

DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y PRIMEROS ENSAYOS DE INVERNADERO EN EL ROSAL, PROVINCIA DE SALTA#

R. Echazú, M. Quiroga, L. Saravia, C. Astudillo y A. Palacios

INENCO - Instituto UNSa - CONICET
Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150 - A4408FVY Salta, República Argentina
FAX 54 387 4255489 - e-mail: echazur@inenco.net

RESUMEN

Se construyó un invernadero en la escuela de El Rosal, en la puna salteña, para la producción a pequeña escala de verduras. En el diseño, similar al de otros invernaderos existentes en la zona, se incorporaron mejoras en la técnica constructiva, los materiales, la forma del techo, aislaciones, ventilaciones y sistema de acumulación térmica. Se instaló un sistema automático de toma de datos y se tomaron las primeras medidas de temperaturas y radiación solar en invierno. Se presentan en el trabajo los detalles de diseño, las mediciones realizadas y conclusiones preliminares.

Palabras clave: invernadero, invernaderos andinos, puna, adobe

INTRODUCCIÓN

Para el abastecimiento de vegetales en pequeños poblados y en escuelas albergue de la puna, se ha propuesto desde hace algunos años (Quiroga et. al. 1998) la producción a pequeña escala en pequeños invernaderos de adobe y polietileno, a los que se ha dado en llamar "andinos". El modelo más difundido es el andino de cubierta abovedada de construcción muy sencilla y costo moderado pero muy limitado en cuanto a la regulación térmica. Además con menor difusión que el anterior se han construido también invernaderos del tipo boliviano, de mejor funcionamiento térmico (Quiroga et. al. 1999).

En muchos de estos invernaderos se han presentado algunos problemas constructivos, especialmente en los lugares de fuertes vientos y también dificultades para mantener la temperatura nocturna en niveles adecuados para los cultivos, debido a infiltraciones excesivas, aislaciones térmicas insuficientes y escasa acumulación de calor, considerando las bajas temperaturas nocturnas y la gran amplitud térmica, característica de la región.

En general los dos modelos difundidos en la puna, presentan problemas similares en cuanto a su escasa ventilación y baja remoción de la humedad ambiente del invernadero, lo que provoca graves problemas sanitarios en las plantas por proliferación de hongos y una contaminación progresiva del suelo que conlleva una producción cada vez menor en los cultivos. La falta de ventilación en las horas de mayor radiación solar, provoca altas temperaturas en el interior de los invernaderos, lo que también causa marchitamiento rápido de las plantas recién cosechadas, desvalorizando los productos.

En busca de mejorar el funcionamiento de los invernaderos andinos en todos los aspectos mencionados, se diseñó y construyó un prototipo en El Rosal, provincia de Salta (3300 m.s.n.m.). Este invernadero, con un diseño mejorado se destinó a la producción de verdura a pequeña escala para el abastecimiento del comedor de la escuela, a la vez que permite ensayar un modelo que se considera adecuado a las condiciones climáticas del lugar. La incorporación de un sistema automático de toma de datos permitirá asimismo un estudio sistemático desde el punto de vista térmico.

EL DISEÑO

El diseño, similar al de otros invernaderos existentes en la región andina, se basa en el uso de adobes en las paredes, cubierta de polietileno LDT y un ambiente separado, al sur de la zona de cultivo, para amortiguar las oscilaciones de temperatura. Se combinó el uso de adobe y hormigón armado con una estructura metálica prefabricada, arcos metálicos elípticos y un muro acumulador entre ambas cámaras construido con botellas de plástico llenas de agua.

Se dividió el invernadero en dos sectores, uno de 60 m² destinado al cultivo y una cámara oscura de 16 m². Las paredes de 0,30 m de espesor, se construyeron con adobe cortado de suelo del lugar en bloques de 0,40 x 0,28 x 0,12 m con las juntas tomadas con barro, una técnica constructiva habitual para viviendas en la región.

La estructura está formada por cimientos y encadenados de hormigón armado y columnas y vigas reticuladas de hierro. Para la cubierta de plástico se colocaron arcos elípticos de caño de acero. El techo de la cámara oscura es de chapa galvanizada sinusoidal con cielorraso de poliestireno expandido de 30 mm.

