

Tecnologías para procesar alimentos con energía solar

cocinas, hornos, destiladores, pasteurizadores y secadores solares.

Ana Paola Solís Gutiérrez

Tutor: José Manuel Vilchez
Fundación Terra

Barcelona, Marzo 2005

El presente trabajo, realizado como proyecto para obtener el grado de Master en Energías Renovables (CIRCE, Universidad de Zaragoza, España), es una recopilación sobre el aprovechamiento de la energía solar con relación a la alimentación: cocinas, hornos, pasteurizadores, destiladores y secadores solares. El trabajo se divide en cuatro partes principales. En la primera se presenta una introducción a los fundamentos físicos relacionados con la energía solar y su aprovechamiento además de un apartado sobre los alimentos y los métodos de conservación y cocción más utilizados. En la segunda se realiza una revisión de las cocinas solares que se encontraron en Internet y los libros disponibles. En la tercera parte se explican las diferentes formas de potabilización del agua (destilación y pasteurización) por medio de la energía solar; y, la cuarta y última parte, se dedica a los secadores solares. Cada una de estas partes cuenta con una sección donde se exponen los fundamentos físicos y el funcionamiento general de los diseños presentados, además de contener, en formato de ficha informativas, los modelos más representativos de cada uno de estas formas, tanto comerciales como artesanales, de aprovechamiento de la energía solar (cocinas, hornos, secadores, destiladores y pasteurizadores). Finalmente, se presenta una sección de conclusiones y otra con las referencias (comentadas).

La información aquí presentada se ha extraído tanto de bibliografía de la biblioteca de la Fundación Terra (fundación que acogió al autor de la realización de este proyecto), así como de información virtual disponible en la Web y de información que se ha recabado al establecer contacto con algunos investigadores y comerciantes. Así mismo se hizo uso de la experiencia de los tutores del proyecto en la Fundación Terra.

Por otro lado, se cuenta con una base de datos con información complementaria y planos de construcción de algunos de los artefactos, tanto comerciales como artesanales, que se muestran en las fichas. Para tener acceso a esta información es necesario contactar con Fundación Terra ¹o con el autor de este documento²

¹ www.terra.org

² E-mail: anapaola@iteso.mx

INDICE

OBJETIVOS.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5

Primera Parte.

FUNDAMENTOS FÍSICOS	7
---------------------------	---

- El Sol y su energía
- Distribución geográfica de la radiación solar
- Trayectorias aparentes
- Reflexión, absorción y refracción
- El color
- El calor
- Efecto Invernadero

MANIPULACIÓN DE ALIMENTOS	15
---------------------------------	----

- Conservación de los alimentos
 - ~ Dsecación y deshidratación
 - ~ Frío
 - Refrigeración
 - Congelación
 - ~ Calor
 - Escaldado
 - Pasteurización
 - Esterilización
- Alimentos más digeribles y agradables
 - ~ Cocción
 - Hervido
 - Vapor
 - Horno y Asado
 - Frito y Rebozado

Segunda Parte

COCINAS SOLARES.....	21
----------------------	----

- Concentración
 - ~ Parábolas
 - ~ Conos
 - ~ Reflectores Planos o Paneles
- Acumulación
- Concentración y Acumulación
- Cocinas Indirecta

RECIPIENTES DE COCCIÓN	29
- Bolsas plásticas - Cuenco acristalado invertido - Recipiente con efecto invernadero - El HotPot - Recipiente al vacío - Otros del mercado	
CAJA DE HENO (Caja aislante).....	33
FICHAS TÉCNICAS, Cocinas Solares.....	37
~ HORNOS 1. Horno de caja 2. Cocina Solar plegable 3. SunStar 4. Horno 30-60° 5. Ulog 6. Ulog light 7. Sun Cook 8. SOS Sport 9. Global Sun Oven 10. Cocina en pared 11. Cocina solar neumática 12. Villager Sun Oven 13. Hornos Gianni Crovatto 14. Sunstove 15. Sinopsis REM5 y T16 ~ PANELES 16. Panel Bernard 17. Panel doble orientación 18. Parvati doble embudo 19. Cocina embudo	20. Cocina Fresnel 21. Cocina Nepal 22. Cocina Reflexiva de caja abierta 23. Cocina cónica instantánea 24. Cookit 25. Cocina Solar Plana (cookit con base) ~ PARABÓLICAS 26. Cocina china 27. Clear Dome 28. Hot plate 29. KSol 30. Parábola Papillon 31. Solarsizzler 32. Scheffler ~ INDIRECTAS 33. Gaviotas 34. Proyecto de Tamera.

Tercera Parte

POTABILIZAR EL AGUA.....	73
--------------------------	----

- Introducción
- Pasteurización. Agua con contaminación microbiana ligera
 - ~ Pasteurización del agua
 - ~ Indicadores
- Destilación. Agua con contaminación de sales disueltas
 - ~ El destilador solar de caseta
 1. Colector solar
 2. Evaporador
 3. Cámara de aire

4. Condensador
5. Elementos para la recolección del condensado

~ Productividad y operación de los destiladores solares

~ Otros tipos de destiladores solares

1. Destilador solar de escalera
2. Destilador solar con evaporador textil
3. Destilador solar de múltiples efectos
4. Destilador solar indirecto

FICHAS TÉCNICAS..... 50

~ PASTEURIZADORES

1. SODIS
2. AquaPack
3. Thermo Flask

~ DESTILADORES

4. Supervivencia/ experimento
5. Destilador de caseta
6. SolAqua Rainmaker 550
7. SolAqua Rainkit 990
8. RSD
9. NMSS-LTD
10. AquaCone
11. Agua del Sol

Cuarta Parte

SECADO DE ALIMENTOS..... 95

- El Proceso de Secado
- Consideraciones del Proceso
 - ~ Contenido de humedad de un producto
 - ~ Contenido de humedad de equilibrio
 - ~ Comportamiento general del secado. Velocidad de secado
- Secador Solar
 - ~ Elementos básicos
 - ~ Circulación de aire
 - ~ Forma de operación
 - ~ Capacidad de producción
 - ~ Tipos de secadores
 - ~ Consideraciones generales de utilización

- FICHAS TÉCNICAS..... 102

- | | |
|---------------------|-------------|
| 1. Secador Sencillo | 5. Icaro |
| 2. Secador de fruta | 6. Innotech |
| 3. Coquillage | |
| 4. Tecnatrop | |

CONCLUSIONES..... 111

REFERENCIAS COMENTADAS..... 113

AGRADECIMIENTOS

A Fundación Terra (en donde se considerará las energías renovables como algo más que un nuevo “comercio de energía”; donde se cuestionan los hábitos de consumo de nuestra sociedad y se buscan propuestas más armoniosas con el medio ambiente) por abrirme sus puertas y darme la posibilidad de realizar ahí mi proyecto final de master; un proyecto que me aporta mucho para mis planes profesionales futuros.

En general agradezco a esta fundación por el ambiente de trabajo y en particular a cada uno de sus miembros por compartir sus conocimientos y creer que “los pequeños cambios son poderosos”.

Y, finalmente, a Mo, por estar conmigo a pesar de la distancia y su muy útil y desinteresada participación en la redacción de este documento.

OBJETIVOS

Los objetivos y motivaciones de este trabajo se dividen en los personales y los sociales.

Personalmente, la autora en general buscaba sensibilizarse con los recursos naturales que nos provee el medio ambiente (radiación solar, vientos, mareas, biomasa, etc.); sin tener como objetivo único y último la comercialización de estos recursos y más bien formarse una visión más amplia e integral a este respecto, llegando, con esto, a cuestionar los demandantes hábitos de consumo de nuestra sociedad (caso totalmente contrario a lo que se hace actualmente con las energías convencionales). Este objetivo se buscaba satisfacer ingresando a una organización o institución que tuviera esta visión con respecto a las energías renovables. Afortunadamente la búsqueda finalizó al encontrar y participar (realizando este proyecto) en la *Fundación Terra* (Fundación cuyo objetivo es el de canalizar y fomentar iniciativas que favorezcan una mayor responsabilidad de la sociedad en los temas del medio ambiente).

En particular, y debido a los temas que se plantean en este proyecto, la autora buscaba ampliar y complementar los conocimientos adquiridos sobre la energía solar en el *Master de Energías Renovables* (CIRCE, Universidad de Zaragoza, España);. Además de comprender a detalle los conceptos básicos y funcionamiento de los dispositivos que se han diseñado y utilizado para el aprovechamiento de la energía solar en relación a la alimentación: Cocinas, hornos, destiladores y secadores solares.

Lo anteriormente mencionado desemboca en el objetivo de utilizar en un futuro esta información de una manera práctica y, en la medida de lo posible, con esto poder sensibilizar, en el sentido antes mencionado, (al menos) a una pequeña porción de la sociedad.

El planteamiento y estructura del proyecto se realizaron con la intención de recopilar en un solo documento las diferentes aplicaciones de la energía solar relacionadas con la alimentación, no sólo de las bases y fundamentos generales de diseño y construcción, sino también de información específica de los principales dispositivos (tanto comerciales como artesanales) existentes a nivel mundial.

Ante el lector este documento tiene como objetivo (además de lo antes mencionado) ser una fuente de información teórica y práctica sobre las aplicaciones de la energía solar en relación con la alimentación. No sólo se proporciona información general (en formatos de fichas técnicas) de los principales modelos de cocinas, hornos, destiladores, pasteurizadores y secadores solares, sino que también se proporciona información sobre los fundamentos físicos de la energía solar y los métodos de aprovechamiento de ésta. Lo que le permitirá al lector (como uno de los objetivos principales) comprender las bases de diseño de los diferentes modelos expuestos y además tener las bases para hacer modificaciones o construir el suyo propio.

INTRODUCCIÓN

A pesar de los esfuerzos realizados en la investigación, desarrollo y promoción sobre el aprovechamiento de la energía solar relacionada con la alimentación haciendo uso de destiladores, secadores, hornos y cocinas solares, éstos son artefactos poco conocidos y utilizados sólo en grupos muy reducidos de nuestra sociedad.

El principal obstáculo para su desarrollo y promoción han sido los bajos precios y comodidad que ofrecen los electrodomésticos convencionales utilizados actualmente, los cuales hacen uso de los combustibles fósiles y nucleares. ¿Cuántos de nosotros no hemos utilizado la secadora de ropa en un día lluvioso, de noche o cuando no tenemos tiempo de esperar a que la acción del Sol y el viento sequen nuestra ropa? El hacer uso de los recursos y las fuentes de energía renovables en la vida cotidiana requiere conocer el entorno, los recursos que nos ofrece, como son: viento, Sol, agua, vegetación, etc, y ajustar nuestros hábitos a ellos. Condiciones que con nuestro estilo de vida son difíciles de conseguir.

A todo lo anterior se debe que cocinas, hornos, secadores y destiladores que emplean energías renovables (en particular la del Sol) como fuente de energía son poco utilizados en la sociedad moderna y la mayoría son diseñados y pensados para comunidades de países en vías de desarrollo. Estos dispositivos son distribuidos principalmente en proyectos de cooperación llevados a cabo en comunidades de bajos recursos económicos o en las que la leña (con la que habitualmente se cocinan) es un bien cada vez más escaso. También se utilizan en pequeñas comunidades y grupos de personas comprometidas con la búsqueda de opciones más respetuosas con el medio ambiente.

En este trabajo, pretendemos dar una visión general de los diferentes sistemas utilizados actualmente en el aprovechamiento de la energía solar relacionados con la alimentación. Así mismo se proporcionará información práctica para aquellos que busquen involucrarse más con estas actividades que, aunque parecen no tener relevancia en el ahorro y aprovechamiento de energía de forma global, pueden ser de gran ayuda para solucionar problemas de recursos energéticos a nivel local, además de contribuir a crear conciencia sobre el uso y aprovechamiento de los recursos naturales disponibles a nuestro entorno.

Finalmente, nuestra propuesta es el uso de energías renovables a pequeña escala, en donde el usuario final aprenda cómo utilizarlas y además tenga las bases para poder construir sus propios sistemas de aprovechamiento solar.

FUNDAMENTOS FÍSICOS

EL SOL Y SU ENERGÍA

El Sol es una inmensa esfera de gases que debido a las reacciones nucleares de fusión que se llevan a cabo en su núcleo se encuentra a muy altas temperaturas (se estiman 6000K en la fotosfera) tiene un diámetro de aproximadamente 1.39×10^6 km y se encuentra situado a una distancia media de 150 millones de kilómetros de la Tierra.

La distancia Tierra-Sol, el diámetro solar y su temperatura es lo que determina el flujo de energía casi constante que incide en la superficie terrestre y aunque existen varios modelos para calcularlo, el valor comúnmente aceptado es de 1.354 W/m^2 ; que en otras unidades equivale a: $1.940 \text{ cal/cm}^2\text{min}$, $428 \text{ Btu/ft}^2\text{hr}$ y $4871 \text{ MJ/m}^2\text{hr}$. Este valor se define como el flujo de energía proveniente del Sol que incide sobre una superficie de un metro cuadrado, ubicada fuera de la atmósfera terrestre, perpendicular a los rayos solares y a una distancia media de la Tierra al Sol y es conocido como *Constante solar* (figura 1)

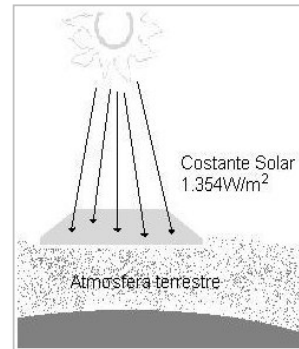


Figura 1. Constante Solar.

La energía proveniente del Sol viaja en forma de ondas electromagnéticas las cuales no requieren ningún medio para propagarse y en el vacío viajan con una rapidez de 300.000 km/s .

Las ondas electromagnéticas se clasifican según su longitud de onda, esta clasificación la podemos ver en el *espectro electromagnético* (figura 2). Comenzando con las que tienen una longitud de onda más larga¹, están: las ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible al ojo humano, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma, entre otras.

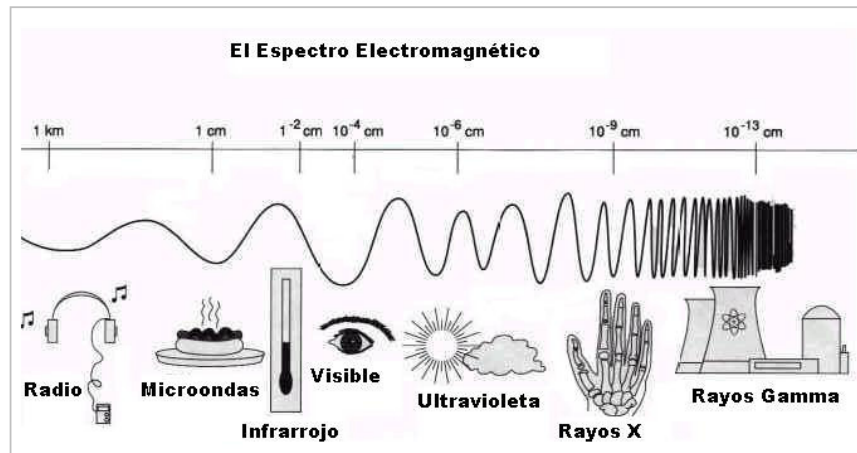


Figura 2. El Espectro Electromagnético.

Al igual que el Sol, todos los cuerpos emiten cierta cantidad de radiación en virtud de su temperatura. A mayor temperatura la intensidad de la emisión es mayor y el tipo de radiación cambia hacia una menor longitud de onda.

¹ Las longitudes de onda largas corresponden a las más débiles, pues la energía es proporcional al inverso de la longitud de onda, $E \sim 1/\lambda$.

Aunque el Sol emite radiación en toda la gama del espectro electromagnético, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio, prácticamente toda su radiación es radiación térmica, que corresponde a una radiación que va desde el ultravioleta ($\sim 0,1 \mu\text{m}$) hasta el infrarrojo lejano ($\sim 100 \mu\text{m}$) pasando por la radiación visible.

En el camino del Sol a la Tierra las ondas apenas sufren cambios porque se desplazan en un medio sin materia; al llegar a la atmósfera terrestre (donde se encuentra con polvo, vapor de agua, polución, aerosoles, dióxido de carbono y otros gases) la radiación solar sufre de ciertas transformaciones debidas a los efectos de *reflexión*, *refracción* y *absorción*.

Hablando en términos generales, podemos decir que en un día claro (sin nubes y contaminación) la radiación que llega a la superficie es aproximadamente 3% de ultravioleta, 57% visible y el 40% infrarrojo. Además de los gases que conforman la atmósfera terrestre, la radiación encuentra diferentes “obstáculos” que hacen variar su intensidad. Las nubes, por ejemplo, desvían los rayos solares y provocan que la intensidad de éstos al llegar a la superficie terrestre sea menor.

A partir de estos fenómenos podemos clasificar a la radiación solar, como radiación *directa* o *difusa* (figura 3):

- **Radiación directa** es a la radiación solar que llega en línea recta a la superficie de la tierra sin haber sido difundida por la atmósfera; forma sombras definidas ante algún obstáculo y puede enfocarse por medios ópticos.
- La **radiación difusa** es radiación solar que se dispersa al atravesar la atmósfera por causa de moléculas de aire, vapor de agua, polvo, etc., de tal modo que llega a la superficie de la tierra como si procediera de todo el cielo. No da sombras nítidas ni puede enfocarse con un instrumento óptico.

La suma de estos dos tipos de radiación se conoce como la **radiación global**.

En un día muy despejado, la mayor parte de la radiación proviene del cielo azul, en forma de radiación directa; mientras que una parte relativamente pequeña se convierte en radiación difusa.

En cambio, en un día nublado la redistribución de la radiación es mucho más notable, las nubes densas tienen un *albedo* (fracción de energía reflejada) muy alto, lo cual hace que una gran parte de la radiación solar se refleje al espacio exterior. Además, la energía que logra pasar a través de las nubes, es, prácticamente, sólo radiación difusa.

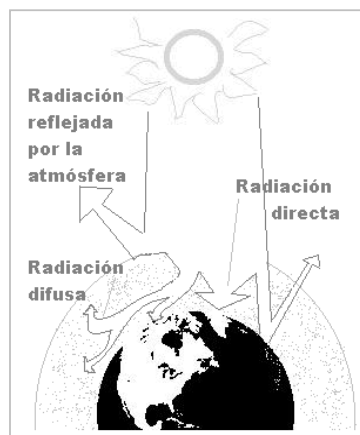


Figura 3. Debido a los efectos de reflexión, refracción y absorción, no toda la radiación proveniente del Sol llega a la tierra como radiación directa

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR

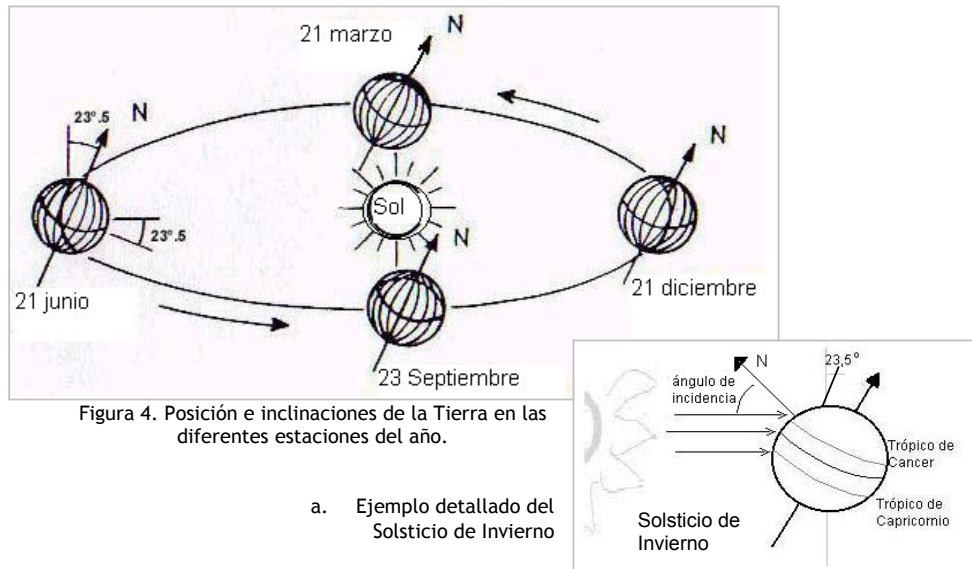
La Tierra está animada principalmente por dos movimientos: la traslación alrededor del Sol y la rotación alrededor de su eje.

La trayectoria que describe la tierra al girar alrededor del Sol no es circular sino elíptica, lo que significa que la distancia Sol-Tierra a lo largo del año no es siempre la misma. El 21 de diciembre la tierra se encuentra más cerca del sol, mientras que en 21 de junio se encuentra en el punto más lejano.

Aunque la distancia de la Tierra al Sol influye en la cantidad de radiación solar que incide en la superficie terrestre, la variación se debe principalmente al ángulo de incidencia de los rayos solares en la superficie terrestre.

- El ángulo de incidencia es el que forma la normal (línea perpendicular a la superficie) a la superficie con la dirección de propagación de la radiación Solar. (figura 4.a)

El eje de rotación de la Tierra está inclinado 23.5° con respecto a un eje perpendicular a la órbita que describe la Tierra al girar alrededor del Sol (figura 4), como esta inclinación permanece constante los rayos solares inciden, en una misma latitud, con diferente inclinación a lo largo del año.



Por ejemplo, alrededor del 21 de diciembre se produce el solsticio de invierno, cuando el Sol ilumina más directamente el Hemisferio Sur. Sus rayos caen perpendiculares al Trópico de Capricornio (aproximadamente latitud 23.5° Sur), el Polo Sur tiene Sol las 24 horas del día mientras que el Polo Norte está en sombra. (figura 4.a)

Seis meses más tarde, cerca del 21 de junio se produce el solsticio de verano, que es cuando el Sol ilumina más directamente el Hemisferio Norte. Sus rayos caen ahora perpendiculares al Trópico de Cáncer (aproximadamente latitud 23.5° Norte). En el Polo Norte el Sol está sobre el horizonte las 24 horas del día, y el Polo Sur permanece en sombras.

Hay dos momentos en el año que marcan el cambio entre la iluminación de los polos Norte y Sur, son aquellos para los cuales los rayos solares inciden de manera perpendicular al Ecuador (latitud 0°) iluminando ambos hemisferios por igual. Ocurren aproximadamente el 21 de marzo y el 23 de septiembre, el día dura lo mismo que la noche: 12 horas.

El ángulo de inclinación de los rayos solares es importante debido a dos fenómenos:

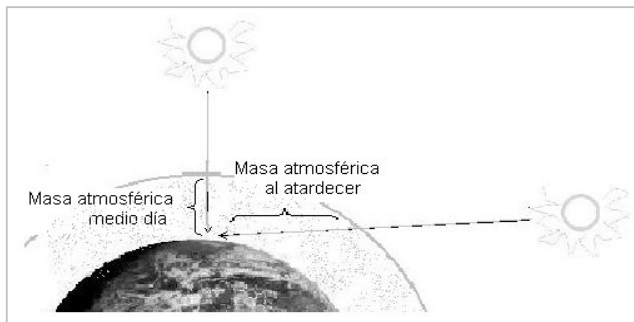


Figura 5. La masa atmosférica que los rayos solares atraviesan a medio día es menor que al atardecer.

atravesar más masa atmosférica para llegar a la superficie (figura 5)

- La radiación solar es menos intensa cuando el ángulo de incidencia es mayor. Al medio día, cuando los rayos solares caen perpendicularmente a la superficie terrestre (ángulo de incidencia nulo) son más intensos que al atardecer o al amanecer (ángulo de incidencia máxima)
- La cantidad de atmósfera que atraviesa varía con el ángulo de incidencia. Cuando los rayos solares vienen del horizonte tienen que

TRAYECTORIAS APARENTES DEL SOL

Entender cómo varía la radiación solar durante el día y a lo largo de todo el año es básico para su aprovechamiento. Si la explicación sobre las estaciones del año e inclinación del eje terrestre no es del todo clara, existe otra manera de comprenderlo: El punto de referencia pasa de estar en el Sol a un observador en la superficie terrestre.

El Sol cada día saldrá por el Este y se ocultará en el Oeste, pero su altura varía dependiendo el día del año; más alto en los meses de verano y bajo en invierno.

Las líneas que describe el Sol en la bóveda celeste durante un año son conocidas como *trayectorias aparentes* (figura 6).

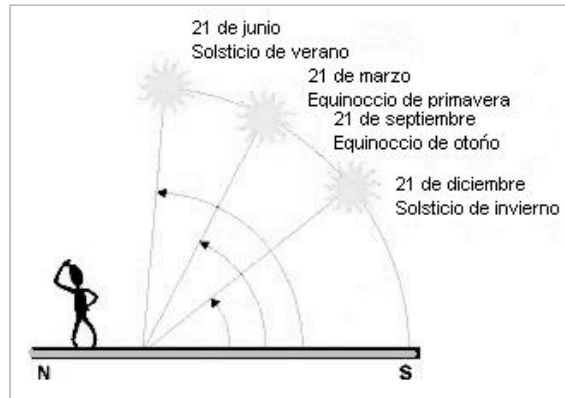


Figura 6. Trayectorias aparentes.

En verano la trayectoria del Sol es más alta sobre el horizonte y el día es más largo que en invierno.

En invierno la trayectoria es más baja, el día más corto y, aunque la tierra se encuentra más cercana al Sol, la cantidad de masa atmosférica que atraviesan los rayos solares es mayor que en verano por lo que la intensidad de la radiación es menor. Es por eso que mencionamos que la inclinación de los rayos solares es más importante que la distancia Tierra-Sol.

RADIACIÓN, LUZ Y CALOR

Para poder aprovechar la energía que nos proporciona el Sol debemos también comprender el comportamiento de la radiación.

Aunque se define con el nombre de **luz** a la radiación electromagnética a la cual es sensible el ojo humano, este nombre puede extenderse a radiaciones ultravioleta e infrarrojo por lo que en algunos casos se utilizará la palabra **luz**, para hacer referencia a toda la radiación proveniente del Sol.

Materiales

Cuando los rayos solares inciden sobre algún objeto, éstos pueden ser absorbidos, reflejados o refractados dependiendo de las características del material receptor.

Un material que se denomine como *buen absorbente* de energía radiante, refleja muy poco de ella, en consecuencia, la superficie se ve oscura. Un *buen absorbente* parece oscuro y un *absorbente perfecto* no refleja energía radiante y parece totalmente negro y la energía que se absorbe aumentará su temperatura.

Todos los materiales, al no ser ideales, producen los tres fenómenos.

La *reflexión* y *absorción* son procesos opuestos. Los buenos reflectores son malos absorbentes.

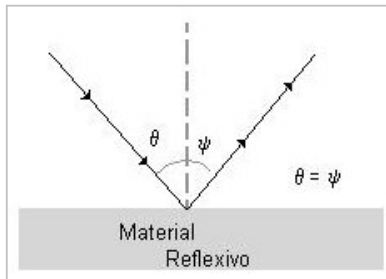


Figura 7. Reflexión de un rayo luminoso material reflexivo ideal.

Cuando la radiación llega a la superficie de un material *ideal reflexivo*, es rechazada y emitida de regreso. El ángulo con que incide con respecto a la normal es el mismo con el que es reflejado (figura 7).

Cuando la superficie donde se refleja la luz es muy lisa, los rayos reflejados apenas sufrirán cambios y todos se reflejarán con el mismo ángulo; lo que sucede en un buen espejo (figura 8.a). Mientras más rugosa es la superficie los rayos que inciden encuentran diferentes ángulos (a escala microscópica) por lo que el ángulo de reflexión será muy variado y la radiación saldrá en todas direcciones (figura 8.b).

En consecuencia, si el interés es reflejar la luz solar en una dirección concreta, se debe considerar la calidad de la superficie y no sólo las propiedades reflexivas del material.

La refracción sucede cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro con características distintas, lo que produce un cambio en la dirección del rayo. Este cambio se debe que la dirección y rapidez de la luz varía al pasar de un medio a otro (figura 9)

Si la luz incide perpendicularmente sobre la superficie no sufrirá desviación y seguirá en línea recta su camino.

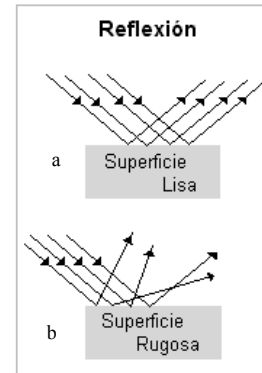


Figura 8. a. Reflexión en una superficie lisa, b. Reflexión en superficie rugosa.

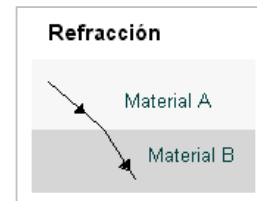


Figura 9. Refracción. Cambio de dirección del rayo luminoso al pasar del material A al material B.

El Color

La luz blanca está compuesta por una serie de colores, cada uno de los cuales se caracteriza por una longitud de onda determinada. La región del espectro electromagnético que corresponde a la luz blanca (luz visible por el ojo humano), va desde el violeta, con una longitud de onda mínima, hasta el rojo, longitud de onda máxima (figura 10). Entre estas dos está la cantidad indefinida de tonos que forman el espectro de colores, aunque no están nítidamente divididos, sino que forman un espectro continuo, por convención se han agrupado en siete colores: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta.



Figura 10. Espectro de luz visible.

Cuando un objeto recibe un rayo luminoso un porcentaje de éste se absorbe y otro se refleja; la longitud de onda del rayo reflejado es lo que define su color. Un objeto parece azul si al recibir un haz de luz blanca absorbe todas las longitudes de onda menos el azul (figura 11). Si refleja toda la luz que recibe el objeto parece blanco y si absorbe todo, el objeto se verá negro (ausencia de luz).

El color no es intrínseco al objeto, dependen del tipo de luz que recibe. Por ejemplo, si colocamos una hoja de papel que a la luz solar consideramos blanca bajo una luz artificial azul, la hoja parecerá azul, lo que significa que refleja todas las longitudes de onda que recibe; azul bajo la luz azul y blanca (combinación de todo el espectro) bajo la luz del Sol.

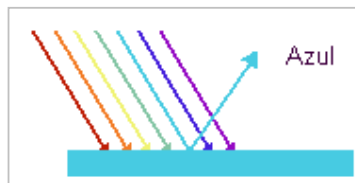


Figura 11. Un objeto bajo la luz blanca se ve azul porque la longitud de onda que se refleja es la que corresponde a este color.

En los materiales semitransparentes sucede algo similar, el color con el que lo percibimos dependerá de la luz que permita pasar (en el caso en que el material se encuentre entre nosotros y el punto de luz). Por ejemplo, un trozo de vidrio parecerá verde si éste absorbe todas las longitudes del espectro visible menos el correspondiente al color verde, que es el que transmite (figura 12).

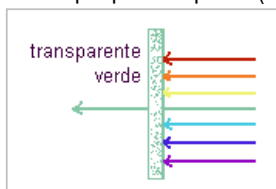


Figura 12. Un cristal se verá verde si permite pasar sólo la longitud de onda correspondiente al color verde.

El Calor

El calor es la energía que se transmite de cuerpos calientes a otros más fríos. Al estar en contacto dos cuerpos con diferentes temperaturas los que están más calientes se enfrían y los que están más fríos se calientan. Tienden a alcanzar una temperatura común. Ésta transferencia de calor se lleva a cabo de tres maneras: por *conducción*, *convección* y *radiación*.

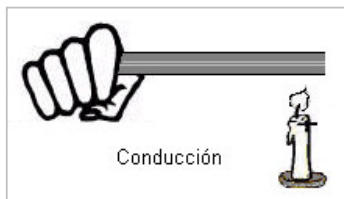


Figura 13. Conducción. La energía se transmite rápidamente a través de los electrones de la barra de metal.

La *conducción* es una transferencia de calor entre cuerpos sólidos. Si tomamos con la mano una barra de acero y colocamos uno de los extremos en el fuego, al cabo de un rato no podremos sostenerla más, la energía del fuego se transmite a través de los electrones del metal rápidamente y provoca un aumento de la temperatura a lo largo de toda la barra (figura 13).

La *convección* se presenta en líquidos o gases, implica el movimiento de masa, y se debe al movimiento del fluido. Si calentamos agua en la estufa, a medida que el fluido de abajo se calienta las moléculas comienzan a moverse con más rapidez, se apartan entre sí, el agua menos densa (la más caliente) se mueve hacia arriba, lo que hace que el fluido más frío y denso quede en la parte inferior. De este modo se forman corrientes de convección que se mantienen en movimiento a medida que el fluido aumenta de temperatura.

