



# ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

## Introducción

Aunque en los últimos años la mayor parte de la investigación sobre el uso de la energía solar ha estado enfocada en sistemas fotovoltaicos, en los que la luz solar se convierte directamente en electricidad, hay muchas aplicaciones de energía solar térmica, como calefacción, secado y destilación de agua.

Muchos sistemas solares térmicos han existido durante siglos y son bien conocidas. Estos sistemas han establecido sus bases de producción en muchos países con alta incidencia solar. Al contrario que los sistemas fotovoltaicos, la producción puede llevarse a cabo a pequeña escala sin usar costosos equipos. Existen sistemas térmicos solares para la producción de electricidad (normalmente a gran escala), pero el presente informe no cubrirá esos sistemas.

Los sistemas solares que dependen completamente de la energía solar absorbida y en los que no existen componentes móviles, se conocen como sistemas solares pasivos, mientras que los sistemas solares activos pueden tener alguna entrada adicional, como por ejemplo una bomba para hacer funcionar el sistema.

## Naturaleza y disponibilidad de la radiación solar

La radiación solar llega a la superficie terrestre con una potencia máxima de aproximadamente 1 kilovatio por metro cuadrado ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ).

La proporción real de radiación utilizable varía dependiendo de la ubicación geográfica, presencia de nubes, horas de luz al día, etc.

La potencia solar disponible varía entre 250 y 2500 kilovatios hora por metro cuadrado y año ( $\text{kWh}/\text{m}^2$  año). La radiación solar total es mayor en el ecuador, especialmente en zonas áridas.



Figura 1: El sol la mayor fuente de energía en uso, bien directamente o indirectamente. Foto Practical Action / Emma Judge.

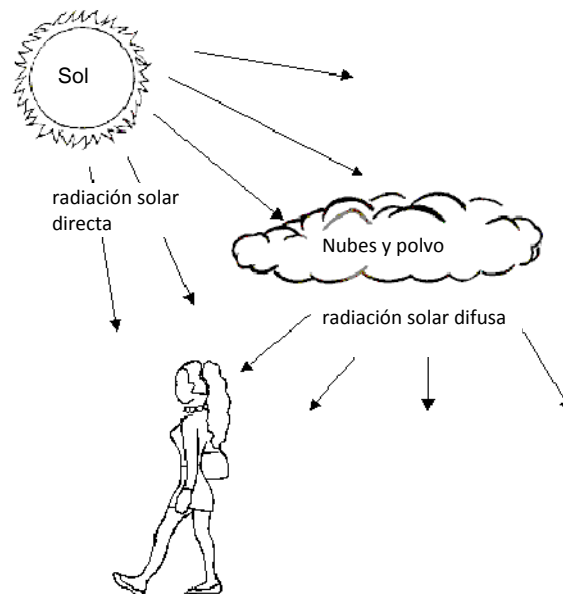


Figure 2: Radiación solar directa y difusa.

La radiación solar llega a las capas superiores de la atmósfera terrestre como un rayo directo. Entonces las nubes, calina, polvo y la misma atmósfera, dispersan parcialmente esa luz (véase figura 2).

Por lo tanto, nosotros recibimos la radiación solar como radiación directa, o como radiación dispersa o difusa, la proporción depende de las condiciones atmosféricas. Ambas formas, radiación directa y difusa, son útiles, pero la radiación difusa no se puede concentrar.

La energía solar alcanza la superficie de la tierra como radiación de onda corta, es absorbida por la tierra y los objetos en ella, a los que calienta, y se re-irradia como radiación de onda larga. La obtención de potencia útil a partir de energía solar se basa en el principio de capturar la radiación de onda corta y evitar que se re-irradie de vuelta a la atmósfera. Para el almacenamiento de este calor atrapado se usa un líquido o sólido con una alta capacidad calorífica. En un sistema de calefacción por agua, éste será el fluido que circule a través del colector, mientras que en un edificio las paredes actuarán como masa térmica. Estanques o lagos también se usan en ocasiones para el almacenamiento estacional de calor.

El cristal permite el paso de la radiación de onda corta a través de él, pero impide escapar a la radiación de onda larga.

