

## CONTADOR DE ENERGÍA PARA COCINAS SOLARES PARABÓLICAS PARA INVESTIGAR EL AHORRO DE CO2 Y LA ACEPTACIÓN

C. Mueller<sup>1,3</sup>, B. Holzer<sup>1</sup>, A. Cotanidis<sup>2</sup>.  
Fundación EcoAndina; Enrique Romero 43 - Villa Jardín de Reyes, RA 4600 S.S. de Jujuy.  
Cel. 0388/154337154 e-mail: chris@hc-tronic.de

**RESUMEN:** Se describe una nueva tecnología de medición del uso de cocinas solares parabólicas en pueblos de la Puna Argentina, para cuantificar el ahorro de CO2 y su aceptación. Los contadores instalados miden la cantidad de energía que entra en la cocina solar dentro de un cierto ángulo de aceptación. Solamente se mide la fracción directa de insolación. El ángulo de aceptación está adaptado al tipo de cocina solar y al tamaño de la olla de cocción. El uso de los contadores de energía demuestra datos valiosos sobre el uso particular de cada cocina solar. A través de esta tecnología es posible, por primera vez, determinar el verdadero uso de cada cocina solar. En programas de CDM, eso permite la bonificación exacta para cada usuario. En regiones marginales, estos ingresos adicionales son un argumento fuerte y pueden ayudar a los usuarios en el financiamiento de las cocinas solares y a mejorar la difusión de su uso. En 2007 comenzó un primer proyecto piloto de la Fundación EcoAndina, con 50 medidores instalados.

**Palabras clave:** Contador de energía, cocina solar parabólica, CDM, certificados de CO2.

### INTRODUCCION

La leña es la principal fuente de energía en la mayoría de las aldeas andinas dentro del triángulo Argentina-Chile-Bolivia. La demanda energética de la población local acelera la desertificación en esta región semiárida de montaña. Motivado por iniciativas privadas y públicas en escala reducida, unas 200 familias de la región Puna Salteña y Jujeña ya han incorporado una fuente de energía alternativa usando cocinas solares parabólicas. Las cocinas solares se basan en concentradores parabólicos (SK14) con una abertura de 1,54 m<sup>2</sup> y una potencia térmica de aproximadamente 800 W. Con esta tecnología las familias rurales pueden reducir su consumo de leña entre un 50% y 70%. /1/.

Sin embargo, los costes iniciales de los artefactos solares son obstáculos serios en la difusión de la energía solar en las comunidades andinas. En estas comunidades la población vive en una economía de subsistencia (llamas, ovejas, una cierta agricultura, minería de pequeña escala). Hasta ahora, todos los proyectos que se ocupaban de la difusión de cocinas solares dependieron en gran parte de donaciones y subsidios. El mecanismo de desarrollo limpio (CDM), creado recientemente, puede ser un instrumento valioso para promover la energía alternativa en las áreas sensibles de las montañas que son afectadas por problemas sociales, económicos y ecológicos. Todavía es casi imposible que las comunidades rurales pequeñas aprovechen las ventajas de este mecanismo. Eso está principalmente debido a los altos costos adherentes a la transacción y a la falta de determinación correcta de las reducciones de la emisión de cada usuario. El uso de los contadores de energía que presentamos permite, por primera vez, determinar el uso verdadero de cada cocina solar y la bonificación exacta para cada usuario. En regiones pobres, los ingresos adicionales desde programas de CDM son un gran beneficio que pueden ayudar a los usuarios en el financiamiento de las cocinas solares, mejorando la difusión. En 2007 empezó un primer proyecto piloto de Fundación EcoAndina con 50 medidores instalados.