Los cerramientos comprenden dos puertas de chapa de 2 m² en los extremos de la cámara oscura y dos ventanucos de 0,2 m² en las paredes este y oeste.

#Financiado parcialmente por SECYT y el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta

Para controlar el intercambio de aire con el exterior, se instalaron cinco registros de $0,080 \text{ m}^2$ en la pared norte y tres de $0,09 \text{ m}^2$ en la cumbre. En estos últimos, se incorporó un sistema de llaves de dos vías de control manual para regular la circulación de aire entre el invernadero y la cámara oscura o la cámara oscura y el exterior. Con este sistema de registros se espera lograr un intercambio de aire con el exterior controlado y suficiente como para poder reducir la temperatura interna en las horas de mayor radiación y evacuar el exceso de humedad cuando sea necesario.

Las figuras 1 y 2 muestran las dimensiones del invernadero, en planta y en corte. En las fotografías de las figuras 3 y 4 se aprecia una etapa constructiva y el paisaje característico de la región, mientras que las figuras 5 y 6 muestran el invernadero terminado.

INVERNADERO DE EL ROSAL: VISTA EN CORTE DESDE EL ESTE

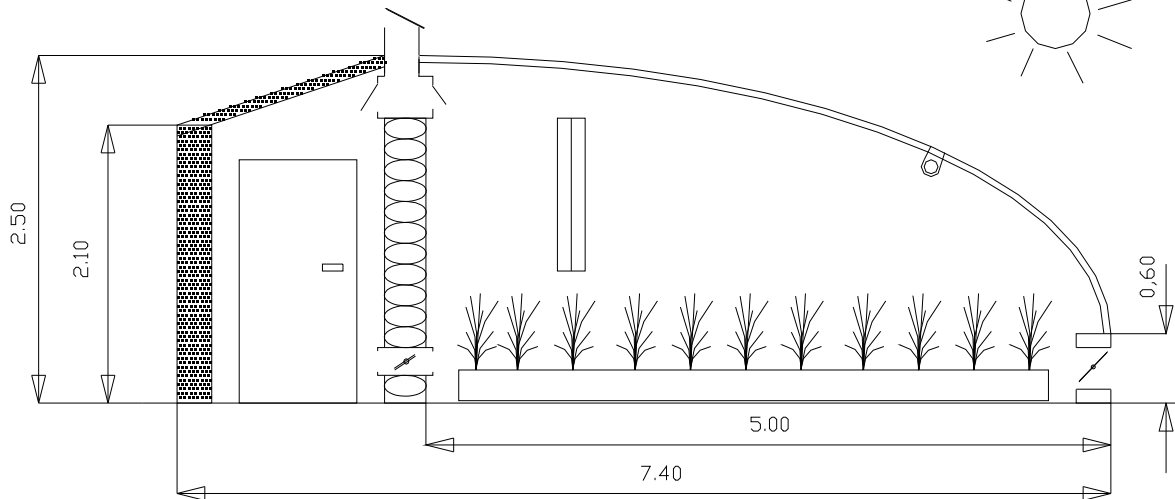


Figura 1: Vista en corte del invernadero

INVERNADERO DE EL ROSAL

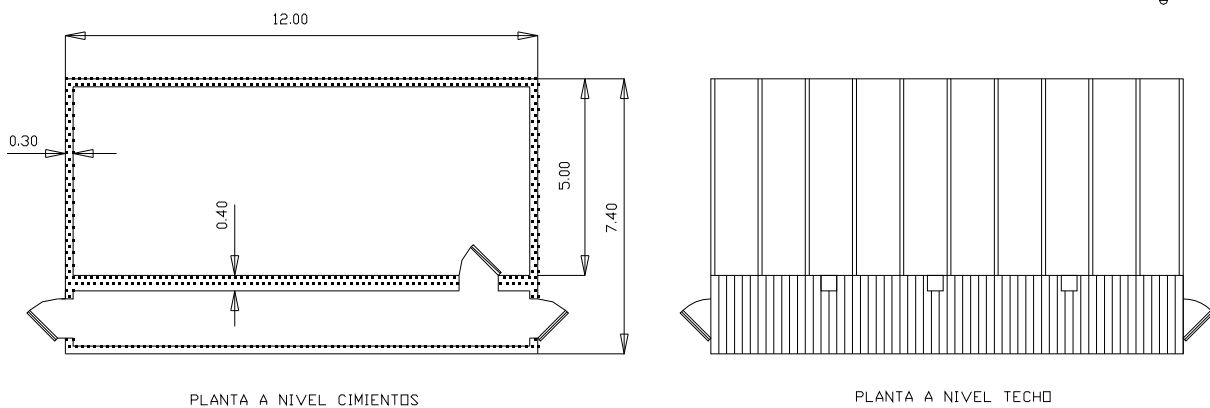


Figura 2: Vistas en planta del invernadero.