La *radiación* térmica son ondas electromagnéticas que un cuerpo emite debido a su temperatura y, a diferencia de la convección y de la conducción, ocurre sin necesidad de un medio a través del cual se pueda transferir el calor. Todos los cuerpos emiten esta radiación y a su vez absorben la radiación térmica del medio que les rodea.

Los metales, debido a su estructura molecular, son excelentes conductores de calor, mientras que el aire y la mayoría de los líquidos y gases no lo son. Es por esto que las buenas propiedades aislantes de algunos materiales como plumas, corcho o piel se debe principalmente a los espacios de aire que contienen.

EFECTO INVERNADERO

El *efecto invernadero* obtiene su nombre de las estructuras de vidrio que se utilizan en la agricultura para “atrapar” la energía solar (figura 14). El vidrio, al igual que algunos otros materiales, es transparente a las ondas de luz visible y opaco a rayos ultravioleta e infrarrojos. Las ondas cortas de la luz solar atraviesan el vidrio y se absorben en las plantas y el suelo. A su vez las plantas y suelo emiten ondas largas infrarrojas que no pueden atravesar el vidrio, esta energía queda “atrapada” en el invernadero y eleva la temperatura del ambiente.

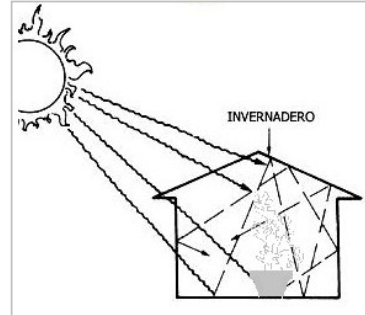


Figura 14. Invernadero. En un invernadero la radiación solar entra, al ser absorbida e irradiada de nuevo disminuye su longitud de onda y queda atrapada en el interior.

Referencias:

- Hewitt, Paul G; **Física Conceptual**; Pearson Educación; México 2004.
- Hermosillo J., Mendoza A., Guido R.; **Notas Sobre el Curso de ENERGÍA SOLAR**; Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, División Ingeniería. ITESO; Jalisco, México 1995.
- Jiménez, José Manuel SUPER; **Ingenios Solares**; Editorial Pamiela; Pamplona, 1997 **Energía Solar, Transformación y Uso**; Revista AjoBlanco, Energías Libres; Barcelona, 15 de febrero de 1977.

LA MANIPULACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Cómo el título de esta tesis lo dice, la investigación está enfocada al aprovechamiento de la energía solar para los alimentos, por lo que consideramos de gran importancia exponer las diferentes formas que utilizamos para manipularlos, y aunque nuestro interés se encuentra enfocado a las diferentes transformaciones que sufre un alimento con el calor, hacemos mención de algunos otros métodos, como refrigerar o congelar.

En general podemos decir que manipulamos los alimentos con tres objetivos principales: conservarlos, hacerlos más digeribles y calentarlos para hacerlos agradables al gusto. En la conservación se intenta detener o destruir térmicamente a los agentes biológicos como bacterias, virus y parásitos que provocan la descomposición de los alimentos.

CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos se conservan mediante diferentes técnicas:¹

- Desecación y deshidratación.
- La conservación por frío.
- Por medio de los efectos del calor (cocidos, asados). El calor deshidrata, pero tiene además otros efectos, tanto por el humo como por las transformaciones que induce en los alimentos, lo que los convierte en más digeribles.

Desecación y Deshidratación

El secado es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de alimentos, y consiste en retirar el agua de éstos. Al hacer esto, se reduce considerablemente la acción microbiana y el alimento puede ser almacenado por más tiempo. La eliminación del agua puede ser casi completa² y se busca disminuir lo posible la alteración de las propiedades de los alimentos, a fin de lograr luego, durante la reconstitución, productos lo más parecidos a los alimentos originales.

Por lo general la deshidratación produce cambios físicos, químicos y sensoriales en los alimentos. Entre los cambios físicos están el encogimiento y endurecimiento. Por otro lado, los cambios químicos contribuyen a la calidad final, tanto de los productos deshidratados como en los reconstituidos³. Con lo que respecta a los cambios sensoriales se puede llegar a tener modificaciones en el color, el sabor, la textura, la viscosidad, la velocidad de reconstitución, el valor nutricional y la estabilidad del producto en el almacenamiento. Con frecuencia sólo en determinados productos existen todos estos cambios; pero algunos de las principales alteraciones (como son el encogimiento, cambio de textura, etc...) tienen lugar en casi todos los alimentos sometidos a deshidratación, y, obviamente, el grado en que ocurren depende de la composición del alimento y la severidad del método de secado.

¹ Además de estas tres existen otras técnicas que se han desarrollado en los últimos años, pero estas no serán tratadas en este documento por no ser relevantes para este informe.

² Los niveles de humedad remanente en el producto llegan alcanzar valores de 1 al 5%, según el producto y método de secado.

³ Se conoce como productos reconstituidos a los alimentos que después del secado se hidratan buscando la consistencia y sabor del producto original.

El agua retirada de los alimentos durante el secado puede ser eliminada por simples condiciones ambientales o por procesos controlados de deshidratación. Las técnicas de deshidratación utilizan diferentes medios: exposición directa al Sol, corrientes de aire caliente o métodos más complejos como la liofilización⁴. En el caso de la deshidratación solar las técnicas de secado son con calor y corrientes de aire.

El ejemplo más típico de conservación por secado son los está en granos y cereales, que además de mejorar su conservación se facilita su transporte y almacenaje debido a la reducción de peso. También pueden ser conservadas por este medio. pescados, carnes, frutas, verduras, té, café, azúcar, almidones, sopas, comidas precocinadas, especias, hierbas, etc.

Finalmente, cabe señalar que además de la conservación, la deshidratación se utiliza para disminuir el peso (llegando a disminuir 8 veces en relación con el original) y el volumen de los alimentos lo que repercute en un ahorro en los costes de transporte y embalajes. .

Frío

La conservación con el frío, que es, tal vez, una de las más conocidas en la vida urbana, se lleva a cabo mediante dos procesos: la refrigeración y la congelación. El almacenamiento **refrigerado** se considera cuando se emplean temperaturas superiores a la de congelación, es decir, entre -2°C y 15°C. En este rango de temperaturas el desarrollo de microorganismos disminuye, o no se produce, pero los gérmenes continúan vivos y comienzan a multiplicarse desde que la temperatura del alimento aumenta.

El almacenamiento **congelado** se caracteriza porque los alimentos se conservan en estado de congelación. Lo cual se logra con temperaturas inferiores a los -18°C en el núcleo del alimento, evitándose de esta forma la posibilidad de desarrollo microbiano y limitando la acción de la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas.

Calor

El calor se utiliza para la conservación de alimentos al destruir gérmenes patógenos y sus esporas debido a las altas temperaturas. Las técnicas que se utilizan son el escaldado, la pasteurización y la esterilización. Además de éstas se encuentra la cocción, que más que ser utilizada para conservar es utilizada para hacer a los alimentos más digeribles y agradables al comerlos, por lo que la trataremos con detalle en la siguiente sección

- El Escaldado

El escaldado no constituye un método de conservación en sí, sino un tratamiento que se le da a los alimentos, generalmente frutas y hortalizas, antes de su conservación por congelación, enlatado, liofilización o secado. Es un tratamiento térmico entre los 99 y 100°C aplicado durante algunos minutos (entre 1 y 5, dependiendo del producto y tamaño), reduce el número de microorganismos contaminantes, principalmente mohos, levaduras y formas bacterianas vegetativas de la superficie de los alimentos, de esta forma es como se contribuye al efecto conservador de las operaciones posteriores.

- La Pasteurización

Es un tratamiento relativamente suave (temperaturas normalmente inferiores a 100°C), que se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos durante varios días, como en el caso de la leche, o incluso meses como conservas de frutas y verduras. La intensidad del tratamiento y el grado de prolongación de la vida útil de los alimentos se ven determinados principalmente por el pH

⁴ Proceso que consiste en la deshidratación de una sustancia por sublimación al vacío. Consta de tres fases: sobre congelación, desecación primaria y desecación secundaria

Este método, que conserva los alimentos por inactivación de sus enzimas y por destrucción de los microorganismos sensibles a altas temperaturas, provoca cambios mínimos tanto en el valor nutricional como en las características organolépticas⁵ del alimento.

El objetivo principal de la pasteurización aplicada a alimentos de baja acidez (pH mayor a 4,5) es la destrucción de las bacterias patógenas, mientras que en los alimentos de pH inferior a 4,5 persigue la destrucción de los microorganismos causantes de su alteración y la inactivación de sus enzimas.

Los tiempos y temperaturas de tratamiento varían según el producto y la técnica de pasteurización. Hay un método de temperatura alta y corta duración (pasteurización alta) en el que la temperatura es de 71,7 grados y el tiempo de 15 segundos; y otro de temperatura baja y corta duración: son 62,8 grados durante treinta minutos, que se aplica, por ejemplo en la leche. Existen también otros sistemas para derivados lácteos.

Finalmente, es importante señalar que la efectividad de la pasteurización es sólo relativa, ya que la mayoría de los alimentos pasteurizados (a excepción de las conservas de frutas y verduras) se conservan sólo unos días. Esto debido a que, a pesar de la destrucción de gérmenes patógenos, se siguen produciendo modificaciones físicas y bacteriológicas. Por lo tanto, si se requiere prolongar más de unos días la vida de los alimentos es necesario acompañar a la pasteurización por otros métodos de conservación, como puede ser la refrigeración

- **La Esterilización**

La esterilización, es un procedimiento en el que se expone al alimento a temperaturas de entre 115 y 127°C. El procedimiento consiste en colocar el alimento en un recipiente cerrado y someterlo a una elevada temperatura durante algunos minutos (60 minutos, en algunos casos). De esta manera se asegura la destrucción de todos los gérmenes y enzimas. Cuanto más alta sea la temperatura de esterilización menor será el tiempo de exposición.

El valor nutritivo de las conservas, debido a las condiciones de fabricación y el reducido tiempo de calor, es bastante óptimo, ya que no existe alteración de carbohidratos ni lípidos, y algunas proteínas se conservan con porcentajes altos.

ALIMENTOS MÁS DIGERIBLES Y AGRADABLES

Hasta ahora sólo hemos tratado uno de los objetivos principales de la manipulación de los alimentos. En esta sección nos ocuparemos de los de los otros dos, es decir, el de hacer los alimentos más digeribles y calentarlos para hacerlos agradable al gusto. Para esto sólo es necesario tratar la cocción y sus diferentes variantes.

- **La Cocción**

Su función es convertir los alimentos en productos digeribles, hacerlos más apetitosos, dotarlos de una temperatura agradable para consumirlos y eliminar los posibles microorganismos que estos contengan. Sin embargo, a diferencia de los métodos vistos anteriormente, la cocción no sirve para conservar los alimentos y puede hacerlos incluso más sensibles al crecimiento bacteriano puesto que permite aumentar las poblaciones de bacterias patógenas y la alteración y la producción de toxinas. Por otro lado, la cocción puede destruir los microorganismos sensibles a las altas temperaturas a la vez que permite que sobrevivan las formas termorresistentes (que incluyen las esporas bacterianas), traduciéndose en una selección de microorganismos.

⁵ Propiedades que se pueden percibir con los sentidos: color, sabor, olor, textura.

Lo más difícil es lograr la cocción de las partes internas de los alimentos y conseguir que el procedimiento sea letal para los agentes patógenos. Ello depende del espesor del alimento que está siendo cocido, la temperatura del aceite o del agua y la duración de la cocción. Los métodos de cocción más frecuentes son:

Hervidos

Es una de las técnicas de cocción más difundida, consiste en colocar los alimentos en agua hirviendo.⁶ Legumbres y cereales se vuelven así alimentos digestivos y apetecibles. Es importante utilizar el agua justa ya que en ese líquido encontraremos muchos de los nutrientes de los alimentos que se han cocinado. Lo más recomendable es una cocción lenta y, por supuesto, en un recipiente con la tapa bien ajustada, lo que reduce la pérdida de nutrientes y aromas de los alimentos.

Al vapor

Esta técnica consiste en cocinar los alimentos con el vapor que se genera al hervir agua (a la que se puede añadir algún tipo de hierba aromática.) Los alimentos se colocan sobre una rejilla dentro de un recipiente con agua en el fondo, cuidando que los alimentos y el líquido no estén en contacto, ya que si esto sucede aumentarían las pérdidas de vitaminas y minerales.

La cocción al vapor es una forma de conservar íntegros las vitaminas y minerales de los alimentos, además de conservar los sabores y aromas naturales. Otras ventajas de esta técnica de cocción son, por un lado, que la comida resulta más jugosa, las carnes y los pescados se cocinan sin necesidad de girarlos y, por otro lado, los alimentos no se queman, ni se pegan al recipiente que se está utilizando.

Al horno y asado

Son esencialmente la misma operación, la diferencia es que al horno es cuando se emplea aire caliente y el asado se realiza sobre una parrilla, recipiente o plancha caliente. En este método se produce concentración de sabores y un tostado superficial del alimento consiguiendo platos muy sabrosos, además tienen un objetivo secundario: la conservación del alimento por destrucción de su carga microbiana y por reducción de la actividad de agua en su superficie debido a la deshidratación (es decir, la disminución de la disponibilidad de agua, importante para el desarrollo de los microorganismos). No obstante, la vida útil de la mayor parte de los alimentos sometidos a esta operación es corta, y aumenta si se complementa mediante la refrigeración o el envasado.

En el horno, el calor pasa al alimento por radiación desde las paredes, por convección del aire circulante y por conducción a través de la bandeja sobre la que descansa el alimento. Si bien en algunos tipos de alimentos, como en algunos bizcochos, el calor se transmite en los primeros momentos del horneado, por convección, la mayor parte del intercambio calórico se produce por conducción. En el asado el calor llega al alimento por conducción al estar en contacto con la plancha y por radiación y conducción cuando hablamos de parrillas al carbón.

Fritos y rebozados

Este método de cocción consiste en colocar los alimentos dentro de aceite caliente, con temperaturas de entre 180 y 250°C. Es una operación destinada a modificar las características organolépticas⁷ del alimento. Un objetivo secundario de la fritura es el efecto conservador que se obtiene por destrucción térmica de los microorganismos y enzimas presentes en el alimento, y por la reducción de la actividad de agua en la superficie del mismo (o en toda su masa, en los alimentos cortados en rodajas finas). Cuando un alimento se sumerge en aceite caliente, su temperatura

⁶ Corresponde a 100°C al nivel del mar, a mayores altitudes el agua hierve a temperaturas menores debido a la reducción de la presión atmosférica.

⁷ Ver pie de página 5

aumenta en la superficie y empieza a deshidratarse. Seguidamente aparece la formación de una corteza y el traslado del frente de evaporación hacia el interior del alimento, es decir, la temperatura en la superficie alcanza la del aceite caliente y la interna aumenta lentamente

Referencias:

- **Alimentos tratados por el calor**; Diario de la seguridad Alimentaria: ConsumaSeguridad.Com septiembre de 2003
http://www.consumaseguridad.com/web/es/sociedad_y_consumo/2003/09/26/8513.php
- Arnau, Josep Vicent; **Modos de cocción de los alimentos**; En Buenas Manos, Portal de salud y terapias naturales; <http://www.enbuenasmanos.com/ARTICULOS/muestra.asp?art=325>
- Rico Hernández, Antonia; **Tecnología de los alimentos, procesos de conservación**; Saludalia.com; Febrero 2001
http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/vivir_sano/doc/nutricion/doc/proceso_conservacion.htm#5
- Aríngoli, Susana; **Cómo cocinar los alimentos, Cada alimento tiene una mejor forma de cocción**; AlimentaciónSana.com. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/comococinar.htm>

COCINAS SOLARES

Una de las aplicaciones más sencillas de la energía solar es hervir, cocinar o calentar alimentos. Aunque para muchos el cocinar o calentar alimentos utilizando los rayos solares es algo *novedoso* o *extraño*, se tiene registro de cocinas solares (utilizando tecnología moderna) desde el año 1767¹, a partir de este momento y hasta nuestros días se ha realizado un esfuerzo en la investigación de diferentes tipos de cocinas llegando a desarrollar y fabricar algunos diseños muy ingeniosos.

Como ya hemos visto -en la sección de fundamentos físicos- la constante solar tiene un valor de 1.340 W/m^2 . Sin embargo esta radiación se reduce al atravesar la atmósfera por medio de los efectos de reflexión, refracción y absorción. La intensidad sobre la superficie terrestre varía (desde valores de 0 W/m^2 hasta 1.000 W/m^2) de acuerdo con el lugar, hora, estación, nubosidad y los componentes de la atmósfera.²

El flujo de energía suministrado por una cocina convencional es de entre 1.200 y 1.800 W , además de contar con quemadores de un diámetro de apenas 15 ó 20 cm , es decir, de un área de aproximadamente $0,0315 \text{ m}^2$. Considerando un valor medio de potencia, la cocina convencional proporciona aproximadamente 1.500 W en $0,0315 \text{ m}^2$ (que equivale a 47.600 W/m^2), lo que significa 47 veces más flujo de energía que la que incide en la superficie terrestre debido al sol (considerando potencias máximas).

Para lograr la cocción de los alimentos no es necesaria una potencia como los máximos proporcionados por una cocina convencional, en cambio, podemos cocinar a fuego lento (disminuir la potencia) y alargar los tiempos de cocción. Sin embargo, la potencia proporcionada por los rayos solares es tan baja, que la exposición directa³ de los alimentos a éstos es insuficiente para cocinarlos. Es por esto que es necesario encontrar la manera de aumentar la densidad energética solar que reciban los alimentos. Esto es precisamente lo que se consigue con el uso de las *Cocinas Solares*.

Una *cocina Solar* es un dispositivo que utiliza la energía proporcionada por los rayos solares para lograr la cocción de los alimentos⁴ a través de la concentración o la acumulación de la energía.

CONCENTRACIÓN

La concentración consiste en redirigir los rayos solares a un área menor que la de recepción, esto se logra mediante materiales reflexivos como podría ser algún espejo, lámina de aluminio o plástico metalizado. El flujo de energía por unidad de área aumenta según la calidad del material reflexivo y área de captación. Si se convierte esta radiación en energía térmica utilizando materiales oscuros (los que absorben la radiación) podremos lograr las temperaturas suficientes para cocinar los alimentos.

Para conseguir la concentración de los rayos solares es necesario entender mejor las bases de la óptica geométrica, lo que nos ayudará a entender cómo se pueden redirigir los rayos solares al lugar deseado (en el caso de una cocina solar, el recipiente de cocción). La reflexión y concentración de los rayos solares se logra utilizando, principalmente, tres tipos de geometría en los reflectores: parábolas, conos y reflectores planos.

¹ En este año Horace de Saussure, un naturalista suizo, construyó una caja solar que alcanzaba los 87°C .

² Farrington, Daniels

³ Sin hacer uso de concentradores solares.

⁴ Entiéndase por cocción cualquiera de las diferentes formas de modificar a los alimentos mediante el calor.

Parábolas

La definición matemática de parábola es: conjunto de puntos en un plano que equidistan de un punto fijo llamado foco, F , y de una línea recta llamada directriz, es decir, si tomamos cualquier punto de la parábola, la distancia de este punto al foco será igual a la distancia del mismo punto a la directriz (figura 1). El eje de la parábola (línea que une al foco y directriz) es el eje de simetría.

Si construimos una parábola con algún material reflectante y la orientamos a los rayos solares, es decir que la línea que dibujan los rayos solares sea paralela al eje de simetría, la radiación que recibe la parábola se refleja y concentra en el punto focal F . Es en éste punto donde se tiene la mayor concentración de radiación solar.

Por otro lado, el área de captación se entiende como la proyección de la parábola en un plano perpendicular a los rayos solares (figura 2).

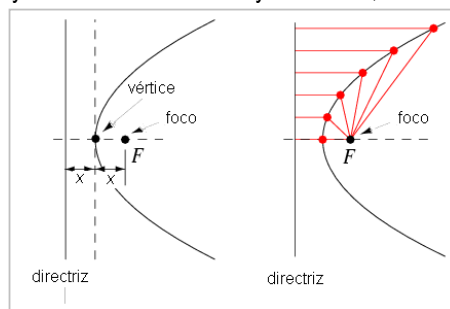


Figura 1. Parábola. Por definición, cualquier punto de la parábola tiene la misma distancia a la directriz que al foco.

La distancia focal se define como la distancia, sobre el eje de simetría, entre la parábola y el punto focal. Esta distancia está determinada por el perfil de la parábola. Mientras la parábola sea más profunda, el foco se acerca más a la parábola y la distancia focal disminuye (figura 3.a).

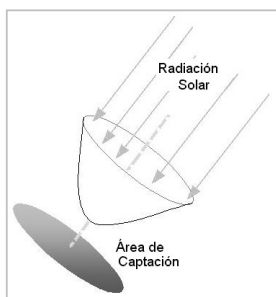


Figura 2. El área de captación de una cocina parabólica es la proyección de la parábola en un plano perpendicular al eje de la radiación solar (su sombra).

La definición de la concentración de los rayos solares en el foco está determinada por la calidad de la parábola, tanto de la forma como del material reflexivo. Si el material es de baja calidad, la reflexión tomará diferentes caminos, por lo que no toda llegará al punto focal, formando una zona de concentración amplia.

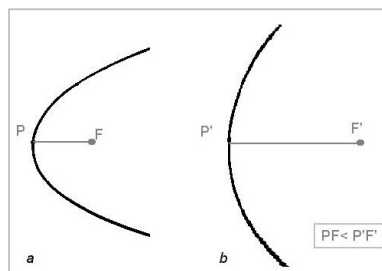


Figura 3. Distancia Focal. En un perfil parabólico la distancia focal disminuye cuando la profundidad aumenta.

Las cocinas solares concentradoras que se construyen siguiendo esta geometría son realmente paraboloides, es decir, superficies sólidas obtenidas al hacer girar la parábola alrededor de su eje de simetría⁵.

Conos

La concentración en conos reflexivos funciona como un embudo que concentra la radiación que entra al fondo de ella. Cuando orientamos un cono fabricado con material reflexivo a la radiación solar, la luz que incide sobre la superficie interior

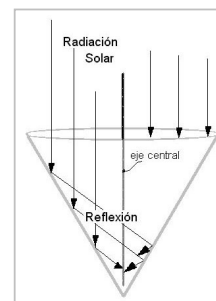


Figura 4. Reflexión de la radiación solar en un cono.

⁵ En la web de Solar Cooking International, se encuentra un programa para diseñar parábolas con las dimensiones de diámetro y profundidad que el usuario desee. (<http://www.solarcooking.org/ParabolaCalculator.htm>)

del cono, debido a la reflexión, será reflejada al centro del cono. A diferencia de las parábolas la luz no se concentra en un punto sino en una línea; línea que coincide con el eje central del cono (figura 4).

Dependiendo el material, habrá un porcentaje de pérdidas en la intensidad del rayo cada vez que éste se refleje en una de las paredes del cono. Algo que no pasará en los paraboloïdes, pues el rayo es reflejado sólo una vez.

El área de captación de un cono, al igual que las parábolas, es la proyección del cono sobre un área perpendicular a los rayos solares.

Reflectores planos o paneles

Los reflectores planos, son simplemente planos de material reflectante con los que se modifica la dirección de los rayos solares hacia una zona (área) determinada (figura 5). La concentración de la radiación se dará cuando varios de estos reflectores dirijan los rayos solares a una misma zona.

Al igual que con parábolas y conos, el área de captación es la proyección del reflector en un plano perpendicular a los rayos solares.

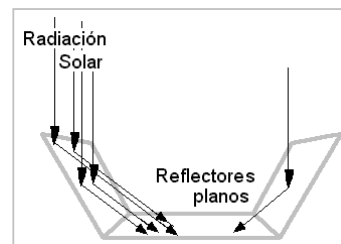


Figura 5. Reflexión en colectores planos.

En los tres casos presentados anteriormente (parábolas, conos y paneles), la radiación solar a la que se hace referencia es sólo la porción de radiación directa (descrita en el capítulo de fundamentos físicos), es decir, los rayos con dirección específica provenientes directamente del Sol. Por lo que estos dispositivos funcionarán sólo en días despejados. Además requieren ser frecuentemente orientados al Sol (cada 15 a 30 minutos). Los sistemas parabólicos, al concentrar la radiación en un punto focal, son los más sensibles a esta orientación, no siendo así para los conos y paneles, que dirigen los rayos sobre una línea y un área determinada respectivamente. Algunos de los reflectores parabólicos más efectivos cuentan ya con un sistema mecánico de orientación.

La forma de utilizar cualquiera de estos reflectores para cocinar, es colocando el recipiente de cocción en el punto, área o línea de concentración. El recipiente debe ser de un material que absorba la radiación (color negro mate preferentemente) y lo transfiera rápidamente a los alimentos que se encuentren en su interior (recipientes metálicos)

La relación que existe entre la energía solar que se refleja en un material, en comparación a la cantidad total de energía solar que ha incidido sobre él, se define como el *porcentaje de reflexión*. En el mercado se encuentra varios materiales reflexivos que han sido probados en diferentes cocinas solares ⁶ muchos de ellos alcanzan porcentajes de reflexión superiores al 90 o 95%. No sólo el porcentaje de reflexión es un punto importante a considerar a la hora de seleccionar el material, también se debe tomar en cuenta su resistencia a los rayos solares (los plásticos se ven afectados por la radiación UV) y factores ambientales, su peso (para cocinas que se transportan o almacenan), su resistencia al trato diario y su disposición y coste.



Figura 6. Cocina Parabólica KSOL

En la práctica estos tres tipos de reflectores antes citados se clasifican principalmente en dos: parabólicos y paneles. Los cónicos quedan incluidos en los paneles.

Las cocinas parabólicas, generalmente, son las que logran mejores niveles de concentración, es por esta razón que en muchos casos se pueden utilizar de

⁶ John Harrison

manera relativamente similar a las cocinas convencionales: Los tiempos de cocción son parecidos y el punto focal está en la parte inferior del recipiente, con lo que se puede estar mezclando y supervisando los alimentos constantemente mientras éstos se cocinan.

Debido a los niveles de concentración de este tipo de cocina merece hacer una inversión económica mayor de la que se hace comúnmente en otro tipo de cocinas solares. Finalmente mencionaremos que los materiales utilizados suelen ser madera o hierro para la estructura y láminas de aluminio pulido u alguna película aluminizada para el cuerpo de la parábola⁷.

A diferencia de las cocinas parabólicas, los paneles solares son estructuras muy sencillas que se realizan con materiales económicos y al alcance de casi cualquier persona (sin importar su situación económica). La mayoría de los paneles solares de los que se tiene información están contruidos a base de hojas o cajas de cartón corrugado, utilizando papel aluminio de cocina como material reflexivo. La concentración que se logra con este tipo de cocinas no es tan elevada como con los paraboloides, por lo que se toman medidas en cuanto a los recipientes de cocción, buscando que en ellos se realice la absorción máxima de los rayos solares y evitando pérdidas térmicas provocando el efecto invernadero a su alrededor. (ver apartado de recipientes de cocción)

Es importante mencionar que el uso de estos dispositivos requiere ciertas medidas de seguridad que no deben pasarse por alto. Cuando se utilizan cocinas de concentración, especialmente con las parábolas en donde la concentración es más fina y el punto de concentración (punto focal) puede estar alejado de la superficie captadora, será necesario utilizar gafas de sol, pues la concentración de rayos solares podría afectar seriamente la vista si no se actúa adecuadamente. Además deben emplearse guantes de cocina para manipular los recipientes de cocción, pues las temperaturas alcanzadas pueden superar los 180°C.



Figura 7. Panel Solar construido a partir de una caja de cartón

ACUMULACIÓN

Otra manera de conseguir temperaturas suficientes para la cocción de los alimentos es acumulando la energía proveniente del Sol. Esta acumulación se logra provocando el efecto invernadero en el interior de una caja en donde colocaremos los recipientes de cocción (figura 8).

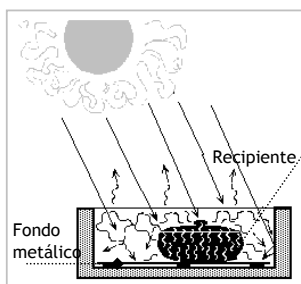


Figura 8. Cocina solar de acumulación. La acumulación de energía se debe al efecto invernadero que se crea en ella.

Las cocinas solares de acumulación, comúnmente llamadas hornos por su forma de cocinar (mediante aire caliente), consisten en una caja con una ventana acristalada (o cualquier otro material que permita el paso de los rayos solares) orientada al Sol.

Lo que se pretende en un horno solar es, una vez que la radiación solar ha entrado a través del cristal, acumular su energía en el interior de la caja, absorber el máximo y reducir las pérdidas. La acumulación de la energía solar se consigue de dos formas:

1. Utilizando materiales absorbentes, materiales de colores negros mate, y que además sean buenos transmisores del calor. Si colocamos un fondo metálico negro en el fondo del horno y el

recipiente de cocción también negro y metálico. La radiación solar será absorbida por estos e irradiada de nuevo pero con longitudes de onda mayor (lo que equivale a menos energía) que no logra atravesar de nuevo el cristal. Así, la energía convertida en energía térmica, provocará un aumento de temperatura en el interior de la caja.

⁷ Debido a la constante orientación de este tipo de cocinas a los rayos solares se busca en lo posible estructuras ligeras y fáciles de transportar.

El fondo metálico es realmente un falso fondo negro metálico. Esta “parrilla” se coloca unos centímetros sobre el fondo colocándole pequeños trozos de madera o metal como patas (figura 6). Así se aumentará el área de contacto entre el fondo y el aire del horno favoreciendo las corrientes de aire caliente (transmisión de calor por conducción) y así aprovechar más la energía térmica absorbida por este material.

2. Aislando los laterales y el fondo de la caja para reducir en lo posible las pérdidas de calor acumulado. Estas pérdidas se deben a que la temperatura del interior del horno intentará equilibrarse con la temperatura exterior. Para ralentizar esta transferencia de calor haremos uso de materiales aislantes en las paredes y fondo de la caja.

La pérdida de calor se darán por las tres formas de transferencia de calor: radiación, convección y conducción (anteriormente expuestas). Las pérdidas por convección y conducción se reducen utilizando materiales aislantes térmicos, que suelen ser materiales poco densos como algunas espumas plásticas, corcho, heno o corteza de coco, por mencionar algunos ejemplos. Para reducir las pérdidas por radiación colocamos material reflectante en paredes y fondo del horno, que además evitará que la humedad entre en contacto con el material aislante.

El calor también puede escapar por la zona acristalada, para reducir estas pérdidas puede hacerse uso de dobles capas del material que se esté utilizando (vidrio o películas plásticas). Al colocar dos capas se crea un espacio de aire entre ellas que actúa como aislante térmico; sin embargo, al aplicar esta medida, también se tienen desventajas pues el porcentaje de radiación que logra entrar en la caja se verá reducida debido a la reflexión del cristal, es decir, el porcentaje de energía reflejada (y que por lo tanto no logra entrar en el horno) aumentará. En estos casos habrá que evaluar los beneficios en cuanto a la reducción de pérdidas térmicas a través del cristal (aumento en la temperatura interior), y las pérdidas por refracción, aumento de peso y costo total del horno al colocar doble cristal.

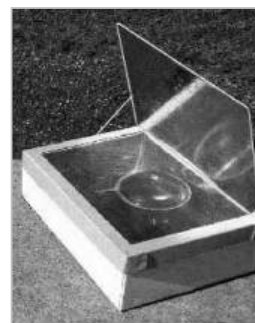


Figura 9. Horno Solar de caja. Horno fabricado a partir de dos cajas de cartón y un cristal.

Resumiendo: dentro del *horno solar*, ocurren tres fenómenos en relación a la energía solar y los materiales con que está construido el horno. Primero, la radiación proveniente del Sol, tanto directa como indirecta llega a la zona acristalada, un porcentaje se reflejará (dependiendo del material) y el porcentaje restante (generalmente mayor que el que se refleja) llegará hasta el interior del horno. Segundo, los elementos que estén dentro del horno (materiales oscuros y buenos conductores de calor) absorben la energía y la emiten con longitudes de onda mayor, la que queda atrapada en el interior del horno, esto se reflejará en un aumento de la temperatura del aire interior. Tercero, y último, para lograr evitar las pérdidas de calor se coloca material aislante (tanto para radiación como para conducción y convección) en paredes y fondo de la caja.