### FUNCIONAMIENTO

El SolCoDat 1.0 es un sistema de colección de datos para cocinas solares desarrollado por la Oficina de Ingeniería "hc-tronic" (www.hc-tronic.de). El Solcodat mide la cantidad de energía que incide en la cocina solar dentro de un cierto ángulo de aceptación. Básicamente mide solamente la fracción directa de la insolación entrante. El sensor es un fotodiodo tipo BPW34 con una gama de longitud de onda de 400 a 1100nm y un pico de longitud de onda de 850nm. El ángulo de aceptación es definido por la distancia entre el sensor solar y el orificio del obturador. El ángulo de aceptación tiene que estar adaptado al tipo de cocina solar y al tamaño de la olla de cocción. En el caso de una cocina solar parabólica tipo SK14, con un diámetro de 1,4m y una pequeña olla de 2 litros, la distancia es de 21mm. El ángulo de aceptación que resulta es de 4,5° que implican 18 minutos de movimiento del sol. Después de 18 minutos, el obturador comienza a cubrir con su sombra el sensor. Después de 50 minutos, el sensor se encuentra completamente en la sombra. Cada 30 segundos se mide la señal del sensor. Cada 30 minutos, el SolCoDat calcula un valor medio de la insolación directa y la almacena en la memoria no-volátil. Para determinar la cantidad de energía solar  $Q$  captada efectivamente en el tiempo  $t$ , el valor medido de la insolación directa  $I_{dir}$  es multiplicado por el área de abertura  $A$  de la cocina y por la eficacia óptica  $\eta_{opr}$ :

$$Q = \eta_{opr} \cdot A \cdot \int_0^t I_{dir} \quad (1)$$

<sup>1</sup> Profesional Principal EcoAndina;

<sup>2</sup> Profesional Principal enveco GmbH; <sup>3</sup> hc-tronic

Las pérdidas térmicas por convección y radiación de calor deben ser cubiertos también en las cocinas solares y en las estufas convencionales. Por lo tanto se puede estimar la energía ahorrada usando solamente la eficacia óptica de la cocina solar.

La memoria interna non-volátil puede almacenar 23.000 valores con la resolución de 12-bit. Cuando un valor medio está almacenado a un intervalo de cada 30 minutos, la duración total de la medición es de 479 días. Se puede también configurar el SolCoDat para medir adicionalmente la temperatura del ambiente. En este caso, la duración total de la medición será la mitad. El consumo de energía es sólo de 25µA, por lo que el dispositivo puede funcionar 5 años con una batería del litio. Cuando los datos del SolCoDat están leídos con el programa pertinente, la cantidad integrada de insolación y la energía solar captada por la cocina se exhiben en kWh/m² y en kWh. Con estos valores, se puede calcular la emisión del dióxido de carbono evitado en comparación con una estufa convencional accionada por gas, madera o nafta. Esto, conjuntamente con los certificados del CO2, permite que sea la primera vez que es posible pagar a los usuarios de las cocinas solares el monto que corresponde exactamente a la cantidad de CO2 evitada. Además, se logra una presentación gráfica de la insolación y de la temperatura sobre el intervalo de la medición. Esto permite una investigación más profunda del uso de la cocina y de la aceptación o del uso erróneo solar del sensor.

