un proveedor de servicios de mantenimiento.

El contrato de mantenimiento que se propuso a los comités locales de agua recogía los siguientes aspectos:

- Firmar un contrato de garantía de servicio global entre todos los comités locales de agua y el proveedor de los servicios de mantenimiento.
- El proveedor de servicios de mantenimiento era una nueva compañía (Tichkasol) con dos técnicos locales, que previamente habían trabajado en la instalación de las bombas fotovoltaicas.

- El contrato de garantía de servicio incluía:
 - Mantenimiento preventivo: consistente en dos visitas al año para revisar el buen comportamiento de los sistemas.
 - Mantenimiento correctivo: consistente en reparar cualquier avería del sistema. Las visitas correctivas debían realizarse en un plazo máximo de 48 horas después de comunicar la avería.
- El máximo tiempo de espera para la reparación era de 48 horas desde la recepción del aviso. Si se necesitara más tiempo, la compañía tomaría a su cargo los gastos de gasoil de la bomba diesel auxiliar si existiera. Si no, la compañía instalaría una bomba diesel portátil mientras durara la avería.
- Además, la compañía tenía las siguientes obligaciones adicionales:
 - Actualizar un cuaderno de mantenimiento con el registro de todas las acciones.
 - Registrar los datos de operación de la bomba fotovoltaica (principalmente las lecturas diarias del contador de la bomba y las lecturas mensuales del contador de cada casa).
 - Realizar dos encuentros de evaluación al año con los representantes de los comités locales del agua.
- El precio del servicio era de 10Dh (aproximadamente 1€) por contador y mes. El precio incluía todos los costes del mantenimiento preventivo así como los costes del mantenimiento correctivo excluyendo el coste de las piezas de recambio.

En estas condiciones los ingresos totales en 2006 fueron de 508.156Dh (1€ = 10Dh), unos gastos de 205.916Dh, lo que significó un beneficio de 302.240Dh

(aproximadamente 30,000€), cantidad suficiente para implementar una estructura de mantenimiento de manera sostenible.

Es difícil establecer una regla general para determinar la densidad de bombas fotovoltaicas necesaria para permitir una estructura de mantenimiento, puesto que están involucradas muchas variables locales: topología de la región, aislamiento de la población, tarifas por el servicio de mantenimiento, estandarización de los sistemas, etc. Sobre esto se pueden encontrar varios estudios en la literatura [Qoaidar et al., 2010, Odeh et al, 206]. Lo que podemos decir, en base a nuestra experiencia, es que esta vía puede ser uno de los caminos a explorar para asegurar la sostenibilidad de la electrificación rural fotovoltaica.

4.6.4. Endesa con el desarrollo de la comunidad rural

Chichir es una comunidad rural en condición de aislamiento ubicada en el norte del Perú, en la provincia de Condebamba, departamento de Cajamarca. Hasta hace tres años, los 600 habitantes de este caserío no tenían ningún tipo de acceso a electricidad, agua potable, redes de desagüe, centros de salud y otros servicios básicos. Eran 160 familias en extrema pobreza que se dedicaban a la agricultura de subsistencia, alejadas del desarrollo económico de las ciudades por falta de carreteras y casi sin posibilidades de salir de esta situación.

Pero a partir del año 2007, un proyecto coordinado entre entidades públicas y privadas generó una serie de acciones orientadas al desarrollo social y económico sostenible de Chichir. Una primera etapa incluyó programas básicos de saneamiento y seguridad alimentaria, además de capacitación en actividades productivas, lo que pro-