Aunque los diseños de hornos solares son muy variados en cuanto a forma, tamaño y materiales, hay algunas propiedades generales que señalaremos a continuación:

- En la mayoría de hornos se alcanza una temperatura ambiente en su interior de 150°C (algunos logran hasta los 180°C), por lo que la cocción es lenta y no existe el riesgo de alimentos quemados.
- Al igual que los hornos convencionales, tardan un tiempo en calentarse, por lo que se recomienda pre-calentarlos, es decir, orientarlos correctamente al Sol un tiempo antes de introducir los alimentos.
- Pierden parte del calor almacenado cada vez que se abre. Es mejor cocinar en ellos alimentos que no requieran mezclarse o añadir ingredientes en diferentes tiempos. Lo óptimo es introducir

el recipiente con todos los ingredientes desde el principio. Esto más que una restricción es una ventaja porque una vez adquirida experiencia se puede cocinar prácticamente sin la intervención del usuario durante la cocción.

- Debido a las temperaturas que se logran, puede ser utilizado sólo como una caja aislante que permite mantener los alimentos calientes hasta la hora de ingerirlos.
- Si el alimento es líquido o contiene mucha agua, debe introducirse en recipientes con tapadera, que eviten que el vapor salga y condense en la superficie acristalada del horno. El vapor condensado actuará como una barrera para la radiación que quedará reducida en su entrada. (Lo que se hace en estos casos es abrir el horno y limpiar rápidamente con un paño seco la humedad)
- Este tipo de cocina utiliza los dos tipos de radiación: directa y difusa, aunque las mayores temperaturas se alcanzan en días despejados (mayor radiación directa). Debido al efecto invernadero generado en su interior tienen alta inercia térmica y las temperaturas no descienden drásticamente cuando una nube bloquea momentáneamente la radiación incidente sobre la caja.



Figura 10. SOS-Sport.
Pequeño horno comercial de caja.

Existe una amplia variedad de modelos de hornos solares, desde los que se realizan de forma artesanal utilizando cajas de cartón, cristal y papel aluminio, hasta los comerciales que utilizan materiales altamente resistentes, como plásticos rígidos y láminas metálicas para reflectores.

Cabe decir que aunque los hornos comerciales presentan algunas ventajas (sobre los artesanales) destacando: ligereza, en hornos portátiles; materiales altamente resistentes al paso del tiempo; buen porcentaje de reflexión en reflectores, entre otras, los hornos artesanales (a base de madera o cartón y papel aluminio) logran altas temperaturas, incluso, en algunos se superan alcanzadas en los hornos comerciales.

Una de las consideraciones importantes al diseñar un horno, además de la optimización del aprovechamiento de energía solar, es el utilizar materiales y herramientas que sean económicos y culturalmente accesibles para las personas del lugar donde se utilizarán. Tenemos, por ejemplo, que para la construcción de la estructura exterior de un horno se ha utilizado: cartón, madera, madera contrachapada, mampostería, bambú, metal, cemento, ladrillos, piedras, cristal, fibra de vidrio, cañas tejidas, caña de indias, plástico, papel maché, arcilla, tierra pisada, metales, corteza de árbol, telas aglomeradas con goma, entre otros; como materiales aislantes se han encontrado: hojas de aluminio (reflector brillante), plumas, lana de fibra de vidrio, lana de roca, celulosa, cascarillas de arroz, lana, paja y periódicos arrugados, cartón corrugado, etc. Y para la ventana por donde entra la radiación: vidrio o películas plásticas resistentes a altas temperaturas.⁸

CONCENTRACIÓN Y ACUMULACIÓN

La mayoría de las cocinas solares, tanto parabólicas como paneles y hornos, hacen uso de los dos métodos: concentración y acumulación de energía, aprovechando al máximo la radiación solar y logrando no sólo temperaturas suficientes para la cocción, sino también similares a las cocinas convencionales.

Los hornos lo hacen mediante reflectores exteriores que por reflexión de los rayos solares incrementan la densidad energética que atraviesa la zona acristalada, estos reflectores son, en la mayoría de los hornos, reflectores planos (figura 11). En cocinas de concentración: parabólicas, cónicas o con paneles, además de la concentración de rayos solares que



Figura 11. Global, SunOven.
Horno comercial de caja con reflectores externos.

⁸ Aalfs, Mark

ya se tiene, se busca optimizar el sistema logrando la acumulación del calor creando el efecto invernadero alrededor de los recipientes de cocción (éste tema se desarrolla más adelante, en el capítulo de recipientes de cocción). Existen algunos modelos que mediante bolsas plásticas o recipientes acristalados logran tal efecto (figura 12).

Figura 12. Cubierta plástica para crear el efecto invernadero en un recipiente de cocción.



COCINAS INDIRECTAS

No sólo es posible cocinar colocando las cocinas bajo la radiación directa del Sol. Existen otros métodos. Las cocinas indirectas son dispositivos que permiten aprovechar la energía solar para la cocción utilizando algún fluido para acumular temporalmente la energía, y llevarla hasta los recipientes de cocción.

El fluido (generalmente aceites, debido a su alta capacidad calorífica, que permite alcanzar temperaturas mayores que el agua, y su inercia térmica que entregará el calor más lentamente que el agua) se calienta mediante colectores solares, que son colectores similares a los que se utilizan para calentar agua sanitaria. Después, utilizando algún sistema de bombeo, se transporta hasta los recipientes de cocción, en donde ése hará el intercambio de calor para realizar la cocción de los alimentos. Lo más común es utilizar serpentines que rodean las paredes y el fondo del recipiente. La distancia de transporte del fluido no deben ser muy largas ya que las pérdidas térmicas aumentarán. Habitualmente lo que se hace es colocar los colectores en la azotea o en un lado del edificio en donde se cocinará.

Este tipo de cocinas solares suelen ser instalaciones más elaboradas que los pequeños hornos y cocinas de uso familiar y en éstos se requiere un diseño más preciso en donde se calculen los flujos y transferencia de calor necesarios para la capacidad de cocción requerida. Es por ello que estos proyectos comúnmente se realizan en grandes comedores, como hospitales, escuelas o comunidades con comedor común donde el número de comensales no es muy variable.

La gran ventaja de éste tipo de cocinas es que su manipulación se hace desde dentro de la vivienda o edificio. Y al disponer un sistema de acumulación (tanque de almacenamiento aislado térmicamente) puede funcionar aún durante la noche o en un día lluvioso o nublado.

Debido a que estos sistemas son instalaciones únicas, diseñadas para comunidades con requerimientos y recursos bien definidos, el exponerlas a detalle daría como resultado un trabajo muy extenso. Por esta razón en este trabajo sólo comentamos de manera general su funcionamiento además de mencionar algunos ejemplos dentro de las fichas que se presentan a continuación.

Referencias

- **Cocinas Solares De Tipo Caja**; PASSAMAI, C. ROBERT DE MASSY y F. TILCA INENCO, Facultad de Ciencias Exactas, U.N. de Salta, Calle B. Aires 177 - 4400 Salta
- Farrington, Daniels; **Uso Directo de la Energía Solar**; H. BLUME Ediciones; Madrid 1977. p.15
- John Harrison; **Investigation of Reflective Materials for the Solar Cooker** Florida Solar Energy Center; 24 December 2001
- Aalfs, Mark; **Principios de Diseño de la Cocina Solar**. Solar Cookers International, SI Board Member

- Radabaugh, Joseph, *Heaven's Flame, A Guide to Solar Cookers*, Ashland Or, USA; Home Power, 1998
- *Cocinas Solares, Manual de uso y construcción*, CENSOLAR, España, 1994
- *Cómo hacer y usar una caja solar para cocinar*, Solar Box Cookers International.

RECIPIENTES DE COCCIÓN

En las cocinas y hornos solares, al igual que en los convencionales, los recipientes de cocción juegan un papel importante en la elaboración de los alimentos. Son los encargados de transmitir y distribuir el calor suministrado al contenido que queremos calentar, cocinar, freír, hornear, etc.

En la cocina convencional se utilizan tanto recipientes metálicos, que entregan rápidamente el calor y permiten cocinar en poco tiempo, como recipientes de barro o cerámicas cuya inercia térmica es utilizada para lograr una cocción lenta y mantener los alimentos calientes por más tiempo.

En el caso de las cocinas solares lo que buscamos es aprovechar al máximo la energía, es por esto que requerimos recipientes que sean buenos transmisores de calor, es decir, que entreguen rápidamente la energía a los alimentos. Los recipientes metálicos, por ejemplo de aluminio o acero inoxidable, son lo que mejor realizan esta función. En las cocinas solares podemos utilizar prácticamente cualquier recipiente metálico.

En las cocinas convencionales la energía es irradiada desde una llama o una parrilla eléctrica; en el caso de las cocinas solares la energía se encuentra principalmente en el rango de la luz visible por lo que las ollas a utilizar deben tener la capacidad de absorber esta energía. Para lograrlo se utilizan recipientes de color oscuro mate (de preferencia negro). En el mercado es relativamente sencillo encontrar tanto ollas como sartenes y parrillas de color negro. Sin embargo en caso de no haber disponibles en este color, podemos ennegrecer cualquier otra por la parte exterior con pintura negra mate, o bien, tiznarla sobre alguna llama.

Algunas de las cocinas parabólicas logran potencias similares a una cocina convencional. La energía incide en el fondo y paredes del recipiente de cocción y esto permite cocinar como lo hacemos habitualmente: mezclando continuamente los alimentos y muchas veces sin necesidad de una tapadera, la cual ayuda a que se reduzca la evaporación y la pérdida de calor. Sin embargo la gran mayoría de cocinas solares no logran tal potencia y se requiere tener cierto cuidado para no perder el calor que se ha logrado almacenar; en el interior de la caja de acumulación en el caso de hornos y en el interior del recipiente para las cocinas de concentración (parabólicas, cónicas o paneles).

En los hornos solares se procura utilizar recipientes herméticos para evitar en lo posible la evaporación de líquidos y condensaciones en el área de captación (cristal o plástico). Si existen estas condensaciones el porcentaje de luz reflejada o dispersada aumenta y esto se implica una reducción de temperatura en el interior del horno.

En el caso de las cocinas de concentración, el recipiente se encuentra expuesto a las condiciones ambientales (temperatura y corrientes de aire) y las pérdidas térmicas son altas. -Para reducir estas pérdidas se busca la acumulación de energía térmica alrededor del recipiente. A continuación se realiza una revisión de varias de las propuestas que han surgido a lo largo de la historia de la cocción solar buscando esta acumulación de energía en relación a los recipientes de cocción.

- Bolsas plásticas

La búsqueda de recipientes que reduzcan las pérdidas de calor se ha hecho principalmente para las cocinas de paneles, las cuales no logran altas potencias como las parabólicas debido a que la concentración de los rayos se hace sobre una superficie de mayor área; y, a diferencia de los hornos, tienen el recipiente expuesto a corrientes de aire y posibles bajas temperaturas ambientales.



Figura 1. La bolsa plástica rodea el recipiente para provocar el efecto invernadero fuera de él.

Una de las modificaciones que se ha realizado, y que ha funcionado hasta ahora en muchos proyectos, es la de introducir el recipiente ennegrecido en una bolsa plástica transparente¹ para crear el efecto invernadero alrededor de la olla (figura 1), con lo que se consigue aumentar la temperatura de los alimentos y reducir las pérdidas de calor al ambiente ya que el aire contenido en la bolsa actúa como aislante térmico. Lo más aconsejable es utilizar bolsas resistentes a altas temperaturas como las que se usan en hornos convencionales.

Sin embargo esta modificación presenta algunos inconvenientes en el manejo de los alimentos, pues no permite una revisión constante a los alimentos que se cocinan. Además, pueden existir condensaciones en la parte interior de la bolsa lo que reduce la eficiencia de recepción de energía y requiere abrir la bolsa y limpiarla con lo que se generan inevitables pérdidas del calor acumulado.



Figura 2. Efecto invernadero en un panel Solar Bernard, creado con un cuenco de cristal.

- Cuenco acristalado invertido

Otras propuesta para lograr el efecto invernadero alrededor del recipiente y reducir las pérdidas de energía térmica, es cubrir el recipiente con un cuenco de cristal (figura 2). Estos cuencos son relativamente fáciles de conseguir, comúnmente son utilizados como ensaladeras o para hacer mezclas de repostería.

Este modelo ofrece algunas ventajas sobre la bolsa plástica, como la durabilidad del recipiente y facilidad de apertura. Sin embargo presenta los inconvenientes de ser más voluminoso, pesado y, al igual que las bolsas, hay condensaciones de vapor de agua en el interior del

cuenco. Al remover el cuenco para supervisar la cocción de los alimentos el aire caliente acumulado se perderá.

- Recipiente con efecto invernadero

Pensando en mejorar las dos anteriores propuestas, Bernard² ha ideado un sistema que da como resultado un recipiente con efecto invernadero en la parte inferior y sin problemas de condensación. Este ensamble consiste en colocar un recipiente metálico negro dentro de otro más grande de vidrio templado resistente a altas temperaturas. Para reducir pérdidas del calor acumulado entre los recipientes, se coloca un aro de cartón entre ellos (figura 3).

El aire, que sirve como aislamiento, quedará solamente entre las bases de las ollas, por lo que la tapadera podrá moverse sin necesidad de desmontar las ollas y por tanto no habrá pérdida de calor como ocurría en los modelos anteriores. Los vapores de cocción saldrán por la tapadera y se escapan directamente a la atmósfera sin empañar el recipiente, con lo que no habrá necesidad de limpiar el recipiente de cristal como ocurría en los modelos anteriores.

Los inconvenientes que podría presentar este recipiente en relación a los anteriores son el aumento tanto en peso como volumen y costos.



Figura 3. Recipiente con efecto invernadero inferior, diseño de Roger Bernard.

¹ Es posible que la bolsa no soporte altas temperaturas, y para evitar el contacto de la bolsa con el recipiente que estará a temperaturas mayores que el aire, se coloca una base: madera o parrilla metálica y se infla la bolsa con aire antes de cerrarla y atarla.

² Bernard, Roger.

- El HotPot

Basados en el diseño anterior, *Solar Household Energy* ha fabricado un recipiente diseñado exclusivamente para la cocción solar. Este recipiente, llamado *Hotpot*³, es un cuenco negro con capacidad de 5 litros suspendido en otro cuenco de vidrio templado (figura 4). El espacio entre ellos es de apenas 1.2cm y la tapadera también es de vidrio templado.

Su funcionamiento y beneficios son iguales que el anterior: la evaporación se escapa directamente a la atmósfera sin empañar el cristal, y se puede abrir la olla para mezclar o añadir algún ingrediente sin perder el aire caliente acumulado entre los recipientes.



Este modelo ha sido promovido junto con el panel solar *Cookit* por *Solar Cookers International*, y actualmente sólo se fabrica en México.

Figura 4. Recipiente HotPot.
Primer recipiente comercial
diseñado para cocinas solares.

- Recipiente al vacío

A pesar de la buena funcionalidad de los dos modelos anteriores se han planteado otras propuestas. La que describimos a continuación se encuentra actualmente como prototipo producido en España. Es un recipiente para cocinar utilizando la radiación solar, dispone de una pared interior oscura ó negra y de otra pared exterior transparente, entre las cuales existe un espacio herméticamente cerrado en el cual se ha realizado el vacío, o bien, se ha introducido un gas ó mezcla de gases de bajo coeficiente de conductividad térmica.⁴ (figura 5)

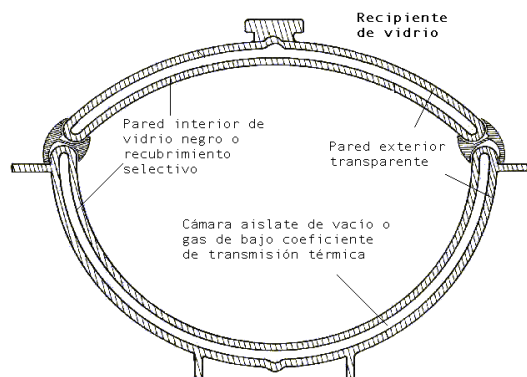


Figura 5. Prototipo de un recipiente para la cocción solar.
Doble pared acristalada, vacío como aislante térmico.

Este modelo presenta aún más ventajas que los dos anteriores. Dos de las principales son: 1) En vez de utilizar aire como aislante se hace el vacío o se coloca algún gas de bajo coeficiente de transmisión térmica, lo que funcionará como mejor aislante que el aire presente en los modelos anteriores; 2) tiene el aislamiento no sólo en la base sino también en la tapadera, lo que ayuda a un aprovechamiento más eficaz de la energía almacenada en el recipiente.

Aunque ahora existe sólo como prototipo, es evidente que su fabricación será más costosa que los recipientes anteriores (en algunos casos podría superar el costo de la cocina misma).

- Otros del mercado

En el mercado se pueden encontrar algunos recipientes (diseñados para el ahorro de combustible) que, aunque no están enfocados a la cocción solar, son útiles para realizar esta función debido a sus

³ The Solar Household Energy, Inc.

⁴ <http://www.ecocooker.org/>

propiedades de aislamiento térmico. Esto permite reducir las pérdidas de calor presentes en las cocinas solares.

Por dar un ejemplo de esto nombramos el *Ecocooker*ⁱ (figura 6). Este recipiente de aluminio y acero inoxidable está diseñado para las cocinas de gas o vitrocerámica, sin embargo, pintando el exterior de color negro puede ser utilizado en algunas de las cocinas de concentración.

El *Ecocooker* consiste en una base en la que se coloca agua y sobre la cual se apilan los recipientes (hasta cuatro) con diferentes alimentos. Consta de dos tapaderas: una de ellas que cubre todos los recipientes y mantiene el vapor de agua y la segunda cubre todo pero deja un espacio de 5mm de aire, el cual actúa como aislante. Los fabricantes dicen que se logra un ahorro del 75% de combustible.



Figura 6. Ecocooker. Recipiente comercial que mediante el ensamblaje de diferentes tapas permite un ahorro de hasta el 75% de energía al cocinar.

Como podemos ver, no es sencillo encontrar en el mercado recipientes diseñados exclusivamente para la cocción solar, es por esto que en la mayoría de los casos se hacen adaptaciones de ollas y sartenes utilizados en cocinas convencionales. Lo ideal es comprender las características que debe tener un recipiente al ser utilizado en las cocinas solares y en base a esto acondicionar los que ya se tienen ya sea ennegreciéndolos o ensamblándolos para conseguir el efecto invernadero y reducir pérdidas térmicas.

Referencias:

- Bernard, Roger; ***La Cuisson Solaire Facile*** ; Editions Silence ; Francia 1999.
- Solar Household Energy, Inc. <http://www.she-inc.org/hotpot.htm>
- ***Recipiente captador de la radiación solar para cocinado y calentamiento de productos***
<http://cocinasolar.com/>
- Pagina Web: <http://www.ecocooker.org/>

ⁱ <http://www.ecocooker.org/>



CAJA DE HENO (HAYBOX)

La *caja de heno* consiste en una caja u otro recipiente cuya característica principal son sus paredes aisladas térmicamente. Su nombre, *caja de heno* (haybox), se debe simplemente a hechos históricos. Actualmente se conocen y utilizan otros materiales aislantes tanto naturales (heno, paja, lana, plumas, algodón, etc.) como sintéticos (cartón, papel de aluminio, periódico, fibra de vidrio, espuma rígida), y aunque con ella no se aprovecha de forma directa la energía solar, se considera un accesorio a las cocinas solares de concentración, pues contribuye al ahorro de energía en la preparación de alimentos y a una utilización más eficaz de las cocinas solares.

El principio de funcionamiento de estas cajas aislantes es muy sencillo y fácil de comprender.

Cualquier objeto tiende a equilibrar su temperatura con el ambiente que lo rodea ya sea por radiación, convección o conducción (ver introducción). En las cocinas convencionales el calor que se aplica al recipiente después de que ha llegado a la temperatura de ebullición es simplemente para remplazar las pérdidas de calor al ambiente. La función de la *caja de heno* es sencillamente evitar esta pérdida de calor al ambiente utilizando materiales aislantes.



Figura 1. Cesta aislante elaborada con una cesta de mimbre y mantas de algodón.

Los modelos que existen de cajas de heno son muy variados porque depende de los materiales disponibles en cada zona, no sólo se deben analizar las propiedades térmicas, también su accesibilidad y bajo costo.

Características del material de construcción de cajas

Algunas de las características generales para seleccionar un material en la construcción de una *caja de heno* son:

- *Propiedades térmicas*; debe ser un buen aislante y mantener la temperatura de cocción, de 100°C aproximadamente.
- *Resistir altas temperaturas*; la temperatura máxima a la que llega cualquier recipiente con alimentos en cocción es alrededor de los 150 o 160 °C.
- *No liberar gases tóxicos*; cualquier tipo de espuma aislante o fibras sintéticas deben ser cubiertas con papel de aluminio u otro material similar que evite el contacto de los alimentos con posibles sustancias tóxicas liberadas. Lo mejor en este caso es elegir los materiales naturales antes que sintéticos.
- *Material reflectante*; además del aislante térmico se puede utilizar algún material reflectante para evitar las pérdidas por radiación.

Forma caja.

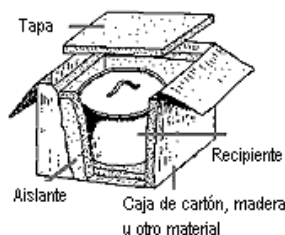


Figura 2. Elementos de una caja aislante elaborada con una caja de cartón.

En cuanto a la forma; una *caja de heno* no es rigurosamente una caja cúbica, puede ser cualquier contenedor con un aislamiento térmico en todas sus paredes, sin embargo en el diseño hay que cuidar:

- *El espacio central*; el hueco para el recipiente en el que se procesa debe ser lo más estrecho posible, un recipiente pequeño en un caja muy grande no funciona bien debido a que parte de la energía térmica de los alimentos se destinará a calentar el aire que existe entre la caja y el recipiente. En caso de que queden huecos es mejor rellenarlos con algún tejido o toalla.
- *El espesor del aislante*; esto depende mucho de las propiedades del material, pero usualmente es de 5 a 10cm.
- *La humedad*; la humedad afecta a los materiales al cambiar sus propiedades térmicas (con humedad son peores aislantes) y favorece su degradación. Para mantener la humedad fuera del

aislante puede utilizarse algún material impermeable (como papel aluminio o algún plástico que resista altas temperaturas) alrededor del recipiente.

A partir de estos puntos básicos sobre materiales y características de construcción se puede construir una *caja* aislante a medida, todo dependerá de los materiales, herramientas y habilidades manuales con las que se cuente.

¿Cómo se utiliza?

La manera de utilizar la caja es muy sencilla: se calienta la comida, ya sea con energía solar o convencional, hasta el punto de ebullición (se puede dejar unos minutos para asegurarse que todo el alimento haya alcanzado la misma temperatura) e inmediatamente después de retirarla del punto de calor se introduce la olla en la caja aislante donde continuara la cocción de los alimentos sin necesidad de seguir suministrando calor. El funcionamiento será mejor si la olla está llena de comida, de lo contrario se crearán corrientes por convección y parte del calor quedará en el aire dentro del recipiente.



Figura 3. Cesta aislante utilizada en un campo de refugiados en Kenya

Algunas experiencias revelan que el tiempo de cocción suele ser el doble que el necesario en la cocina convencional y, dependiendo del tipo y cantidad de alimento, se puede obtener entre un 20% y 80% de ahorro de energía.

Como ha de suponerse, además del tiempo, existen otras diferencias en la forma de cocinar con la "caja de heno":

- Como en las cajas aislantes no hay pérdida de humedad, la cantidad de agua para la cocción es menor de la que se utiliza habitualmente, y
- se requiere menos cantidad de especias porque los aromas quedan contenidos en el recipiente y caja.

Otra ventaja de la "caja de heno" es que la comida puede permanecer dentro de la caja hasta la hora de servirla, donde permanecerá caliente por horas y también se ahorrará la energía necesaria para recalentarla. Por ejemplo: se puede dejar el arroz o las judías en la olla dentro de la caja a la hora de la comida y estarán listos a la hora de la cena.

SACO DE HENO

Dentro de un proyecto de cooperación en Tamil Nadu, India, se hicieron varios estudios para el ahorro de combustible en las técnicas de cocción. Basándose en los hábitos locales de cocción se propusieron varias medidas, además de las cocinas solares se propuso la construcción de cajas aislantes. En este caso se utilizaron sacos de yute como contenedores porque son mucho más comunes y baratos (aún más que la madera para construir una caja). Las familias suelen tener sacos por la compra del arroz, además de contar con las herramientas para trabajar con ellos (hilo y agujas). Por otro lado, los sacos tienen la ventaja de ser más ligeros que las cajas de cartón y madera.

El tipo de caja aislante que se construyó fue utilizando los sacos como contenedor, heno como material aislante y una bolsa plástica utilizada con dos propósitos: mantener el vapor evitando que el calor y la humedad se escapen y evitar que el tizne de la olla quede en el saco (la bolsa plástica es más fácil de limpiar).

Los materiales necesarios para fabricar una cesta para un recipiente en donde se cocine 2,5kg de arroz son:

- Dos sacos de yute (110 x 70cm);
- un pila de heno, aproximadamente la cantidad que entra en un saco;
- tijeras, aguja e hilo (aproximadamente 15m);
- plástico, 130 x 130cm;
- recipiente con tapadera para cocinar;
- base para el recipiente; puede ser un anillo metálico, madera u otro material que resista altas temperaturas.

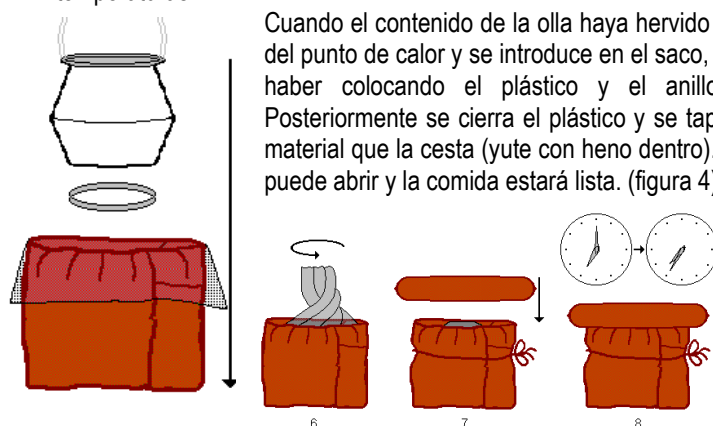


Figura 4. Pasos a seguir al utilizar el saco de heno.

Dentro de este proyecto se encontró que para cocer 2.5kg de arroz de manera convencional (a fuego directo) se requieren de 15 a 20 minutos para que el agua alcance su punto de ebullición más 20 o 25 minutos para que el arroz termine de cocerse, es decir, se requieren entre 35 y 45 minutos para preparar 2.5kg de arroz. Con lo que respecta a la cocción utilizando el saco de heno, se requiere de 15 a 20 minutos para que el agua alcance su punto de ebullición más un máximo de 60 minutos de cocción dentro del saco (nunca se requirió más de este tiempo).

Para más detalles de la construcción de este "saco", consulté la guía que se encuentra en Internet en la dirección: www.cleovoulou.com/fuelsave.htm

Referencias:

- **Low Cost Fuel Saving Technology – Hay Box**; Department of Home Science Extension; Home Science College and Research Institute, TNAU, Madurai-625 104 (cestas_aislantes/Haybox_1.pdf)
- **The Haybox**; Sunseed Desert Technology; www.sunseed.org.uk (cestas_aislantes/Haybox_sunseed.pdf)
- **Retained Heat Cooking; The Solar Cooking Archive**. <http://www.solarcooking.org/ret-heat.htm> (cestas_aislantes/Retained_Heat_Cooking)
- **Introducing fuel-saving cooking methods in southern Tamil Nadu** <http://www.cleovoulou.com/fuelsave.htm>

FICHAS TÉCNICAS

Cocinas Solares

Como resultado del trabajo de investigación sobre las cocinas solares existentes en cualquiera de sus modalidades: hornos, paneles, parabólicas (o paraboloides) e indirectas, se presentan las siguientes fichas técnicas. En ellas, y de forma resumida, se aporta la información recabada tanto en Internet como en la bibliografía disponible además de algunos datos aportados por investigadores o comerciantes con los que se estableció contacto.

El trabajo de investigación consistió, en una primera etapa, en buscar información general de cualquier tipo de cocina solar, ya fuera en proyectos, información comercial, organizaciones, publicaciones, investigación, etc. Después, se hizo una selección de los modelos que se presentarían en este documento y fruto de la selección aparecen modelos que representan las diferentes tecnologías utilizadas, modelos comerciales y distribuidos en proyectos de cooperación, además de cocinas que ya han sido ampliamente testadas¹ o simples construcciones caseras que presenten resultados aceptables en su funcionamiento.

La clasificación que se presenta varía un poco de la presentada en el apartado de cocinas solares. Como cocinas de acumulación están los hornos, que en su mayoría tienen reflectores externos para aumentar el área de captación, lo que los convierte en cocinas de captación y concentración. Y las cocinas de concentración se dividen en: paneles (que incluyen las cónicas) y parabólicas. Al final presentamos dos modelos de cocinas indirectas.

¹ Test de cocinas solares en Sudáfrica: *Moving ahead with solar cookers*, GTZ, Alemania, 1999.

Horno de caja

<http://solarcooking.org/espanol/minspan.htm>



Tipo de horno: Acumulación y concentración

Descripción general: Pequeño horno artesanal y de sencilla construcción. Para armarlo se requiere de: dos cajas de cartón, material aislante, una placa metálica, un trozo de vidrio y papel de aluminio.

Existen varios modelos basados en este horno solar de caja, las variaciones que presentan cada uno de ellos son en busca de mejorar su funcionamiento. Se han hecho modificaciones en el área de captación, portabilidad (con modelos plegables y ligeros) y materiales (buscando materiales más resistentes que el cartón pero igual de accesibles).

Especificaciones

Dimensiones: Puede variar según los materiales, pero en general es una caja exterior de 40 x 40 cm con una altura de 35/40 cm.

Caja interior de 38 x 38 cm. En general se recomienda que quede un espacio de 2 a 5 cm entre la caja exterior e interior.

Área de captación: Varía según las dimensiones de la caja interior.

Peso: Con reflector; el área de captación aumenta.

Materiales: Variable, pero se considera un horno ligero.

Estructura: cartón

Base interior: chapa metálica

Cubierta: vidrio

Reflectores: papel de aluminio

Aislante: cartón o periódico.

Temperaturas: 150°C como un máximo.

Comentarios: Este horno funciona de manera similar que un horno convencional, sólo que es necesario que incidan sobre él los rayos solares para alcanzar temperaturas altas. Los tiempos de cocción son mayores (comúnmente el doble que en un horno convencional). También se puede utilizar como una cesta aislante, en dónde se mantienen los alimentos calientes. Y como aprovecha tanto la luz directa como indirecta el periodo de orientación puede variar según la temperatura que se desee.

Al estar hecha de cartón, se debe de tener la precaución de no exponerla a ambientes húmedos pues de esta manera se deteriorará rápidamente, por lo que se recomienda almacenarla en un lugar seco cuando no se utilice.

Planos disponibles:

- Pagina SolarCooking <http://solarcooking.org/espanol/minspan.htm>
- Fundación TERRA(planos/Cocina_caja.doc.doc)
- En algunos libros como:

Ingenios Solares de José M. Jiménez,

Cocinas Solares de CENSOLAR,

Solar Cooking de Harriet Kolfalk, entre otros.

Documentación relacionada: Además de los libros en donde se dan los pasos de construcción y cómo utilizar las cocinas, hay algunos recetarios dedicados a este tipo de cocina. Algunos de ellos son:

- **Solar Box Cooking**, editado por el Municipio de Sacramento, California.
- **Solar Cooking** de Harriet Kolfalk
- **Solar Cooking Naturally**. Virginia Heather.

Cocina Solar Plegable

<http://solarcooking.org/espanol/collapsible-box-span.htm>



Tipo de horno: Concentración y acumulación de construcción casera.

Descripción general: Este horno es una variante del horno solar de caja, la diferencia está en la forma de construcción, su confección permite que se desmonte y se pliegue fácilmente para transportarlo en forma de maletín.



Especificaciones

Dimensiones: Variables, según el tamaño de las cajas interna y externa que se utilicen, siempre siguiendo las recomendaciones generales del horno solar de caja.
Su característica principal es que se desmonta para transporte y almacenamiento, por lo que sus dimensiones se reducen. El ancho y largo queda igual, pero la altura se reduce a unos pocos centímetros.

Área de apertura: Depende de las dimensiones de la caja interior y aumenta de forma variable al orientar el reflector

Peso Depende de los materiales utilizados, pero es una cocina ligera.