Figura 3: Etapa constructiva (norte).



Figura 4: Etapa constructiva (noreste).



Figura 5: Vista exterior del invernadero.



Figura 6: Interior del invernadero.

INSTRUMENTACIÓN

El sistema de medidas está formado por 15 termocuplas tipo K y un sensor de radiación solar LI-250 conectados a dos data logger Adam 6018M (Gea et. al. 2001) el conjunto se alimenta con una batería Pb ácido de 12 V 45 A-h, que se recarga periódicamente con un panel PV

PRIMEROS RESULTADOS

Se tomó la primera serie de medidas en invierno antes de instalar el muro de agua y la malla de media sombra. Para este ensayo se colocaron 8 termocuplas tipo K conectadas al data logger de 8 canales, midiendo las temperaturas del aire del invernadero a 1 m del suelo y 2 m del suelo, del exterior a las mismas alturas, del suelo a 5 y 15 cm de profundidad y sobre las paredes sur y oeste en el interior del invernadero. En esta serie, las temperaturas se midieron con intervalos de 15 minutos y la radiación solar manualmente, cada hora.

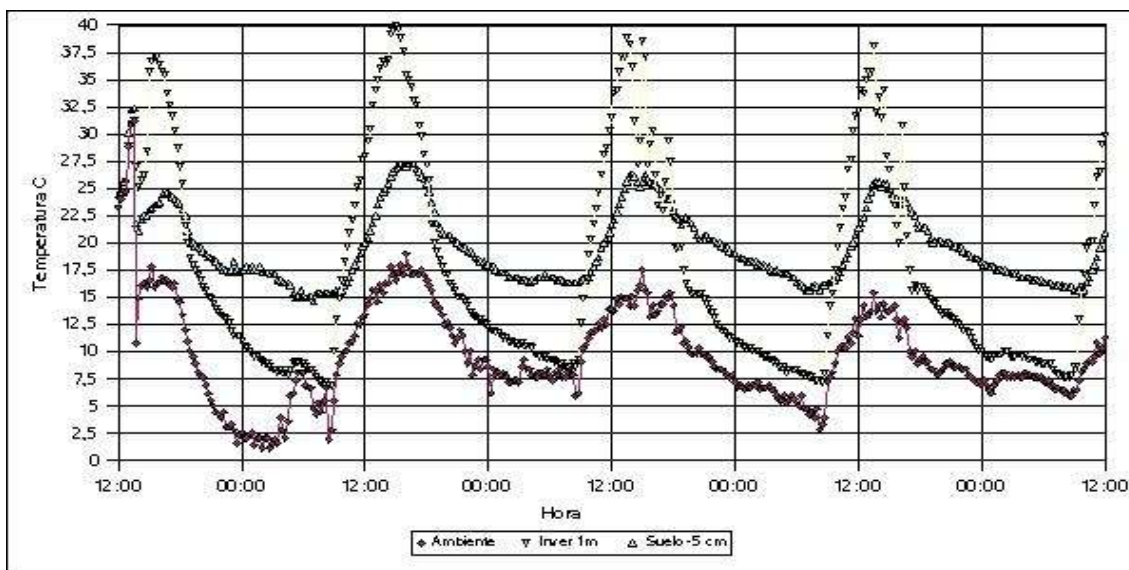


Figura 7: Medidas de temperatura del invernadero, ambiente y suelo.