SUMINISTRO CONFIABLE DE ENERGÍA CON MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN CVG EDELCA*

CVG Electrificación del Caroní C.A. (CVG Edelca), es la empresa de generación hidroeléctrica más importante que posee Venezuela; además de operar grandes centrales hidroeléctricas, apoya a las comunidades indígenas que habitan la cuenca del Río Caroní con el suministro de energía eléctrica, bien sea por medio de las microcentrales hidráulicas existentes, o por medio de fuentes alternas como la generación diésel y fotovoltaica. Durante más de 20 años, CVG Edelca ha estado operando con éxito microcentrales hidráulicas en la zona, pero últimamente ha visto limitada la posibilidad de brindar un servicio confiable y eficiente a las comunidades, debido a la obsolescencia de los equipos en las microcentrales que opera y mantiene, al incremento de la demanda de energía, a cambios en las condiciones hidrológicas originales y a la ausencia de tecnología actualizada. En aras del compromiso que la empresa mantiene con las comunidades indígenas que viven en el área de la cuenca, y a fin de lograr la situación deseada –un suministro de energía confiable y eficiente que pueda cubrir la demanda a medio plazo, optimizando los niveles de generación, suministro y distribución– se están ejecutando acciones dirigidas a la rehabilitación y mejoras de las microcentrales existentes y estudios de nuevas opciones orientados a analizar la factibilidad de implementar nuevas microcentrales y el uso de fuentes de energía alternativas.

Con objeto de optimizar su actuación, la empresa realizó un estudio de estrategia de negocio denominado “Suministro confiable de energía eléctrica a las comunidades aisladas que cuentan con microcentrales hidroeléctricas en la región Guayaba”, que comenzó haciendo un diagnóstico de la situación, una estimación de la previsible demanda, y un análisis de las premisas tecnológicas, financieras, operacionales, sociales, y ambientales del proyecto, así como de las restricciones impuestas por motivos legales, ambientales, geográficos y logísticos, para, finalmente, hacer una evaluación técnica y económica de las posibles opciones y la selección de la más adecuada. La opción hidroeléctrica fue considerada como la única posible para esas comunidades. Los paneles fotovoltaicos se consideran como opción para la alimentación puntual de cargas, tales como escuelas o ambulatorios, entre otros. Para el caso de comunidades que no cuentan todavía con microcentrales hidroeléctricas en la zona, se están estudiando nuevos proyectos con idénticos criterios.

Los detalles del estudio pueden encontrarse en la publicación digital de la Red Latinoamericana de Hidroenergía:

<http://www.itdg.org.pe/publicaciones/pdf/hidrored8.pdf>

* Información facilitada por la Academia Nacional de Ingeniería de Venezuela.

vocó una importante reducción en los índices de desnutrición de la comunidad.

El Grupo ENDESA, convencido de que la energía eléctrica es un pilar fundamental para llevar desarrollo sostenible a las localidades más apartadas del Perú, participó de este esfuerzo conjunto en una segunda y decisiva etapa. Lo hizo a través del programa RENACE, o Red Nacional de Comunicaciones Emergentes, un proyecto cuyo objetivo fue facilitar la integración de la comunidad mediante las tecnologías de la información, para generar mayores oportunidades en educación y comercio. ENDESA utilizó para este proyecto un sistema de generación de energía con paneles fotovoltaicos, sencillo y de bajo coste.

La experiencia de Chichir se convirtió, de esta manera, en un modelo de aprendizaje para todos. La comunidad reconoció la importancia de la autoorganización para abrir sus puertas al progreso y las entidades, ONG y empresas que participaron, entre ellas ENDESA, convirtieron este trabajo conjunto en un proyecto piloto que hoy se replica en otras comunidades rurales no incluidas en los planes nacionales de electrificación.

El origen del proyecto: Programa Sembrando

En el Perú aún existen numerosas comunidades en situación de aislamiento, es decir sin un acceso directo por carreteras asfaltadas, sin comunicación por vía telefónica ni proximidad a las redes nacionales de agua y electricidad. La difícil geografía del Perú, un país partido en tres áreas por la cordillera de Los Andes, determina que algunos caseríos aparezcan casi perdidos en los mapas, sobre todo en las zonas alto andinas y en la selva.

A estas comunidades intenta llegar el Instituto de Trabajo y Familia (ITYF), una organización no gubernamental encabezada por Pilar Nores de García, esposa del actual Presidente de la República del Perú, como parte de un plan para mejorar la calidad de vida de las familias peruanas en sus diferentes aspectos: sociales, económicos, culturales y de salud.

En el año 2006, ITYF puso en marcha el programa Sembrando, que nació con el objetivo de mejorar las condiciones económicas y sociales de más de un millón de personas que viven en situación de extrema pobreza en áreas rurales y alto andinas (por encima de 2,500 metros de altura).

