

# Instalaciones de energía solar en países en vías de desarrollo: reflectores Scheffler en la India

Marta Pahissa

Los últimos datos del Mauna Loa Observatory en Hawaii (US National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA), indican que la concentración media de CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre en 2003 ha alcanzado los 376 ppm. A finales de 1950, NOAA empezó a registrar la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico que se situaba en los 315 ppm; y desde entonces este nivel ha ido aumentando alrededor de 1,5 ppm anuales durante las últimas décadas. Pero este último estudio señala que el incremento durante los años 2002 y 2003 se ha acelerado y se sitúa en 2,5 ppm.<sup>1</sup> Los científicos del NOAA sugieren que el uso de combustibles fósiles en las economías en desarrollo de India y China<sup>2</sup> ha sido un factor clave en este marcado incremento.<sup>3</sup> Y las perspectivas no son tranquilizadoras, aun-

que más de una tercera parte de la población mundial vive en India y China actualmente sólo representan el 13% del consumo de energía en el mundo. El uso de energía va creciendo con gran celeridad y los dos países confían básicamente en el carbón: China para obtener más del 70% de su energía comercial, e India para el 50%. La Agencia Internacional de la Energía calcula que el aumento de la demanda de energía en estos dos países representará más de las 2/3 partes del incremento previsto en la utilización de carbón hasta 2030.

Entre 1850 y 1970 se ha multiplicado por más de 3 el número de habitantes de la Tierra y por 12 la energía consumida. En el 2002, la población había crecido otro 68% y el consumo de combustibles fósiles, un 73% más.<sup>4</sup> Globalmente, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de la Tierra ha aumentado un 31% desde 1750, y este gas es el responsable del 80% del aumento del efecto invernadero que contribuye al calentamiento global. Los actuales niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub> son los más elevados de los últimos siglos y las causas de esta concentración residen principalmente en la quema de combustibles fósiles (de toda la energía que consumimos, el 77% la obtenemos quemando carbón, gas o derivados del petróleo), aunque los cambios en el uso de la tierra, sobre todo la deforestación, también ha contribuido a este aumento. Son constantes las llamadas a la reducción urgente de las emisiones de CO<sub>2</sub> para frenar el calentamiento global y, con el texto del Protocolo de Kyoto en mano, se propone reducir estos niveles promoviendo límites de emisión de gases de efecto invernadero, además del incremento en la eficiencia y el giro hacia un uso mayoritario de fuentes de energía limpias y renovables. Es una falacia argumentar que la contaminación es el precio a pagar por el llamado progreso económico, un mayor consumo de energía no es directamente un requisito previo para el crecimiento económico. La experiencia a principios de la década de los setenta, cuando durante la primera crisis mundial de petróleo se disparó el precio y gobiernos y consumidores reacciona-

<sup>1</sup> Las proyecciones del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) indican que las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se situarán entre 650 y 970 ppm en el 2100. Como consecuencia, las temperaturas globales subirán entre 6 y 7°C según los niveles de 1990.

<sup>2</sup> Datos publicados en «New Scientist» marzo 2004.

<sup>3</sup> Actualmente los principales contaminadores de CO<sub>2</sub> son los países del G8 —las 7 economías líderes mundiales (Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Reino Unido y EEUU) más Rusia— que emiten el 48,7% de las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales de 1999.

<sup>4</sup> «State of the World 2004», WorldWatch Institute.

Consumo de energía y emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) al año en una selección de países				
País	Energía comercial (toneladas equivalentes)	Petróleo (barriles por día y por 1.000 habitantes)	Electricidad (kWh por persona)	Emisiones de dióxido de carbono (toneladas CO <sub>2</sub> por persona)
EUA	8,1	70,2	12.331	19,7
Japón	4,1	40,0	7.628	9,1
Alemania	4,1	32,5	5.963	9,7
Polonia	2,4	10,9	2.511	8,1
Brasil	1,1	10,5	1.878	1,8
China (sin Hong Kong)	0,9	4,2	827	2,3
India	0,5	2,0	355	1,1
Etiopía	0,3	0,3	22	0,1

Fuente: WorldWatch Institute, 2003.

ron estableciendo estándares de eficiencia y conservando el combustible, nos muestra como entre 1970 y 1997 la intensidad mundial en el uso de la energía disminuyó un 28% a medida que continuaba aumentando la producción económica. Pero actualmente la eficiencia mediana mundial de conversión de energía primaria en útil alcanza solamente el 28%. Y las diferencias se acentúan cada vez más: la población más rica del mundo usa 25 veces más energía por persona que la población más pobre.