### Geometría de la tierra y el sol

La Tierra gira alrededor del sol con su eje inclinado en un ángulo de 23.5 grados. Es esta inclinación lo que da lugar a las estaciones. La fuerza del sol depende del ángulo con el que llega a la superficie de la tierra, y por lo tanto, puesto que este ángulo cambia durante el año, la insolación solar cambia. De esta forma, en los países del hemisferio norte, en pleno invierno, donde el sol está bajo en el cielo en el sur, la radiación llega a la superficie terrestre de forma oblicua y la energía solar es baja.

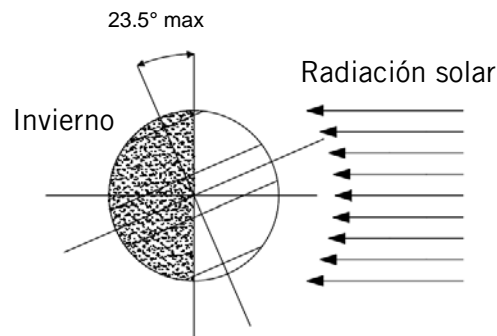


Figura 3: El ángulo de la tierra con respecto al sol cambia a lo largo del año. Ilustración: Practical Action / Neil Noble

Si esta energía se usa para calentar agua con un panel colector, entonces la inclinación y orientación del panel son críticas para el nivel de energía absorbida y por lo tanto la temperatura del agua. La superficie del colector debe estar orientada hacia el sol tanto como sea posible. La mayoría de los colectores solares para calentamiento de agua están fijados permanentemente al tejado de los edificios y no pueden ser ajustados. Los sistemas más sofisticados para la generación de potencia usan dispositivos de rastreo para seguir al sol a través del cielo durante el día.

Hay muchos métodos disponibles para mejorar el diseño del sistema y para predecir su rendimiento. La variabilidad de la fuente solar es tal que cualquier predicción exacta requiere técnicas analíticas complejas. Hay técnicas simples disponibles para un análisis aproximado.

### Aplicaciones de la energía solar térmica

#### Calentamiento de agua

El uso más común de la tecnología solar térmica es el calentamiento de agua para uso doméstico. Alrededor del mundo hay distribuidos



Figura 4: Calentamiento solar de agua en Nepal. Foto Practical Action

cientos de miles de sistemas domésticos de agua caliente, especialmente en áreas como el Mediterráneo y Australia, donde hay una gran insolación (energía total por unidad de superficie recibida del sol). En la actualidad, los calentadores de agua doméstica sólo se encuentran en las zonas más acomodadas de la comunidad en países en desarrollo.

El calentamiento de agua a bajas temperaturas (inferiores a 100°C) se requiere en muchos países para usos doméstico y comercial. Hay una gran variedad de calentadores solares de agua disponibles. El más simple es una pieza de tubería negra de plástico, la cual se llena de agua y se pone al sol para que el agua se caliente. Los calentadores de agua solares simples normalmente consisten en una serie de tuberías pintadas de negro, ubicadas en el interior de una caja aislada equipada con un panel de cristal frontal. Esto es lo que se conoce como colector solar. El fluido a calentar pasa a través del colector y luego entra en un tanque de almacenamiento. El fluido puede recircularse a través del tanque varias veces, hasta alcanzar el calor requerido por el fluido para alcanzar cierta temperatura. Existen dos configuraciones sencillas para ese tipo de sistemas, las cuales serán explicadas a continuación:

- El sistema termosifón se basa en la tendencia natural del agua caliente a situarse por encima del agua fría. En estos sistemas el tanque está siempre ubicado en la parte superior del colector y conforme el agua se calienta asciende y es reemplazada por agua fría procedente de la parte inferior del tanque. Este ciclo continúa hasta que la temperatura del agua en el tanque iguala a la del panel. En aquellos lugares donde existe una red de suministro de agua, se utiliza la red para alimentar el sistema con agua fría al mismo tiempo que el agua caliente es extraída para su uso. Una válvula antirretorno suele ser utilizada en estos sistemas para impedir que lo contrario ocurra durante la noche, cuando la temperatura disminuye.

Sistemas de lazo abierto permiten que el agua que pasa por los paneles puedan almacenarse en el tanque de almacenamiento para su uso.

Los sistemas de lazo cerrado son aquellos en los que el agua que circula por el panel solar es distinta del agua que es consumida. Estos sistemas usan un intercambiador de calor. Esto significa que se puede añadir anticongelante al agua que fluye a través de los paneles, lo cual permite su utilización en climas fríos.