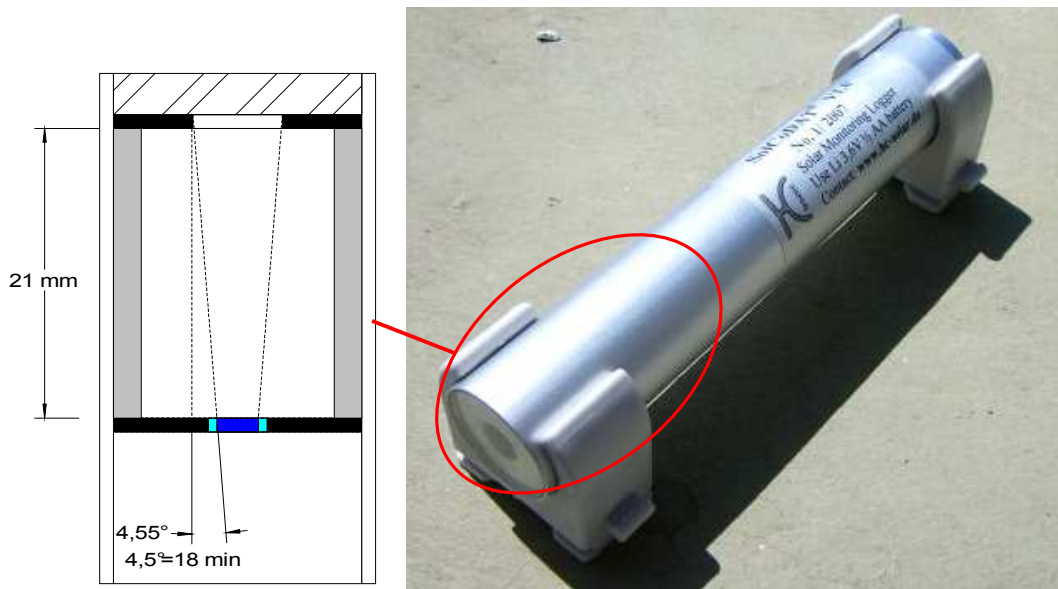


Figura 1: Esquema de operación y foto de SolCoDat

## VALIDACIÓN

El SolCoDat calcula el calor ganado con: el producto del área de la abertura, de la eficacia óptica de la cocina y de la insolación directa. El sensor esta calibrado con un pyranometro de referencia en condiciones de cielo claro- el estado mas comun en la Puna. Se asume una olla de color negro. La eficacia óptica fue medida en experimentos y se encontró una variación entre 45% y 60% dependiente del estado del reflector - si es nuevo o usado, limpio o sucio – (véase la tabla 1). La eficacia óptica y el área de abertura son parámetros ajustables que se almacenan en la memoria non-volátil del SolCoDat.

Estado del reflector	Eficacia óptica
nuevo	60%
usado, limpio	51%
usado, sucio	45%

Tabla 1: Eficacia óptica y estado del reflector (reflector: Alanod 318G2)

La figura 2 muestra la energía medida por el SolCoDat con la óptica adaptada para el tipo de la cocina SK14 en comparación con la energía medida directamente en la olla. El cálculo de la potencia calorica  $\dot{Q}$  medida se basa en la subida de la temperatura del agua en la olla.

$$\dot{Q} = m_{H_2O} \cdot c_{p,H_2O} \cdot \frac{dT_{H_2O}}{dt} \quad (2)$$

La entrada de calor está subevaluada por haber temperaturas más altas en la olla, al no estar consideradas pérdidas térmicas por convección y radiación de calor fuera de la olla.

Se utiliza una olla con 9 litros de agua. Al inicio de la medición, a horas 11:50, la cocina del tipo SK14 fue orientada perfectamente al sol. Durante el experimento, la cocina no fue orientada al sol, por lo que se puede determinar la relación de energía en la olla respecto del ángulo de incidencia del sol. Pasado un intervalo de 35 minutos, la energía calórica comienza a declinar. Después de una hora sin seguimiento, la energía llega a casi cero. La dependencia del ángulo del SolCoDat corresponde satisfactoriamente a la potencia térmica medida en la olla. Debido a la energía subevaluada por temperaturas

más altas en la olla, el SolCoDat tendría una aceptación más pequeña del ángulo, menor que la energía calórica que recibe la cocina. Por otra parte, la aceptación del ángulo coincide mejor con ollas pequeñas, porque tienen un ángulo de entrada más pequeña.