En el ámbito internacional, varias voces se levantan resaltando la importancia de promover el uso de las energías que provienen de fuentes renovables, *también*, en los países en vías de desarrollo: «Entregar formas más limpias y menos contaminantes de energía a las partes más pobres del mundo es absolutamente crucial para combatir la pobreza, ayudar a reducir las emisiones de contaminantes relacionadas con un aire poco sano en casa y en el campo, y combatir el calentamiento global. La falta de energía tiene otras consecuencias ambientales severas. Quienes no tienen acceso a electricidad se ven forzados a talar árboles para obtener leña como combustible para cocinar, acelerando los impactos al suelo mediante la erosión y la pérdida de la vida silvestre mundial». <sup>5</sup> Desde organizaciones ecologistas, como WWF, se propone utilizar directamente las herramientas

previstas para ello: «Los países en vías de desarrollo tienen la oportunidad de evitar los errores de los industrializados, pasándose a las tecnologías limpias. Utilizado adecuadamente, el MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) <sup>6</sup> puede constituirse en un trampolín para el cambio tecnológico. El MDL debe hacer honor a su nombre. Los gobiernos deben rechazar las normativas que pueden constituir nuevas vías para que los países industrializados vuelquen y rentabilicen en los países en vías de desarrollo viejas tecnologías desfasadas como las centrales nucleares, térmicas o grandes complejos hidroeléctricos». <sup>7</sup> El WWF apun-

<sup>5</sup> Director Ejecutivo de PNUMA, Klaus Töpfer, en la presentación del proyecto SWERA, iniciativa para desarrollar energías limpias en naciones en vías de desarrollo al cual se destinaron 6,7 millones de US\$ del Fondo Global Ambiental (GEF).

<sup>6</sup> El MDL se estableció dentro del Protocolo de Kyoto, acordado en 1997. Su objetivo es promover el desarrollo sostenible en los países en vías de desarrollo, permitiendo a los países industrializados financiar proyectos que limiten las emisiones de gases invernadero en el mundo no desarrollado. Los países industrializados pueden contar estas reducciones como créditos para sus compromisos de Kyoto.

<sup>7</sup> Jennifer Morgan, Directora de la Campaña de Cambio Climático de WWF «Keeping it clean! How the Kyoto Protocol's Clean Development Mechanism can Promote Sustainable Development in the South» (abril 2000).

ta, entre las tecnologías de energías renovables para las que pide prioridad dentro de los Mecanismos de Desarrollo Limpios, las cocinas solares.<sup>8</sup>

Entre la multiplicidad de proyectos posibles a realizar con energías renovables, condicionados por el también variado y amplio espectro de voluntades gubernamentales más o menos ciertas, debe destacarse que los proyectos de energía renovable a *pequeña escala* proporcionan beneficios locales muy significativos a nivel ambiental y socioeconómico. Existe un gran potencial para la implementación de estos proyectos en países en vías de desarrollo, que a la vez son herramientas básicas para favorecer la fundamental descentralización y democratización de los sistemas energéticos, los proyectos a pequeña escala no deberían ser marginados como meros proyectos testimoniales incapaces de dar respuesta a las necesidades energéticas puesto que son capaces de diseminarse con facilidad y de forma efectiva, y generar inercias transformadoras en el seno de una nación. Por ejemplo en África, el 26% de las plantas de generación recientemente instaladas o en construcción son de menos de 5 MW, y el 39% de menos de 15 MW.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> El listado resumido de WWF/Adena de tecnologías para las que se pide prioridad dentro del MDL incluye en el apartado de fuentes de energías renovables: energía eólica, biogás, energía geotérmica, gasificación de biomasa, minicentrales menores de 10 MW, energía solar fotovoltaica, termo-solar, termo-eléctrica solar, cocinas eficientes en combustible, cocinas solares, energía mareomotriz y células de combustible renovables. Como tecnologías de demanda se priorizan: electrodomésticos energéticamente eficientes (frigoríficos, lavadoras, iluminación, aire acondicionado) y plantas industriales energéticamente eficientes (pulpa y papel, cogeneración).

<sup>9</sup> «Baselines for Renewable Energy Projects under Clean Development Mechanism». Ministry of Non-Conventional Energy Sources (2003, India)

<sup>10</sup> La energía producida asciende a 438,10 Mtoe, y el valor de las importaciones netas a 90,98. El valor de TPES (Total Primary Energy Supply) se obtiene de sumar la producción nacional + importaciones - exportaciones — búnkers internacionales marinos.

<sup>11</sup> Consumo eléctrico = Producción bruta + importaciones – exportaciones – pérdidas de transmisión y distribución.