Los sistemas atmosféricos se usan en aquellos lugares donde no hay red de suministro de agua para el tanque de almacenamiento, de forma que el agua que se toma del tanque de agua caliente se reemplaza con agua procedente de un tanque adicional de agua fría, situado sobre el anterior. Una válvula de rotura de presión permite alimentar el tanque de agua caliente cuando se requiere. Los sistemas atmosféricos pueden ser de lazo cerrado o de lazo abierto. Los sistemas discontinuos solares de calentamiento de agua se usan como sistemas sencillos de obtención de agua caliente. El sistema se llena de agua y se deja que se caliente. Una vez que el agua se ha calentado se puede usar conforme se vaya necesitando, pero estos sistemas se tienen que rellenar manualmente.

*Simple Solar Water Heater for Developing Countries*

A. Jagadeesh, Homepower, Número 76

[www.homepower.com](http://www.homepower.com)

Más del 90% de los sistemas usados alrededor del mundo están basados en el principio del termosifón.

- Calentadores solares de agua bombeados usan un dispositivo de bombeo para hacer circular el agua a través del colector. La ventaja en estos sistemas es que el tanque de almacenamiento puede estar situado por debajo del colector. El inconveniente, es que obviamente se requiere electricidad para hacer funcionar la bomba. Con frecuencia el fluido que circula por el colector se trata con anti-oxidante y/o anticongelante. En estos

casos, se requiere un intercambiador de calor para calentar el agua que va a la red de suministro que la lleva al consumidor

Los sistemas integrados combinan la función del tanque y del colector para reducir costes y tamaño.

Se pueden hacer sistemas de calentamiento de agua de forma relativamente sencilla, mientras que también hay sistemas más sofisticados a precios más elevados. Los colectores de tubo evacuados tienen el material absorbente de calor situado en el interior de una funda de vidrio vacía para minimizar las pérdidas caloríficas. La complejidad del sistema también varía según el uso.

Para aplicaciones comerciales, se usan bancadas de colectores para cubrir las necesidades de suministro de grandes cantidades de agua caliente. Muchos de estos sistemas se usan en hospitales en países en desarrollo.

Un estanque solar es otro enfoque en el que se usan grandes extensiones de agua para recoger y almacenar energía solar térmica con un equipamiento relativamente escaso. El estanque usa el principio de que el agua salada es más pesada que el agua fresca de modo que una capa de agua salada en la parte inferior del estanque atrapa la energía calorífica y la temperatura puede llegar a los 90°C.

Se pueden usar estanques solares para proveer calefacción doméstica pero también para otras aplicaciones. Por ejemplo, usando una turbina de baja temperatura se puede usar el estanque solar para generar electricidad o se puede usar para generar potencia para una unidad de desalación como la desarrollada en la universidad de Texas.

Bhuj, Gujarat tiene el estanque solar operativo más grande de India, con un área de 6000 m<sup>2</sup>, el cual es usado para suministrar calor de proceso a la compañía láctea Kutch.

El estanque solar fue desarrollado por la Agencia de Desarrollo Energética de Gujarat (GEDA), el Instituto Tata de Investigación Energética (TERI) y la Corporación de Desarrollo del la industria Láctea de Gujarat (GDDC).

[http://www.teriin.org/tech\\_solarponds.php](http://www.teriin.org/tech_solarponds.php)

### Secado solar

El control del secado se requiere para diferentes cultivos y productos, tales como grano, café, tabaco, frutas, verduras y pescado. Su calidad se puede mejorar si el secado se lleva a cabo adecuadamente. La tecnología solar térmica se puede usar para asistir el secado de tales productos. El principio básico de operación es aumentar la energía calorífica del producto, el cual normalmente se sitúa en el interior de una caja o compartimento, al mismo tiempo que una corriente de aire fluye por ese compartimento para eliminar la humedad. El flujo de aire se promueve normalmente usando el efecto "Stack", el cual se aprovecha del hecho de que el aire caliente asciende y por lo tanto puede sacarse del sistema por la parte superior a través de una chimenea, mientras que la introducción de aire frío se hace por la parte inferior. Grandes sistemas pueden usar graneros de gran tamaño, mientras que los sistemas más pequeños pueden consistir de unas cuantas bandejas en el interior de una cubierta de madera.



Figura 5: Secado de coco en Bangladesh.