En la figura 7 se representa la lectura de 3 canales, en función del tiempo para una serie de 4 días. Si observamos las temperaturas mínimas, la del ambiente bajó hasta 2 C, mientras que en el interior del invernadero, la mínima alcanzada fue de 8 C a pesar de que no se había instalado aun el acumulador de agua. Mencionemos, para establecer una comparación, que en invernaderos instalados en climas mas benignos, como el del valle de Lerma, cuando no se cuenta con sistemas de acumulación térmica o energía auxiliar, la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior desaparece a la hora de la mínima. (Saravia et. al. 1993)

Durante el día, la temperatura del invernadero a 1 de altura registró valores mayores a los 30 C durante 5 a 6 horas. Este es el período en que se hace necesario disminuir la radiación solar en el interior, colocando una malla de media sombra, ventilando el invernadero o combinando los dos procedimientos. La oscilación en la temperatura del suelo se mantuvo entre 15 y 25 C, valores adecuados para la germinación de plantas de verano.

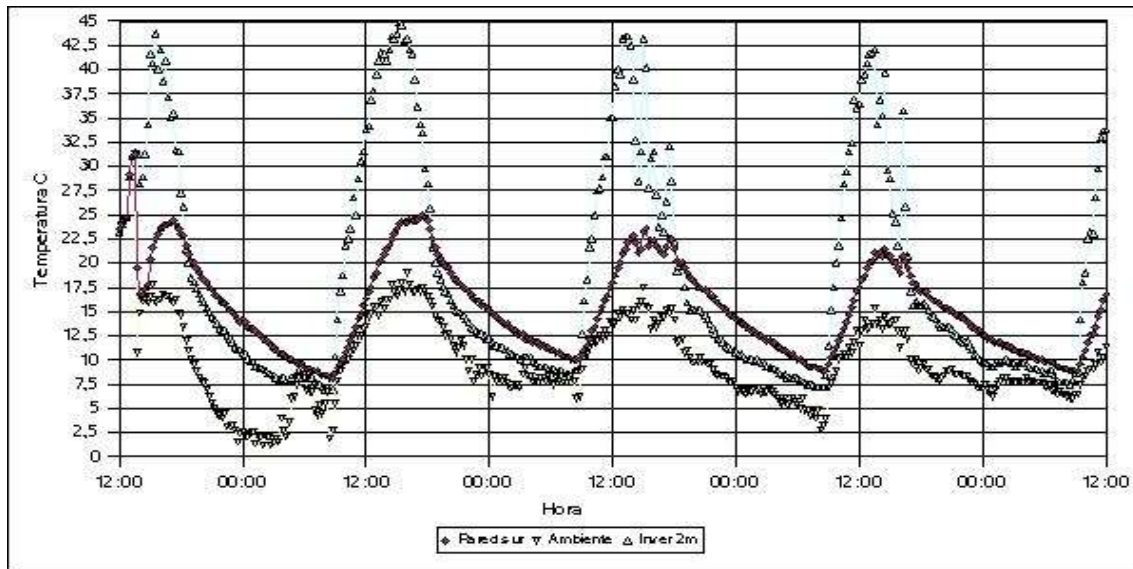


Figura 8: Medidas de temperatura del invernadero, ambiente y pared sur.

La figura 8 muestra la temperatura del interior del invernadero a 2 m de altura, junto a la ambiente y la de la pared sur, para el mismo periodo de 4 días. La temperatura en la parte superior del invernadero alcanza valores mas altos, cercanos los 45 C, debido a la estratificación del aire al tener el invernadero cerrado. El uso de las ventilaciones de la cumbre permitirá controlar la circulación de aire cuando se requiera. La pared sur se mantuvo siempre a temperaturas menores a los 25 C.