<sup>12</sup> Government of India. Ministry Of Power Central Electricity Authority Operation Monitoring Division (Marzo 2004)

<sup>13</sup> Datos del India Meteorological Department

<sup>14</sup> Datos de «Key World Energy Statistics 2003» (IEA)

<sup>15</sup> Las emisiones se calcularon usando los balances de energía del IEA y las directrices revisadas de 1996 del IPCC

## NECESIDADES ENERGÉTICAS: EL EJEMPLO DE INDIA

La disponibilidad de energía, aunque no el único, es uno de los ingredientes esenciales para el desarrollo socio-económico de un país. Como consecuencia, mejorar los niveles de vida y promover el crecimiento económico implica, en parte, aumentar la demanda energética. Con una población de 1.032,36 millones de personas (2001), India tiene un suministro de energía primaria total anual (TPES) de 531,45 Mtoe<sup>10</sup> (6.180 TWh) y un consumo eléctrico de 421,36 TWh.<sup>11</sup> Para abastecer su demanda, India es profundamente dependiente de la importación de combustible. El Ministry of Non-Conventional Energy Sources (MNES) —el único ministerio del mundo dedicado exclusivamente a la promoción de las fuentes de energía renovables—, calcula que el país importa el 25% de su energía primaria, valor que alcanzará el 35-40% en el 2012. En India existen 75 centrales térmicas de carbón, que tienen una capacidad de generación de 58.889 MW, con un stock de carbón disponible de 9.719 Mt.<sup>12</sup>

Por otro lado, India se encuentra en el llamado cinturón solar de la Tierra, y recibe la energía solar equivalente a más de 5 millones TWh/año, lo que queda muy lejos del consumo nacional total de energía. Con una media de entre 2.300 y 3.200 horas de radiación solar anual, la incidencia media de energía solar en el territorio oscila entre 4-7 kWh/m<sup>2</sup> por día.<sup>13</sup> Aún así, India es el 7º importador en volumen de petróleo (79 Mt) por delante de China y España (2001), el 3º productor mundial de carbón (334 Mt), por detrás de China (1.326 Mt) y USA (917 Mt), y el 6º importador de carbón mundial.<sup>14</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas únicamente a la combustión de fuel, ascienden a 1.013 Mt anuales,<sup>15</sup> aún muy por debajo de la media mundial que se sitúa en los 3,85 toneladas de CO<sub>2</sub> por cápita. Por otra parte, dentro del mismo país existen extraordinarias desigualdades, mientras la clase consumidora crece con rapidez y acumula coches y electrodomésticos, el 48% de las familias no disponen de una vivienda estable. Igualmente, y debido a la baja eficiencia de combustibles y tecnologías, la proporción de consumo de energía en las viviendas es de los más elevados de Asia (representa el 50% de la energía del país), en comparación con China (40%) o los hogares de países in-

dustrializados, donde esta proporción oscila entre el 15% y el 25%.<sup>16</sup>

Actualmente India tiene una escasez en pico de demanda de cerca el 14%, y un déficit de energía del 8,4%.<sup>17</sup> El gobierno indio, a través del Ministry of Power ha desarrollado la agenda para el plan «Power to All», que propone la adición de 100.000 MW en la capacidad nacional de generación de energía en el muy próximo horizonte de 2012, manteniendo el crecimiento del PIB entre 8-10%. Se prevé fomentar principalmente la inversión en el sector de la generación hidráulica, conectar todos los pueblos a la red eléctrica en el 2007, y que en 2012 todos los hogares indios dispongan de electricidad. Además, debido a que los principales recursos hídricos se encuentran en la región nororiental del Himalaya y las fuentes de carbón en el área central y este del país, también se proyecta aumentar de 8.000 MW a 23.500 MW la capacidad de transferencia de la red.<sup>18</sup>

<b>Capacidad instalada (en MW) en las empresas de energía en India (31/1/2003)</b>	
Hidráulica	26.660
Térmica	76.525
Carbón	63.800
Gas	11.561
Diesel	1.162
Eólica	1.628
Nuclear	2.720
<b>Total</b>	<b>107.533</b>
Del total, el 59% es propiedad de los Estados, el 11% es de capital privado y el 31% pertenece al Gobierno central.	