Un año después, en 2007, este programa llegó a la comunidad de Chichir, a 150 km. de la ciudad de Cajamarca. De inmediato, la ONG se puso a trabajar en una primera etapa que se orientó a disminuir la desnutrición crónica infantil, facilitando herramientas y capacitación a través de un programa de actividades de saneamiento, instalación de cocinas mejoradas, cambio de hábitos, prevención de la salud, seguridad alimentaria, etc.

Los resultados fueron visibles después de dos años de intensos esfuerzos, que no sólo se plasmaron en una reducción notoria de los índices de desnutrición, sino también en una mejora de la actitud de la población hacia los cambios.

Programa Renace

En 2009, con ayuda de los propios comuneros de Chichir, empezó una segunda etapa que significó una revolución para la comunidad cajamarquina: hacerse auto sostenible en sus fuentes de energía y abrir sus fronteras al mundo a través de la comunicación.



Figura 4.17. Pobladores trabajando para preparar el terreno para colocar la antena. Fuente: Edelnor (Distribuidora Eléctrica de Endesa en Perú).

El éxito logrado por el programa Sembrando fue decisivo para que se eligiera a Chichir como sede para un proyecto piloto, que se enfocó en un programa complementario llamado RENACE (Red Nacional de Comunicaciones Emergentes). El objetivo de este programa es promover el uso de las TICs (tecnologías de la información y las comunicaciones) en poblaciones rurales que permanecen aisladas y en condición de extrema pobreza, para facilitar su desarrollo social y productivo.

Cuando apareció el programa RENACE, en el año 2009, la comunidad de Chichir carecía del servicio eléctrico y por su ubicación no formaba parte de los planes nacionales de electrificación. Fue necesario para solucionar este punto el esfuerzo integrado de organizaciones privadas y públicas, y de los propios vecinos de la comunidad, para conseguir una solución sencilla y de bajo costo. Se realizó un esfuerzo de coordinación para conseguir

que, empresas privadas como ENDESA, Movistar y Ericsson se incorporaran al proyecto, aportando ingeniería, suministro de equipos y montaje, cada una en su área de competencia.

ENDESA suministró una Planta Solar Fotovoltaica, que fue instalada en un local comunal construido por los vecinos, junto al colegio de enseñanza primaria. El sistema de generación de energía eléctrica consiste en seis módulos solares fotovoltaicos de 120 Wp cada uno, con regulador de carga e inversor, que permite suministrar 3.016 Wh al día como promedio anual. La energía excedente se acumula en seis baterías de 130 Ah.

La planta proporciona energía eléctrica suficiente para que la población pueda ver la única televisión de la localidad, tener acceso a internet a través del ordenador y recargar las baterías para comunicarse a través de la telefonía móvil.

La energía generada permite:

- Acceso a la señal de televisión y radio en el local comunal. Los niños y los adultos tienen acceso a programas de educación a distancia.
- Tener a disposición dos ordenadores conectados a Internet. Esto permite brindar a la población educación, métodos de pago electrónicos e información sobre mercados para sus productos.
- Poder recargar los teléfonos móviles entregados a la comunidad, con los cuáles los pobladores se comunican entre sí y pueden realizar llamadas a cualquier lugar del Perú y del mundo.

Este primer proyecto del programa RENACE se inauguró el 9 de febrero del 2009, cuando Pilar Nores realizó desde Chichir la primera llamada telefónica de la historia de la comunidad, dirigida al presidente de la República,



Figura 4.18. Niños en la espera de ver por primera vez la televisión en su comunidad. *Fuente:* Edelnor (Distribuidora Eléctrica de Endesa en Perú).

Alan García Pérez. Desde ese momento, Chichir había comenzado a romper su aislamiento social y económico.

Un proyecto piloto que ya se aplica en otras comunidades

Aunque Chichir sigue siendo un pueblo en situación de pobreza, hoy sus vecinos tienen mejores posibilidades de enfrentarse a sus duras condiciones de vida, gracias a la información y a la energía. Adicionalmente, esta experiencia piloto ha permitido evaluar la potencialidad que tiene el programa RENACE, y ya se ha aplicado en un segundo distrito de otra región alto andina.