Materiales: Base: 2 cajas de cartón
Cubierta: vidrio, 1cm más larga y ancha que la caja interior
Reflectores: papel de aluminio
Aislante: ninguno, el aislante es el espacio de aire que se deja entre las cajas.
Otros materiales: parrilla o placa metálica, pegamento blanco y pintura negra mate.

Temperaturas: Alcanza hasta los 150°C cuando no hay ningún alimento en su interior.

Comentarios: Se recomienda utilizar recipientes de color oscuro y con tapadera transparente, de ésta manera se cocina el alimento con la radiación directa en la parte superior y absorbiendo la energía en los lados.

Planos disponibles: Página de Solar Cooking <http://solarcooking.org/espanol/collapsible-box-span.htm>
Fundación TERRA (planos/Cocina_caja.doc.doc)

Contacto: Solar Cooking.
<http://www.solarcooking.org>



Tipo de horno: Concentración y acumulación de construcción casera.

Descripción general: Este horno es la propuesta que presenta Joseph Radabaugh para mejorar el horno solar de caja. Igual que el horno de caja, el material principal es el cartón: dos cajas para el cuerpo del horno y cuatro láminas para construir los reflectores; además del vidrio, papel aluminio y algún material aislante. Los reflectores son plegables para facilitar su almacenamiento.

Especificaciones

Dimensiones: Puede variar según los materiales. El autor sugiere utilizar una caja interna cuadrada o rectangular con un área de 750 a 1.200 cm², y una profundidad esté entre los 22 y 30 (Por ejemplo: 20 x 20 x 20 cm)
La caja exterior debe ser de 5 a 8 cm más grande en todas direcciones.
Los reflectores tienen una pendiente de 23° con respecto a la vertical y una altura aproximada de 50 cm.

Área de apertura: Los reflectores se hacen a partir de cuatro trozos grandes de cartón, de 60 X 100 cm. Depende de las dimensiones de la caja interior, podría ser 0,04 m² sin reflector.
Peso Al colocar los reflectores el área aumenta hasta 6 veces más.

Materiales: Depende de los materiales utilizados pero se considera una cocina ligera

Base: 2 cajas de cartón.

Cubierta: vidrio, 1cm más larga y ancha que la caja interior.

Reflectores: 4 hojas de cartón de 60 X 100 cm aproximadamente y papel de aluminio.

Aislante: trozos de cartón.

Otros materiales: parrilla o placa metálica, pegamento blanco, rollo de papel aluminio, pintura negra mate.

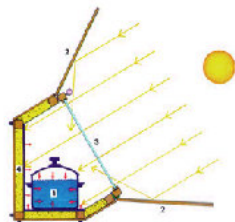
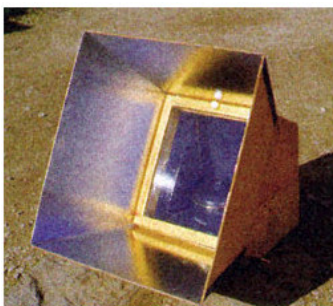
Temperaturas: Se alcanzan hasta 150°C

Comentarios: Para cocinar se recomienda utilizar recipientes de color oscuro con tapadera transparente, de esta manera los alimentos se calientan por la absorción de la energía en las paredes y con la radiación directa del Sol en la parte superior.
Debido a los materiales de construcción no es una cocina muy resistente, por lo que se debe manejar con cuidado y almacenarse en un lugar seco.

Planos disponibles: Backwoods Home Magazine <http://www.backwoodshome.com/articles/radabaugh30.html>
Libro: **Heaven's Flame**, por Joseph Radabaugh.
Fundación TERRA (planos/Cocina_caja.doc.doc)

Documentación relacionada: Radabaugh, Joseph; **Heaven's Flame**; Home Power Publishing; E.U.

Contacto: Joe Radabaugh
PO Box 111
Mt. Shasta, Ca 96067
EE.UU.



Tipo de cocina: Horno de caja con acumulación extra por reflectores

Descripción general:

El nombre de 30°/60° se debe a las dos inclinaciones que puede tomar la ventana de captación. De 60 grados respecto a la horizontal si se toma como base la parte más pequeña y de 30 grados si cambiamos la base a la parte más grande.

Además de la variación del ángulo que aprovecha mejor la energía solar en diferentes alturas solares, este horno cuenta con paneles reflectores (desmontables y plegables) que aumentan el área de captación.

Podemos obtener los planos de construcción. Se construye a partir de tableros y listones de madera, algún material aislante y chapas metálicas. Los datos que se presentan aquí son de uno horno de construcción artesanal fabricado por Narcís Puig el cual se basó en el libro "Ingenios Solares" de José Manuel Jiménez, "Súper" y se encuentra en las instalaciones de *Fundación Terra*.

Especificaciones

Dimensiones: Colocándolo sobre la base mayor (30° respecto a la horizontal). Base de 43 x 43 cm. Altura máxima: 48 cm. Con reflectores la altura máxima es de 92 cm.

Área de apertura: Sin reflectores: 0,18 m², con reflectores: 0,6 m².

Peso: 11 kg (9 kg de la caja y 2 kg del reflector)

Materiales: El cuerpo del horno está construido de tableros y listones de madera. Utiliza como aislante cartón corrugado y papel aluminio, en el interior una chapa metálica pintada de color negro mate para absorber la radiación solar y la ventana es de vidrio. Los reflectores extras son de tableros forrados de lamina de aluminio adhesivo o también papel de aluminio de cocina.

Temperaturas En el libro de "Ingenios Solares" se dice que llega alrededor de los 130° C. En la prueba realizada en *Fundación Terra* se alcanzó 180° C (con el horno vacío).

Comentarios: Para cocinar se utilizan recipientes transparentes o de color negro. Siempre tapados para evitar la condensación dentro del horno.

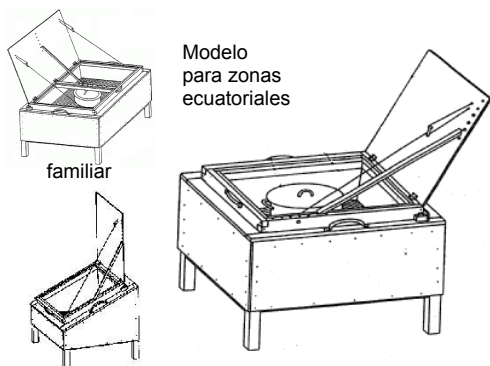
Planos disponibles:

- Jiménez, José Manuel *SUPER*; **Ingenios Solares**; Editorial Pamiela; Pamplona, 1997.
- Halacy, Beth & Halacy, Beth; **Cooking With the Sun**, Morning Sun Press; California, E.U.A. 1992.

Documentación relacionada:

- Presentación y explicación de uso del horno solar construido por Narcís Puig. (folletos impresos)
- Jiménez, José Manuel, Súper; **Ingenios Solares**; Editorial Pamiela. Noviembre 1999, España

Contacto Narcís Puig a través de *Fundación Terra*



Tipo de cocina: Acumulación, concentración

Descripción general: El Grupo ULOG, tiene disponibles los planos para la construcción de dos hornos de caja, uno para zonas tropicales (estándar y familiar) que tiene la zona acristalada horizontal; y otro para cualquier ubicación, con la ventana de captación inclinada. El principal material de construcción es la madera, lo que lo hace un horno duradero y resistente en días ventosos.

Especificaciones

Dimensiones: Modelo estándar: 67 x 67 x 50 cm (altura máxima de olla: 19 cm)
Familiar: 120 x 67 x 50 cm (altura máxima de olla: 19 cm)

Área de apertura: Estándar: 50 x 50 cm. Familiar: 100 x 50

Peso: Estándar: 9 kg / Familiar: 13 kg

Materiales: Madera, cristal, pintura.

Temperaturas: Alrededor de los 150°C.

Planos disponibles: Los planos para construir la cocina para zonas tropicales, estándar y familiar, están en: <http://www.med.uni-magdeburg.de/~maercker/SolCook/SolCook.html> Y en Fundación Terra (planos/Cocina_caja_ULOG_español.doc)

Disponibilidad comercial: Grupo ULOG tiene a la venta los planos de construcción, disponibles en 4 idiomas. El costo es de US\$10 cada uno. Información: <http://www.ulong.ch/english/plans.html>
El horno para cualquier ubicación (no ecuatorial) para tres personas se puede adquirir en Europa en forma de kit para montaje. Su coste es de 199 ó 299 € dependiendo de la zona, más impuestos y gastos de envío desde Suiza. Se venden tanto para zonas ecuatoriales como no ecuatoriales, estándar y de madera, toda la información está en: <http://www.cuisinesolaire.com/F/classique.htm>

Documentación relacionada: Dentro de la pagina: <http://www.cuisinesolaire.com/F/accessoires.htm>, están a la venta manuales de utilización de las cocinas, recetarios y algunos libros relacionados.
Esta cocina es una de las testadas en la prueba de Sudáfrica en 1996; Los resultados y comentarios se encuentran en: **Moving ahead with Solar Cookers**, publicado por la GTZ, Alemania. (<http://perso.wanadoo.fr/synopsis/gtz.pdf>) o en Fundación Terra (documentos/ solarcooker_test_gtz.pdf)

Contacto: ULOG-Solar e.V.
Kirchstr. 39
67691 Hochspeyer/Pfalz
Tel. : 00 49 / (0) 63 05 / 99 47 26
Fax.: 00 49 / (0) 63 05 / 99 47 27
e-mail: info@ulong-solar.de



<i>Tipo de cocina:</i>	Acumulación, concentración
<i>Descripción general:</i>	Con capacidad para cocinar el alimento de 3 personas, la <i>ULOG light</i> es un horno de caja, portátil y muy ligero, diseñada para días de campo. Puede adquirirse lista para utilizarse o en forma de kit para montaje. Sus materiales son resistentes para permanecer en exteriores.

Especificaciones

<i>Dimensiones:</i>	Base de 50 x 52 cm. Cerrada tiene una altura máxima de 45 cm, y con el reflector totalmente abierto alcanza una altura máxima de 94 cm.
<i>Área del colector:</i>	0,25 m ²
<i>Peso:</i>	5 kg (sin recipientes de cocción)
<i>Materiales:</i>	Cuerpo es de tela de nylon; marco de madera y la ventana es doble, cristal hacia el interior y una lamina plástica al exterior.
<i>Temperaturas</i>	Se han alcanzado temperaturas mayores a 130°C.
<i>Disponibilidad comercial:</i>	Dentro de Europa se puede conseguir en forma desensamblada por 183.- ó 193.-€ dependiendo de la zona (+ gastos de envío). El paquete contiene todos los materiales necesarios para el montaje, no contiene termómetro ni olla. La cocina ensamblada está disponible en Suiza, por 290.- francos suizos. http://www.cuisinesolaire.com/F/semiclassique.htm
<i>Contacto:</i>	Centre Neuchâtelois de Cuisine Solaire – ULOG Suiza Dr. Michael Götz Rue Matile 71, CH-2000 Neuchâtel SUISSE Tél. 0041 32 725 38 16 cuisine.solaire@suisse.org



Tipo de cocina: Acumulación, concentración

Descripción general: El primer horno solar manufacturado a escala industrial en Europa. Debido a la resistencia de sus materiales (plástico reciclado de primera calidad y reflectores de aluminio) y ligereza, se considera un horno portátil que soporta la exposición a diferentes condiciones ambientales.

Este horno, además de contar con el reflector en la tapa (como la mayoría de los hornos de caja) cuenta con un reflector lateral que mejora la captación de rayos solares cuando el horno no está perfectamente alineado.

Su capacidad es de aproximadamente 3kg de alimento en días claros, con un tiempo de cocción que no supera el doble de una cocina convencional.

Especificaciones

Dimensiones: Cerrada: 59 X 55 cm y una altura de 29 cm. Abierta: altura máxima es de 1 metro.

Área de apertura: 0,209 m²

Peso: 12 kg

Materiales: La estructura es de plástico, los reflectores son de planchas de plástico aluminizado y la zona acristalada es vidrio templado.

Temperaturas: Alrededor de 150°C

Disponibilidad comercial: Dentro de la página de Sun-cook (<http://www.sun-co.pt>) se encuentran los puntos de venta. Actualmente se pueden adquirir en África (Cabo Verde, Sudáfrica y Senegal) y Europa (Dinamarca, Francia y en Fundación Terra en España). Su precio es de 215-€ más gastos de envío.

Documentación relacionada: El horno incluye un manual de instrucciones y un pequeño recetario (20 recetas). Ambos disponibles en 4 idiomas: inglés, portugués, español y francés.

Enlaces: www.terra.org

Contacto: Sun Co - Companhia de Energia Solar, S.A.
Email: Contact@sun-co.pt
Tel.: +351 213 868 253
Fax: +351 213 868 254
Portugal
Web : <http://www.sun-co.pt>



Tipo de horno: Acumulación

Descripción general: Un horno solar comercial, pequeño y ligero que puede tomar dos inclinaciones dependiendo el lado que se tome como base. La base mayor da un ángulo para aprovechar la radiación en zonas ecuatoriales. Al inclinarse sobre la parte posterior se orienta a rayos solares más bajos. Está hecho a partir de plástico reciclado (post- consumo de botellas de agua). Su tapadera tiene una doble capa que mejora las características aislantes. El material aislante se encuentra de forma sellada, lo que evita que acumule humedad proveniente de los alimentos. Tiene un fondo metálico que mejora la transmisión de calor a los recipientes de cocción, los cuales están incluidos al adquirir el horno. Además se le pueden añadir reflectores laterales para aumentar el área de captación.

Especificaciones

<i>Peso:</i>	5kg, incluyendo los dos recipientes.
<i>Materiales:</i>	Base de un plástico resistente, plástico reciclado post-consumo procedente de botellas de agua. Cubierta de doble capa de plástico transparente El aislante es una espuma que no absorbe la humedad. Se encuentra de forma estanca.
<i>Temperatura:</i>	Máximas registradas por fabricante, 94° - 142°C
<i>Accesorios:</i>	El paquete incluye el horno, termómetro, WAPI (Water Pasteurization Indicator), un manual y dos recipientes metálicos negros de 25 cm de diámetro y capacidad de 2.8 litros cada uno. Se anuncia que próximamente habrá reflectores para aumentar el área de apertura del horno.
<i>Disponibilidad comercial:</i>	Sólo en EE.UU., por 99 \$ Existe la posibilidad de comprar grandes cantidades de hornos sin ensamblar para proyectos en países en vías de desarrollo, para lo cual hay que establecer contacto con la organización.
<i>Contacto:</i>	<i>Solar Oven Society</i> 3225 Hennepin Avenue East, Suite 200 Minneapolis, MN 55413 Teléfono: 612-623-4700. Fax: 612-623-3311 Web: www.solaroven.org e-mail: sos@solarovens.org

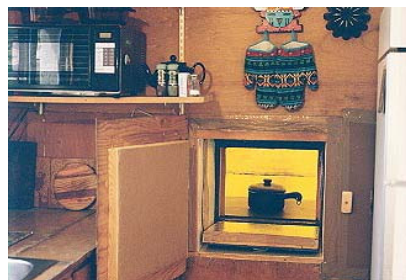


Tipo de horno: Acumulación, concentración.

Descripción general: Horno solar comercial portátil, con asa y reflectores plegables que facilita su manejo y almacenamiento. Cuenta con una varilla tubular ajustable que facilita la orientación del horno y una bandeja interna suspendida con la que se mantiene el recipiente de forma horizontal sin importar la inclinación del horno.

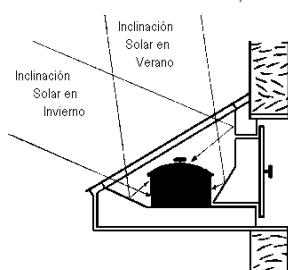
Especificaciones

<i>Dimensiones:</i>	Sin reflector: base: 43 x 43 cm; altura max: 37cm; área de apertura: 38 x 38 cm Con reflectores: altura máx: 74 cm; área de apertura: 78 x 78 cm
<i>Área de apertura:</i>	Sin reflector: 38 x 38 cm Con reflectores: 78 x 78 cm
<i>Peso</i>	9.5 kg
<i>Materiales:</i>	La base es un estuche de plástico resistente y fácil de limpiar Lana de roca como aislante Ventana de vidrio templado Reflectores plegables de aluminio
<i>Temperaturas (rango/ max):</i>	182°C (máximo publicado por el fabricante) 160°C (máximo en el test de Fundación TERRA)
<i>Comentarios:</i>	El fabricante recomienda utilizar un recipiente de cocción oscuro y orientar la cocina máximo cada 30 minutos.
<i>Planos disponibles:</i>	No
<i>Disponibilidad comercial:</i>	Dentro de los EE.UU. con un coste de 229 \$ + gastos de envío. Sun Oven tiene programas de ensamblaje local. Consiste en mandar los hornos sin ensamblar a cualquier parte del mundo, junto con el material necesario, talleres de ensamblaje y soporte técnico; con estos programas se ha logrado tener hornos en otras partes del mundo con precios más bajos que en Estados Unidos (un ejemplo es <i>sun ovens Ethiopia</i> http://www.sunovensethiopia.com/ que tiene el horno a un precio de 150 \$ USA)
<i>Documentación relacionada:</i>	En Fundación Terra se encuentra un documento con la información facilitada por un antiguo distribuidor local (cocinas/Sunoven_global.doc)
<i>Contacto:</i>	SUN OVENS International, Inc. 39W835 Midan Drive Elburn, Illinois 60119 USA teléfono (630) 208-7273 gratuito (800) 408 7919 Fax (630) 208-7386 e-mail: info@sunoven.com Web: http://www.sunoven.com



Tipo de cocina: Acumulación (fija)

Descripción:



Este horno solar, diseño de Kerr-Cole, consiste en montar la caja de acumulación en la fachada sur de la vivienda. El horno queda fijo en la pared, con el colector al exterior y la puerta hacia el interior.

Aunque es menos eficiente que un horno móvil (por no poder ser orientado a la cambiante posición del Sol), presenta una gran ventaja al manipularse desde interior de la vivienda. Su uso es muy similar al de un horno convencional y esto facilita su aceptación, pues los cambios de hábitos no son tan drásticos como con otras cocinas u hornos solares.

Las paredes interiores del horno tienen la inclinación necesaria para aprovechar la luz solar en las diferentes épocas del año, además se pueden añadir reflectores en el exterior para una mayor concentración.

Especificaciones

Dimensiones: Aproximadamente: 82 cm de ancho; 66 cm de profundo y una altura de entre 14 y 36 cm.

Área de apertura: 0,49 m²

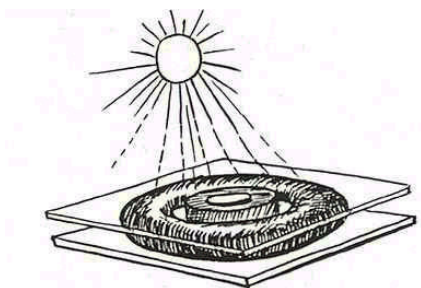
Materiales: El cuerpo exterior del horno es de madera (1/4") y el interior de una capa de material aislante, cartón y papel aluminio o alguna hoja de metal. Se coloca doble vidrio templado en la ventana colectora y una base metálica de color negro en la base para absorber la radiación.

Temperaturas: En un día soleado se pueden alcanzar 120-140°C

Planos disponibles: Existe una guía detallada en Internet que explica cada uno de los elementos pero no contiene planos de construcción, lo que puede resultar complicado para algunas personas <http://www.solarcooking.org/bkerr/DoltYousef.htm> Disponible también en *Fundación Terra*.(planos/ Cocina_Wall_Oven.doc) La autora anunció que próximamente se publicará un libro con todos los gráficos y detalles de construcción, pero hasta la fecha no esta disponible.

Disponibilidad comercial: Existe la posibilidad de adquirir este horno contactando con el *Centro Kerr-Cole*

Contacto: The Kerr-Cole Sustainable Living Center
P.O. Box 576 (mailing address)
3310 Paper Mill Road (street address)
Taylor, Arizona, USA 85939
E-mail: mkerrcole@skyboot.com. (alt. scottjl@skyboot.com)
Teléfono: 928-536-2269 (alt. 928-536-5123)



Tipo de horno: Acumulación de construcción casera.

Descripción general: Una de las cocinas más simples que se han encontrado. El diseño del arquitecto Suresh Vaidyarajan consiste en reutilizar un neumático de automóvil, colocarlo entre una tabla de madera y un cristal, de este modo se aprovecha el calor acumulado en el centro del neumático, para cocinar se utiliza cualquier recipiente de color oscuro para favorecer la absorción de radiación.

Especificaciones

<i>Dimensiones:</i>	Depende de los materiales a utilizar
<i>Área de apertura:</i>	Equivale a el área interna del neumático
<i>Peso:</i>	Variable
<i>Materiales:</i>	Neumático viejo Cubierta: vidrio, cuidando que cubra sobradamente el espacio interior del neumático Base: tabla de madera
<i>Temperaturas:</i>	No hay registros
<i>Planos disponibles:</i>	Página de Solar Cooking http://solarcooking.org/espanol/tire_esp.htm Fundación TERRA (planos: Cocina_Solar_Neumática.doc)
<i>Contacto:</i>	Solar Cooking.: webmaster@solarcooking.org

The Villager Sun Oven

<http://www.sunoven.com/villager.asp>



Tipo de horno: Acumulación, concentración.

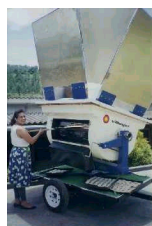
Descripción general:

Es el horno solar más grande que se comercializa. Está montado sobre remolque para transportarlo y cuenta con un sistema de giro de eje lateral para orientar la cocina a los rayos solares.

Cuenta con grandes reflectores plegables y pese a su gran tamaño, alcanza temperatura suficiente para hornear al igual que se haría en cualquier horno convencional.

Además de estar orientado para la alimentación de grupos numerosos, como en escuelas, hospitales, orfanatos u otros, se promueve para la creación de pequeñas empresas tipo "panaderías solares".

Para poder hacer uso del horno en días desfavorables, lluviosos o de noche, el horno incluye un equipo de soporte de gas.



Especificaciones

Dimensiones:

Anchura de base: 1.35 m²

Parrilla de cocción: 0,60 m²

Cuarto de cocción: 0,20 m³

Diámetro de reflector: 2.74 m

Altura sin remolque:

Altura sobre el remolque:

- plegado: 139.7 cm

- plegado: 187.9 cm

- abierto: 251.5 cm

- abierto: 287.2 cm

Área de apertura:

Sin reflector: 1.47 m². Con reflector: 6.11 m²

Peso:

Horno + remolque: 444 kg

Materiales:

La base del horno es de un plástico rígido y los reflectores de aluminio.

Temperaturas

260°C (máxima obtenida por fabricante)

Accesorios:

Remolque con pata

2 tanques para propano (20lb)

Remolque rodante

3 termómetros para horno

2 gatos hidráulicos

Existe la posibilidad de adquirir el horno con un paquete de 150 piezas para montar la panadería solar.

Disponibilidad comercial:

Para conseguirla es necesario ponerse en contacto con *Sun Ovens*, los precios en EE:UU.

Son de 9.500 \$ para VILLAGER SUN OVEN®.

De 10.000 \$ para VILLAGER SUN OVEN® + trailer

De 10.500 \$ para VILLAGER SUN OVEN® + trailer + paquete para montar la panadería (150 piezas)

Documentación relacionada:

Dentro de la página en Internet de *Sunoven* se publica un pequeño recetario con unas 30 recetas. Incluye las instrucciones específicas para realizarlas en el horno solar.

En *Fundación Terra* está la información técnica facilitada por el fabricante (cocinas/Sunoven_Villager.doc)

Proyectos:

Existen alrededor de 50 micro empresas de "panaderías solares" en diferentes partes del mundo

Contacto:

SUN OVENS International, Inc.

39W835 Midan Drive

Elburn, Illinois 60119 USA

teléfono (630) 208-7273

gratuito (800) 408 7919

Fax (630) 208-7386

e-mail: info@sunoven.com

Web: <http://www.sunoven.com>

Hornos Solares “Gianni Crovatto”

<http://digilander.libero.it/giannicrovatto/>



Tipo de

cocina:

Descripción
general:

Acumulación, concentración

Estos hornos son diseños italianos y aunque son cuatro, de diferentes tamaños, todos siguen el mismo patrón: contruidos principalmente con madera, una caja cuadrada con fondo redondeado para facilitar su orientación y transporte, ventana circular y reflectores que se sujetan sobre una base octagonal alrededor de la zona acristalada.

Los más grandes modelos, conocidos como “de alta eficiencia” logran temperaturas de hasta los 370°C.

Los reflectores de cualquiera de los hornos son abatibles, lo que facilita su almacenaje y transporte.

Especificaciones

	<i>Baja eficiencia</i>	<i>Media eficiencia</i>	<i>Alta eficiencia</i>
<i>Peso:</i>	5 kg	6 kg	60 kg
<i>Dimensiones:</i>	58 x 58 x 40	Cerrado: 51 x 51 x 39 cm Abierto: 86 x 86 x 81cm	Diámetro: 1,55 metros
<i>Aislamiento:</i>	Lana de vidrio	Lana de vidrio	Lana de vidrio
<i>Reflectores:</i>	Aluminio	Aluminio	Aluminio
<i>Potencia:</i>	150 W	200 W	700 W
<i>Temperatura max.:</i>	110°C	200°C	360°C
<i>Capacidad:</i>	1 kg de pan en 5 horas	1 kg de pan en 1,5 horas	3 kg de pan en 1,5 horas

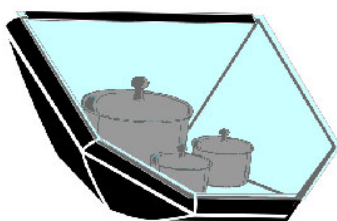
Planos disponibles: En la pagina de Internet se pueden encontrar planos muy detallados para la construcción de estos tres modelos, más un manual para la construcción y utilización de un horno de alta eficiencia portátil. (<http://digilander.libero.it/giannicrovatto/forno-in.htm>)
Fundación Terra (cocinas/Hornos_crovatto/)

Contacto:

Gianni Crovatto

gianni.crovatto@libero.it

Web: <http://digilander.libero.it/giannicrovatto/index.htm>



Tipo de cocina: Acumulación

Descripción general:

Se trata de un pequeño horno solar diseñado para una producción masiva. Se buscó que los materiales fueran fáciles de conseguir en cualquier país. Horno ligero, fácil de trasladar y almacenar. Tiene capacidad para cocinar de 5 a 6 litros de comida, suficiente para alimentar a una familia.

El diseño tiene una gran área de apertura que suple reflectores externos, los que no se han colocado para evitar que el horno sea inestable ante fuertes vientos.

Especificaciones

Dimensiones: 51,5 x 69,0 x 35,0 de altura.

Área de apertura: 0,3 m²

Peso: 3,6 kg

Materiales: Cuerpo es de plástico moldeado; 75% de plástico reciclado y 25% de material virgen. Aislamiento: capas de fibra de vidrio en las paredes y fibra de vidrio de alta densidad para soportar el peso de los recipientes de cocción. Aunque pueden utilizarse otro tipo de aislamientos (algodón, lana, yute, cáñamo, etc) se requiere algún soporte. El interior tiene paredes aluminizadas, la base pintada de negro para incrementar la absorción de radiación.

Temperaturas: En alimentos: supera los 78°C; el agua alcanza los 100°C; y los recipientes llegan a superar los 148°C.

Planos disponibles: <http://www.sungravity.com/fabricated.html>
Fundación Terra (planos/Sunstove.doc)

Disponibilidad comercial: Esta cocina se ha fabricado y distribuido en Sudáfrica e India, ahí es donde se han conseguido producir. El coste aproximado de cada unidad es de 20 \$ USA.

Documentación relacionada: Hay un recetario para esta cocina en específico dentro de la pagina: <http://www.up.ac.za/academic/phys/sunstove/recipes.htm>
Esta cocina fue parte de la prueba realizada en Sudáfrica en 1996. Los resultados y comentarios se encuentran en:
Moving ahead with Solar Cookers, publicado por la GTZ, Alemania. (<http://perso.wanadoo.fr/synopsis/gtz.pdf>) o en Fundación Terra (documentos/solarcooker_test_gtz.pdf)

Enlaces: **Sunstove Organization**
P O Box 21 960,
1515 Crystal Park
Sudáfrica. Tel. y Fax (011) 969 2818

Contacto: **Sunstove Organization**
P O Box 21 960,
1515 Crystal Park.
Sudáfrica Tel. y Fax (011) 969 2818

Web: <http://www.up.ac.za/academic/phys/sunstove/index.htm>

Synopsis REM5 y T16

<http://perso.wanadoo.fr/synopsis/index1024/eng/indexeng.html>

<http://www.synopsis.org>



Tipo de cocina: Acumulación y concentración.

Descripción general: Estos dos modelos, REM 5 y T 16, son los propuestos por SYNOPSIS, un grupo de investigación con varios proyectos sobre cocción solar a escala mundial.

REM5 es un horno solar de caja con una cubierta de cristal simple, marco de aluminio y caja de policarbonato que tiene un sistema de tres reflectores exteriores. Este modelo ha sido desarrollado para ser usado y fabricado en proyectos de cooperación en países en desarrollo; cómo su fabricación requiere paciencia y habilidades con herramientas, se llegó hasta el horno T 16, una versión más sencilla de producir.

Especificaciones

Dimensiones: 88 x 101 x 96 cm

Área de apertura: 0,36 m² sin reflectores

Materiales: Cubierta de cristal, marco de aluminio, cuerpo plástico (policarbonato) y reflectores de aluminio.

Temperaturas: Máxima alcanzada es de 147°C en aceite después de 130 minutos

Planos disponibles: No

Disponibilidad comercial: Esta cocina fue una de las que se probaron en el test de Sudáfrica (test realizado por la GTZ¹). En éste país es posible encontrarla comercialmente.

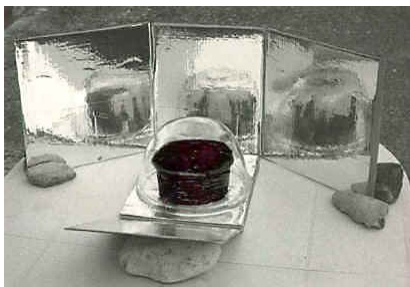
Documentación relacionada: A partir de las pruebas realizadas en Sudáfrica, hay algunos documentos tanto de las pruebas técnicas cómo las pruebas de mercado y accesibilidad.

- **Moving ahead with Solar Cookers**, publicado por la GTZ, Alemania. (<http://perso.wanadoo.fr/synopsis/gtz.pdf>? o en Fundación Terra (documentos/solarcooker_test_gtz.pdf
- **Solar Cooking Compendium**; GTZ & DME; junio 2002.
-

Contacto: Synopsis
Route d'Olmet
F - 34700 Lodève
Tel. + 33 (0)4 67 44 04 10, Fax. + 33 (0)4 67 44 06 01
E-mail: synopsis@wanadoo.fr
Web site: www.synopsis.org

¹ German Technical Cooperation

PANEL SOLAR “Bernard”



Tipo de cocina: Acumulación, concentración

Descripción general: Diseñado por Roger Bernard, este panel es una cocina solar portátil, muy ligera y sencilla. Se construye haciendo algunos cortes en una caja rectangular de cartón y forrando el interior con algún material reflectante.

El recipiente de cocción tiene que ser negro y con algún material que provoque el “efecto invernadero”, ya sea alguna bolsa plástica o un cuenco de vidrio.

Su tamaño permite cocinar pequeñas cantidades de comida, apenas para una persona.

Especificaciones

Dimensiones: Un fondo aproximado de 23 x 25 cm y una altura de 30 cm

Área de apertura: Depende del tamaño de la caja

Peso: Muy ligera (habitualmente menor a 1 kg)

Materiales: Caja de cartón, material reflectante (papel de aluminio) y pegamento.

Temperaturas: Mayores a los 100°C

Comentarios: Se orienta cada uno de los paneles para que la luz que reflejan se dirija al recipiente (negro y que se encuentra dentro de otro recipiente que genera el efecto invernadero). Se pueden utilizar piedras o ladrillos para lograr que los paneles se fijen en la posición deseada.