Por su parte, el MNES pretende incrementar la generación de energía a partir de fuentes renovables hasta conseguir a la larga el potencial total que estima en 100.000 MW. Pero a medio término, con el mismo horizonte de 2012, los objetivos se orientan a proveer de electricidad a 18.000 pueblos situados en áreas remotas no conectadas a la red, y a conseguir que un mínimo del 10% o 10.000 MW del total de la capacidad energética nacional proyectada provenga de fuentes reno-

vables. Para ello, en su programa prioriza proyectos para el suministro descentralizado de energía a partir de fuentes renovables y clasifica los sectores de producción de energía según se obtenga energía mecánica (molinos de viento, de agua, o bombas alimentadas con energía eólica o solar), o se obtenga energía térmica, incluyendo aquellas tecnologías que permitan desplazar el uso de combustibles fósiles o biomasa de fuentes no renovables. En esta última categoría se encuentran los calentadores y secadores solares, la energía derivada de la biomasa para el calentamiento de agua o aire y las cocinas solares.

Mientras, en este escenario el empresariado indio ha invertido en el sector de las renovables de forma creciente durante las dos últimas décadas. La producción anual de turbinas industriales eólicas es de 500 MW, se fabrican 80.000 m<sup>2</sup> anuales de colectores solares térmicos, existen 30 fabricantes de cocinas solares de varios tipos, 10 compañías producen equipos para proyectos de generación hidroeléctrica a pequeña escala, hay seis productores de gasificadores de biomasa y, en el área de la energía solar fotovoltaica, ocho compañías fabrican células solares, 20 producen módulos fotovoltaicos y 45 producen variedades del sistema fotovoltaico.<sup>19</sup>

## UNA DE LAS RESPUESTAS A LA DEMANDA ENERGÉTICA: LAS COCINAS SOLARES

Una actividad tan aparentemente inofensiva como cocinar genera una importante cantidad de emisiones a la atmósfera. Una familia puede consumir fácilmente una media de 4 toneladas de leña para cocinar, que liberan cerca de 7,2 toneladas de CO<sub>2</sub>. En términos generales, y teniendo en cuenta que en el mundo entre 2.000 y 2.500 millones de personas cocinan con fuego en el suelo y el resto con sistemas más eficientes pero que también generan emisiones, cerca del 15% de las aproximadas 6.000 toneladas de carbono que anualmente liberamos a la atmósfe-

<sup>16</sup> En África, la proporción es aún mayor que en el contexto asiático.

<sup>17</sup> «Thermal power generation: Key issues in India», TERI (2001).

<sup>18</sup> «Annual Report 2002-2003» Ministry of Power (India).

<sup>19</sup> «Annual Report 2002-2003». Ministry of Non-Conventional Energy Sources (India).

Fuentes de energía renovables. Usos potenciales y logros				
	Energía potencial estimada	Energía instalada (31-12-2002)	Energía instalada (31-12-2003)	Posición de la India en el mundo
Plantas de biogás	12.000.000 unidades	3.370.000 unidades	3.440.000 unidades	2
Cocinas eficientes (chulhas)	120.000.000 unidades	33.900.000 unidades	35.200.000 unidades	2
Energía eólica	45.000 MW	1.702 MW	1.870 MW	5
Pequeñas centrales hidráulicas (hasta 25 MW)	15.000 MW	1.463 MW	1.519,28 MW	10
Energía de la biomasa / Cogeneración	19.500 MW	468 MW	537,17 MW	4
Gasificadores de biomasa		53 MW	53.40 MW	1
Células fotovoltaicas	20 MW/km <sup>2</sup>	107 MW*	121 MW **	5
Calentadores solares de agua	140.000.000 m <sup>2</sup> área colectora	680.000 m <sup>2</sup> área colectora	700.000 m <sup>2</sup> área colectora	2
Cocinas solares de caja		525.000 unidades	530.000 unidades	1
Cocinas solares parabólicas			500 unidades	
Cocinas solares comunitarias			60 unidades	1
Sistemas de cocción con vapor solar			6 unidades	1

(\*) De éstos, 46 MW de células fotovoltaicas producidas han sido exportadas (\*\*) 2,50 MW de energía solar fotovoltaica generada son conectados directamente a la red.

Fuente: «Renewable Energy Monitor. Annual Report 2002-2003». Ministry of Non-Conventional Energy Sources (MNES - India).

ra, son causadas por la cocción. Además de dar respuesta a la necesidad de hacer frente a la creciente demanda energética y a la voluntad de algunos gobiernos de optar por energías renovables y una estrategia de sistema energético descentralizado, la cocción solar también responde como herramienta práctica para ahorrar notables cantidades del combustible convencional, aunque no pueda sustituirlo completamente.