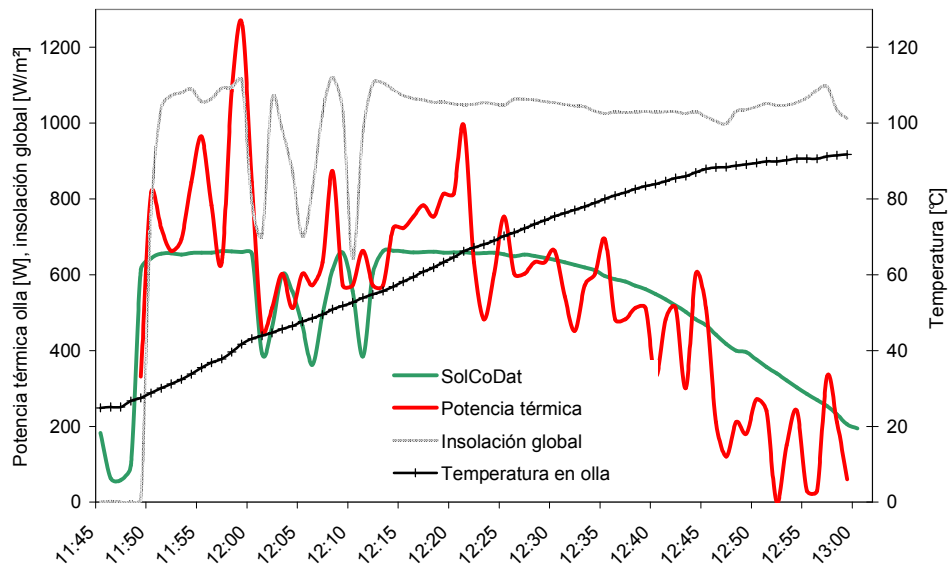


Figura 2: Prueba de calibración con SK14 el tipo cocina solar

El SolCoDat está fijado a la cocina solar mediante abrazaderas, por lo que el obturador está situado en el plano de la abertura de la cocina. La figura 3 muestra a una usuaria en la Puna argentina con una cocina solar del tipo SK14 fabricada y mejorada a instancias de la Fundación EcoAndina, con un SolCoDat instalado. Las primeras pruebas con usuarios en el Altiplano han mostrado resultados prometedores. La figura 4 muestra la energía solar usada por dos familias durante un período de 6 semanas. La familia 1 ganó en promedio 3.7 kWh por día y la familia 2 ganó en promedio 3.08 kWh por día. Los valores máximos podrían alcanzar hasta 6.7 kWh/día cuando la cocina es utilizada por más que 9.5 horas por día. También se demuestra que la cocina tuvo un uso intenso una semana después de la instalación del SolCoDat, que puede atribuirse al entusiasmo por el comienzo del proyecto.



Figura 3: SolCoDat fijado a una cocina solar

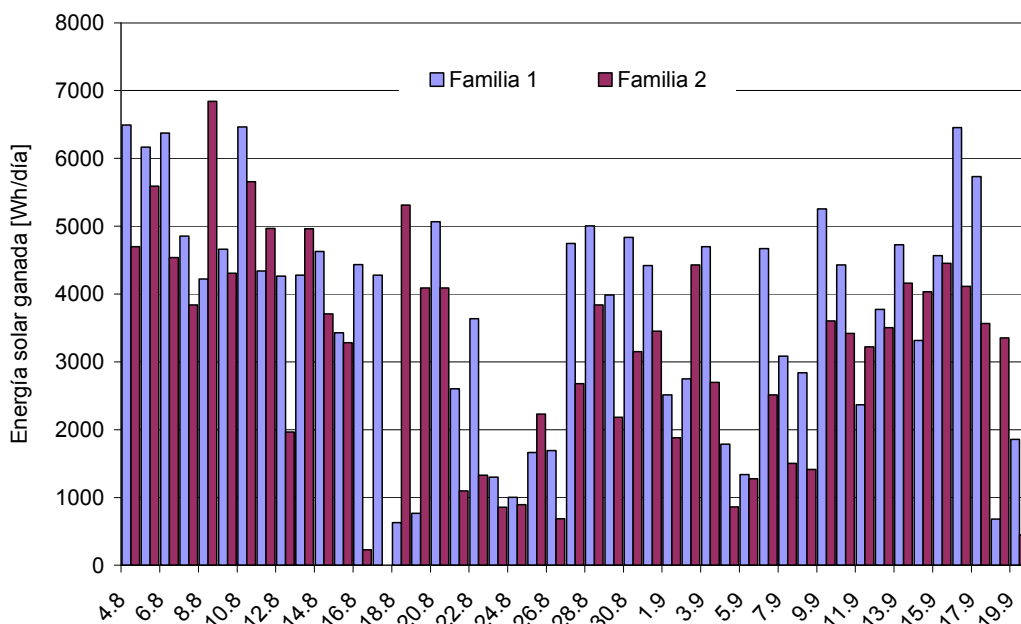


Figura 4: Energía solar ganada por dos familias en el Altiplano argentino durante 6 semanas

Una investigación de los datos calculando los valores promedio para cada hora del día ha demostrado también, que el uso principal de las cocinas es durante el mediodía entre las 12:00 y las 13:00. En la figura 5 demuestra el uso medio de la cocina solar durante el día. Mientras que la familia 2 utiliza la cocina intensivamente durante la mañana y poco por la tarde, la familia 1 utiliza la cocina solamente por un tiempo corto para el desayuno y le da más uso durante el día y la tarde.