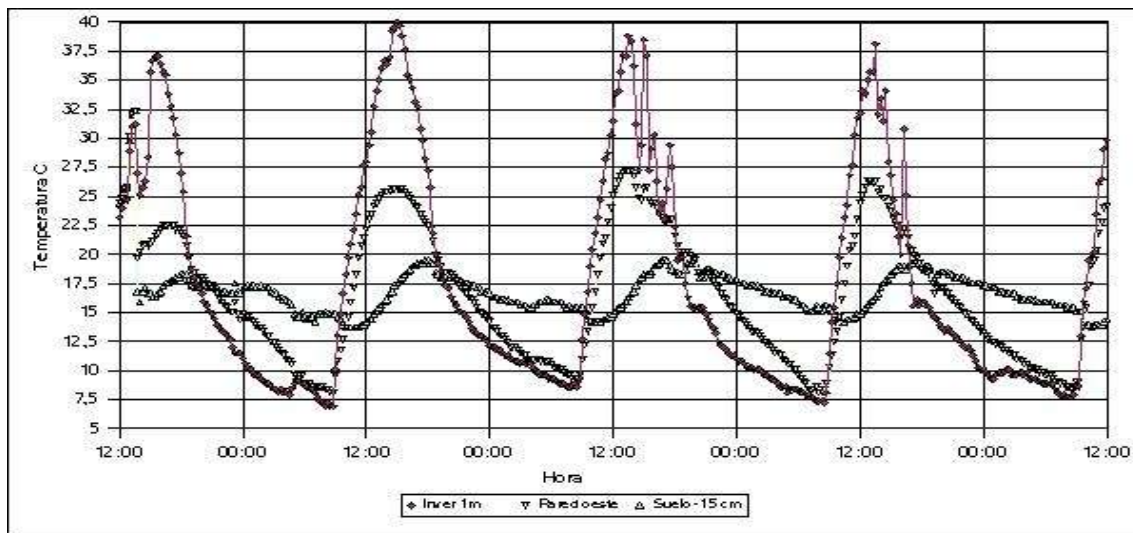


Figura 9: Medidas de temperatura del invernadero, del suelo y de la pared oeste.

La figura 9 muestra que la temperatura en la pared oeste que recibe radiación durante la mañana, oscila en forma similar a la correspondiente a la pared sur, aunque con los picos de temperatura coincidentes con los de la temperatura del aire, debido a que el efecto de la acumulación en la pared compensa la diferencia de radiación recibida.

En la figura 10 se muestran las medidas de radiación solar global sobre plano horizontal, medidas en el exterior y en el centro del invernadero a 1 m de altura. Se tomaron con solarímetro Li-250 y corresponden al último día de la serie, en que hubo algunas nubes intermitentes.

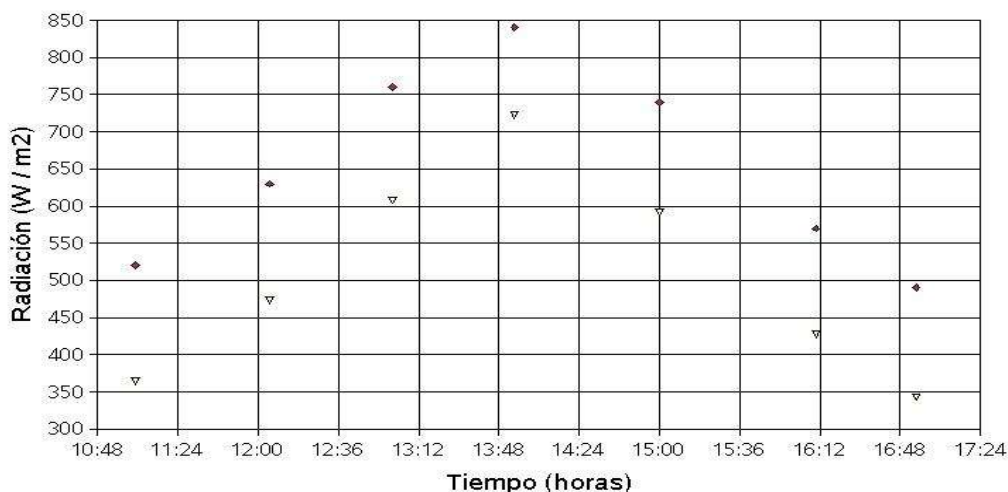


Figura 10: Medidas de radiación solar exterior y en el invernadero.

La curva inferior representa la radiación dentro del invernadero, mientras que la superior es la radiación recibida en el exterior. El coeficiente de transmisión global que se obtiene como la razón entre las dos medidas, varía desde 0,86 para las horas cercanas a mediodía hasta 0,70 aproximadamente cuando la altura solar es menor, debido a la mayor incidencia del sombreado de las paredes en esta última situación. A pesar de que el plástico de la cubierta se había colocado pocos días antes, ya tenía algo de tierra depositada por encima lo que da cuenta de una transparencia menor a la que se espera de un plástico nuevo.