Actualmente un tercio de la humanidad depende de la leña para cocinar. En las zonas rurales de los países en desarrollo, mujeres y niños tienen que caminar entre una y cinco horas diariamente para reunir suficiente leña, y en algunas ciudades el precio de la leña sube tanto que supera el precio de los alimentos que se van a cocinar. Mujeres y niños son los principales recolectores de leña, estiércol y rastrojos que representa una media del 80% del total de energía consumida en los hogares de los países en vías de desarrollo de Asia (40% en Amé-

rica Latina y 60% en África). Cerca del 50% de los 3.200 millones de toneladas de madera recolectada en todo el planeta se quema como combustible y, en algunos lugares, esta proporción llega a las 4/5 partes. Las tasas de deforestación son muy elevadas en todo el mundo (11,4% en Asia, 9,6% en África occidental y 14% en América central) y la deforestación causada estrictamente por la tala de leña como combustible para cocción se calcula en unos 25.000 Km<sup>2</sup>/año. Según la FAO, India es el principal consumidor de madera como combustible en el mundo. Se estima que, a nivel nacional, la leña provee casi el 60% de la energía consumida en áreas rurales y alrededor del 35% de la energía total en áreas urbanas. Una comunidad rural tipo de un país no desarrollado destina el 89% de su consumo energético a la cocción de alimentos cuando, curiosamente, en muchos de estos lugares la radiación solar es del orden de los 5,5 kWh/m<sup>2</sup>. Usando el sol se puede ahorrar tiempo y dinero, además de evitar la deforestación, la contaminación por combustión y prevenir problemas de salud causados por el humo del fuego. El tradicional fuego en el

<sup>20</sup> «Cocina solar» Perspectiva Ambiental 25. Fundación Tierra (2002) <http://www.ecoterra.org>.

Algunos de los modelos de cocinas solares más extendidos en India				
Tipo	Usos	Platos cocinados	Ahorro anual en cilindros de gas butano con uso óptimo <sup>21</sup>	Algunas características
Cocina solar de caja (acumulación)	Ingenio de cocción útil para familias pequeñas	4	3-4	Ideal para uso doméstico todo el año menos la época del monzón
Cocina parabólica SK (concentración)	Cocción rápida para casas o establecimientos pequeños	10-15	5-10	Altas prestaciones y fácil transporte
Cocina solar de cartón (concentración y acumulación)	Cocción lenta con buen sol y poco viento	1-2		Bajo coste y fácilmente transportable
Cocinas comunitarias Scheffler (concentración)	Cocción rápida y seguimiento solar automático	40-50	35-40	Permite la cocción en el interior del edificio

Fuente: MNES (2003).

suelo rinde cerca del 5%, el resto de energía se disipa, y la cocina de leña aprovecha un máximo del 25% del calor de la madera seca para cocinar. Las cocinas de gas butano actuales permiten aprovechar hasta un 30%. Con una cocina solar, se pueden conseguir eficiencias de hasta el 50%.<sup>20</sup>

Las cocinas solares se dividen según la forma de utilizar la energía del sol que captan; así, fundamentalmente encontramos las cocinas solares de acumulación o las cocinas solares de concentración. Las primeras atrapan la radiación solar a través del efecto invernadero y hacen de horno, con unas temperaturas de trabajo de entre 80 y 160°C. Las de concentración aprovechan la propiedad de reflexión de una pared parabólica y alcanzan temperaturas de más de 200°C, permitiendo freír los alimentos.

### LOS REFLECTORES SOLARES SCHEFFLER: LA COCINA SOLAR COMUNITARIA

El objetivo que condujo al desarrollo de los reflectores Scheffler fue hacer la cocción solar lo más cómoda posible. Para que cocinar con el sol resultara sencillo y práctico, el emplazamiento del fogón debía ser *fijo* y preferentemente *dentro de la mis-*

*ma casa*. Con esta idea se desarrolló un reflector parabólico que, situado delante del edificio de la cocina, captara la energía solar y concentrara los rayos solares en un punto determinado e inmóvil (el foco), además de rotar de forma sincronizada con el sol en torno a un eje paralelo al eje terrestre. Al mismo tiempo, se pretendía que esta herramienta pudiera ser elaborada en cualquier taller de soldadura rural con *materiales asequibles localmente* en países en vías de desarrollo, de manera que el material de la estructura es de acero —utilizándose perfiles de medidas comunes para la construcción de muebles o conducciones que pueden adquirirse en cualquier lugar a un precio relativamente económico—, y para la superficie reflectora se utilizan espejos de vidrio. Finalmente, con este tipo de cocina solar se pretendía dar respuesta a los grandes volúmenes de cocción habituales en las cocinas de instituciones con *comedores comunitarios* que los anteriores modelos de cocina solar no podían solucionar. Después de 19 años de desarrollo de la tecnología, actualmente el reflector parabólico Scheffler se está aplicando a instalaciones en todo el mundo que requieran energía calorífica y deseen usar la energía solar, ya sean grandes come-

<sup>21</sup> Se calcula con la bombona doméstica india de 14,2 kg de gas butano (valor energético medio de gas butano 1,130 toe/tonelada).