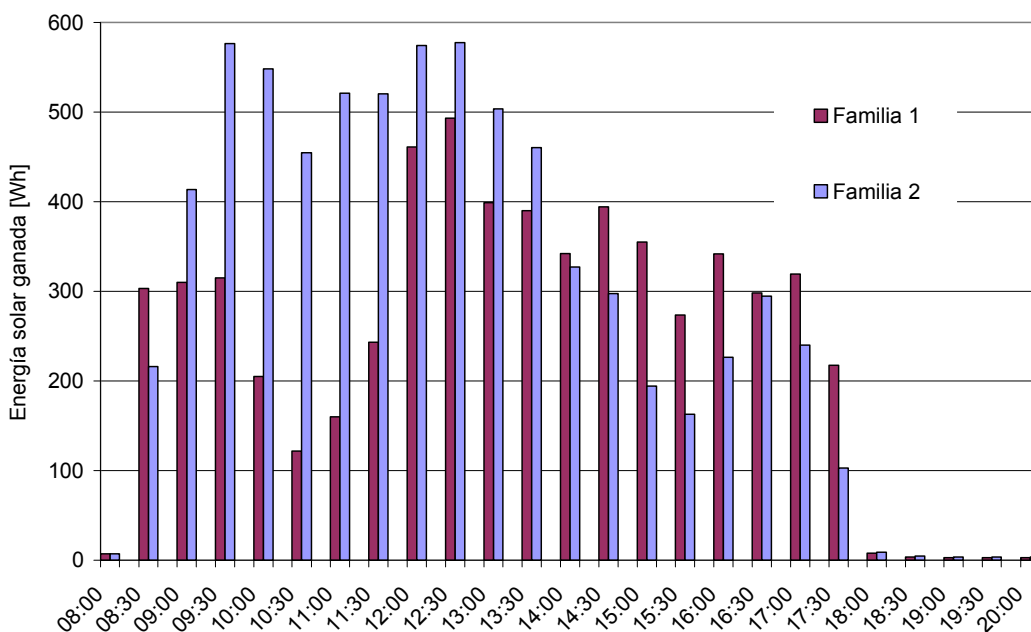


Figura 5: Uso medio de la cocina solar por horas del día

## CONCLUSIONES

El uso de los contadores de energía, por primera vez permite determinar el uso verdadero de cada cocina solar y la bonificación más exacta para cada usuario. Todavía las mediciones de energía ganada dependen mucho de factores difíciles de especificar como la calidad de los reflectores, el tamaño y el color de la olla. Pero al mismo tiempo, el SolCoDat representa el método más exacto y adecuado actualmente disponible para un monitoreo completo y extensivo. Una alternativa a este método solo puede ser un Estudio de Aceptación, lo que implica un gran esfuerzo de tiempo y recursos. Este último otorga un monto fijo promedio que no contabiliza la relación directa con el CO<sub>2</sub> evitado.

Se estima que un usuario puede ahorrar en promedio 3kWh cada día con su cocina solar. Dependiendo del cálculo de CDM /2/ la suma de la bonificación puede llegar aproximadamente a 100 pesos por usuario durante un año. En regiones marginales estos ingresos adicionales desde programas de CDM son un excelente argumento para ayudar a los usuarios a financiar cocinas solares y mejorar su difusión. En abril 2007, comenzó un proyecto piloto de la Fundación EcoAndina con una

duración de 21 meses. En este proyecto se instalarán 50 medidores. Durante los próximos meses, más datos sobre la aceptación y el ahorro del CO2 van a ser obtenidos y evaluados.

#### **REFERENCIAS**

/1/ C. Mueller, “USO DE COMBUSTIBLE VEGETAL Y SU DIMINUCIÓN MEDIANTE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR”, informe para la Fundación EcoAndina, 1998.

/2/ CDM – SSC WG, “Indicative simplified baseline and monitoring methodologies for selected small-scale CDM project activity categories”, Eleventh Meeting Report, Annex 01, I.E./Version 01, Sectoral Scope: 01

#### **ABSTRACT**

A new method of monitoring CO2 savings and acceptance of parabolic solar cookers is described. The method uses small, low cost dataloggers. The so called SolCoDat is fixed to the solar cooker and measures the amount of solar energy, that enters the cooker within a certain angle of the acceptance. Only the direct fraction of the sun insolation is measured. The angle of acceptance is adapted to the type of solar cooker and the size of the cooking pot. The application of the SolCoDat shows valuable data on the use of each solar cooker. The most important advantage is, that it is the first time possible to determine the energy saved with each individual solar cooker. In CDM programs this allows the exact payment of each user corresponding to its savings in CO2.emissions. In poor regions this additional income is a strong argument and can help the users in financing the solar cookers. In 2007 a first pilot project in the Argentine Altiplano was initiated, in which 50 SolCoDat are being installed by Foundation EcoAndina.

**Keywords:** energy meter, parabolic solar cooker, CDM, CO2 certificates