Actualmente, estos servicios benefician de manera gratuita a cerca de cuatro mil personas que hasta entonces habían vivido aisladas, gracias a la contribución de empresas privadas e instituciones públicas del gobierno



Figura 4.19. Panel fotovoltaico y antena de comunicaciones de la comunidad de Chichir. Cajamarca, Perú. *Fuente:* Edelnor (Distribuidora Eléctrica de Endesa en Perú).

central y local. El Instituto Trabajo y Familia se encarga de realizar la coordinación con las empresas para el mantenimiento anual de los equipos.

En enero de 2011, el Ministerio de Energía y Minas del Perú (MEM) aprobó el Plan Nacional de Electrificación Rural para los próximos 10 años. Esta iniciativa buscará consolidar los planes de desarrollo regional y local en la distribución eléctrica y en electrificación rural, así como apoyar a los programas o proyectos que llevan a cabo organismos públicos y privados elegidos por el MEM.

Con este marco de desarrollo, programas como RENACE tendrán un impulso más amplio y efectivo en el corto plazo, siempre con el objetivo de lograr el desarrollo integral y sostenible de las comunidades más pobres.

4.7. CONCLUSIONES

Existe un consenso universal de que la energía es imprescindible para el desarrollo humano, la eliminación de la pobreza, y el logro de los ODM.

El objetivo, propiciado desde las instituciones de Naciones Unidas, de acceso universal a la energía en 2030, es un objetivo ambicioso aunque realista, que debe conciliar los apoyos de todos los agentes involucrados. Existen tecnologías fiables y competitivas, modelos de gestión y de financiación, y el coste adicional es irrelevante frente al potencial beneficio. Este objetivo implica, fundamentalmente, acceso básico (iluminación y comunicación) a la electricidad y acceso a combustibles y sistemas eficientes de combustión modernos (cocinado y calentamiento).

Es urgente proporcionar a las comunidades que todavía basan su consumo energético en la combustión tradicional de la biomasa -más de un tercio de la humanidad-, combustibles y sistemas eficientes de combustión modernos, que ayuden a paliar las tremendas consecuencias negativas de esta forma de energía para la salud de las personas y para el medioambiente.

Las energías renovables han demostrado ser una solución técnica eficaz para llevar la electricidad a las comunidades rurales aisladas, donde la extensión de la red es técnica y económicamente inviable, pero es necesario integrarlas con procedimientos alternativos a la extensión de redes en la planificación eléctrica, e incorporarlas dentro del marco regulatorio y normativo considerando sus especificidades. También es necesario fomentar la implantación de modelos sostenibles de gestión adaptados a la realidad de cada entorno. El papel de los emprendedores es aquí relevante.

Para conseguir el objetivo de acceso universal a la energía se requiere la acción coordinada de instituciones internacionales, gobiernos, empresas, grupos sociales, y los propios individuos afectados, sin cuya participación, el problema se manifiesta muy difícil de resolver.

Una formación básica en el uso de la energía para toda la sociedad y la capacitación técnica mínima necesaria para algunos colectivos locales será imprescindible para avanzar en la solución. Potenciar el papel de las mujeres y la creación de empresas locales para la gestión de los servicios es el siguiente paso necesario.

Las formas convencionales de financiación y de gestión empresarial se han manifestado inadecuadas para resolver los problemas identificados; será necesario encontrar nuevas formas imaginativas para estos servicios básicos, en las que los microcréditos o los nuevos modelos de empresas sociales o de alianzas multiactores parecen ser una buena aproximación, pero no hay que olvidar que el fin último de los servicios energéticos es el desarrollo de los pueblos y la mejora de su calidad de vida y que los recursos disponibles no son infinitos, por lo que es absolutamente necesario ejecutar las actuaciones en un marco bien planificado, coordinado con otros planes de desarrollo previstos en las zonas de actuación y regulado de forma específica, a fin de maximizar el resultado de los trabajos realizados.

La cooperación internacional y los esfuerzos en investigación e innovación, tanto técnica como gerencial, serán también imprescindibles, pero siempre teniendo en cuenta que el objetivo no es trasladar a las zonas desfavorecidas los sistemas y modelos de comportamiento de los países desarrollados, sino adaptar tecnologías y servicios a sus necesidades y deseos.