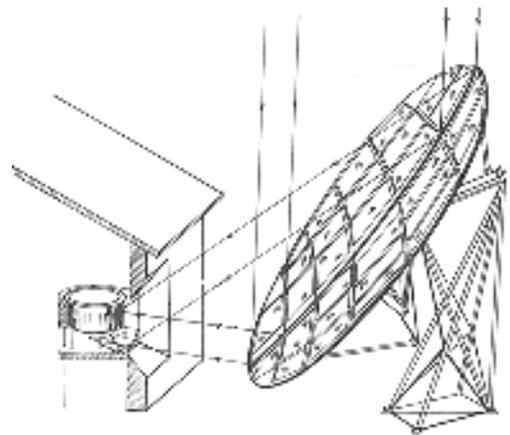
Reflectores Scheffler de 7,5m<sup>2</sup> en la cocina del Barli Development Institute for Rural Women, que cocinan para 60-80 personas diariamente.

dores, secaderos, sistemas de esterilización, acumuladores de calor o hasta lavanderías con vapor solar.

La primera cocina solar parabólica comunitaria fue construida por el austriaco Wolfgang Scheffler en 1986, en una misión católica en el norte de Kenia y aún está en uso. Desde entonces, la tecnología ha sido sometida a continuos desarrollos y múltiples aplicaciones, de manera que el número de reflectores construidos e instalados aumenta de año en año. Hasta 2003 se calcula que se han instalado aproximadamente 720 reflectores Scheffler en 21 países y existen unas 90 cocinas comunitarias utilizando esta tecnología, entre ellas ocho grandes instalaciones con funcionamiento por vapor de agua de hasta 106 reflectores en una sola instalación.

Las *ventajas* de las cocinas solares comunitarias o reflectores Scheffler son múltiples. El empleo de *materiales económicos*, herramientas y procesos laborales simples, en combinación con un producto que presenta calidades de «alta tecnología»,

posibilita la *producción local* de proyectos con poca inversión de capital y beneficios a largo plazo.<sup>22</sup> Además, el reflector Scheffler posibilita la cocción solar para *comunidades* (hasta 40 personas con 1 reflector, aunque se pueden instalar varios reflectores si se precisa mayor poder de cocción), permite la cocción en el *interior* de la cocina (no es necesario que el cocinero salga al exterior, sino que los rayos solares se concentran en el interior del edificio, debajo de la olla) y, debido a las altas temperaturas en el punto focal, el *poder de cocción* es superior al de otras cocinas solares. Al permitir la posibilidad de freír, a diferencia de las cocinas solares de acumulación, es posible preparar casi todos los *platos tradicionales* indios, incluso chapatis, pures, dhosa, etc. El reflector parabólico Scheffler dispone también de un ingenio de *seguimiento solar mecánico* que realiza la rotación del reflector siguiendo la trayectoria solar, de esta manera, el cocinero sólo debe ajustar la posición del reflector por la mañana y dejarlo que vaya rotando automáticamente durante el resto del día. Otra de las ventajas del reflector Scheffler son sus *múltiples usos*; el más extendido es la generación de agua caliente, simplemente añadiendo un pequeño dispositivo y un tanque de almacenaje de agua caliente que puede funcionar cuando el cocinero no está utilizando el reflector para la cocción de alimentos.



Esquema del funcionamiento de un reflector Scheffler aplicado a cocción solar directa.

<sup>22</sup> El MNES promueve la cocción solar subvencionando al usuario final hasta el 50% del precio de las cocinas de concentración y de los reflectores solares para cocinas comunitarias. Se calcula que con esta subvención, el periodo de retorno oscila entre cuatro y cinco años. La vida media del reflector es de unos 20 años para la estructura de hierro, y un mínimo de cinco años para los espejos.