Planos disponibles: En el libro: *La Cuisson Solaire Facile*
En la página de Solar Cooking: <http://solarcooking.org/spc.htm>
Y Fundación Terra (planos: Bernard_Panel_Cooker.doc)

Disponibilidad comercial: No

Documentación relacionada: Bernard, Roger; *La Cuisson Solaire Facile* ; Editions Silence ; Francia 1999.
En este libro Bernard explica la construcción y uso de este panel junto con otros dos diseños contruidos igualmente, a base de cartón y papel reflectante.
Bernard, Roger; *Le Soleil à Votre Table* ; Editions Silence ; Francia 1987.
Bernard, Roger; *Construisez Votre Cuisinière Solaire*; Editions Silence, Francia, 1997

Contacto: Roger Bernard
La Association Lyonnaise pour l'Etude et le Developpement de l'Energie Solaire.
A.L.E.D.E.S
Université de Lyon
Bat. 721,
69 622 – Villeurbanne
Francia

Panel de doble orientación

<http://solarcooking.org/DSPC-Cooker.htm>



Tipo de cocina: Concentración

Descripción general: El diseño de esta cocina permite, con un simple enganche, tener dos orientaciones para aprovechar la luz solar en diferentes latitudes.

Hecha a partir de un pedazo de cartón con dimensiones de 1.2 x 0,9 m, es una de las cocinas solares más sencillas, sólo hay que adherir papel de aluminio, hacer las dobleces necesarias y listo.

Es una cocina pequeña con la que se puede cocinar para una o dos personas.

Especificaciones

Dimensiones: Altura aproximada: 50 cm, ancho aproximado: 80 cm

Área de apertura: Variable

Peso: Menos de 1 kg (sin recipiente)

Materiales: Cartón, papel reflectante y pegamento

Temperaturas: No se dispone de datos

Comentarios: Se recomienda utilizar un recipiente con un diámetro aproximado de 19 cm. Dentro de otro material para crear el "efecto invernadero", ya sea sobre una base y dentro de una bolsa plástica o dentro de otro recipiente vidriado.

Planos disponibles: Pagina Solar Cooking: <http://solarcooking.org/DSPC-Cooker.htm>
Fundación Terra (planos/Cocina_Dual_Setting.doc)

Disponibilidad comercial: No

Contacto: Autor:
Teong H. Tan
e-mail: thtan@online.sh.cn



Cocina Solar de Parvati (embudo de ángulo doble)

http://www.angelfire.com/80s/shobhapardeshi/ParvatiCooker_spa.html



Tipo de cocina: Concentración

Descripción general:

Es una cocina ligera de construcción casera. Su diseño se basa en la cocina de embudo, se ha buscado el hacer una mejora en los ángulos del reflector y el resultado es un embudo con ángulo doble que, a simple vista, es muy similar a una cocina parabólica. Hay dos formas de hacerla: a partir de circunferencias o uniendo doce lados. En ella se lleva a cabo una cocción lenta que no requiere demasiada atención.



Especificaciones

Dimensiones: 30 cm de diámetro

Área de apertura: 0,07 m²

Peso: Si se utiliza cartón es muy ligera, menos de 1 kg (sin recipiente de cocción)

Materiales: Formada por circunferencias: cartón y material reflectante, o laminas de aluminio o acero
Formada por doce lados: doce trozos de cartón de 15.8 x 40.5 cm o un trozo de 61 x 122 cm más material reflectante.

Temperaturas: En días soleados puede alcanzar una temperatura de 140°C sobre un recipiente negro sin carga (en día claro con temperatura ambiente de 21°C)

Comentarios: Aunque aquí se presenta un tamaño determinado, puede hacerse tan grande como se desee, pero al aumentar su tamaño también es más inestable y el viento la moverá fácilmente. Debido a su configuración de cono con doble ángulo, permite ser orientada hasta cada dos horas. Para cocinar se utiliza un recipiente negro dentro de una bolsa plástica.

Planos disponibles: Se encuentran los planos para construirla ya sea a partir de dos circunferencias o de doce lados en la página: http://www.angelfire.com/80s/shobhapardeshi/ParvatiCooker_spa.html y en la Fundación Terra (planos/Cocina_Parvati.doc)

Contacto: Mrs. Shobha Ravindra Pardeshi,
A-3/3 Saudamini Co-op Hsg. Society, Bhusari Colony, Paud Road, Kothrud,
Pune India
Pin 411 029.
ravi_pardeshi1@yahoo.co.in

Cocina Solar “Embudo”

<http://solarcooking.org/espanol/funnel-span.htm>



Tipo de cocina:

Concentración y acumulación, de autoconstrucción

Descripción general:

Una cocina pequeña y sencilla, consiste en hacer un embudo con un cartón cubierto de papel aluminio. La olla o recipiente de cocción se coloca sobre una base de madera dentro de una bolsa plástica para crear un efecto invernadero y lograr la cocción.

Especificaciones

Dimensiones:

Puede hacerse tan grande como se desee.
Las dimensiones de los planos presentados son:
Diámetro superior: 60 cm aproximadamente
Altura: 60 cm, aproximadamente

Área de apertura: 0.2 m² (varía según las dimensiones)

Peso: Muy ligera

Materiales: Cartón, papel aluminio, trozo de cinta, una base de madera, bolsa plástica y pegamento

Temperaturas: El autor no publica temperaturas máximas.

Comentarios: Además de ser utilizada para cocinar durante las horas de sol, también se han hecho estudios para utilizar el “embudo” como refrigerador por la noche.

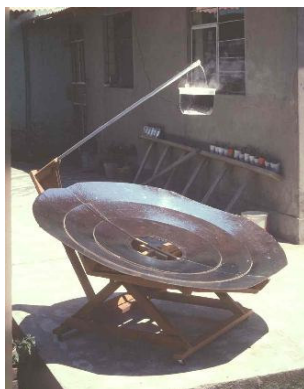
Planos disponibles: Dirección del autor: <http://physics1.byu.edu/jones/>
Pagina Solar Cooking: <http://solarcooking.org/espanol/funnel-span.htm>
Fundación Terra (planos/ Cocina_Embudo.doc)

Disponibilidad comercial: Sí, existe un fabricante que hace la cocina usando como material reflectante Mylar aluminizado: CRM al: +1 (801) 292-9210

Documentación relacionada: Steven E. Jones; *Basic Principles of Solar Cooking, and Introducing the Foil-ware Funnel Cooker*, Enero 2001 <http://physics1.byu.edu/jones/rel491/solarbowl.htm>
Dentro de la pagina de Solar Cooking (<http://solarcooking.org/funnel.htm>) se presenta un pequeño recetario para días de verano.

Contacto: Diseñador:
Steven E. Jones. Profesor de la “Brigham Young University” (BYU)
e-mail: stevejones@byu.edu





Tipo de cocina: Concentración, parabólica.

Descripción general: Cocina solar parabólica que consta de tres partes: el reflector parabólico que concentra la radiación en un área de 17 cm de diámetro, el brazo que mantiene el recipiente en el punto focal y la base que permite orientar la parábola con los rayos solares.

Los planos están disponibles y puede ser construida por cualquiera con una básica experiencia en carpintería y acceso a algunas herramientas.

Especificaciones

Dimensiones: Diámetro del reflector: 130 cm
Distancia focal: 70 cm
Base: 71 x 71cm

Área de apertura: 1.3 m²

Peso: Variable, depende del material pero generalmente es más de 5 kg

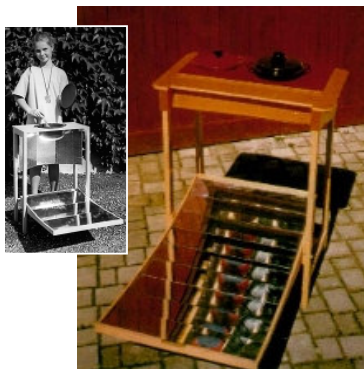
Materiales: Reflector: tablas de aglomerado (aserrín prensado) con una cubierta de plástico reflectante.
Base de madera y el brazo para colocar la olla es de metal.

Temperaturas: No reportado.

Planos disponibles: La lista de materiales y la guía para la construcción se encuentran en la pagina de Sunspot, planos: <http://www.sunspot.org.uk/ed/>
Y Fundación Terra (planos: Cocina_Parabólica_Fresnel.doc)

Contacto: SunSpot
Maidenhead, England, UK
Quinton Stowell: - q@sunspot.org.uk
e-mail: enorman@travel-net.com
web: <http://www.sunspot.org.uk/ed/>





Tipo de cocina:

Concentración, acumulación

Descripción general:

Esta cocina es una combinación de un horno solar de caja y una cocina parabólica. Un diseño más del francés Roger Bernard.

Mediante un perfil parabólico móvil, formado por tiras de material reflexivo, se concentran los rayos solares a la parte inferior de la mesa de trabajo que es una caja con una ventana vidriada en el fondo. El recipiente de cocción que está insertado en la tabla superior recibe rayos solares directos (reflejados por el reflector) y además se encuentra dentro de una caja caliente en donde el calor se acumula.

Especificaciones

Dimensiones: Plegada: 70 x 41 x 92 cm de altura
Abierta: 70 x 1,05 x 0,92 cm de altura

Área de reflector: 0,48 m²

Peso: 11 kg, aproximadamente

Materiales: La base es de madera y los reflectores pueden variar: espejos o algún material reflectante. Se requiere un vidrio para la ventana de caja.

Comentarios: Para utilizar esta cocina se requiere una altura mínima del Sol de 30° sobre el horizonte, por lo que no puede ser utilizada en Europa central y del norte durante el invierno. Es muy importante colocar el recipiente de cocción antes de desplegar el reflector. Los rayos solares concentrados pasan a través de la perforación y pueden afectar gravemente la vista de quien cocina.

Planos disponibles: Bernard, Roger; *Construisez Votre Cuisinière Solaire*; Editions Silence, Francia, 1997

Disponibilidad comercial: Se encuentra a la venta tanto los materiales listos para montarla como los planos y guía de construcción. Mueller-Solartechnik, en Alemania los tiene a la venta, los planos por 25€, y el material por 218€, ambos más gastos de embalaje y envío que dependen de la zona.
Web: <http://www.mueller-solartechnik.de>

Documentación relacionada: Bernard, Roger; *Construisez Votre Cuisinière Solaire*; Editions Silence, Francia, 1997

Contacto:

Autor: Roger Bernard

La Association Lyonnaise pour l'Etude et le Developpement de l'Energie Solaire.
A.L.E.D.E.S
Université de Lyon
Bat. 721,69 622 – Villeurbanne
France

Venta : Mueller-Solartechnik.
Postfach 3064, D-65746 Eschborn,
Fax +49 6173 66852
Alemania



Tipo de cocina: Acumulación, concentración.

Descripción general: Trabajando en mejorar la estabilidad del panel solar Bernard presenta este nuevo diseño, en é queda reducido el número de paneles, de cinco a cuatro. Obtiene una cocina más estable y compacta en la que se mejora el rendimiento.

Esta cocina, al igual que la anterior, es sólo para pequeñas cantidades de comida, suficiente para una sola persona.

Especificaciones

Dimensiones: Un fondo aproximado de 46 x 32 cm y una altura de 42 cm.

Área de apertura: Depende del tamaño de la caja.

Peso: Muy ligera (comúnmente menor a 1 kg)

Materiales: Caja y un trozo de cartón, material reflectante (papel de aluminio) y pegamento.

Temperaturas: Mayores a los 100°C

Comentarios: Para cocinar se utiliza un recipiente oscuro y para generar el “efecto invernadero” se hace uso de una bolsa de horno, un cuenco de vidrio transparente o una base de vidrio para la olla (como se ve en la figura)

Planos disponibles: En el libro: *La Cuisson Solaire Facile*
En la pagina de *Solar Cooking*: <http://solarcooking.org/espanol/newpanel-span.htm>
Y Fundación Terra (planos/ Bernard_ Panel_Cooker.doc)

Disponibilidad comercial: No

Documentación relacionada: Bernard, Roger; *La Cuisson Solaire Facile* ; Editions Silence ; Francia 1999.
Bernard, Roger; *Le Soleil á Votre Table* ; Editions Silence ; Francia 1987.

Contacto : Roger Bernard
La Association Lyonnaise pour l'Etude et le Developpement de l'Energie Solaire, ALEDES
Université de Lyon
Bat. 721,
69 622 – Villeurbanne
France

Cocina solar cónica instantánea

<http://solarcooking.org/windshield-cooker.htm>



Tipo de cocina:

Concentración y acumulación

Descripción general:

Es una cocina pequeña, portátil y muy sencilla, construida a partir de un protector solar de coches, lo único que hay que hacer es darle la forma cónica y colocar en el centro un recipiente oscuro sobre una parrilla todo dentro de una bolsa plástica resistente a altas temperaturas.

Aunque es para pequeñas cantidades de comida se alcanzan temperaturas suficientes para cocinar y hornear en ella.

Especificaciones

Dimensiones:

Depende del protector que se utilice, usualmente de 60 cm de alto con un diámetro de 70 cm.

Área de apertura:

Variable

Peso:

Muy ligera

Materiales:

Protector solar metálico para coches, 12cm de velcro, algún bote que sirva como base. Para cocinar se requiere de un recipiente negro, parrilla y bolsa térmica.

Temperaturas

Hasta 170°C

Comentarios:

Aunque es muy sencilla su construcción y por los materiales utilizados es muy económica, no es accesible para cualquier persona, porque depende de la disponibilidad del protector.

Una de los principales inconvenientes de esta cocina es su fragilidad frente al viento. Por lo que se recomienda utilizarla en zonas poco ventosas o colocarle algún otro tipo de soporte que ayude a su estabilidad.

Planos disponibles:

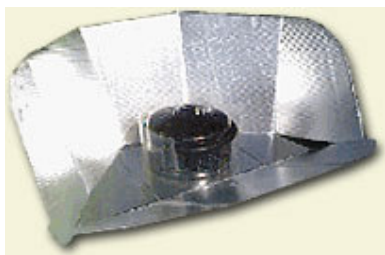
En la pagina de Solar Cooking: <http://solarcooking.org/windshield-cooker.htm>
En Fundación Terra (planos/ Cocina_Embudo_Instantánea.doc)

Disponibilidad comercial:

No

Contacto:

Kathy Dahl-Bredine
Apdo. 1332
Oaxaca, OAX 68000
kpdb@prodigy.net.mx



Tipo de cocina: Concentración

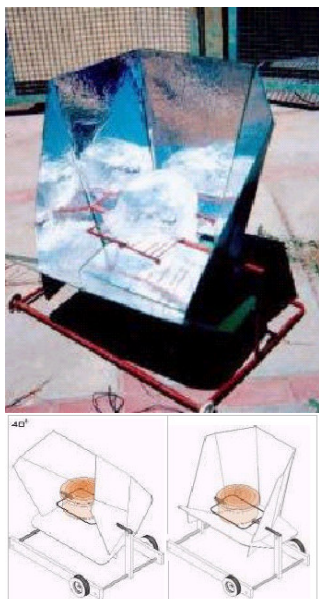
Descripción general: Este panel solar, diseño de Roger Bernard y Barbara Kerr, ha sido distribuido por todo el mundo por *Solar Cookers International*. Es una cocina hecha con cartón, portátil, plegable, fácil de construir y de muy bajo costo. Este panel solar ha sido distribuido a través de proyectos de cooperación, pero también puede comprarse o construirse.

Especificaciones

<i>Dimensiones:</i>	Montada: una base de 55 x 120 cm y 33 cm de altura Plegada: 33 x 33 x 5 cm
<i>Área de apertura:</i>	Variable, alrededor de 0,5 m ²
<i>Peso:</i>	300 gr
<i>Materiales:</i>	Cartón y papel de aluminio.
<i>Temperaturas:</i>	Se han alcanzado temperaturas alrededor de 100°C
<i>Comentarios:</i>	Para cocinar se requiere un recipiente negro, dentro de una bolsa plástica, o algún recipiente de los que tienen una capa exterior vidriada y un espacio de aire que permite aislar la olla.
<i>Planos disponibles:</i>	Se encuentran los planos en Internet en: http://www.solarcooking.org/espanol/cookit-span.htm y en Fundación Terra (planos/ Cocina_cookit.doc)
<i>Disponibilidad comercial:</i>	<i>Solar Cookers International</i> tiene a la venta éste panel en dos materiales: cartón con aluminio y un material esponjoso resistente al agua. Las dos cuestan 25 \$ más gastos de envío. Incluyen una bolsa resistente a altas temperaturas. El recipiente necesario para cocinar no está incluido.
<i>Documentación relacionada:</i>	Hay un pequeño manual llamado: <i>The Cookit</i> . En él se explica de manera muy sencilla y por medio de gráficos muy apropiados, el uso del panel solar. Incluye un pequeño recetario e información de pasteurización solar. Existe otro pequeño manual editado por <i>Solar Cookers International</i> , llamado <i>Solar Cookers: How to Make, Use and Understand</i> , que contiene los planos de construcción de este panel y otros dos tipos de cocina (un panel y una caja).
<i>Enlaces:</i>	<i>Solar Cookers International</i> tiene algunos proyectos de cooperación con estas cocinas, la información la podemos encontrar en la pagina web: www.solarcooking.org
<i>Contacto:</i>	<i>Solar Cookers International</i> 1919 21st Street #101 Sacramento, CA 95814 U.S.A Teléfono: +1 (916) 455-4499 Fax: +1 (916) 455-4498 e-mail: info@solarcookers.org web: www.solarcooking.org

COCINA SOLAR ABIERTA DE REFLECTOR PLANO

<http://www3.cricyt.edu.ar/lahv/xoops/html/modules/freecontent/index.php?id=8>



Tipo de cocina: Concentración, acumulación en el recipiente

Descripción general: Es un diseño del panel solar *Cookit* que incluye una base rígida (de madera y metal) con parrilla de cocción, lo que permite que el Sol, con cualquier posibilidad de altura angular, pueda llegar de lleno sobre el recipiente. Apta para condiciones de invierno en latitudes más allá de los trópicos y bajo temperaturas ambientales bajas. Las mejoras realizadas a *Cookit* permiten obtener una cocción más eficiente (mayor temperatura de equilibrio), disminuyendo el tiempo empleado en cocinar y permitiendo su utilización durante todo el año, inclusive en los meses de invierno con bajas temperaturas ambientales. Se ha hecho un estudio especial para el desarrollo de la ubicación del recipiente, de manera que la energía solar le envuelva en alrededor del mismo y de este modo se pueda hornear en la misma cocina.

Especificaciones

Dimensiones: Panel: una base de 46 x 30 y 60 cm de altura
Base: 90 x 57 x 40 cm de altura

Área de apertura: Variable, alrededor de 0,5 m²

Peso: Panel: 300 gramos
Base: variable, depende de los materiales utilizados.

Materiales: El reflector, al igual que *Cookit*, es de cartón corrugado y papel de aluminio. Los materiales propuestos para la base son listones de madera (2" X 1"), tubo metálico de 5/8", y un trozo de hierro dulce de 6 mm de espesor.

Temperaturas: Alrededor de los 150°C

Planos disponibles: En la Web:
<http://www3.cricyt.edu.ar/lahv/xoops/html/modules/freecontent/index.php?id=8>
Fundación Terra (cocinas/ cocina_solar_plana)

Documentación relacionada: En la misma dirección de los planos se encuentra el documento completo sobre el proyecto.

Contacto: Alfredo Esteves
e-mail: aesteves@lab.cricyt.edu.ar
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Mendoza
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda
Web: <http://www3.cricyt.edu.ar/lahv/xoops/html/modules/freecontent/index.php?id=8>



Tipo de cocina: Concentración

Descripción general: Esta cocina, conocida como *cocina china*, es el modelo que ha sido distribuido tanto en China como en el Tibet, América y África.

Considerado como uno de los líderes en la distribución de cocinas solares, en el año 2002 China había repartido alrededor de 560.000 cocinas. Este modelo, promovido por la *Asociación China de la Industria de la Energía Rural*, está hecho de hierro fundido con un espesor de apenas 3 mm. Como material reflectante tiene una película de aluminio. La base de la parrilla de cocción permanece inmóvil mientras que el reflector debe orientarse para seguir los rayos solares. Se produce en tres tamaños con diferentes áreas de reflexión: 1,5, 2 y 2,5 m². Aunque es una cocina pesada (alrededor de 80 kg), el fabricante la define como una cocina móvil que al plegarse puede ser almacenada con facilidad. Además de las cocinas que están a la venta en Nepal hubo un proyecto en donde se produjeron otras de manera artesanal y utilizando otros materiales como: cemento, hierro y barro.

Especificaciones

Dimensiones:	1,5 / 2 / 2,5 m ² (superficie) x 1,2 m de altura aproximada.
Área de apertura:	1,5 / 2,0 / 2,5 m ²
Distancia focal:	0,6 / 0,7 / 0,8 m
Peso:	50 / 80 / 105 kg
Materiales:	La superficie está hecha de hierro fundido con un espesor de 3mm. El material reflectante es chapa de aluminio.
Potencia:	En un día claro se alcanzan: 800 / 1000 / 1200 W. Y se logra hervir el agua en 20 minutos aproximadamente. Y la temperatura en el punto focal puede alcanzar los 900°C
Accesorios:	Se requiere un recipiente con una base negra y lisa.
Comentarios:	El máximo que soporta la base de la parrilla de cocción es 7,5 kg.
Planos disponibles:	Los planos no están disponibles, pero en la página: http://www.cc.jyu.fi/~hvirtane/chin6.html se puede ver el proceso de tres cocinas chinas artesanales construidas con barro, cemento y hierro.
Disponibilidad comercial:	Esta cocina se distribuye en China y aunque es un proyecto del Centro de Investigación de Energía de China, hay algunas compañías privadas que las fabrican y distribuyen. Una de ellas es Sangli, cuya dirección en Internet es: http://www.chinasangli.com/2oven.htm
Documentación relacionada:	- Xiaofu, Chen; "Development and application of solar cookers in China"; <i>Solar Cooker Review</i>; vol. 9, no. 2, julio 2003, pp 1-4. (http://solarcooking.org/newsletters/scrjul03.htm) - "Theories Behind a Chinese Reflective solar Cooker": http://solarcooking.org/research/Chinese-Reflective-Cooker-Theories.htm (Fundación Terra: Cocinas : Chinese_reflective_theories.doc)
Enlaces:	Informe de la cocina china producida por: YANCHENG SANGLI SOLAR ENERGY INDUSTRIAL CO.,LTD. Fundación Terra (cocinas: Cocina_china.doc)
Contacto:	Uno de tantos proyectos en los que se han utilizado estas cocinas se ha llevado a cabo por una ONG que trabaja en Somalia, <i>Horn Relief</i> ha importado algunas de estas cocinas a Sangli en China, además de las cocinas han recibido un curso por parte de la compañía para aprender a utilizarlas. (http://solarcooking.org/newsletters/scrjul04.htm) Venta: YANCHENG SANGLI SOLAR ENERGY INDUSTRIAL CO.,LTD No.8 Shenzhou Rd , The New District Of Yandu Country , Jiangsu Province , China Tel:86-515-8466990,Fax:86-515-8466877 Email : sangli@chinasangli.com , web: http://www.chinasangli.com Proyecto de construcción artesanal: Hannu Virtanen; Lievestuoreen asema; FIN-41400 Lievestuore; Finland e-mail: hvirtane@cc.jyu.fi



Tipo de cocina: Acumulación, concentración.

Descripción general: Cocina comercial portátil. Consiste en un plato elíptico parabólico hecho a base de plástico y recubierto con un material reflectante llamado *SolarFlex*. Tiene una base ajustable de aluminio en la que se coloca el recipiente de cocción.

Están disponibles dos modelos, ambos con las mismas dimensiones pero diferentes calidades de reflexión: SolarReflex 600 y SolarReflex 900. Su nombre se debe a la temperatura que pueden alcanzar 600 y 900°F.

Especificaciones

<i>Dimensiones:</i>	El reflector no es completamente circular, es un ovalo de 61x 66 cm. Al plegarse para almacenarlo tiene una altura de 7,7 cm.
<i>Área del colector:</i>	0,36 m ²
<i>Distancia focal:</i>	40 cm (en un área de 3 8cm ²)
<i>Peso:</i>	3,6 kg
<i>Materiales:</i>	Base de aluminio anodizado, reflector plástico con SolarFlex® como material reflectante
<i>Temperatura:</i>	El modelo 900 alcanza hasta 482°C. El modelo 600 logra los 315°C.
<i>Accesorios:</i>	A la venta se encuentran algunos platos parabólicos en blanco, sin material reflectante. También están disponibles cubiertas transparentes de policarbonato para cubrir el recipiente de cocción. Se produce el "efecto invernadero" y se evitan pérdidas de calor en los días ventosos.
<i>Comentarios:</i>	Para cocinar se utilizan recipientes oscuros con tapadera de cristal, esto permite que la radiación, que viene de la parte superior, entre a través de la tapa y caliente directamente la comida.
<i>Disponibilidad comercial:</i>	Es un producto fabricado en EE.UU., y se vende por Internet a través de Amazon.com. El SolarReflex 900 tiene un precio de 249 \$. SolarReflex 600 cuesta 185 \$. La cubierta para el recipiente de cocción cuesta 29 \$ la circular y 75 \$ la cuadrada. La información se encuentra disponible en: http://www.cleardomesolar.com/
<i>Contacto:</i>	ClearDome Solar, 3368 Governor Dr, 153-F, San Diego, CA 92122 Tel.: 619/990-7977 ó 858/587-1377 e-mail: hotfood@cleardomesolar.com · Web: www.cleardomesolar.com

Cocina “hot plate”

<http://www.sunspot.org.uk/Prototypes.htm>



Tipo de cocina: Concentración, parabólica.

Descripción general:

Cocina parabólica con base de cartón o madera y reflectores de alto índice de refracción. Esta cocina logra altas temperaturas, similares a cocinar en una cocina convencional.

Su forma parabólica se debe a 11 segmentos en su base, hechas de cartón o madera sobre las cuales se coloca la placa de aluminio reflectante. Aunque sus planos están disponibles, su construcción requiere ciertas habilidades manuales y herramientas específicas.

Los materiales de la base, cartón o, cartón y madera, están al alcance de cualquiera, pero la superficie reflectora puede ser un problema en algunas poblaciones, no sólo el hecho de que se distribuya, también por su costo. Además se requiere de un trabajo de herrería para construir la parrilla de cocción y carpintería si se hace la base de madera.

Especificaciones

Dimensiones: Base: 0,5 x 0,5 m
Altura de la base: 20 cm
Distancia focal: 25 cm

Área de apertura: 0,25 m²

Peso: De 6 a 9 kg. dependiendo del material.

Materiales: La base y los once segmentos pueden ser tanto de madera como de cartón. La parábola se forma con una hoja de aluminio reflectante (85% de reflexión, aproximadamente). Algunos ángulos de acero para la parrilla de cocción y material y herramienta para soldadura.

Temperatura: Alrededor de 300°C

Comentarios: Aunque se alcanzan altas temperaturas tiene algunos inconvenientes: el material reflectante no se encuentra disponible en cualquier lugar y en los lugares donde se encuentra, puede ser un obstáculo debido al precio.

Su manejo no es sencillo; por ser una parábola requiere ser orientada frecuentemente, pero no tiene una base o un soporte que lo facilite, así que se tiene que hacer uso de otros materiales, ya sea alguna pared o bloques de madera o cemento. También se debe manejar con cuidado la parrilla de cocción pues al ser solo una cruz sin bordes, se corre el riesgo de tirar el recipiente de cocción si éste no se encuentra bien centrado en la cruceta.

Planos disponibles: En el libro *Cooking with the Sun* están los planos para una cocina de 81 x 81cm. Los planos muy bien detallados para construir una cocina de 1 m² se encuentran en: <http://www.sunspot.org.uk/Solar1000/solar1000.htm> y en: Fundación Terra (planos/Cocina_parabolica_cartón.doc)

Documentación relacionada: Halacy, Beth, Halacy, Dan; **Cooking With The Sun**; Morning Sun Press; California, EE.UU, 1992.

Enlaces: Se realizó un proyecto en: *The Peru Children's Trust*. Se realizó un curso de construcción de cocinas entre los niños del centro, pero parece que no llegó más allá. La información se encuentra en: <http://www.sunspot.org.uk/perustrust/>

Contacto: SunSpot Maidenhead,
England, UK. Quinton Stowell
e-mail: q@sunspot.org.uk
web: www.sunspot.org.uk/



Tipo de cocina: Parabólica.

Descripción general:

Cocina comercial parabólica. Construida a partir de secciones de aluminio de alta reflexión consigue una potencia en el punto focal que permite cocinar como en una cocina convencional.

La parrilla de cocción (colocada en el foco de la parábola) se encuentra fija a la base de la cocina y permanece horizontal mientras el reflector gira libremente sobre la base para ser orientado al Sol.

Estas cocinas se venden dentro de un caja casi plana que incluye todas las piezas para ensamblarla, requiere de 5 a 7 horas de preparación de piezas (limar, doblar) y ensamblaje.

Se encuentra disponible en dos tamaños: 1 y 1,4 metros de diámetro.

Especificaciones

<i>Diámetro:</i>	1 m	1,4 m
<i>Área de apertura:</i>	0,78 m ²	1,53 m ²
<i>Peso</i>	8 kg	19 kg
<i>Medidas paquete:</i>	127 x 16 x 3,5 cm	127 x 23 x 3,5 cm
<i>Potencia:</i>	300 W	600 W con cielo despejado
<i>Temperatura:</i>	200°C	200°C máximo en aceite
<i>Materiales:</i>	El reflector está formado por 24 secciones de aluminio pulido que al ensamblarse forman la parábola. La base es una estructura de acero galvanizado.	
<i>Accesorios:</i>	Para cocinar se requiere un recipiente oscuro, que absorba la radiación solar. Estas ollas también se pueden adquirir con la cocina. El paquete de la cocina además de las piezas para su ensamblaje, incluye dos llaves fijas, lima, el manual de montaje y un libro de recetas (en 5 idiomas).	
<i>Comentarios:</i>	Utilizan la radiación directa del Sol, por lo que se recomienda ser orientada cada 15/20 minutos. Antes de utilizar esta cocina, se debe revisar con cuidado las instrucciones de uso y mantenimiento.	
<i>Disponibilidad comercial:</i>	En España por: Fundación Terra.	KSOL10: 98.- € KSOL14: 153.-€ Olla de 4 l: 14.- € Olla de 12 l: 26.-€
<i>Documentación relacionada:</i>	No están incluidos los gastos de envío. - Cocinar con el Sol , manual de uso y mantenimiento y recetario de KSOL. (ilustrado y editado en 5 idiomas) - Seifert, Imma; My Solar Cookbook ; Alemania 2001. un manual ilustrado que está en alemán e ingles. También existe una traducción al español pero sin ilustraciones. Un modelo de la SK (diámetro 1,4 m) fue testado en la prueba de Sudáfrica en 1996. Los resultados y comentarios se encuentran en: - Moving ahead with Solar Cookers , publicado por la GTZ, Alemania. (http://perso.wanadoo.fr/synopsis/gtz.pdf ? o en fundación Terra (documentos/solarcooker_test_gtz.pdf)	
<i>Contacto:</i>	En España: FUNDACIÓ TERRA Avinyó, 44 E 08002 Barcelona Tel: 34 + 936 011 636 e-mail: terra@terra.org , biohabitat@terra.org Web: www.terra.org	



Tipo de cocina: Concentración, parabólica

Descripción general:

Es una cocina plegable con dos secciones de parábola que concentra la radiación solar en el fondo del recipiente de cocción. Utiliza la radiación directa y se orienta con dos movimientos: girando completamente desde su base y balanceando los reflectores.

La base del recipiente de cocción está fija y se puede cocinar de pie desde la parte posterior lo que reduce el riesgo de reflejos molestos.

Debido a su diseño, no hay reflectores debajo del área de cocción, de ésta manera no hay problema si se derrama la comida.

Especificaciones

Dimensiones: Abierto: 240 cm; cerrado 70 cm; altura: 150 cm

Área de apertura: 2 m²

Distancia focal: 60 cm

Peso: 15 kg

Materiales: Armazón metálico (ángulo), y reflectores de chapa laminada de aluminio brillante (reflexión 93%) con 0,4 mm de espesor.

Temperatura: Se han registrado más de 300°C

Disponibilidad comercial: En la pagina de Solar Papillon (<http://www.solar-papillon.com/>) está la información sobre la compra de esta cocina. Se distribuye en partes listas para ensamblarse en un paquete de 1,2 x 0,6 x 0,3 m. Aunque las que se construyen in situ están soldadas, esta versión ensamblada con tornillos y tuercas es igual de resistente pero un poco más pesada (aproximadamente 2 kg). El costo es de 598.-€ más 25.-€ por manipulación (+gastos e envío). El manual de uso (video o CD) cuesta 9,28.-€.

Enlaces: Esta cocina se utiliza en algunos proyectos de cooperación, algunos de ellos en África (Burkina Faso y Etiopía). Más información en : <http://www.bsw-energie.de/> y www.solar-afrika.de

Contacto: BSW Alternative Energie e.V.,
Hauptstraße, D-55452 Burg Layen,
Teléfono +49 (0) 6721-965 585
webmaster@bsw-energie.de; j.dessel@gmx.de
Web: <http://www.solar-papillon.com/>



Tipo de cocina: Concentración, parabólica

Descripción general: Solar Sizzler es una cocina portátil. El reflector está formado por 9 secciones y un eje central que al ensamblarse forman un plato parabólico de 91.5 cm de diámetro.