Foto: Practical Action / Neil Cooper.

La tecnología de secado solar post-cosecha puede ayudar a reducir el daño ambiental causado por el uso de carbón o combustibles fósiles para el secado de cultivos y también puede ayudar a reducir los costes asociados con el uso de estos combustibles y por lo tanto el coste del producto. La ayuda para mejorar y proteger los productos también tiene efectos beneficiosos en la salud y la alimentación.

El horno solar de madera se desarrolló para la preparación de la madera. El horno solar está construido usando un marco de madera con un techo de vidrio situado en la parte superior. Los principios son similares a los del diseño de los invernaderos. Los más simples son invernaderos modificados diseñados para admitir piezas de madera de gran tamaño para su secado. El aire pasa a través del horno para eliminar la humedad y el ciclo continúa.

### **Cocina solar**

Las cocinas solares se pueden clasificar en dos categorías principales – hornos solares y concentradores solares directos. El diseño básico de un horno solar es una caja con una cubierta de cristal. La caja está recubierta con un aislante y se aplica una superficie reflectora para concentrar el calor en las ollas. La otra alternativa es reflejar los rayos de sol en la olla, frecuentemente con un disco parabólico. Las ollas pueden pintarse de negro para mejorar la absorción de calor.

Las cocinas solares domésticas tienen limitaciones en el sentido de que sólo pueden ser efectivas durante las horas de máxima intensidad luminosa. Normalmente se requiere otra cocina para los periodos nublados o durante las mañanas y noches. El tiempo para cocinar es con frecuencia mucho más largo que en las cocinas convencionales y la práctica de la cocina tiene que ser adaptada a estos sistemas. No obstante, la principal ventaja de las cocinas solares es que no hay que comprar ni recolectar madera, lo cual es frecuentemente una actividad que consume mucho tiempo a las mujeres.

Se han desarrollado muchas variaciones de la cocina solar desde la más básica caja de cartón reflector a las más sofisticadas cocinas comerciales de gran escala usadas en India en la actualidad.

### **Desalación /Destilación**

Destiladores solares sencillos pueden usarse para purificar agua en regiones remotas donde el agua presente está contaminada. Se pueden usar para eliminar impurezas como fluoruros y sales para producir agua potable.

El destilador básico está construido con una cubierta de cristal o plástico y una bandeja de agua poco profunda la cual tiene una capa de color negro para atrapar energía. Cuando el sol calienta el agua, ésta se evapora y asciende hasta entrar en contacto con la parte interior de la cubierta de cristal donde condensa. El cristal está inclinado cierto ángulo de forma que el agua drene hacia fuera y es capturada en una cubeta separándola así del agua contaminada.

La destilación solar se puede combinar con otras funciones útiles de forma que el destilador solar con alguna leve modificación se puede usar también para recolectar agua de lluvia.

### **Pasteurización solar**

En pasteurización, el agua se calienta a 65°C durante 6 minutos, matando de esta forma todos los gérmenes, virus y parásitos que pueden causar enfermedades en humanos, incluyendo cólera y hepatitis A y B. Esto es similar a lo que se hace con leche y otras bebidas. No es necesario hervir el agua, como mucha gente piensa. La pasteurización no es la única forma de descontaminar agua potable, pero es particularmente fácil de reducir la escala a la que se hace, de forma que el coste inicial es bajo.

*The Solar Puddle - A New Water Pasteurization Technique* Boiling Point No. 36 - November 1995, GTZ, Practical Action.

### Refrigeración /Enfriamiento

La preservación de cultivos y alimentos puede mejorarse con sistemas relativamente sencillos de enfriamiento por evaporación. Este enfoque conserva los productos frescos a través de la evaporación de agua como método para reducir la temperatura, minimizando el impacto de la energía solar. El enfriamiento por evaporación funciona mejor en climas secos, cuanto mayor es la cantidad de humedad en el aire menos eficiente es la reducción de temperatura. Un enfoque similar se usa para mantener el frío en casas, colocando una vasija cerámica conteniendo agua in las ventanas y permitiendo el aire soplar sobre la vasija conforme entra en la casa. Esto da como resultado un ambiente más fresco y húmedo en la habitación.

### Energía solar térmica en arquitectura

Existen dos requerimientos básicos dentro de edificaciones - calefacción y refrigeración. Se han hecho muchos avances tecnológicos en el diseño de “edificaciones solares” para la calefacción solar en países desarrollados, pero estos sistemas son frecuentemente caros e inalcanzables para comunidades rurales de países en desarrollo.