Algunos datos técnicos referentes al reflector Scheffler de 8 m <sup>2</sup>	
Temperatura máxima alcanzada en el foco	1000°C
Rendimiento óptico máximo (con equipamiento de espejos de vidrio claro / espejos de vidrio normal)	84% / 75%
Potencia de cocción media a lo largo del año (radiación de 700W/m <sup>2</sup> y espejos de vidrio normal)	2,2kW (1,7 kW en verano y 2,5 kW en invierno)
Número de reflectores en la mayor cocina construida hasta el momento	106
Número máximo de personas alimentadas en una única instalación	18.000
Costes de material para un reflector en la India	aprox. 500 dólares USA
Número total de reflectores instalados en todo el mundo (2003)	más de 720

Según la aplicación y los requerimientos energéticos, el tamaño del reflector Scheffler puede ser diferente: 2,7 m<sup>2</sup>, 7,5 m<sup>2</sup>, 9,6 m<sup>2</sup> y 12,6 m<sup>2</sup> (éste último con una distancia focal mayor, para evitar problemas de sombra con los edificios adyacentes), lo que proporciona una potencia diferente. También el contexto donde los reflectores van a ser utilizados, modifica su estructura; por ejemplo, los reflectores Scheffler de 2 m<sup>2</sup> destinados a usuarios domésticos en Europa se construyen totalmente de aluminio y el mecanismo de seguimiento solar se realiza con un motor alimentado con energía fotovoltaica. Actualmente el reflector Scheffler de mayor tamaño construido se encuentra en el estado de Gujarat (India), donde se ha desarrollado una gran instalación con un reflector de 50 m<sup>2</sup> de superficie reflectora —actualmente, está en fase de pruebas—, para suministrar la energía necesaria para la incineración de cadáveres siguiendo la tradición hinduista.

Se usan también ingenios para la *acumulación* de calor, bloques de hierro de entre 50 y 300 Kg bien aislados o bloques de aluminio, que se calientan en el foco hasta alcanzar los 400°C. También es posible utilizar el vapor solar como medio para el almacenamiento de calor. De esta forma, la energía puede acumularse durante la noche (y en el caso de un bloque de hierro de 300 Kg, incluso durante varios días) y se pueden cocinar alimentos también cuando el sol no brilla.

Actualmente hay aplicaciones en diferentes partes del mundo que utilizan los reflectores Scheffler para diferentes procesos que requieren calor: *destilación* de agua, *desalación* y *pu-*

*rificación* de agua, generación de *agua caliente* para uso doméstico o industrial, instalaciones de *panadería* (hornos solares para calentar el aire a través de la acumulación en energía en rocas), sistemas de *frigoríficos* doméstico, *deshidratación* de cadáveres y generación de vapor solar aplicado a sistemas de *autoclave* para la *esterilización* del instrumental hospitalario y a maquinaria de *lavanderías*. Otros desarrollos están en fase de construcción o de experimentación, como algunos *secaderos industriales*, *climatización* de recintos de grandes instituciones (aire acondicionado), generación de *electricidad* con equipos fotovoltaicos para altas temperaturas, *calor para procesos industriales* (freiduría de patatas chips), *incineración de desechos médicos* de hospitales o *incineración de cadáveres humanos*.

## EJEMPLOS DE INSTALACIONES CON REFLECTORES SCHEFFLER

### Sistema de cocción de alimentos con vapor solar

En el Shantivan Complex de Taleti en Abu Road (Rajasthan-India) se localiza el segundo sistema de cocción solar más grande del mundo, en funcionamiento desde 1999. La historia de esta instalación se remonta a 1994, cuando el Department for Renewal Energies de India estuvo testando y probando el funcionamiento de dos reflectores Scheffler, obteniendo resultados satisfactorios. En mayo de 1997 con el soporte de GTZ



Interior de las instalaciones de la cocina solar de Taleti. Cada olla tiene capacidad para 200 litros.

(Alemania) se instaló un sistema de vapor solar con 24 reflectores en la Academy for a Better World in Mount Abu (Rajasthan – India) y después de cuatro años cocinando dos comidas diarias para 800 personas se decidió diseñar una instalación de mayores dimensiones para abastecer la cocina principal de la organización en el complejo de Taleti.

El sistema de cocción con vapor solar de Taleti, subvencionado en un 50% por el Ministry of Non-Conventional Energy Sources de India, tiene 84 concentradores parabólicos divididos en 6 módulos de 14 reflectores cada uno. El vapor se genera directamente en la tubería principal de 12 pulgadas, por encima de los receptores. Cada receptor tiene un volumen de 11 litros y está lleno hasta la mitad de agua desmineralizada. Cada cara de los 42 receptores existentes es iluminada por un reflector, uno más elevado y otro en la parte inferior, y funcionan siguiendo el principio de termosifón, con lo que no es

necesario ninguna bomba de circulación. Con este diseño, la tubería principal trabaja como generador de vapor y, temporalmente, como sistema de almacenamiento de vapor y reservorio de agua para la alimentación del sistema. Todo el sistema está perfectamente aislado para evitar pérdidas de calor.