BIBLIOGRAFÍA

- LIEBARD, A. (1999): Regional Solar Programme. Lessons and Perspectives. Fondation Energies pour le Monde, Paris - Francia.
- NARVARTE, L.; LORENZO, E.; AANDAM, M. (2005): Lessons from an PV Pumping Programme in South Morocco, Progress in Photovoltaics: Research and Applications; Pp. 13: 261-270.
- NARVARTE, L.; POZA, F.; LORENZO, E. (2006): Specification and Testing of PV Pumps at a Moroccan Project, Progress in Photovoltaics: Research and Applications; Pp. 14: 1-9.
- NARVARTE, L.; POZA, F.; LORENZO, E.; FREDIZZI, M.C.; ZILLES, R.; AANDAM, M.; ZAOU, S. (2005): *Best practices in the implementation of photovoltaic pumping systems*, Instituto de Energía Solar, ISBN 94-7402-327-0, Madrid-España.
- NARVARTE, L.; LORENZO, E.; MAIGNE, Y.; M. AANDAM. (2003): Guidelines for implementing PV pumping and purification systems, Systèmes Solaires, Paris - Francia. (Free available www.ies.upm.es)
- L. QOAI, D. (2010): Steinbrecht, Photovoltaic Systems: A cost competitive option to supply energy to off-grid agricultural communities in arid regions, *Applied Energy*; 87(2): 427-435.; (doi:10.1016/j.apenergy.2009.06.012)
- I. ODEH, Y.G. YOHANIS, B. NORTON, (2006): Economic viability of photovoltaic pumping systems, *Solar Energy*; 80, 850-860.
- BRITO, AU.; FEDRIZZI, MC.; ZILLES, R. PV. (2007): Pumping systems: a useful tool to check operational performance. Progress in Photovoltaics: Research and Applications; Pp. 15: 41-49.
- POZA, F. (2008): *Contribución al diseño de procedimientos de control de calidad para sistemas de bombeo fotovoltaico*, PhD Thesis at the Politechnical University of Madrid.
- M. BAKRI AND A. ACHARAI. (2003), Expérience Marocaine dans le domaine du Pompage par Energie Solaire Photovoltaïque. Seminaire International : Pompage Photovoltaïque et traitement de l'eau en milieu rural, Ouarzazate (Maroc).
- F.D.J. NIEUWENHOUT, A. VAN DIJK, V.A.P. VAN DIJK, D. HIRSCH, P.E. LASSCHUIT, G. VAN ROEKEL, H. ARRIAZA, M. HANKINS, B. D. SHARMA Y H. WADE. (2000): 'Monitoring and Evaluation of Solar Home Systems: Experiences with applications of solar PV for households in developing countries', ECN-C-00-089-
- F.D.J. NIEUWENHOUT, A. VAN DIJK, P.E. LASSCHUIT, G. VAN ROEKEL, V.A.P. VAN DIJK, D. HIRSCH, H. ARRIAZA, M. HANKINS, B.D. SHARMA Y WADE H. (2001): Experience with Solar Home Systems in Developing Countries: A Review, Progress in Photovoltaics: Research and Applications; Pp. 9, 455-474.
- HIRSHMAN, W. P. (2003): South African poverty tariff gets head start for off-grid ratepayers, Photon International.
- WORLD BANK (1996): Rural energy and development: improving energy supplies for two billion people. Development in practice series, World Bank.
- LEY GENERAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL (Ley 28749), Junio 2006.
- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL (D.S. 025-2007-EM), Mayo 2007.
- LEY DE CONCESIONES ELÉCTRICAS (D-L. 25844), Noviembre 1992.
- LEY QUE CREA EL FONDO DE COMPENSACIÓN SOCIAL ELÉCTRICA (ley 27510), Agosto 2001.
- OSINERGMIN. (2010): Resolución N° 206-2010-OS/CD que fija Tarifa Eléctrica Rural para Sistemas Fotovoltaicos.
- DEFENSORÍA DEL PUEBLO DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ (2010): La Electrificación Rural en el Perú: Derechos y Desarrollo para todos.
- YUNUS M. (2008): *Un mundo sin pobreza*, Ediciones Paidós Ibérica,S.A.