#### Refrigeración de espacios.

La mayoría de los países en desarrollo del mundo, no obstante, están situados en la zona tropical y no necesitan calefacción pero hay demanda para espacios de refrigeración. Hay muchos sistemas tradicionales, sencillos y elegantes para enfriar viviendas, con frecuencia usando efectos provocados por un fenómeno solar pasivo.

Hay muchos métodos para minimizar el calor ganado. Estos incluyen situar las viviendas en la sombra o cerca de agua, usar vegetación y el terreno para dirigir el viento hacia el interior de la edificación, buena planificación urbana para optimizar el viento dominante y las sombras disponibles. Los edificios se pueden diseñar para un clima determinado – techos abovedados y estructuras térmicas enormes en climas cálidos secos, ventanas sombreadas y cerradas para prevenir la absorción de calor, casas con estructuras abiertas de bambú en zonas templadas húmedas. En algunos países las viviendas se construyen por debajo del nivel del suelo aprovechando las bajas y estables temperaturas del suelo circundante. Hay tantas opciones como personas.

#### Calefacción de espacios.

En áreas más frías del mundo (incluyendo zonas de altura situadas en la franja tropical) con frecuencia se necesita calefacción en los meses de invierno. Cantidades ingentes de energía se pueden usar para este propósito. Si los edificios se diseñan cuidadosamente para aprovechar al máximo la insolación que reciben, entonces muchas de las necesidades de calor se pueden conseguir solo con la energía solar absorbida. Simplemente incorporando ciertos principios sencillos de diseño una nueva vivienda puede hacerse eficiente energéticamente y cómoda de ser habitada. La mayoría de estos sistemas están basados en la arquitectura y son de naturaleza pasiva. El uso de materiales de construcción con alta capacidad calorífica (que almacena calor), buenos aislamientos y grandes acristalamientos pueden aumentar la capacidad de un edificio para capturar y almacenar el calor del sol. Existen muchos sistemas para ayudar la calefacción diurna, pero el almacenamiento estacional es más difícil y caro.

Para que un sistema solar pasivo sea efectivo hay una serie de recomendaciones que deben tenerse en cuenta,

- una construcción debe tener grandes acristalamientos mirando al sol para maximizar la absorción de energía solar
- algunos elementos deben ser introducidos para regular la entrada de calor y de esa forma impedir que la construcción se sobrecaliente
- una construcción debe tener la masa suficiente para permitir el almacenamiento de calor durante el período requerido
- debe tener elementos que faciliten una distribución uniforme del calor en toda la edificación

Un ejemplo de un sistema pasivo sencillo para la calefacción de espacios es la pared Trombe. Una pared grande pintada de negro con una piel de doble acristalamiento para impedir que la energía absorbida se escape. La pared tiene ventilación para permitir que el aire templado entre en la habitación por la parte superior y el aire frío entre en la cavidad que queda entre la pared y el acristalamiento. El calor almacenado durante el día es radiado hacia el interior de la habitación durante la noche. Este tipo de sistemas es útil en zonas donde las noches son frías pero los días son templados y soleados.

### Invernaderos

Es posible aumentar la diversidad de cultivos que crecen en áreas montañosas y por lo tanto mejorar el balance nutricional de las dietas familiares mediante el uso de sencillos invernaderos. No obstante, los materiales de bajo coste como las planchas de polietileno y los postes y armaduras de madera son vulnerables de dañarse en las duras condiciones climáticas de las regiones montañosas.

### Invernadero de agua salada

Es una aplicación de la energía solar en la que se combinan el enfriamiento por evaporación y la desalación para producir y optimizar el ambiente para el cultivo en regiones áridas cálidas y producir agua potable.

El agua salada entra en unos evaporadores porosos de cartón y el aire humidificado es extraído hacia el invernadero. Esto proporciona un efecto de enfriamiento que reduce la temperatura dentro del invernadero. Al otro extremo del invernadero un condensador de plástico captura el agua limpia del aire. El condensador usa agua salada fría como refrigerante.

El invernadero está hecho de una estructura ligera de acero con una cubierta de polietileno. El polietileno se trata para incorporar materiales reflectores de rayos ultravioletas y absorbentes de radiación infrarroja. Los evaporadores de cartón se refuerzan con el carbonato cálcico precipitado procedente del agua salada.