Si bien aún no se ha iniciado intensivamente el cultivo de plantas en el invernadero, por iniciativa de algunos de los niños de la escuela ya se plantaron algunas plantas de acelga y se realizaron algunos almácigos. La transferencia del prototipo a la escuela se ha programado con una etapa de capacitación de docentes y alumnos que recién se está iniciando. Se llevará a cabo el cultivo siguiendo técnicas de agricultura orgánica, incorporando especies hortícolas y algunas flores.

Las capacitaciones se dirigirán predominantemente a un grupo de alumnos de entre 9 y 14 años que asisten al establecimiento escolar, con el apoyo de los maestros. Para la actividad se trabaja con alumnos de la carrera de Agronomía de la Universidad Nacional de Salta. Con ellos se realizan prácticas de las diferentes actividades planeadas para la capacitación y se adaptan cartillas sobre cultivos diseñadas en acciones anteriores (Quiroga et. al. 1999, 2003).

CONCLUSIONES

El invernadero en estudio, mostró en las primeras series de mediciones, que con las mejoras introducidas en el diseño es posible un buen control de la circulación de aire y de la temperatura en la zona de cultivo. Las medidas térmicas con las que se cuenta por el momento corresponden a un período de invierno en que la temperatura ambiente no fué muy baja. Para condiciones mas rigurosas será imprescindible el uso del acumulador, que se espera completar para el próximo ciclo.

A pocos días de colocado el plástico de la cubierta, hubo ráfagas de viento de alta velocidad, que provocaron voladuras de techos y del plástico de otro invernadero cercano, sin que se notaran daños en el invernadero en estudio. Si bien es prematuro asegurarlo, esto es un indicio de que el sistema de fijación empleado, da buen resultado.

Para la realización de la huerta orgánica se han construido cajones de cultivo, con relleno de una mezcla de guano de vaca descompuesto paja y tierra, donde se iniciará el cultivo orgánico de especies hortícolas.

Para el estudio sistemático del desempeño térmico del invernadero, se plantea una simulación con sceptre, que se correrá próximamente, cuando se complete el sistema de acumulación térmica y se cuente con mas datos experimentales.

Agradecimiento: A Marcelo Gea por su apoyo para la puesta en marcha del sistema de medidas.

REFERENCIAS

Saravia L., Echazú R., Cadena C. y Quiroga M., 1993. Diseño y Construcción de un Sistema Integrado Invernadero - Secador con Calentamiento Combinado Solar-Biomasa Publicado en Actas de la 16a. Reunión de ASADES, La Plata.

Quiroga M., Saravia L. y Echazú R., 1998. Invernadero Andino en Nazareno, Provincia de Salta AVERMA, Vol 2 No. 1 ISSN 0329-5184, Salta

Quiroga M., Rojas Villena R. y Echazú R., 1999. Invernadero de Altura para Cultivo de Flores en la Puna Jujeña. AVERMA, Vol 3 No. 1 p.p. 02.21. ISSN 0329-5184, Tucumán.

Quiroga M., Rojas R. y Echazú R. 1999. Cultivo de Flores en Invernadero Andino en Abra Pampa, Jujuy (3484 msnm) XII. Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura, ISBN No 987-97812-0-1 No. 186 Tucumán.

Gea, M., Saravia L. 2001. Utilización de PDAs para Toma de Datos con Módulos de Conexión Seriada. AVERMA, Vol. 5, N° 2

Echazú R., Saravia L., Quiroga M., Robredo P. y Cadena C., 2002. Ensayos y Simulación de un Sistema Activo de Acumulación de Energía con Botellas de PET Recicladas para Invernaderos. ERMA Vol. 11, 2002 ISSN 0328-932X. Salta.

Quiroga M., Saravia L., Robredo P. y Echazú R.. 2003. Transferencia de Tecnología en Cultivo Hidropónico en Invernadero. Caso de Ccotohuincho, Urubamba, Perú. AVERMA, Vol. 7 N. 1 ISSN 0329-5184

ABSTRACT

A greenhouse prototype was built in "El Rosal", northwest argentinian mountains, in order to cultivate vegetables. Design incorporate some improvements as elliptic roof profile, thermal insulation and thermal storage. A data logger was installed in order to get measures of temperatures and solar radiation flux. These paper deals about design details, first measures and preliminary conclusions.

Key words: greenhouse, solar energy, adobe