Su tamaño y peso la convierten en una cocina muy fácil de transportar, aunque hay que considerar que requiere de dos bases para cocinar con ella: una para el plato que permita orientarlo constantemente (como un trípode tipo cámara fotográfica) y otra para la parrilla de cocción.

El fabricante tiene a la venta tanto el reflector como las dos bases, pero expone que se puede utilizar algún otro tipo de bases o incluso construirse.

Especificaciones del reflector

Dimensiones: Desarmada: cada una de las 9 fracciones mide aproximadamente 33 x 35 cm y todas ellas pueden ser almacenadas en una caja de 39 x 32 x 10 cm.

Ensamblada, el plato tiene un diámetro de 91.5 cm.

Área de 0,65 m²

apertura:

Distancia focal: 81 cm.

Peso: El reflector pesa 3,5 kg.

El peso total depende de las bases y recipiente de cocción que se utilicen.

Materiales: Reflector: plástico ABS cubierto con aluminio vaporizado.

Base de reflector a la venta: madera.

Base de la parrilla a la venta: metálica.

Temperatura: En días soleados, se han registrado temperaturas superiores a los 345°C en el punto focal. Que equivale a utilizar una cocina eléctrica, los tiempos de cocción son equivalentes.

Accesorios: Base para reflector y trípode para la parrilla de cocción

Planos disponibles: En la página web del fabricante: www.solarsizzler.com y en *Fundación Terra* (planos/Cocina_solar_solarsizzle_support_base.pdf) se encuentran los planos de la base del reflector

Disponibilidad comercial: Se puede obtener a través de Internet, aparentemente, a cualquier parte del mundo asumiendo los gastos de envío. Después de hacer la solicitud te informan mediante un mensaje el coste total del pedido solicitado.

El costo del solar-sizzler es de 69.95 \$ canadienses. Por 49.95 \$ canadienses puedes adquirirlo con algún fallo de fábrica. El tripié con parrilla para la olla: \$29.95d.c.. La base para el reflector \$17.95d.c. Todo esto más tasas y gastos de envío.

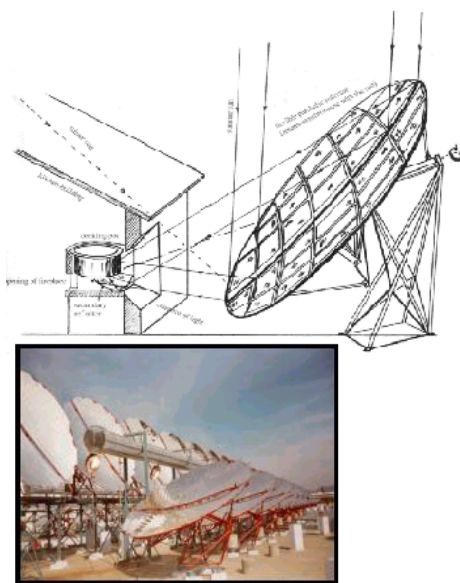
Existe un manual de uso publicado en la pagina web.

Documentación relacionada:

Contacto: E-mail: info@solarsizzler.com.

Teléfono: 519-794-4138

Canadá



Tipo de cocina:
Descripción general:

Parabólica de foco fijo.

El diseño de los reflectores se hizo buscando que el cocinar con la energía solar fuera lo más cómodo posible y que el aparato fuese muy accesible, para fabricarse en cualquier taller de soldadura del mundo, después de cierta formación.

Para lograr que su utilización fuera sencilla y cómoda el fogón es fijo y se puede localizar dentro de la casa. El reflector consiste en un espejo parabólico excéntrico, deformable que gira de forma sincronizada con el Sol en torno a un eje paralelo al eje terrestre. Mediante deformación se ajusta de forma sencilla y mecánica a las diferentes estaciones del año.

El seguimiento horario del reflector se realiza de forma automática mediante un sistema de mando fotovoltaico localizado en el centro del colector.

Estos reflectores se han fabricado en diferentes tamaños: 2 m² (en fase de madurez para su utilización en Europa), 2,7, 8,10 y 10 m².

Especificaciones

Dimensiones: Para el colector de 8 m²: elipse de 2,8 x 3,8 m

Área de apertura: De 4,3 a 6,4 m², (dependiendo de la estación del año)

Materiales: Toda la estructura de los reflectores (a excepción de la superficie del espejo) está formada por acero, utilizándose perfiles que normalmente son empleados para la construcción de muebles (mesas, sillas), conducciones de agua, así como casas. Por ello pueden adquirirse en cualquier lugar a un precio relativamente económico.

Como superficie de espejo reflectante pueden utilizarse diferentes materiales; en cualquier emplazamiento pueden encontrarse, p.ej., espejos de vidrio con capa de plata, tales como puedan serlo los que encontramos en los espejos de baño

Temperatura: Temperatura máxima en el foco: 1020°C, consiguiendo hervir 22 litros de agua a la hora (con irradiación de 700 W/m²)

Planos disponibles: Los planos para el reflector de 2 m² se encuentran en: <http://www.solare-bruecke.org>

Enlaces: Para los planos del reflector de 8 m² hay que contactar con el autor.

El objetivo primordial se centra en los reflectores de 8 m² para cocinas colectivas. Después del año 2000 se han instalado 300 reflectores con 10m².

En estos momentos (año 2004) existen aprox. 750 reflectores en 21 países (unas 200 cocinas colectivas), entre ellas varias grandes instalaciones con funcionamiento por vapor de agua, con un total de 10 hasta 106 reflectores en una sola instalación. Por ejemplo, en la cocina solar más grande del mundo en India se puede cocinar para hasta 18.000 comensales.

Direcciones de Internet relacionadas con los reflectores Scheffler

- Cocina colectiva para centro de yoga en la India: www.charity-india.de

- Panadería en Namibia: www.ombili.home.pages

- Panadería en Argentina y Burkina Faso : www.hc-solar.de

- Acumulador térmico de hierro en la India: www.geocities.com/bvirw/photos/solar-storage.html

Contacto:

Solare Brücke

Wolfgang Scheffler

G.v.Werdenbergstr.6

D-89344 Aislingen

Tel/Fax: (0049)-09075/701338 , e-mail: solarebruecke-1@t-online.de

Web: www.Solare-Bruecke.org

COCINA DEL HOSPITAL GAVIOTAS (COLOMBIA)

<http://www.friendsofgaviotas.org>



Tipo de cocina: Indirecta (aceite)

Descripción general:

Gaviotas es una comunidad establecida en la sabana de Colombia con una población aproximada de 200 personas.

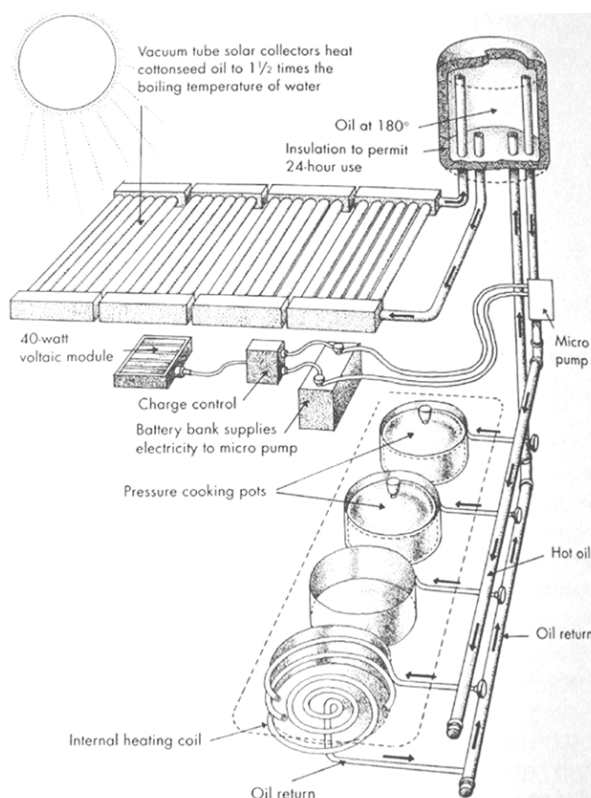
Han apostado por un modelo de vida sustentable, uno de los ejemplos es la cocina solar instalada en el hospital.

Mediante un colector plano de tubos al vacío, colocado en el techo del edificio, se calienta aceite de semillas de algodón. En un día claro el aceite puede alcanzar los 180°C.

En el tanque de almacenamiento se crea un sifón por la diferencia de temperaturas y el aceite caliente es succionado al tanque mientras aceite más frío de la parte inferior entra al colector para ser calentado.

Este mismo tanque tiene otra entrada y salida, en la parte inferior y superior respectivamente. Utilizando una pequeña bomba de 40W de potencia que se alimenta de las baterías cargadas con paneles solares, el aceite caliente se lleva hasta dentro del edificio, pasa a través de 6 serpentines, que rodean a las ollas de presión de acero inoxidable en las que se cocina. El aceite frío regresa al tanque de almacenamiento.

Tanto el tanque como las tuberías están aislados térmicamente, el aceite se mantiene caliente y permite cocinar de noche o en días desfavorables (nublados o con lluvia)



Solar Kitchen in the Gaviotas Hospital

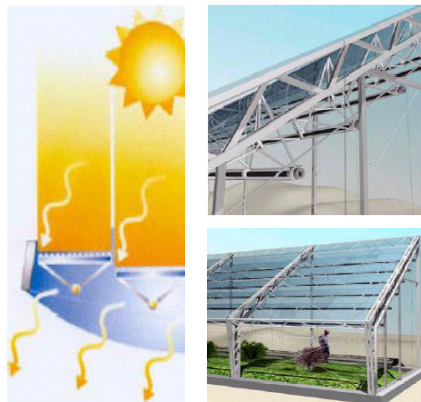
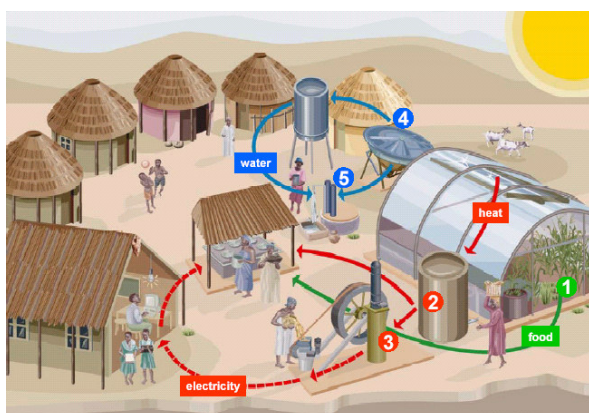
*Documentación
relacionada:*

Weisman, Alan; *Gaviotas, A Village To Reinvent The World*; Chelsea Green Publishing Company; EE.UU., 1998.

En internet: <http://www.friendsofgaviotas.org>

TAMERA -VILLA SOLAR (PORTUGAL)

<http://www.tamera.org>



Tipo de cocina: Indirecta, utiliza aceite como medio de almacenamiento.

Descripción general:

Esta cocina solar es solo una parte de la instalación solar que se hará en una ecoaldea, que sin necesidad de placas fotovoltaicas produce energía para cocinar, bombear agua, moler el grano y generar electricidad.

Este proyecto es el resultado de décadas de investigación de Jürgen y su empresa *Bomin Solar*. El modelo está pensado para una aldea africana de 50 habitantes. Ahora se ha decidido construir y probar a escala real en la ecoaldea Tamera en Portugal.



La *Aldea Solar* consiste en una combinación de varias tecnologías solares que permiten la producción, almacenamiento y uso de la energía solar.

Bajo el techo de un plitúnel de 30-40 m² se coloca una hilera de lentes de Fresnel que siguen el movimiento del Sol. Las lentes de Fresnel concentran los rayos solares en una línea focal. A través de un tubo de cobre, pintado de negro y aislado por tubos de cristal transparente que recorren la línea focal, se hace fluir el aceite vegetal; el aceite se calienta hasta uno 220°C. La membrana de plitúnel esta cubierta con una capa especial. Ésta capa permite el paso de rayos del espectro solar (especialmente rayos UV) que no suelen atravesar materiales convencionales, lo que favorece el crecimiento de las plantas que se cultivan dentro, además de hacer que la membrana dure más tiempo.

El aceite caliente se almacena entonces en un cilindro grande y perfectamente aislado que se puede fabricar localmente. El aceite caliente garantiza un funcionamiento durante 24 horas de la cocina solar y evita el uso de baterías. El sistema proporciona energía autónoma durante varios días.

La cocina Solar utiliza este aceite. El aceite caliente fluye entre planchas dobles con forma de cazuela. Puesto que la temperatura del aceite es de 220°C se puede freír, cocer y hornear durante todo el día. A temperatura se puede regular y utilizar de la misma manera que una cocina eléctrica. Esta cocina se puede producir localmente estimulando la economía local.

Documentación relacionada:

- Dregger, Leila; *Aldea Solar en Tamera*, **Nuevos diseños sobre energía renovable**; EcoHabitat, No 4, Invierno 2005
- **Solar Power Village** (http://www.tamera.org/Solar_Power_Village/SPV_lang_engl.pdf). En fundación Terra (documentos/TAMERA_SPV_lang_engl.pdf)
- **GrassRoots Solar Solutions** (<http://gen.ecovillage.org/iservices/publications/articles/Tamera%20PM42.pdf>)

Enlaces:

- <http://www.tamera.org>

POTABILIZAR EL AGUA¹

Otra aplicación de la energía solar relacionada con la alimentación es la de potabilizar² el agua. Dependiendo del tipo de contaminación, es posible producir agua potable a partir de agua contaminada utilizando diferentes técnicas de aprovechamiento de la energía solar, algunas de ellas muy sencillas.

En general, los sistemas solares para la purificación de agua son capaces de remover sólo cantidades relativamente pequeñas de contaminación en aguas superficiales (ríos, lagos), aguas subterráneas o agua de mar; y debido a la velocidad de producción, son más adecuadas para el tratamiento de aguas para uso doméstico o pequeños grupos, antes que grandes y complicadas instalaciones. (aunque se conocen proyectos de gran envergadura)

Se pueden considerar dos niveles de contaminación: 1) Agua con contaminación microbiana ligera y 2) Agua con contaminación de sales disueltas. En base a estos dos niveles clasificaremos los tratamientos que podemos dar al agua para su potabilización: Pasterización (microbiana ligera) y Destilación (sales disueltas).

1. PASTEURIZACION, AGUA CON CONTAMINACIÓN MICROBIANA LIGERA

Hay casos en los que el agua no contiene sales inadecuadas para su potabilidad, pero sí microorganismos patógenos o indeseables.

Pasteurización del agua

Al hervir el agua eliminamos virus, parásitos y bacterias patógenas que están contenidos en ésta. El tiempo recomendado de ebullición es de, mínimo, un minuto a nivel del mar, añadiendo un minuto más por cada mil metros de altitud.

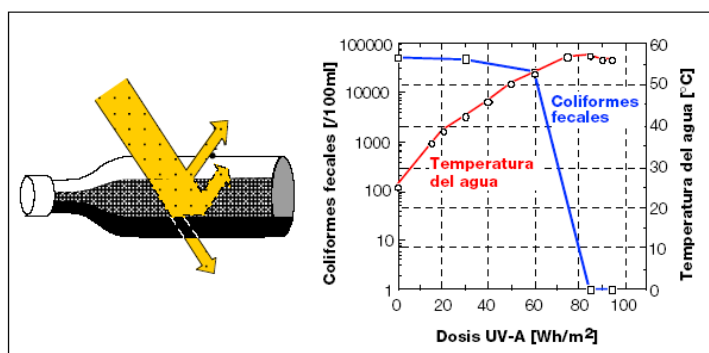


Figura 1. Inactivación de los coliformes fecales en una botella PET expuesta a los rayos solares sobre un fondo negro. Resultado de las investigaciones de la fundación SODIS

El mismo efecto se logrará si se mantiene el agua a temperaturas de 70-75°C por un tiempo de exposición mayor, aproximadamente 10 minutos³.

Por las temperaturas requeridas, la pasteurización del agua se logra con cualquier tipo de cocina solar: hornos, paneles y parabólicas. La diferencia está en el tiempo de exposición requerido.

Además de las cocinas solares, existe otro método llamado SODIS, el cual utiliza la radiación solar (luz UV-A y temperatura) para potabilizar el agua.

¹ Gran parte de este apartado ha sido extraído de: Hermosillo J., Gudiño A., Mendoza R

² Destruir microbios, parásitos, sustancias o materiales del agua que puedan ser dañinos para la salud de una determinada población

³ SODIS

Consiste en colocar agua con contaminación microbiana ligera en recipientes transparentes (botellas de plástico o vidrio de reutilización) y exponerlos a la luz solar directa durante un mínimo de seis horas para asegurar su pasteurización.

Se han realizado un gran número de estudios que analizan las condiciones ambientales, temperaturas o recipientes adecuados para este método. En la figura 1 podemos ver una gráfica de los resultados obtenidos con este método. Ésta nos muestra la cantidad de coliformes fecales (uno de los microorganismos patógenos más resistentes a altas temperaturas) y la temperatura del agua en relación con la dosis de radiación UV-A.

Es importante aclarar que cualquiera que sea el método seleccionado, tanto en cocinas como en recipientes transparentes expuestos al Sol, el agua a tratar debe ser con contaminación ligera, es decir, que a simple vista parezca agua potable, pues los sólidos suspendidos no serán eliminados por pasteurización.

Indicadores

Sin importar el tipo de cocina utilizada, una manera de saber si el agua ha alcanzado la temperatura necesaria de pasteurización es utilizando los indicadores, al margen de los termómetros. Uno de ellos es conocido como WAPI (Water Pasteurization Indicator). WAPI (figura 2) es un sencillo y económico dispositivo que consiste en un pequeño tubo plástico sellado por ambos lados y con un tipo de cera vegetal (procedente de la soja) que se derrite a los 69°C. El tubo es ligero y flota dentro del agua, pero mediante un pequeño anillo metálico se hace llegar al fondo del recipiente en donde se encuentran las temperaturas más bajas (debido a las corrientes convectivas). Se coloca con la cera en la parte superior. Si después de la exposición al Sol, sin importar que el agua ya se haya enfriado, la cera se encuentra en el fondo del tubo, será porque se ha alcanzado los 69°C.



Figura 2, Water Pasteurization Indicator, WAPI

Este dispositivo cuenta además con un hilo de nylon que permite extraerlo del agua sin volver a contaminarla y puede ser reutilizado colocándolo de manera inversa⁴.

Se han diseñado otros dispositivos: mediante deformación de metales por temperatura, o con otro tipo de ceras pero ninguno de ellos ha conseguido los resultados ni la aceptación del WAPI.

2. DESTILACIÓN. AGUA CON CONTAMINACIÓN DE SALES DISUELTAS

La destilación se utiliza para tratar las aguas contaminadas con sales disueltas indeseables, es decir, sales cuya composición o concentración en el agua son nocivas para la salud, independientemente de que además contengan microorganismos patógenos. El caso más común es el del agua de mar, pero también puede encontrarse este problema en aguas continentales, salobres o con algún residuo específico indeseable, un ejemplo es el caso de los fertilizantes en muchas norias de regiones agrícolas o residuos azufrosos en las aguas termales.

Aunque existen diferentes técnicas industriales para retirar las sales, la de la desalación por medio de evaporación y condensación es la que más se acopla a sistemas de aprovechamiento solar.

El proceso que aquí describiremos es, en principio, muy sencillo. Consiste en la vaporización mediante el hervor del agua. Cuando el vapor empieza a subir, deja la mayoría de las bacterias, virus y químicos del agua

⁴ Metcalf, Robert

en la base, con lo que se obtiene agua libre de estos contaminantes a través de la condensación del vapor obtenido.

Se le llama **destilando** o **salmuera** al agua contaminada cuyas sales o microorganismos se desea remover para convertirla en potable. Mediante el proceso de la destilación solar se obtiene el **destilado** que es, simplemente, el agua condensada ya sin sales.

El agua destilada tiene un sabor diferente porque los sólidos y cloro son reducidos significativamente durante el proceso de destilación. Hay quienes dicen que para poder beber el agua destilada es necesario añadir algunas sales, pues de otra manera el agua lavará las sales esenciales de nuestro organismo. Otros dicen que beber agua destilada elimina los materiales inorgánicos y tóxicos que son rechazados por nuestras células y tejidos del cuerpo, y recomiendan tomar agua destilada como agua de uso cotidiano⁵. La mayoría de los nutriólogos o profesionales dedicados a la salud y alimentación humana, son de la segunda opinión y recomiendan el uso del agua destilada, no sólo para tomarla directamente, sino también utilizarla en la preparación de los alimentos.

EL DESTILADOR SOLAR DE CASETA

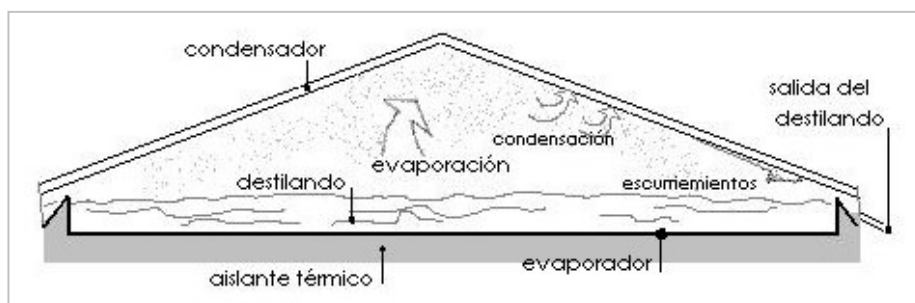


Figura 3. Esquema de un destilador solar de caseta.

Uno de los destiladores solares más simples y más comunes, se conoce como "destilador solar de caseta" (figura 3). A pesar de que existen varios modelos de destiladores, la mayoría de éstos se han quedado sólo como prototipos, no siendo así para el destilador de caseta que se ha llevado a modelos artesanales y comerciales por su sencillez y eficacia.

Los elementos que lo forman son:

1. Colector solar

Como la mayoría de los sistemas térmicos para el aprovechamiento de la energía solar, los destiladores solares requieren un colector. Este consiste en un contenedor, amplio, extenso y poco profundo, de color negro en su cara superior, que se coloca en forma horizontal. Dentro de esta charola se coloca una pequeña cantidad de agua (alrededor de 2 a 3 cm de profundidad) la cual se calienta directamente por contacto con el fondo del recipiente negro. Como todos los colectores que trabajan a temperaturas relativamente altas, se requiere un aislante térmico para evitar pérdidas de calor que no se traducen en el efecto deseado. El material del que se construya la charola colectora no es especialmente importante desde el punto de vista térmico, pero sí desde otros puntos de vista. Por ejemplo, la lámina de hierro puede tener problemas de corrosión, aumentado precisamente por la presencia de las sales que se desea remover del agua.

⁵ Ams, Marc

2. Evaporador

La región en la que se lleva a cabo la evaporación del agua, técnicamente recibe el nombre de evaporador. En el caso particular del destilador de caseta, el evaporador es el mismo recipiente que funciona como colector. Más específicamente la superficie superior del destilando, es decir, el espejo de agua, es propiamente el evaporador. Con el objeto de que el agua logre temperaturas relativamente altas (del orden de 60a 70°C), es necesario que la profundidad de agua sea pequeña, tanto como sea posible. Las temperaturas altas favorecen el proceso de evaporación al aumentar exponencialmente la presión de vapor del agua. Por otro lado, como se explicó anteriormente, la eliminación de microorganismos requiere también de temperaturas altas. Sin embargo, en los destiladores de caseta es posible evaporar alrededor de 0.5 cm de profundidad de agua en un día. Debido a esto, no es recomendable que la profundidad sea menor que esta distancia, para evitar que se seque el agua el evaporador (ver: productividad y operación de los destiladores solares). Cabe señalar que existen otros diseños más sofisticados, en los que el evaporador es una unidad aparte del colector.

3. Cámara de aire

Sobre el evaporador existe una región con aire, que separa a éste del condensador. La función del evaporador es transferir agua al aire para saturarlo. La única función del aire es servir como medio de transporte para las moléculas de agua que viajan del evaporador al condensador. Los destiladores solares pequeños utilizan como medio para este "viaje" la difusión molecular. Para el proceso de difusión molecular, la distancia es un elemento de resistencia al transporte de las moléculas. Por tanto, la distancia que separa el evaporador del condensador debe ser tan pequeña como sea prácticamente posible, tomando en cuenta las limitaciones que mencionaremos a continuación.

4. Condensador

El aire que separa el evaporador del condensador normalmente se encuentra saturado. Esto propicia la extracción del agua, en forma líquida, en alguna región que se encuentre a temperatura menor que el resto del sistema y particularmente que la temperatura del evaporador. Esta región se llama condensador. En un destilador de caseta, esto se logra colocando una cubierta de algún material transparente (comúnmente se utiliza vidrio, o algunos plásticos), a una cierta distancia sobre el evaporador. Para que el condensador funcione eficientemente, en un destilador de caseta, debe tener varias características. Por ejemplo, debe ser un área relativamente grande, por lo menos semejante al área del evaporador. Debe estar ventilado (no aislado) para que se den los flujos de calor hacia el ambiente, tales que lo mantengan a menor temperatura que el resto del destilador. Debe tener una cierta inclinación, con el objeto de que el agua que se condensa sobre la cara interna del destilador escurra en la dirección deseada (las inclinaciones típicas que se manejan son del orden de 20 a 30° respecto de la horizontal, pero algunos autores han recomendado hasta 60°). La inclinación del condensador establece algunos riesgos: por un lado, si está demasiado cercano a la horizontal, el agua condensada puede gotear hacia la salmuera, disminuyendo con ello la eficiencia del destilador; por otro lado, si el condensador está muy inclinado, la separación entre evaporador y condensador puede aumentarse inconvenientemente, ya que se desfavorece el proceso de difusión descrito anteriormente.

5. Elementos para la recolección del condensado

El destilado que escurre hacia abajo, a lo largo de la cubierta del condensador, debe ser recolectado de forma que no se contamine y no se reevapore. Para ello se utilizan unos pequeños canales casi horizontales, colocados en la parte baja del condensador, pero protegidos adecuadamente contra la posibilidad de que el destilado se mezcle con el destilando. Estos canales colectores se conectan con tuberías que conducen el destilado al punto deseado, que suele ser un depósito relativamente cercano.

Los materiales utilizados en la construcción de los elementos que conducen el destilado son muy importantes debido a que el agua destilada es, por sí misma, inodora e insípida. Sin embargo, es muy ávida de adquirir sabores y olores extraños. La mayoría de los metales, los plásticos y los materiales cerámicos, transfieren al agua destilada un sabor peculiar. Los únicos materiales que se han encontrado que no alteran el sabor del destilado son: el vidrio, el acero inoxidable y algunos plásticos (silicón, acrílico, PET) cuando están completamente tratados.

Productividad y operación de los destiladores solares

La productividad típica de los destiladores solares de caseta (y de casi todos) es del orden de 3 a 5 litros diarios por metro cuadrado de destilador. Esta productividad depende no sólo del diseño del destilador, también de los factores atmosféricos, de los cuales los principales son: la magnitud de la irradiación solar, la temperatura ambiente y la rapidez de los vientos.

Como una aproximación, digamos que -dentro de ciertos límites- a mayor irradiación, a mayor velocidad del viento y a menor temperatura ambiente, la productividad de los destiladores de caseta aumenta.

Una interpretación de estos fenómenos es que, a mayor irradiación se tiene mayor entrada de energía al colector y al evaporador, por lo cual se favorece la evaporación del destilando. Por otro lado, a menor temperatura ambiente y mayor velocidad del viento, se favorece la transferencia de calor en el condensador, con lo cual se favorece la condensación. Así, en una primera aproximación, se estarían favoreciendo ambos procesos necesarios para la purificación del agua en el destilador.

Cabe aclarar, sin embargo, que la realidad física del destilador no es tan sencilla; las condiciones del evaporador y del condensador están íntimamente ligadas entre sí por el intercambio térmico en el interior y hacia el exterior del destilador.

Teórica y experimentalmente se ha demostrado que los destiladores de caseta tienen una eficiencia porcentual máxima del orden de 30 a 35%. Entendiendo como eficiencia la relación entre el calor transferido por el evaporador al condensado y la irradiación durante un periodo de tiempo.

Con esta eficiencia se puede conseguir de 3 a 5 litros diarios por metro cuadrado. Aunque parece poco, a escala familiar o para pequeñas comunidades puede ser adecuado. Sin embargo esta cantidad es una limitación para fines no potables, como agua para el baño diario, servicios, etc.

Para conservar o alcanzar la eficacia antes indicada mencionaremos algunos detalles prácticos en la operación de los destiladores solares:

- 1) Nunca debe secarse el recipiente que funciona como colector-evaporador. Cuando se seca, se depositan algunas sales sobre la pintura, se calienta excesivamente el destilador y se alteran algunas de las condiciones de sus superficies, que hacen que no vuelva a funcionar igual.
- 2) El destilador debe purgarse periódicamente. La excesiva acumulación de sales en el evaporador, aun disueltas, disminuye la tendencia del destilando a evaporarse. Esto se evita purgando el evaporador, con una frecuencia que depende de la concentración de sales en el destilando. En el caso de agua de mar puede ser diario o cada dos o tres días. En otros casos, puede ser mucho menos frecuente, pero igualmente necesario.

Otros tipos de destiladores solares

Se han desarrollado otros tipos de destiladores solares, con el objeto de eliminar algunas de las inconveniencias del destilador de caseta. Como mencionamos anteriormente, debido a las complicaciones tecnológicas y altos costos estos destiladores no son muy comunes por lo que sólo mencionaremos brevemente algunos de ellos:

a. Destilador solar en escalera

Si en vez de un recipiente plano, en la construcción del evaporador se utilizan varios recipientes alargados, dispuestos en forma de escalera (figura 4), es posible mantener todos los puntos del evaporador a menor distancia del condensador inclinado. Además, es posible orientarlo adecuadamente hacia la posición promedio del Sol y, por último, si se construye un conducto en la zona posterior de la escalera, es posible incluso aumentar el área de condensación y favorecer el movimiento de convección interna del destilador, como medio de transporte entre el evaporador y el condensador.

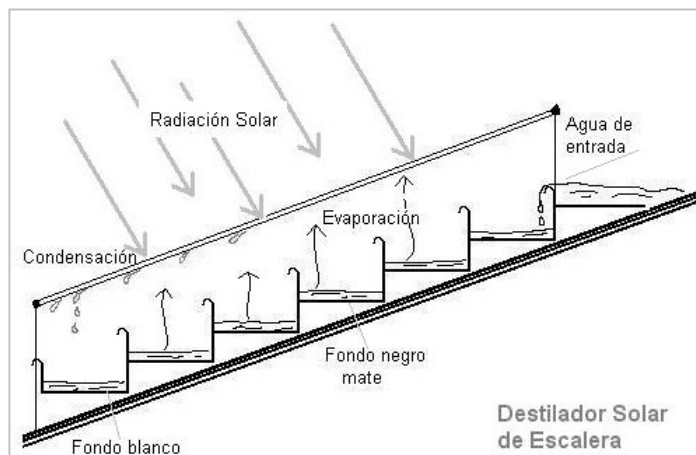


Figura 4. Esquema de un destilador solar de escalera.

b. Destilador solar con evaporador textil.

Con el objeto de minimizar el volumen de agua contenido en el evaporador, algunos autores han construido destiladores en los que el evaporador consiste en una o varias capas de tela absorbente, a través de la cual escurre permanentemente un flujo de agua. Este destilador tiene una alta respuesta a la irradiancia solar, pero es necesario tener un cierto control del gasto de destilando que se le hace pasar. Si esto se controla adecuadamente produce muy buenos rendimientos.

c. Destilador solar de múltiples efectos.

En este destilador se aprovecha el calor que el condensador debe perder, para calentar otro u otros evaporadores, en vez de cederlo al ambiente. Con ello, es posible aprovechar varias veces el calor solar captado en el colector. Teóricamente, es posible aumentar significativamente la productividad de los destiladores, pero se establecen intercambios térmicos entre los diversos "efectos" del destilador que no son sencillos de calcular y diseñar.