- ALONSO GARRIDO, A. (2009): La energía como elemento esencial de desarrollo.
- WORLD ENERGY OUTLOOK. (2010): Agencia Internacional de la Energía, IEA.
- IEA - UNDP - UNIDO. (2010): Energy Poverty. ¿How to make modern access universal? Except for the WEO 2010 for the UN General Assembly for the MDG.
- KANDEH K. YUMKELLA. (2010): Energy for a sustainable future. UN AGECC.
- EsF. (2009): Informe final proyecto REGEZRA: Modelo regulatorio para la electrificación de las Zonas Rurales Aisladas de Guatemala. Energía sin Fronteras y AECID.
- ECONOMIC AND SOCIAL COUNCIL UNITED NATIONS. (2010): SG Report on Renewable Energy for Development : New and emerging technologies: renewable energy for development. Disponible en www.unctad.org/en/docs/ecn162010d4_en.pdf
- BAZILIAN, M.; PATRICK NUSSBAUMER; ERIK HAITES; MICHAEL LEVI; MARK HOWELLS; AND KANDEH K. YUMKELLA (2010): Understanding the scale of investment for Universal Energy Access. Disponible en http://blogs.cfr.org/levi/files/2010/11/Bazilian_2010_Geopolitics_Vol32.pdf
- PRACTICAL ACTION (2010): Poor 's people energy outlook 2010. Disponible en <http://practicalaction.org/docs/energy/poor-peoples-energy-outlook.pdf>
- BAZILIAN, M.; Y OTROS (2010): Measuring energy access: Supporting a global target, Earth Institute, Columbia University, New York.
- EPIA. (2010): European Photovoltaic Industry Association Unlocking the sunbelt potential of photovoltaics,
- GTZ. (2009): GTZ and SenterNovem Energising development: Report on impacts, Eschborn, Germany. Disponible en: www2.gtz.de/dokumente/bib/gtz2009-0299en-energising-development.pdf
- WBG. (2009): Energy strategy approach paper. Sustainable Development Network, World Bank Group. Disponible en: <http://siteresources.worldbank.org/EXTESC/Resources/Approach-paper.pdf>
- REICHE K. et al. (2010): What difference can a PicoPV system make? GTZ
- MONER, M. Y OTROS (2008): A new scheme for the promotion of renewable Energies in Developing Countries: The Renewable Energy Regulated Purchase Tariff, European Commission-Joint Research Centre, EU-PV Working Group for Developing Countries.
- GREENPEACE-EPIA. (2010): Solar Generation VI. Executive Summary. Disponible en <http://www.epia.org/solargeneration>
- ARAQUE MONRÓS, M.C. (2005): *Manual didáctico para la construcción de cocinas a leña mejoradas*. GEA, Generación de Energías Alternativas. Chile.
- FAO. (2010): Global Forest Resources Assessment (FRA) 2010. Disponible en <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>
- IEA. (2006): World Energy Outlook. International Energy Agency, Paris, France.
- OMS. (2007): Organización Mundial de la Salud. Energía doméstica y salud: combustibles para una vida mejor.
- VOLLMANN, T.E., BERRY, W.L., WHYBARK, D.C. (1997): *Manufacturing Planning and Control Systems*. 4th ed. Irwin / McGraw-Hill.
- OMS. (2008): World Health Organization, The Global Burden of Disease: 2004 update. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- 3TIER. <http://www.3tier.com>
- ARRAKIS - for rural development: <http://www.arrakis.nl>
- FAO. (1986): Fraenkel, P.L., Water lifting devices.
- WBTP. (1989): van Meel, Joop; Smulders, Paul; "World Bank Technical Paper number 101 - Wind Pumping, a Handbook", The World Bank, Washington, D.C.