La estructura de los reflectores es de acero, están perfectamente alineados en dirección este-oeste y el mecanismo de seguimiento solar funciona con sistemas de contrapesos y seis temporizadores electrónicos alimentados con energía fotovoltaica. Cada concentrador parabólico tiene una superficie de 9,5 m<sup>2</sup> y el material reflector es espejo blanco con un índice de reflexión del 94%. Cada reflector genera un máximo de 4,0 kW cuando la radiación solar es de 1.050% kW/m<sup>2</sup>, y se alcanzan temperaturas de 850°C en el foco. Durante el primer año de funcionamiento, con una superficie aproximada de reflectores de 800 m<sup>2</sup>, se cocinaron completamente hasta 38.500 comidas en un día con el vapor solar producido (normalmente se cocina para 10.000 personas diariamente). En condiciones ideales, la generación máxima es de 3.800 Kg de vapor de agua diarios, lo que indica una eficiencia del sistema del 45%.

Debido a la alta proporción de contribución laboral propia, esta instalación, pudo hacerse realidad con 100.000 US\$ (instalación completa, incluyendo los generadores de vapor acoplados, exceptuando la cocina propiamente dicha, que ya estaba presente), y se retornó con el ahorro de consumo de queroseno (ahorro de hasta 400 litros diarios) durante los siguientes cinco o seis años.



Módulo de 14 reflectores de la instalación de Taleti. Se observan los reflectores a diferente altura, el receptor y la tubería principal donde se genera el vapor.

En octubre del 2002 se inauguró la que actualmente es la cocina solar más grande del mundo en Tirumala Tirupathi Devasthanam (TTD), (Andhra Pradesh, India) con una capacidad para preparar comida para 15.000 personas diariamente (30.000 menús diarios) y 106 reflectores Scheffler que convierten el agua a vapor a baja presión. Este vapor se canaliza hasta la cocina del TTD donde se usa directamente para la cocción de los alimentos del ashram.

El sistema fue diseñado para generar 4.000 Kg de vapor/día a 180°C y 10 Kg.cm<sup>2</sup>. Los 106 reflectores de 9,2 m<sup>2</sup> cada uno, se disponen en módulos, cada uno conectado a la tubería central de vapor que termina en la cocina de la institución. Todos los materiales son de origen nacional y los espejos son de cristal acrílico con una reflectividad del 75%. Desde entonces el sistema está funcionando satisfactoriamente y se prevé que ahorre 118.750 litros de diésel anuales, lo que la institución calcula que son cerca de 35.000 US\$ anuales. El consumo de fuel ha disminuido un 50%, lo que se traduce en una reducción de 1.200 Kg de CO<sub>2</sub> diarios. El coste total de la instalación fue de cerca de 230.000 US\$, de los que el MNES subvencionó la mitad.

### Sistema de generación de vapor solar para esterilización de material hospitalario y lavandería

El J. Wattumal Memorial Global Hospital and Research Center situado en el Rajhastan (India) es un hospital con 70 camas construido en 1991 por el grupo espiritual Brahma Kumaris para dar tratamiento médico y medicinas gratuitas o subvencionadas a 90.000 personas anualmente. Con la ayuda de la Brahma Kumaris World Spiritual University, en el 2002 se inició un plan para integrar las energías renovables, principalmente energía solar, en el funcionamiento del hospital.

La instalación está formada por dos módulos de diez reflectores. Cada reflector posee una superficie reflectora de 12,6 m<sup>2</sup> que enfoca a un receptor de 11 litros de volumen. En ellos se genera el vapor solar a baja presión que después se usa en el hospital, situado a escasos 30 metros de la instalación de generación de vapor. Cada módulo de diez reflectores contiene una estructura de unión en el eje polar de cada reflector que permite



Módulo de 10 reflectores de la instalación del Global Hospital en Mount Abu. Se observan los reflectores a diferente altura, los receptores y el depósito principal donde se almacena el vapor.

el movimiento conjunto siguiendo el camino solar diario. La tracción está realizada por un motor de parabrisas de automóvil y engranajes de rueda de bicicleta que, a través de un temporizador electrónico alimentado con energía solar fotovoltaica, se activa para accionar el movimiento de los ejes y engranajes que comunican la energía del motor a los reflectores.

El vapor generado se utiliza en la *lavandería* del hospital, en procesos de *esterilización* de instrumental y material médico en sistemas de autoclave, y en algunos momentos hasta para la *cocción* con vapor en la cocina del hospital. Se almacena a baja presión en los depósitos de la instalación, y cuando es requerido, se usa en el hospital.



Receptor de 11 litros de volumen. Se observa que el foco solar tiene un diámetro de 30 cm aproximadamente.