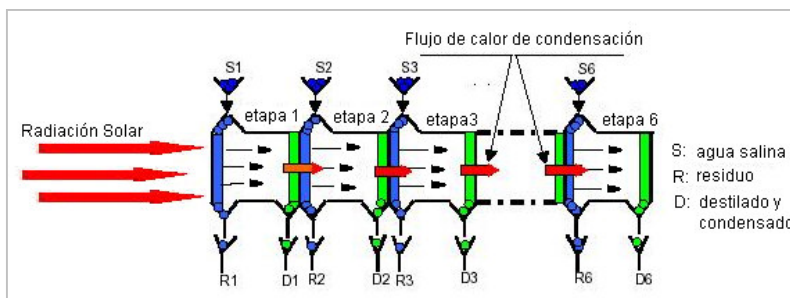


Figura 5, Esquema de un destilador solar de 6 etapas.

d. Destilador solar indirecto.

Algunos de los problemas inherentes al destilador solar de caseta, como son el depósito indeseable de sales en el colector y los intercambios de calor por radiación y convección, pueden en principio eliminarse si se separa la función de colectar la energía, de la de evaporar el destilando. Con un colector adecuado puede calentarse el agua, que se transfiere a otra unidad que haga las veces de evaporador- condensador. A pesar de la aparente mejora, con este sistema, que es más costoso que el destilador de caseta, no se ha logrado obtener mayor productividad que con aquél.

Referencias:

- Hermosillo J., Gudiño A., Mendoza R.; **Notas Sobre el Curso de Energía Solar**; Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, División Ingeniería. ITESO; Jalisco, México 1995.
- SODIS; **Desinfección Solar del Agua, Guía de Aplicación**; Lima Perú. 2003. Switzerland, www.sodis.ch
- Metcalf, Robert; **Recent Advances in Solar Water Pasteurization**; <http://solarcooking.org/metcalf.htm>
- Ams, Marc; **Water Connection**; La Mil y una Ediciones- Ediciones Gente Sana, Madrid 1987.
- Márquez Bravo, L. **Desinfección solar**. Trabajo presentado en el Simposio CEPIS sobre "Calidad del agua, desinfección efectiva". Disponible en e sitio web del CEPIS y en CD-Rom (1998).

FICHAS TÉCNICAS

Potabilizar el agua

Siguiendo el mismo método de investigación que con las fichas técnicas de las cocinas solares, en este apartado se presentan los métodos de aprovechamiento de la energía solar para lograr obtener agua potable a partir de agua contaminada (con sales o microorganismos).

La gran mayoría de los destiladores que se presentan trabajan de manera similar al conocido como “destilador de caseta”, este modelo es el más utilizado debido a su sencillez de fabricación y operación. Los otros modelos expuestos en la clasificación general han quedado, en su mayoría, a nivel de proyectos de investigación o prototipos comerciales por lo que no se tratarán en las fichas siguientes.

La clasificación de las fichas corresponde a la presentada en la introducción sobre potabilización. Las fichas se han dividido principalmente en: pasteurizadores y destiladores solares.



Descripción general:

La desinfección solar del agua (SODIS) es un método de tratamiento simple que usa la radiación solar (luz UV-A y temperatura) para destruir las bacterias y virus patógenos presentes en el agua. La luz solar trata el agua contaminada a través de dos mecanismos: Radiación e Incremento de temperatura.

Se coloca el agua contaminada microbiológicamente en recipientes transparentes que son expuestos a la luz solar durante 6 horas. Este método no puede utilizarse con agua muy turbia, con una turbiedad mayor a 30 UNT*

Su aplicación es muy simple, mejora la calidad microbiológica del agua pero no cambia su sabor.

Para asegurar la destrucción de microbios, este método sólo se aplica a baja escala, los recipientes son de una capacidad máxima de 3 litros y pueden ser tanto de vidrio como plástico (PET).

Los pasos a seguir son:

1. Lavar la botella
2. Llenarla con el agua $\frac{3}{4}$ y agitar vigorosamente para oxigenar
3. Llenar completamente la botella
4. Colocarla sobre algún tejado metálico (o recostada sobre una superficie reflectora)
5. Exponerla más de seis horas a la radiación solar

Hay muchos detalles que se deben conocer antes de llevar a cabo este método para potabilizar el agua. Algunas de las variables son el tipo de recipientes a utilizar, clima, tiempo de exposición y turbidez del agua, entre otros. Toda esta información se ha analizado y se encuentra disponible en los manuales y página web

Producción: La producción depende del número de botellas que se utilicen, cada una de ellas con una capacidad máxima de 3 litros.

Documentación relacionada: En la página web hay información muy completa sobre este método. Manuales, fichas técnicas, resultados de investigación, entre otras cosas. www.sodis.ch. Otra página es la de la Fundación SODIS (<http://www.fundacionsodis.org/>) que tiene información de la difusión de este método en Latinoamérica, fichas técnicas y noticias. Fundación Terra (pasteurización/Sodis)

Contacto: **Fundación SODIS**
Headquarters for Latin America:
Marcelo Encalada
Matthias Saladin
Universidad Mayor de San Simón,
Casilla 5783,
Cochabamba, Bolivia,
Email: sodis@fundacionsodis.org
Teléfono: (+591-4) 454 22 59
Fax: (+591-4) 454 22 59
Internet: www.fundacionsodis.org

* Unidad Nefelométrica de Turbidez .



Descripción general:

El AquaPak, ha sido desarrollado por *Thermal Applications Group* en *Solar Solutions Laboratorios* y consiste en una bolsa de plástico traslúcido que aprovecha la radiación solar para pasteurizar el agua. Está hecho con polietileno de bajo costo con inhibidores de radiación UV para alargar el tiempo de vida y plástico traslúcido con burbujas de aire (utilizado comúnmente como embalaje). El AquaPak permite obtener agua potable aprovechando los rayos solares.

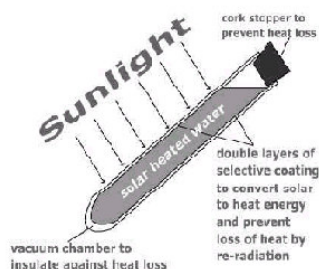
En general, aunque hay algunos detalles a cuidar, sólo hay que rellenarlo de agua, colocar el indicador (WAPI), y exponerlo al Sol hasta que el color rojo desaparezca. Lo que nos indica que el agua ha llegado a los 67°C, temperatura suficiente, que si se mantiene por unos 15 minutos se logra la eliminación de microorganismos patógenos en el agua.

El indicador WAPI consiste en un pequeño tubo de vidrio que contiene una mezcla de ceras que funden a los 67°C. Este se encuentra en el tapón y hay que girarlo cada vez que se rellene la bolsa, cuidando que el tramo rojo esté visible.

Este pasteurizador ha sido diseñado para una producción masiva en los países en desarrollo, se estima que los costos de manufacturación serían de un dólar USA.

Especificaciones

<i>Dimensiones:</i>	Aproximadamente de 47 x 40 cm con una capacidad de 4 a 5 litros.
<i>Área:</i>	0,16 m ²
<i>Peso:</i>	200 gramos aproximadamente
<i>Materiales:</i>	Polietileno
<i>Producción:</i>	Produce de 4 a 5 litros por ciclo, y permite tratar alrededor de 15 litros al día.
<i>Accesorios:</i>	El Aquapak viene con dos tapones, uno contiene el indicador WAPI, este tapón es el que se utiliza al exponer la bolsa al Sol. El segundo se utiliza para vaciar el agua ya tratada de la bolsa. Este tapón permite el paso del agua pero incluye un filtro de carbón activado para eliminar impurezas del agua. Además incluye un cedazo que se coloca al rellenar la bolsa con aguas con algunas partículas suspendidas.
<i>Comentarios:</i>	Al ser un pasteurizador, sólo elimina la contaminación por patógenos. La contaminación de químicos no es eliminada con este método.
<i>Disponibilidad comercial:</i>	El AquaPak es distribuido por <i>Solar Solutions</i> (www.solarsolutions.info/main.html) tiene un costo de 19.95 \$. Los cargos por envío son de 4.95 \$ dentro de EE.UU. Para otros países hay que ponerse en contacto con la compañía para establecer los costes.
<i>Contacto:</i>	Solar Solutions 10080 Willow Creek Road San Diego, California, 92131 Teléfono: (858) 695-3806; Fax: (858) 695-3807 Email: contact@solarsolutions.info Web: www.solarsolutions.info



Descripción general:

Este pasteurizador es tubo colector de doble pared de vidrio (pirex) entre las cuales se ha hecho vacío que actúa como aislante térmico.

Este tipo de colectores convierten más del 70% de la energía solar infrarroja en energía térmica.

La radiación solar penetra el vidrio exterior transparente, pasa a través del vacío y es absorbida en el tubo interior que es de color negro.

El agua a tratar se introduce dentro del tubo y se coloca el soporte metálico. Al continuación se expone al sol directo hasta el momento en que salga vapor del tubo (temperatura de ebullición).

El aislamiento de vacío es tan efectivo que el agua permanecerá caliente aún durante la noche o incluso hasta el día siguiente.

Dimensiones: El tamaño estándar es un tubo de 1,2 m de largo y un diámetro exterior de 5,8 cm, con capacidad de 2 litros de agua (8 tazas).

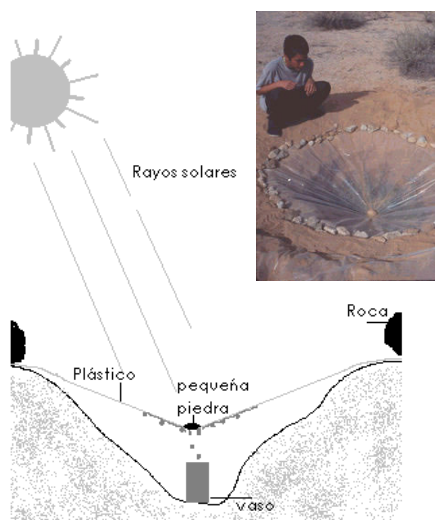
Producción: Aunque el tiempo de pasteurización depende tanto de la latitud y estación del año como de las condiciones climáticas, podemos hablar de entre 1 y 2 horas.

Accesorios: Además del soporte metálico, también tiene un tapón de corcho.

Contacto: Alex Kee
e-mail: alex@solarwyse.com
Web: <http://solarwyse.cjb.net/>

Destilador Solar de Supervivencia

<http://www2.udec.cl/~lpalma/agua.html>



Descripción general:

Este sistema nos permite obtener agua del subsuelo en casos críticos, por esto se denomina *de supervivencia*.

Realizando un agujero en la tierra, se monta el destilador utilizando una cubierta plástica transparente y algún recipiente, los demás elementos se pueden conseguir en el lugar. Algunas rocas que soporten el plástico y eviten que el vapor salga. Y una pequeña piedra que de la forma de cono, para que el agua condensada resbale por la cubierta y caiga dentro del vaso.

Documentos relacionados:

Aunque su sencillez no requiere más que hacerlo para ver como funciona, hay algunas páginas en Internet con información sobre este tipo de destilación.

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

<http://www.energywhiz.com/3-5/EXPERIMENTS/solarstill.htm>

Destilador para experimentar

<http://www.energywhiz.com/3-5/EXPERIMENTS/solarstill.htm>

Descripción general:

Este destilador es utilizado de forma didáctica para mostrar cómo funciona un destilador solar.

Es un pequeño destilador de agua que sólo es capaz de purificar un vasito pequeño de agua en un día soleado.

Es muy parecido al anterior, pero en vez de extraer la humedad del suelo, el recipiente de acumulación se coloca dentro de un cuenco con agua a destilar. Igual que el anterior se cubre con un plástico transparente y se utiliza una pequeña piedra que de la forma para que el destilado caiga dentro del vaso.

Mejores resultados se obtendrán si pintamos el fondo del recipiente de color negro.



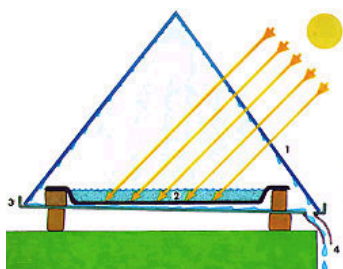
Documentos relacionados:

- Internet: <http://www.energywhiz.com/3-5/EXPERIMENTS/solarstill.htm>

- Libro : Jiménez, José Manuel *SUPER; Ingenios Solares*; Editorial Pamiela; Pamplona, 1997. p 77.

Destilador Solar de Caseta

<http://www.terra.org/html/s/sol/ingenio/termicos/destilador.html>



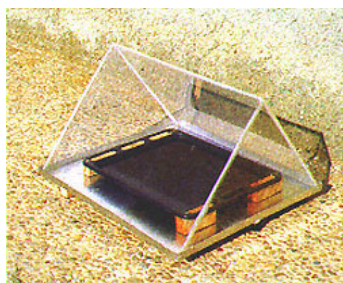
Descripción general:

El destilador solar de caseta, conocido también como *destilador de dos vertientes* es el modelo más sencillo y, por esto, es el más difundido, tanto para destiladores comerciales como de fabricación artesanal.

Para realizar esta ficha se ha seleccionado un modelo de fabricación artesanal. Este destilador es uno de los ingenios que incluye el libro de *Ingenios Solares* de José Manuel Jiménez..

Consiste en una cubierta transparente de metacrilato con 2 vertientes y una bandeja negra para exponer el agua a tratar. Estos dos componentes se sitúan sobre otra bandeja mayor que será la encargada de recoger el agua limpia. Ésta bandeja grande estará provista de 4 patas e irá inclinada para que el agua resbale hacia un sumidero por donde caerá a un recipiente.

El funcionamiento se describe detalladamente en la introducción de *Potabilizar el agua*.



Especificaciones

Dimensiones: Base rectangular: 46 x 51cm
Sección triangular: base de 45 cm, altura de 27cm

Área: El área de recolección depende del tamaño de la bandeja, se recomienda una de 46 x 35 cm.

Materiales: Las cubiertas transparentes son de metacrilato de 4 mm de grosor. La bandeja es metálica negra esmaltada procedente de algún horno de cocina. Una plancha de aluminio de 0,5 mm de grosor para la base y listón de madera para patas y soporte.

Producción: Variable, alrededor de 1litro por día.

Planos disponibles:

- En el libro de José Manuel Jiménez, "Súper" **Ingenios Solares**; Editorial Pamiela; Pamplona, 1997.
- Pagina Web de Fundación Terra:
<http://www.terra.org/html/s/sol/ingenio/termicos/destilador.html>

Destilador Rainmaker 550

<http://www.solaqua.com/solstils1.html>



Descripción general:

El Rainmaker 550 es un destilador de caseta comercial de uso doméstico distribuido por SolAqua.

El diseño es sencillo y no tiene partes móviles, con lo que el fabricante asegura un funcionamiento durante años sin necesidad de mantenimiento, sólo con una limpieza periódica de las impurezas.

Especificaciones

<i>Dimensiones:</i>	76 cm x 122 cm
<i>Área:</i>	0.93 m ²
<i>Peso:</i>	26.4 kg
<i>Materiales:</i>	Cubierta de vidrio templado fácil de mover para limpieza. El cuerpo está fabricado en plástico moldeado Patas de PVC
<i>Producción:</i>	En días de verano produce más de seis litros al día. Y aproximadamente tres en los meses de invierno. La eficiencia térmica equivale a los 550 W cuando opera con radiación directa.
<i>Accesorios:</i>	Incluye un filtro de carbón y un adaptador para mangueras de jardín, además está disponible un cubo para almacenar el agua ya destilada (bajo pedido)
<i>Planos disponibles:</i>	No
<i>Disponibilidad comercial</i>	El coste de este destilador solar es de 450 \$ más gastos de envío. Se fabrica en Texas y las ventas son sólo locales. Para ventas internacionales es necesario ponerse en contacto con la compañía. El destilador se envía sin ensamblar, y es sencillo montarlo sin herramientas.
<i>Contacto:</i>	SolAqua P.O.Box 4976 El Paso, Texas 79914-4976 Llamada gratuita: 1-866 SolAqua (765-2782) (915) 822-1132 Fax: (915) 822-9886 Web: www.solaqua.com



Descripción general:

SolAqua tiene a la venta un destilador de caseta basado en el modelo de El Paso Solar Energy Association (EPSEA). Éste destilador se distribuye en un paquete de “hágalo usted mismo”; recomendado para personas con conocimientos básicos de carpintería.

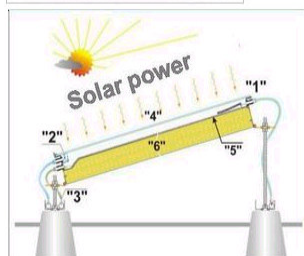
El paquete, llamado *Rainkit 990* sólo incluye algunos de los elementos necesarios para montar el destilador. Otros como planchas de madera, guías metálicas y vidrio deben conseguirse localmente, de esta manera se reduce el volumen y los gastos de envío.

Rainkit 990 incluye:

- planos de construcción
- tubería de silicona para el cubo de almacenamiento del agua tratada
- membrana impermeable de fibra de vidrio.
- tubos de silicona para las conexiones
- silicona para sellar las juntas

Especificaciones

<i>Dimensiones:</i>	El cristal es de 86 x 196 cm
<i>Área:</i>	1,74 m ²
<i>Materiales:</i>	Madera, membranas impermeables, tubos de silicona, cristal.
<i>Producción:</i>	En los meses de verano produce alrededor de los 11 litros por día. En invierno baja al 50% la producción.
<i>Planos disponibles:</i>	Los planos se incluyen en el paquete, o se pueden comprar por separado. El coste es de 15 \$ para EE.UU., Canadá y México y de 20 \$ en otros países. Se pueden solicitar en la pagina de EPSEA: http://www.epsea.org/goods.html
<i>Disponibilidad comercial:</i>	El coste de este paquete es de 235 \$, precio que incluye los gastos de envío dentro de EE.UU. Se fabrica en Texas y las ventas son sólo locales. Para ventas internacionales es necesario ponerse en contacto con la compañía. La EPSEA menciona que el coste aproximado del destilador (evaluado en EE.UU.) es de 150 \$.
<i>Documentación relacionada:</i>	http://www.epsea.org/stills.html El Instituto para la Tecnología Apropiada (i4at) tiene una publicación sobre este destilador, desde dónde explica su funcionamiento. (http://www.i4at.org/surv/sstill.htm)
<i>Contacto:</i>	SolAqua P.O.Box 4976 El Paso, Texas 79914-4976 Llamada gratuita: 1-866 SolAqua (765-2782) (915) 822-1132 Fax: (915) 822-9886 Web: www.solaqua.com



Descripción general:

Aunque los destiladores de esta compañía, RSD Solar Wasser, parecen los ya conocidos destiladores de caseta, el sistema de funcionamiento difiere en algunos puntos. Este sistema, llamado Rsoendahl, consiste en lo siguiente, la cantidad de agua a tratar que entra en el colector está regulada por un sistema de monitoreo, que con ayuda de un sensor de radiación permite el paso sólo del flujo que el destilador puede procesar correspondiente a la radiación solar que exista en ese momento (en el modelo mini se regula manualmente). El agua al entrar al sistema (1 en la figura) se filtra mediante las mechas sobre un vellón absorbente negro (5).

Por la radiación solar, este vellón se calentará hasta los 80/90°C y alrededor del 50% del agua se evaporará en el cristal (4) que estará a temperaturas menores. La base está aislada para evitar pérdidas térmicas por la parte inferior del colector. El agua una vez condensada en el cristal, se recolecta en canal de condensados (2). El agua que no ha sido evaporada sale del colector con las sales y residuos depositados.

Especificaciones

Dimensiones:	MINI	F8-250	F8-375
Largo:	1006 mm	2520 m	3006 mm
Ancho:	806 mm	1050 m	1306 mm
Altura colector:	95 mm	800 mm (con estructura)	95 mm
Área:	0,81 m ²	2,5 m ²	3,75 m ²
Peso:	16 kg	90 kg	100 kg
Producción:	5 l/d	5 - 20 l/d	5 - 31 l/d

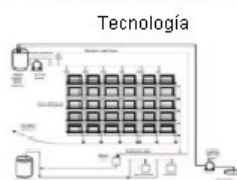
Materiales: Todos los componentes que se encuentran en contacto con el agua son de acero inoxidable. Los elementos externos son galvanizados.

Accesorios: Los destiladores F 8-250 y F 8-375, incluyen tanques para agua a tratar y agua destilada (45 litros), bomba, controles de automatización, celda solar para el suministro eléctrico y una válvula magnética.

Disponibilidad comercial: Estos tres destiladores son comercializados en Alemania por sus fabricantes, pero tienen socios alrededor del mundo. Para conocer los costes de alguno de ellos es necesario contactar con la compañía, pues dependerá de diferentes factores a evaluar.

Contacto:

Buchholzer Strasse 84	o	Palaststrasse 10
D-30629 Hannover		D-54290 Trier
Teléfono: +49 (0)651 436 2225		
móvil: +49 (0)171 882 76 44		
fax: +49 (0)651 436 2225		
e-mail: oliver.kopsch@rsd-solar.com		
Web: http://www.rsd-solar.com/		



Descripción general:

Es un pequeño destilador de caseta que con una buena radiación produce agua potable suficiente para una familia de dos o tres miembros.

Su operación es en tandas, es decir, se introduce el agua a destilar y antes de que se seque el residuo salino se limpia y se introduce de nuevo agua a tratar.

Es un diseño modular, permite conectar varios de estos destiladores y obtener una planta de destilación con mecanismos autónomos.

Este destilador familiar es uno de los productos que ofrece la compañía NMSS(PTY) LTD instalada en Sudáfrica.

Especificaciones

Dimensiones: El área de captación es de 2 x 1 m y su capacidad es de 50 litros.

Área: 2 m²

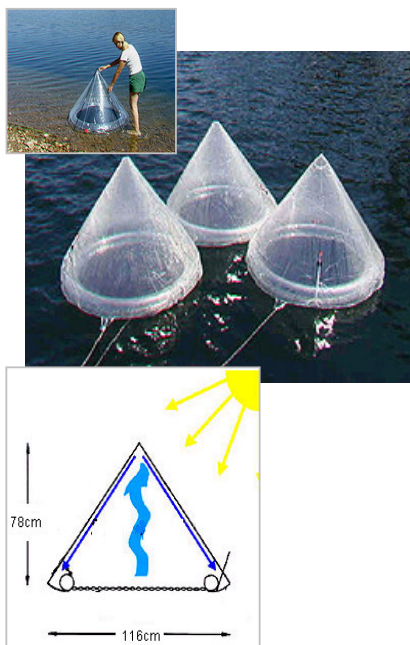
Producción: La producción es variable. El fabricante presenta una gráfica en dónde se tiene la relación de los litros destilados al día con la potencia de la radiación solar.

Disponibilidad comercial: Este destilador es comercializado en Sudáfrica. Y su costo es de 300 \$ si el pedido es de menos de 10 unidades. Y de 240.\$ para más 10 unidades.

Contacto: MSS (PTY) LTD
PO Box 3067
Matieland, Western Cape 7602, Sudáfrica
Teléfono: +27(0)83 2704506
Fax: +27(0)21 8084967
Email: stills@intekom.co.za
Web: <http://home.intekom.com/canichem/canichem/home.html>

DESTILADOR AquaCone

<http://www.solarsolutions.info/main.html>



Descripción general:

AquaCone es un destilador muy ligero y flotante diseñado para destilar agua directamente en espacios acuáticos, ya sea de un lago, un río, el mar o incluso una alberca.

Está conformado por dos partes, el condensador y una base. El condensador (con forma cónica) está construido de una película de poliuretano flexible sin partes rígidas.

La base del cono está compuesta por un aislante inflable unido a una superficie negra que absorbe la humedad y mantiene cálido el interior del cono.

Cuando se coloca el AquaCone en el agua. El domo se infla y mantiene su forma debido a la presión de aire en el interior.

Los fabricantes de este producto dicen ofrecer el único destilador solar que también funciona de noche. La diferencia de temperaturas entre el agua (calentada durante el día por el Sol) y el aire frío nocturno, producen una condensación en las paredes del destilador, que puede superar la producción de agua durante el día.

Especificaciones

Dimensiones: 116 cm de diámetro de base y 78 cm de altura

Peso: 2 kg aprox.

Materiales: Poliuretano flexible y muy resistente, contiene inhibidores de rayos UV lo que alarga su tiempo de vida. Este material ha sido utilizado en la industria alimenticia y farmacéutica.

Producción: AquaCone produce entre 1,5 y 2,5 litros de agua destilada en un día soleado de verano.

Planos disponibles: No

Disponibilidad comercial: El AquaPak es fabricado y distribuido por Solar Solutions (www.solarsolutions.info/main.html) tiene un coste de 200 \$. Los cargos por envío son de 4.95 \$ dentro de EE.UU. Para otros países hay que ponerse en contacto con la compañía para establecer los costes.

Contacto: Solar Solutions
10080 Willow Creek Road
San Diego, California, 92131
Teléfono: (858) 695-3806; Fax: (858) 695-3807
Email: contact@solarsolutions.info
Web: www.solarsolutions.info

DESTILADORES AGUA DEL SOL

<http://www.aguadelsol.com>



Descripción general:

Agua del Sol (compañía estadounidense establecida en Arizona) fabrica dos modelos de destiladores, el ADS FLAT, disponible en tres tamaños, y el TSS LEANER disponible en dos tamaños.

El ADS FLAT es como un destilador de caseta sencillo, en él el agua a tratar se expone a los rayos solares en una superficie negra lisa y condensa en la cubierta de cristal, de donde se dirige al canal de acumulación debido a la inclinación establecida.

En el destilador TSS, corresponde a la estructura conocida como destilador de escalera. En él se ha aumentado el área de contacto entre el agua y la superficie del colector favoreciendo la producción de agua destilada por metro cuadrado de colector.

Ambos colectores pueden ser manipulados tanto manual como automáticamente (si se instala algún sistema de automatización) y tendrán un mejor rendimiento con temperaturas ambientales entre 15 a 40°C.

Especificaciones

	ADS-4	ADS-6	ADS-8	TSS-4	TSS-6
<i>Dimensiones:</i>	1,2 x 0,9 x 0,2 m	2 x 0,9 x 0,2 m	2,4 x 0,9 x 0,2 m	1,2 x 0,9 x 0,1 m	2 x 0,9 x 0,1 m
<i>Área:</i>	1,13 m ²	1,78 m ²	2,15 m ²	1,13 m ²	1,78 m ²
<i>Peso:</i>	30 kg	40,7 kg	49,8 kg	31,7 kg	49,8 kg
<i>Producción:</i>	3,8 lt/día	7,6 lt/día	11,35 lt/día	7,6 lt/día	11,35 lt/día
<i>Precio:</i>	490 \$	590 \$	690 \$	590 \$	690 \$
<i>Precio sin vidrio:</i>	345 \$	445 \$	555 \$		
<i>Soporte:</i>				200 \$	240 \$

<i>Materiales:</i>	Construido con un marco de aluminio. El material aislante (1") es una espuma cubierta con una superficie negra de silicona para absorber la radiación y cristal en la zona de captación.	Marco de aluminio con una espuma (3") como material aislante, cubierta con una malla negra de silicona para absorber el calor y cubierta de vidrio templado.
--------------------	--	--

Comentarios:

- Las producciones que se muestran son las obtenidas en el sur de Arizona, EE.UU.
- Los costes se ven reducidos si el pedido es de más de 10 unidades.
- El TSS, incluye un soporte que pesa 60 lbs.

Disponibilidad comercial:

Por medio de la página Web se pueden hacer pedidos para EE.UU. No hay información en caso de ser fuera del país. Es este caso será necesario ponerse en contacto con la compañía.

Contacto:

Agua Del Sol
706 5th Ave P.O. Box 651, Safford, AZ 85546
E-mail: Tonylunt@aguadelsol.com
Teléfono: 928-348-7512

SECADO DE ALIMENTOS

La deshidratación o secado es una técnica de conservación de alimentos utilizada desde tiempos remotos que, además de proporcionar un ambiente difícil para el crecimiento microbiano, reduce los costos de transporte y almacenamiento por la disminución del peso y volumen de los productos.

Aunque en la actualidad se practican diferentes técnicas de secado como son el secado con aire caliente y el secado por liofilización¹; el secado al Sol, utilizado desde la antigüedad, sigue siendo una opción viable, económica y sencilla, tanto a escala familiar como en grandes producciones agrícolas. Éste es uno de los usos más importantes del calor solar ya que permite tratar una gran variedad de alimentos, como: hortalizas, frutas, plantas aromáticas y hasta carnes.

EL PROCESO DE SECADO

Secar significa extraer la humedad o hacer que se evapore de un cuerpo mojado mediante corrientes de aire y calor aplicado, es un proceso en el que existe un intercambio de calor y masa. Implica la transferencia de un líquido procedente de un sólido húmedo a una fase gaseosa no saturada². Una de las maneras más simples para lograr el secado (de alimentos o cualquier otro material) es exponer el material húmedo a una corriente de aire con determinadas condiciones de temperatura, humedad y velocidad.

CONSIDERACIONES DEL PROCESO

Existen varios estudios sobre el secado de alimentos cuyo objetivo es comprender las etapas de este proceso para aplicaciones prácticas. Algunos de estos estudios consideran que el secado es un fenómeno complejo pues, como ya mencionamos, involucra procesos combinados de transferencia de calor y masa difíciles de modelar. En general, se habla de tres consideraciones importantes:

- El contenido de humedad del producto,
- contenido de humedad de equilibrio y
- el comportamiento general de secado. Velocidad de secado.

A continuación trataremos de explicar brevemente en que consiste cada una de ellas, aunque es importante aclarar que el practicar el secado solar con alimentos no supone el dominio de estos temas (muchas de las personas que lo realizan se basan en el conocimiento adquirido por la experiencia, tanto de generaciones pasadas como personal). El conocer las características del medio ambiente en que se habita y sus variaciones durante el año (días de sol, temporada de lluvias, humedad en el ambiente, vientos, etc), así como el producto que se desea secar, son herramientas suficientes para llevarlo a cabo.

¹ La liofilización es una forma de desecado en frío que sirve para conservar sin daño los más diversos materiales biológicos. El producto se conserva con muy bajo peso y a temperatura. En el proceso, primero se congela el material, y luego el hielo se elimina por sublimación.

² Hermosillo J., Gudiño A., Mendoza R.; Notas Sobre el Curso de Energía Solar; Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, División Ingeniería. ITESO; Jalisco, México 1995

Contenido de humedad de un producto

El contenido de humedad, es decir, la cantidad de agua evaporable existente en un producto se expresa en relación a su masa total o a su masa seca. El contenido de humedad en *base seca* es la relación entre la humedad extraída del producto y la masa del producto seca (masa del producto sin contar la humedad). Cuando se habla del contenido de humedad en *base húmeda* se habla de la relación entre la humedad y el total de la masa (humedad + masa seca). Existen diferentes métodos para medir el contenido de humedad de un producto, la determinación directa, por ejemplo, implica determinar la masa del producto húmedo y su porcentaje de masa seca, para esto se somete el alimento a 104°C hasta lograr un peso constante (lo que indicará que toda la humedad ha sido evaporada). Como es de suponer, para este tipo de pruebas es necesario contar con equipo especializado, en este caso un horno con control de temperatura y una báscula con la precisión necesaria.

Contenido de humedad de equilibrio

Al igual que en los procesos de transferencia de calor, donde la temperatura de un cuerpo se equilibra con la temperatura del ambiente que lo rodea, la transferencia de masa (humedad) que se da en el proceso del secado es siguiendo estas relaciones de equilibrio (equilibrio entre presiones de vapor de la humedad del producto y presión ambiental). Por todo esto una de las variables más importantes en el secado de materiales es la *humedad del aire* en contacto; y la humedad presente en el aire y su capacidad de absorber está en relación con su temperatura. Con aire seco y caliente, la velocidad de secado será mayor que con un aire húmedo y con menor temperatura.

Después de haber expuesto el sólido por tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio, llegará un momento en que éste tendrá un contenido de humedad definido. A este valor es el que se conoce como contenido de *humedad de equilibrio del material* bajo las condiciones específicas de humedad y temperatura del aire. No es posible predecir el contenido de humedad de equilibrio de diversos materiales, por lo que se hace necesario determinarlo por vías experimentales, al igual que las velocidades de secado³.

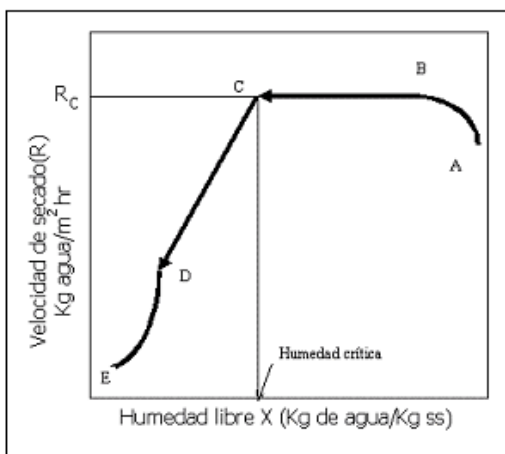


Figura 1. Gráfica general de secado. Curso virtual: Procesamiento de alimentos. UNCO

Comportamiento general del secado. Velocidad de secado.