- REMI RIJS ARRAKIS. (1997): Proyecto pequeños aerogeneradores CESADE – RED, (RED Renewable Energy Development vof), Eindhoven.
- ITDG (2008): Chiroque, José; Sánchez, Teodoro; Dávila, Celso, “Microaerogeneradores de 100 y 500 W. Modelos IT-PE-100 y SP -500.”, Lima, Soluciones Prácticas.
- ARTÚS LAUDO, A. AND VELO GARCÍA, E. (2008): Electrificación de Huacrachiro, Comunidad de la selva del Perú,” in Departament de Màquines i Motors Tèrmics, vol. Ingeniería Industrial. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial de Barcelona.
- BUENO LORENZO, M. AND VELO GARCÍA, E. (2006): Estudio de alternativas para la electrificación rural en la zona de selva del Perú,” in Departament de Màquines i Motors Tèrmics, vol. Ingeniería Industrial. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial de Barcelona.
- GREENPEACE. (2007): Renovables 100%. Un sistema eléctrico renovable para la España peninsular y su viabilidad económica.
- KETJOY N. (2005): Photovoltaic hybrid systems for rural electrification in the Mekong countries, vol. PhD: Universidad de Kassel.
- KREMER, P., SCHMITT, S. AND MAINKKA, C. (2000): Photovoltaic hybrid systems enhance reliability of power supply, presented at Photovoltaic hybrid power systems conference.
- MOUTAWAKKIL K. AND ELSTER, S. (2006): RE hybrid systems: Coupling of Renewable Energy Sources on the AC and DC Side of the Inverter. Refocus, vol. 7, Pp. 46-48.
- PATEL, M. R. (1999): Wind and Solar Power Systems: CRC Press.
- RASHID M. H., (2001): Power Electronics Handbook: Academic Press, 2001.
- EPSEC. (2001): Vandenberg, M., Beverungen, S., Buchholz, B., Colin, H., Ketjoy, N., Kininger, F., Mayer, D., Merten, J., Reekers, J., Strauss, P., Suwannakum, T. and Vallvé, X., “Expandable hybrid systems for multi-user minigrids,” presented at 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Munich, 2001.
- ISF. (2006): Velo García, E., Sneij Oriá, J. and Delclòs Ayats, J., Energía, participación y sostenibilidad. Tecnología para el Desarrollo Humano. Ingeniería Sin Fronteras.
- WEO. (2008): World Energy Outlook, informe del año 2008. Agencia Internacional de la Energía. Ref. 2, Organización Mundial de la Salud, informe del año 2007.
- ISF. (2008): Curso de introducción a proyectos de abastecimiento de energía en zonas rurales.
- Perú. (2009): Reglamento para la evaluación y certificación de cocinas mejoradas. Gobierno de Perú.
- NIC. (2005): Estudio de caso de la práctica de ahorro de leña. Gobierno de Nicaragua.
- NIC. (2008): Evaluación Sol fogones y hornos mejorados en tres microcuencas: Chichiguas, Zarzal y Namanji de la parte alta de la subcuenca del Río Viejo. Gobierno de Nicaragua.
- WB. (1994): What Makes People Cook with Improved Biomass Stoves. A Comparative International Review of Store Programs. Banco Mundial.
- UNDP (2005): Energizing the Milenium Development Goals: A Guide to Energy’s Role in reducing Poverty (UNDP, 2005)

NOTAS

¹ Relación, expresada en porcentaje, de la radiación que cualquier superficie refleja con respecto a la que incide sobre la misma.

² El Numeral 2 de la Resolución N° 206-2010-OS/CD, señala que la fórmula de actualización de precios tienen los siguiente parámetros tarifarios: tipo de cambio, tasa arancelaria, índice de precios al por mayor e índice del precio de cobre.

³ El Art. 24° del Reglamento de la LGER, señala que se considera la tasa de actualización establecida en la Ley de Concesiones Eléctricas (Art. 79° señala que es 12%) y la vida útil de los elementos necesarios para el suministro. Se considerará un tiempo de vida útil de los Suministros no Convencionales de 20 años.

⁴ El Art. 18° de la Ley General de Electrificación Rural establece que el

“Ministerio de Energía y Minas transferirá a título gratuito los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) que haya ejecutado o ejecute, preferentemente a las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal”.

⁵ El Artículo 1° de la Ley N° 27510 crea el Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE), señala que el FOSE está dirigido a favorecer el acceso y permanencia del servicio eléctrico a todos los usuarios residenciales del servicio público de electricidad cuyos consumos mensuales sean menores a 100 kilovatios hora por mes comprendidos dentro de la opción tarifaria BT5, residencial o aquella que posteriormente la sustituya.

⁶ Ley 27037, Ley de Promoción de la Inversión en la Amazonía

⁷ Impuesto General a la Ventas (IGV) aplicable a las ventas de bienes y servicios en el ámbito del territorio peruano. El valor fijado es 19%.