<http://www.seawatergreenhouse.com/>

## Aplicaciones menos comunes

### Bombeo de agua solar –termodinámico

Muchos sistemas solares de bombeo de agua están basados en sistemas fotovoltaicos combinados con un sistema de almacenamiento de baterías y una bomba eléctrica. Los sistemas termodinámicos solares usan el calor del sol para accionar la bomba.

El sistema se puede dividir en los siguientes componentes

- El colector solar que convierte la radiación en calor
- El motor térmico que usa un ciclo termodinámico para convertir el calor en energía mecánica
- La bomba
- El sistema de almacenamiento y distribución de agua

Para convertir la energía térmica en bombeo mecánico se usa un motor térmico que puede estar basado en un ciclo Rankine o un ciclo Stirling. Estos motores operan a través del uso de fuentes de calor externas incluyendo energía solar, pero se puede utilizar cualquier otra fuente de energía. Además de para accionar una bomba de agua estos motores térmicos se pueden usar en otras aplicaciones y pueden generar electricidad en combinación con un generador.

### La lavadora solar

La lavadora industrial solar fue desarrollada por FAKT, Energética (una ONG Boliviana), y PROPER (un consorcio entre GTZ y el Ministerio de Energía Boliviano). El agua se calienta mediante energía solar.

La primera lavadora fue instalada en el hospital de Tipuipaya, Bolivia, en 1996 para sustituir el lavado a mano. La factura de electricidad del hospital constituía la tercera parte del presupuesto del hospital, por lo que una lavadora convencional hubiera sido demasiado costosa.

Este sistema permitió doblar la cantidad de lavados, pero había algunas dificultades para eliminar manchas de sangre lo que significaba que era necesario algo de pre-lavado.

[http://www.energetica.info/paginas/general/pagina\\_principal.php?pagina=proyectos\\_ficha&pagina\\_cuadro=proyectos\\_comunidad&proyecto\\_id=30](http://www.energetica.info/paginas/general/pagina_principal.php?pagina=proyectos_ficha&pagina_cuadro=proyectos_comunidad&proyecto_id=30)

### Otros usos

Existen otras muchas aplicaciones para sistema térmicos solares como estaciones solares térmicas para la generación de electricidad. Estos son sistemas complejos que requieren una importante inversión de capital y no han sido cubiertos en este informe. Muchos de los sistemas solares activos necesitan de materiales sofisticados, exóticos y modernos para su producción. Esto constituye un problema in países en desarrollo donde esos materiales tienen que ser importados. Algunos países si tienen alguna base para la producción de productos solares térmicos pero es normalmente pequeña y en ningún caso ampliamente distribuido.

El mercado para productos solares en países en desarrollo, como los calefactores solares de agua, es pequeño pero creciente.

### Referencias

#### Artículos e informes

*Ficha técnica N° 13: Secado Solar*

[http://www.solucionespracticas.org.pe/ver\\_ft.php?idcate=31&id=73](http://www.solucionespracticas.org.pe/ver_ft.php?idcate=31&id=73)

#### Publicaciones

*Calefacción Solar Para Regiones Frías*

<http://www.solucionespracticas.org.pe/publicacionessp/publicacion.php?id=MTU=>

Soluciones Prácticas  
Apartado Postal 18-0620  
Lima 18  
Perú  
Teléfonos: (511) 447-5127,  
444-7055, 446-7324  
E-mail: [info@solucionespracticas.org.pe](mailto:info@solucionespracticas.org.pe)  
Website: [www.solucionespracticas.org](http://www.solucionespracticas.org)

Practical Action  
The Schumacher Centre for Technology and Development  
Bourton-on-Dunsmore  
Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ  
Reino Unido  
E-mail: [inforsew@practicalaction.org.uk](mailto:inforsew@practicalaction.org.uk)  
Website: <http://practicalaction.org/practicalanswers/>

Soluciones Prácticas es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos, mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas.

No ponemos en primer lugar a la tecnología, sino a las personas. Las herramientas pueden ser simples o sofisticadas, pero proveen respuestas apropiadas, prácticas y de largo plazo; deben estar firmemente bajo el control de las poblaciones locales; son ellas quienes les dan forma y las utilizan para su propio beneficio.