En la figura 1 se muestra la curva general de secado, la cual explicaremos a continuación. Si comenzamos en un tiempo cero, el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto A, al principio el sólido suele estar a una temperatura inferior a la que tendrá al final del secado y la velocidad de evaporación irá en aumento. El tramo AB es una fase transitoria en donde el agua dentro del producto se calienta hasta que la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio, este periodo inicial de ajuste suele ser bastante corto y generalmente se ignora en el análisis de los tiempos de secado. Durante esta etapa la superficie del sólido está muy mojada y sobre ella existe una película de agua. Ésta capa de agua, llamada humedad no ligada, está siempre sin combinar y

actúa como si el sólido no estuviera presente. Si el sólido es poroso, la mayor parte del agua que se evapora durante el periodo de velocidad constante proviene del interior del sólido. Éste periodo continuará mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la que se evapora.

Entre los puntos B y C transcurre el secado a una temperatura constante. A esta zona se le conoce como la *región de velocidad de secado constante*.

³ Hermosillo J., Gudiño A., Mendoza R.

En la mayoría de los casos existe un punto C de humedad crítica, por debajo de la cual la velocidad del secado se reduce con el tiempo en una (CD) o varias etapas (DE) de velocidad decreciente. Este punto corresponde a la situación en la cual no hay suficiente agua en la superficie para mantener una película continua. La superficie ya no está totalmente mojada y la porción mojada comienza a disminuir durante este período de velocidad decreciente hasta que la superficie queda seca en su totalidad en el punto D.

El segundo período de velocidad decreciente empieza en el punto D. El plano de evaporación comienza a desplazarse con lentitud por debajo de la superficie. El agua vaporizada atraviesa el sólido para llegar hasta la corriente de aire. Es posible que la cantidad de humedad que se elimina durante el período de velocidad decreciente sea pequeña; no obstante, el tiempo requerido puede ser bastante largo.

SECADOR SOLAR

El método más simple de secado solar consiste en exponer el producto a la radiación directa sobre una superficie negra plana colocada sobre el suelo (figura 2), en donde el Sol y el viento lo secarán. Este método es ampliamente utilizado para nueces y café.

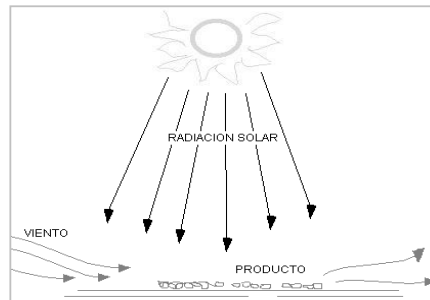


Figura 2. Secado directo. El producto se seca sobre una superficie negra expuesta a la radiación directa del Sol y por acción del viento.

Otro método de secado solar directo es un secador construido a partir de mallas metálicas o plásticas enmarcadas y colocadas sobre bloques de madera u hormigón. Esto permite la circulación de aire por debajo del producto reduciendo, con esto, el tiempo de secado. En comparación con el método anterior se tiene una altura más funcional y mantiene alejados los alimentos de roedores y, si se coloca una cubierta de tela ligera (de tejido de redcilla por ejemplo), se protege de insectos y pájaros.

Una variación a este método, es construir un marco de madera cubierto con esteras de malla.

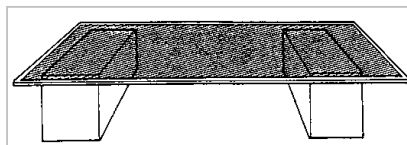


Figura 3. Secador solar directo a partir de malla enmarcada sobre bloques de hormigón.

A pesar de su sencillez y bajo costo, estas dos formas de secar al Sol presentan una desventaja importante: es necesario guardar el producto cada noche para evitar que absorba la humedad ambiental que se presenta debido al descenso de la temperatura.

Elementos básicos

Para aumentar la eficiencia del secado se utilizan algunas estructuras que capturan la radiación solar. En ellas los productos pueden secarse usando la radiación solar directa, como en los casos

anteriores, o de forma indirecta utilizando la energía acumulada en la estructura. Estas estructuras son las llamadas **Secadores Solares** y generalmente cuentan con dos elementos básicos: el **colector** y la **cámara de secado**. El colector es el área donde se realiza la captación solar y se calienta el aire; la cámara es donde se coloca el producto para su deshidratación.

Como el secado se realiza a temperaturas que no exceden por mucho la temperatura del aire exterior (alrededor de los 40°C⁴) no son necesarios colectores focales que logran altas temperaturas, por lo que los colectores planos de vidrio o plástico son suficientes. Éstos consisten en cajas poco profundas con interiores pintados de negro y un panel de vidrio o placa plástica en la parte superior. El aire se calienta en el interior de la caja y asciende (ya sea por convección natural o de forma forzada) a la cámara de secado en donde se encuentran las bandejas con el alimento a secar.

En la cámara de secado los alimentos se colocan en bandejas desmontables (se recomienda que la altura de los marcos de las charolas sea de un centímetro aproximadamente para evitar que los alimentos se derramen o caigan). Además hay que tener en cuenta los materiales de la malla que se utilice, pues el alimento puede oxidarse o decolorarse al estar en contacto con algunos materiales, para evitar esto, los comúnmente recomendados son: el acero inoxidable, el teflón, la fibra de vidrio con capa de teflón, el nylon, o los plásticos de la industria alimenticia.

El espacio de la malla tiene que ser suficiente para permitir el libre paso del aire, pero pequeña para evitar que el alimento caiga. Y, finalmente, fácil de limpiar y ligera para su manipulación.

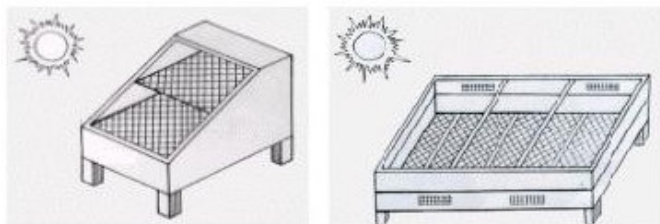


Figura 4. Esquemas de dos secadores solares directos. La cámara de secado es a su vez el colector de radiación solar.

En el **Secador solar directo** los dos elementos pueden unirse, en este caso la cámara que contiene el producto también cumple la función de colector recibiendo la radiación solar. En el **Secador solar indirecto** los dos elementos están separados, el aire eleva su temperatura en el colector solar, mientras que los alimentos se encuentran en la cámara de secado libres de la radiación solar pero expuestos a las corrientes de aire caliente proveniente del colector. Frecuentemente, estos son secadores convectivos, lo que quiere decir que las corrientes de aire se presentan solamente por convección natural⁵.

En el **Secador solar mixto** la captura de radiación se realiza tanto en un colector solar previo a la cámara de secado como en la misma cámara. Los alimentos están expuestos a la radiación solar directa e indirecta.

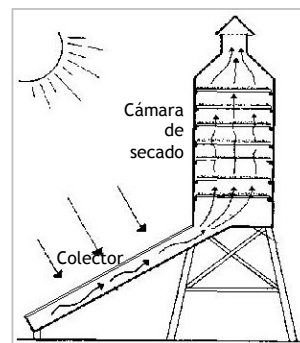


Figura 5. Secador solar Indirecto.

En los secadores solares directos la radiación solar es absorbida por el propio producto, esto da como resultado un mejor aprovechamiento de la energía para producir la evaporación del agua. Además, la combinación de colector y cámara en una sola unidad puede ser más económica en muchos casos, especialmente en los secadores de menor tamaño.

⁴ <http://www.epsea.org/esp/alimentos.html>

⁵ Cuando se calienta un fluido (líquido o gas) su densidad suele disminuir, lo que provoca que el fluido más caliente y menos denso ascienda, mientras que el fluido más frío y denso descienda.

Sin embargo, este tipo de secadores utilizan casi siempre la circulación de aire por convección natural con lo que el control del proceso se dificulta ya que depende totalmente de las condiciones ambientales. Además presenta la desventaja de que la acción de la radiación solar puede destruir algún compuesto orgánico de la composición del producto, el cual puede tener interés comercial o ser de valor nutricional.

El Secador solar indirecto presenta varias ventajas. En primer lugar el control del proceso es más simple (sobre todo en el caso de secadores con circulación forzada de aire). Es fácil de integrar una fuente auxiliar de energía para construir un sistema híbrido (por ejemplo: solar-eléctrico). El tener una cámara de secado separada de los colectores facilita la manipulación del producto y las labores de carga y descarga. Dado que la cámara no permite la entrada de la radiación solar, este sistema permite secar en forma conveniente productos que se puedan dañar o perder calidad de aspecto por una exposición directa al Sol. Las desventajas de este tipo de secadores son que al separar el colector y la cámara de secado, el tamaño del equipo y sus costos aumentan, y que para lograr evaporar la misma cantidad de agua que en un secador directo o mixto será necesario mover más volumen de aire a mayor temperatura.

Circulación de aire

El aire circula dentro del secador para entregar el calor absorbido en el colector y remover la humedad que se evapora de los alimentos. Esta circulación de aire se logra por dos métodos:

Circulación por convección natural: No se requiere energía externa, el aire es movido por las diferencias de temperatura entre las distintas partes del equipo que promueven la convección térmica del aire. Este tipo de circulación se complica cuando el tamaño del equipo aumenta pues las corrientes convectivas no tendrán la fuerza suficiente para mover grandes cantidades de aire a través de las bandejas con el alimento. Por esto es mejor aplicarla en equipos pequeños o medianos en los que se pueden lograr velocidades de aire de 0,4 a 1 m/s al interior de la cámara. En los equipos grandes la velocidad no sobrepasa los 0,1 a 0,3 m/s

Circulación forzada: El aire es movido por un ventilador que consume energía mecánica o eléctrica. Con este tipo de circulación, además de facilitar el diseño en el caso de los equipos de mayor tamaño, se puede tener un mejor control del proceso de secado, pues podemos controlar la velocidad (entre 0,5 a 1 m/s) y flujo de aire caliente. La circulación forzada permite mayor libertad en la colocación de los diversos elementos que integran el equipo sin presentar problemas de circulación de aire.

La principal desventaja de la circulación forzada es la necesidad de una fuente de energía eléctrica, aunque puede hacerse uso de la energía fotovoltaica.

Forma de operación

La forma de operar un secador da lugar a dos alternativas: en tandas o continuo.

El *Secado en tandas* consiste en cargar el secado con el producto y no retirarlo hasta que haya terminado el proceso de secado. Todo el producto dentro del secador va pasando de un estado húmedo a un estado seco en forma paulatina. Esta manera de operación permite un diseño más sencillo de carga y movimiento del producto dentro del equipo, por lo que resulta apropiado en secadores pequeños y medianos.

En *Secado continuo*: El producto se va cargando y descargando en tandas parciales. Dentro del mismo secador se encuentra una parte de producto húmedo y otra casi seca. El período entre cargas de las tandas varía de acuerdo al diseño, puede existir una carga y descarga parcial una vez por día o varias veces en el mismo día.

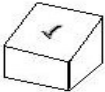
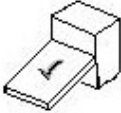
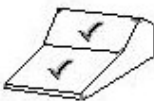
Capacidad de producción

La capacidad de producción de un secador se define en relación al peso del producto fresco total que se carga, en general se puede decir que tienen una capacidad pequeña los secadores que manejan los 20kg por día, capacidad baja entre los 20 y 50kg al día, mediana de 50 a 500kg al día y alta más de 500kg. Cada tipo de secador tiene un funcionamiento más apropiado en cierto rango de capacidad de producción que será determinado mediante experimentación, pues dependerá de las condiciones ambientales y el tipo de alimento a secar.

Tipos de secadores

Varios tipos de secadores solares se han desarrollado, en la siguiente tabla se muestran algunos de los modelos mas utilizados, en el esquema del modelo se señala con una palomita la zona de captación de radiación solar.

Tabla 1. Esquemas básicos de los diferentes tipos de secadores solares más comunes.

Tipo de Secador	Descripción	Esquema del Modelo Básico
Cabina (Gabinete) directa	La cámara de secado es de vidrio o película plástica y no usa un colector solar por separado	
Cabina (Gabinete) indirecta	El colector y la cámara de secado se encuentran separados. La cámara de secado no tiene superficies transparentes, la radiación solar no incide en los alimentos.	
Modelo combinado	La cámara de secado esta construida con material transparente (vidrio o plástico). El secado del alimento se realiza por radiación directa y por el aire caliente proveniente del colector solar.	
Túnel	Comúnmente se utiliza una estructura metálica o de madera y la superficie es alguna película plástica que permite un secado directo, aunque también existen modelos en donde hay una doble película plástica y la interior es de color negro, en estos, el secado se realiza de manera indirecta.	
Túnel bajo	Secador directo semejante al anterior pero se construye más cercano al suelo y normalmente solo contiene una sola capa de producto	
Tienda	Secador solar similar al de túnel pero la forma de la estructura es recta en lugar de curva.	
Arcón (bin)	Cualquier secador pero nominalmente indirecto, con flujo de aire forzado por convección que puede secar capas profundas (normalmente 300 mm ó más) de producto.	

✓ Indica superficie vidriada. Fuente: Fuller, R.J 1993 Solar Drying of Horticultural Produce: Present Practice and Future Prospects. Postharvest News and Information 4 (5): 131N-126N

Consideraciones generales de utilización

El material a secar, después de ser bien lavado, se corta en rodajas finas de menos de un centímetro, se colocan en las bandejas sin sobreponerlas para que exista una buena ventilación. La temperatura recomendada es alrededor de los 50°C, sin pasar de los 54°C, pues el alimento puede cocinarse en lugar de secarse.

Como ya se ha mencionado el tiempo de secado varía no sólo por el tipo de secador que se utilice, también por las condiciones ambientales (humedad del aire, radiación solar, temperatura ambiente) y las características del alimento a secar. En general se puede hablar de un tiempo de secado de entre 1 y tres días. Es importante mencionar que para evitar que el producto absorba la humedad nocturna habrá que tapar el producto con alguna película plástica o cerrar las ventanas de circulación del aire durante la noche.

Con el secado solar se pueden llegar a conseguir humedades de entre el 15 y el 10% como mínimo, pero ¿cómo saber que está seco?. Las pruebas que nos indican el contenido de humedad en porcentajes, son pruebas sencillas, pero de laboratorio, en las que se requiere una báscula y un horno de secado. Reconocer a simple vista que un alimento está seco requiere de experiencia que al principio, obviamente, no tendremos, sin embargo hay algunos puntos clave que nos pueden ayudar a distinguir cuando el producto está seco de cuando no lo está. Los vegetales estarán secos cuando estén quebradizos, las frutas cuando la humedad deje de escurrir y estén duros y flexibles al cortarlos. La piel de las frutas puede estar un poco pegajosa pero debe separarse fácilmente de una envoltura plástica. Las carnes deben estar extremadamente secas aunque vayan a ser refrigeradas o congeladas. La carne seca debe tener un color oscuro, estar fibrosa y presentar fibras filosas al partirla. Las hierbas estarán secas cuando estén crujientes.

Es mejor exponer de más tiempo al aire caliente que dejar húmedo al alimento, pues será un medio propicio para desarrollo de hongos o bacterias. En caso de duda, se coloca el alimento una media hora más en el secador.

Después de que ha sido secado se deja enfriar completamente antes de almacenarlo en envases de vidrio o plásticos con tapas de cierre hermético en un lugar fresco, seco y sin exponerlo a la luz. Si aparece algo de condensación en las paredes o tapa del envase, hay que poner de nuevo el alimento dentro del secador.

Referencias:

- Kitinoja, L., Kader, A. **Manual de prácticas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala**, Publicación de la FAO, Series de Horticultura Postcosecha No. 8S Enero 1996 (<http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s0d.htm#secado%20solar>)
- Hermosillo J., Gudiño A., Mendoza R.; **Notas Sobre el Curso de Energía Solar**; Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, División Ingeniería. ITESO; Jalisco, México 1995
- Curso virtual: **Procesamiento de alimentos**. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4070035/index.html>

- Farrington, Daniels; ***Uso Directo de la Energía Solar***. BLUME Ediciones; Madrid 1977.
- Dudez, Philippe; ***Le Séchage Solaire à Petite Échelle des Fruits et Légumes***; Éditions du GRET, Ministère français de la Coopération ; Paris 1999
- ***Secado Solar de Cosechas*** <http://www.solarwall.com/spanish.html>
- ***Secado Solar De Alimentos*** <http://www.epsea.org/esp/alimentos.html>

FICHAS TÉCNICAS

Secadores Solares

Siguiendo el método de investigación que en los casos anteriores, cocinas solares, pasteurizadores y secadores, se realizaron fichas técnicas sobre los secadores solares de alimentos.

Los secadores que presentamos son sólo una muestra de los secadores que se utilizan actualmente. Al ser, los secadores solares de alimentos, mecanismos de aprovechamiento solar utilizados desde antiguas civilizaciones y en diferentes escalas (desde la familiar hasta de grandes producciones) las variaciones que se dan en sus modalidades son muy amplias. Muchas de las construcciones son únicas pues a pesar de que en algunos casos son secadores comerciales, en ellos se han hecho modificaciones en cuanto a características estructurales o formas de funcionamiento para adaptarse al producto a secar y condiciones climáticas del lugar en que se utilizan.⁶

Las fichas de secadores no siguen ninguna clasificación específica, las diferencias en cuanto al diseño (directo o indirecto) y funcionamiento (ventilación natural o forzada) se definen en cada una de ellas.

⁶ Algunos de los secadores presentados en este trabajo fueron parte de la prueba comparativa de secadores solares realizada en la Plataforma Solar de Almería. *Comparative Test of Solar Dryers*. Technology Demonstration Centre, Agosto 1995

SECADOR SOLAR

http://www.organicdownunder.com/solar_dryer.htm



Tipo de secador:

Secador directo con ventilación natural. Sin colector

Descripción general:

Este secador se presenta como una muestra de un secador solar simple de ventilación natural y sin colector. Su construcción es muy sencilla y puede adaptarse a diferentes tamaños y capacidad de secado. Consiste en un paralelepípedo hecho con listones de madera, dentro del cual se colocan bandejas, también de madera, y con una malla plástica como soporte para el producto a secar. Para lograr el secado se expone directamente a la radiación solar. Durante la noche, para evitar la absorción de humedad ambiental, se cubre con algún material plástico o se almacena en un lugar seco.

Especificaciones

Dimensiones:

Se adaptan a las necesidades de secado, considerando que no son secadores muy grandes, aproximadamente 50 x 50 x 100 cm.

Materiales:

La estructura puede ser de madera o metálica (de preferencia metales resistentes a la humedad). La malla de las bandejas debe ser de un material apto para estar en contacto con alimentos (algún tipo de plástico, acero inoxidable, etc)

Temperaturas:

Las temperaturas óptimas de secado se darán entre los 30° y los 60°C.

Comentarios:

Los tiempos de secado pueden ser de días, dependiendo del material, su tamaño y condiciones climáticas.

Planos disponibles:

En la página web: <http://www.organicdownunder.com> se presentan los pasos a seguir para construir el secador que vemos en la figura.
Fundación Terra (documentos/planos/secadores/Secador_sencillo.doc)

Documentación relacionada:

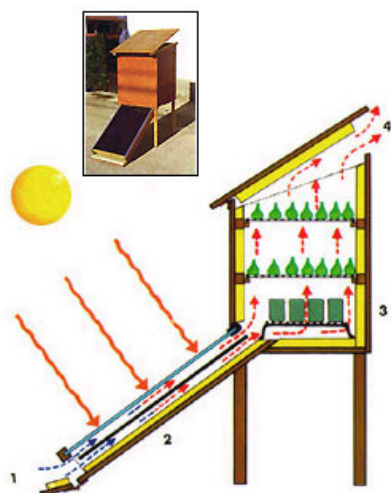
Make a Solar Drier, Organic Graderig.
http://www.organicdownunder.com/solar_dryer.htm

Enlaces :

http://www.organicdownunder.com/solar_dryer.htm

SECADOR SOLAR DE FRUTA

<http://terra.org/html/s/sol/ingenio/termicos/secadero.html>



Tipo de secador

Indirecto de circulación natural.

Descripción general:

El secadero se sitúa en el exterior con su parte acristalada orientada hacia el sur. Los rayos solares atraviesan el vidrio y son absorbidos por la chapa pintada de negro mate que hay tras él, calentándose. Esta chapa calienta el aire que la rodea y lo hace más ligero.

Manteniendo abierta la trampilla (1), se renueva el aire que se calienta en el cajón (2) y asciende hacia el armario del secadero. En este armario hay unos ladrillos refractarios (3) que absorben el calor generado en la placa solar, acumulándolo. Más arriba están las frutas a secar, separadas entre sí y en rejillas, que facilitan el paso del aire caliente. El tejadillo del armario está levantado para que el aire pueda salir (4), de este modo, se forma una convección natural de aire cálido que resta humedad a las frutas y calienta los ladrillos. Las aberturas (1 y 4) están cubiertas por una malla mosquitera que deja pasar el aire pero no a los insectos y pájaros.

Especificaciones

Dimensiones: La caja de secado tiene una base de 46 x 70 cm y una altura de 110 cm
El colector mide 100 x 45 cm con 8 cm de altura. Este secador tiene una capacidad de 5 a 10 kg de producto a secar.

Área de captación: 0,45 m²

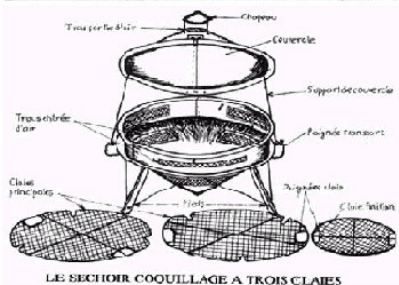
Materiales: La caja de secado está construida con listones y tablas de madera. El colector también es de madera, además de porexpan como aislante (en la parte inferior), y cristal (en la parte superior).

Planos disponibles: Los planos y pasos de construcción de este secador se encuentran en el libro de Ingenios solares:
- Jiménez, José Manuel "Súper"; **Ingenios Solares**; Ed. Pamiela; Pamplona, 1997
además en la página de Fundación Terra se encuentran los pasos para la construcción de la cámara de secado: <http://terra.org/html/s/sol/ingenio/termicos/secadero.html>

Documentación relacionada: Jiménez, José Manuel "Súper"; **Ingenios Solares**; Editorial Pamiela; Pamplona, 1997

SECADOR COQUILLAGE

<http://geres.free.fr/agrodev/innovations.php?art=052>



Tipo de secador:

Secador solar indirecto de convección natural.

Descripción general:

Este secador familiar, está compuesto por dos conos metálicos unidos por una bisagra y con capacidad de tres bandejas (en serie) de secado. En este secador, los alimentos están protegidos de luz directa, de insectos, de roedores y del polvo.

La circulación de aire por convección natural es débil, lo que contribuye al aumento de la temperatura del aire y a la eficacia del secado.

El secador solar *Coquillage* está destinado para secar productos de auto consumo y venta local. Esencialmente utilizado por familias, cooperativas y grupos de mujeres.

Desde 1992, 170 secadores de este tipo han sido difundidos en Senegal y 6.000 en Burkina Faso.

Especificaciones

Dimensiones: Diámetro 185 x altura 95 cm.

Materiales: El secador "concha" se puede construir a partir de materiales disponibles localmente. Sin embargo, con el fin de mantener los resultados del secador, se debe de prestar especial atención en respetar los planos hechos por los diseñadores.

Disponibilidad comercial:

La organización GERES no es ni constructora ni vendedora de este secador. Menciona que este secador está destinado al uso doméstico en los países de la zona sur del Sahara, fruto de varios años de colaboración con organismos locales. El secador se fabrica actualmente por herreros locales y es difundido por organismos locales independientes.

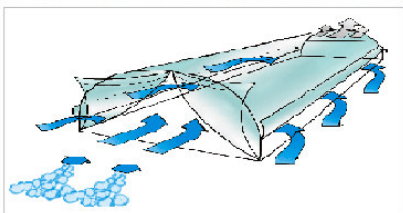
Una de estas organizaciones encargadas de su distribución es: *Atelier Technologie Appropriées, Songhai Center (Republique du BENIN, email: songhai@songhai.org, web: www.songhai.org/mecanique)*

Documentación relacionada:

- Dentro de la pagina de GERE (<http://gere.free.fr>) hay información sobre diferentes proyectos en dónde han utilizado este tipo de secadores (y otros)
- Este secador fue uno de los probados en la prueba comparativa de secadores solares, realizada en Almería en 1995. Los resultado se publican en: **Comparative Test of Solar Dryers**. Technology Demonstration Centre; Plataforma Solar de Almería, SINOPSIS. Agosto 1995

Contacto:

GERES - Groupe Energies Renouvelables et Environnement
2, cours Maréchal Foch - 13400 AUBAGNE - France
Tel: 33 (0)4 42 18 55 88 - Fax: 33 (0)4 42 03 01 56
Email: geres@free.org
Web: <http://geres.free.fr>



Tipo de secador:

Directo con circulación natural.

Descripción general:

Secador comercial tipo túnel que se comercializa principalmente para la producción del café. Consiste en mantas de polietileno que deben montarse sobre una estructura de medio cilindro (esta estructura que no está incluida en el secador).

Este tipo de secador es un secador directo (el producto recibe la radiación directamente) y la ventilación se da de forma natural al orientar la puerta del secador en dirección de los vientos dominantes de la zona.

Se garantiza por cuatro campañas cafeteras o por 24 meses de exposición directa al Sol.

Especificaciones

Dimensiones:

Existen tres tamaños de secadores con un área sobre el suelo de 4.5 x 8.5 m; 4 x 7 m y 4 x 6.3 m.

Las dimensiones de las bandejas para cada uno de los secadores es de: a) 0,9 m x 4 m; b) 0.85 x 3.25 m; c) 0.85 x 2.90 m y cada secador tiene capacidad de 6 a 12 bandejas.

Área de captación:

El área de captación corresponde al área sobre el nivel del suelo.

Materiales:

El material que se utiliza es polietileno de baja densidad (PEBD) formulado con aditivo UV (absorbente de radiación Ultra Violeta) y aditivo FEN® para dar resistencia y estabilidad contra la oxidación provocada por los rayos UV de la radiación solar. La densidad es de 0.922 g / cm³ con un grosor de 8.0 mils (milésima de pulgada). El color es natural (transparente), ligeramente amarillo (opacidad 18%)

Accesorios:

Además de los secadores, Tecnatrop comercializa equipos para el cultivo y recolección del café.

Disponibilidad comercial:

Tecnatrop es una empresa peruana y es ahí donde comercializa sus productos.

Documentación relacionada:

Dentro de la pagina web: www.tecnatrop.com, hay enlaces y información relacionada con la producción agrícola y sus productos.

Contacto:

Tecnatrop

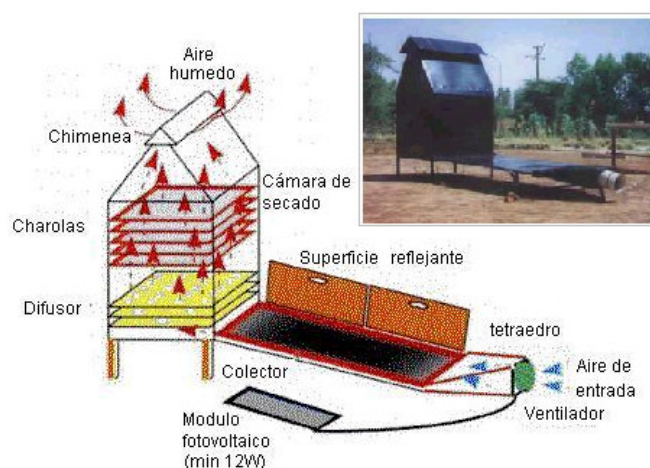
Jr. Manuel Vargas Machuca 418 - Urb. Los Ficus Santa Anita - Lima 43 - Perú

Tel. (51-1) 478-0186 / 9817-7975. NEXTEL 817*7975 / 817*7971

Telefax (51-1) 478-1657

E-mail : tecnatrop@tecnatrop.com / tecnatrop@hotmail.com

Web: www.tecnatrop.com



Tipo de secador:

Indirecto con circulación de aire forzada.

Descripción general:

Este secador es parte de un proyecto de cooperación realizado en Africa, donde se puso a disposición de poblaciones rurales. El secador, con ventilación forzada y de exposición al Sol indirecta, utiliza una celda fotovoltaica para el funcionamiento del ventilador, lo que le da autosuficiencia en lo concerniente a la energía.

El aire, que es movido por el ventilador, se calienta entre las dos placas ennegrecidas que forman el colector (absorbiendo radiación solar directa y difusa más la radiación proveniente de la superficie reflectante), al entrar a la cámara de secado se encuentra con tres láminas perforadas que actúan como difusores. Después pasa por las bandejas (5 unidades) con el alimento a secar en donde retira la humedad y sale por la chimenea superior.

Especificaciones

Dimensiones:

La cámara de secado es un paralelepípedo de 1 m² de base con 1,4 m de altura. Las cinco bandejas de la cámara de secado miden 97 x 94 cm. El colector es también un paralelepípedo de altura muy reducida. Las dimensiones son 1 x 2 m y una altura de 2,5 cm.

Área de captación:

2 m²

Materiales:

Láminas de acero galvanizado o aluminio.

Planos disponibles:

Los planos se encuentran publicados en un manual de construcción y utilización: ICARO: **Séchori solaire à ventilation forcée pour aliments: manuel pour la construction et l'utilisation.**

Documentación relacionada:

ICARO: Séchori solaire à ventilation forcée pour aliments: manuel pour la construction et l'utilisation. Departamento de Economía e Ingeniería Agraria, Forestal y Ambiental, Università di Torino, Torino, Italia

Contacto:

Universidad de Torino
Departamento de Economía e Ingeniería Agraria, Forestal y Ambiental
Torino, Italia.



Tipo de secador:

Secador solar directo con circulación forzada.

Descripción general:

Secador de túnel con ventilación forzada. El producto se coloca sobre una estructura, al parecer, metálica con bandejas o mallas plásticas y se cubre con una película plástica.

Las celdas fotovoltaicas proporcionan la energía para accionar los ventiladores que controlan la velocidad del aire que circula dentro del túnel. La radiación solar, que incide directamente sobre el producto, calienta tanto el producto como el aire interior lo que produce el secado.

Este es un modelo comercial que ha sido difundido en más de 60 países. Es un secador fácil de instalar y desmontar.

Además existen cubiertas negras para productos sensibles a la radiación solar directa

Especificaciones

Dimensiones: Largo 18 X ancho 2 m. El área de secado es de 20 m²

Área de captación: 16 m²

Materiales: Bandejas y colector plásticas

Temperaturas: El aire tiene velocidades de 30 – 80 m³/h con lo que se alcanzan temperaturas que oscilan entre los 30 y los 40°C.

Accesorios: Para una autonomía energética, requiere celdas fotovoltaicas que suministren una potencia de 20-40 W para el consumo de los ventiladores.

Disponibilidad comercial: Para ventas, ponerse en contacto con la empresa: Info@Innotech-ing.de

Documentación relacionada: Un secador similar a éste, fue analizado en la prueba comparativa de secadores solares, realizada en Almería en 1995. Los resultado se publican en: **Comparative Test of Solar Dryers**. Technology Demonstration Centre; Plataforma Solar de Almería, SINOPSIS. Agosto 1995

Contacto: INNOTECH Ingenieursgesellschaft mbH
Weilemer Weg 27
D-71155 Altdorf
Tel.: ++ 49 (0)7031 / 74 47 41
Fax: ++ 49 (0)7031 / 74 47 42
email: Info@Innotech-ing.de

CONCLUSIONES

Es el sentir de la autora que la presente recopilación, aunque no ha sido exhaustiva, cubre una muy buena parte de los proyectos disponibles (del tema aquí tratado) a la fecha. Además de creer que se ha cumplido, en buena manera, con el objetivo de explicar de manera sencilla y resumida los conceptos básicos y proyectos involucrados en la aplicación de la energía solar orientada al procesamiento, consumo y conservación de los alimentos. Es así también, que la autora se siente satisfecha con respecto a los objetivos y expectativas personales que se plantearon al inicio de este proyecto; es decir, la formación, sensibilización y mejor entendimiento (a través de la aplicación de la energía solar) con respecto al empleo de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente.

Por otro lado, al ser éste un trabajo de investigación bibliográfica, es difícil saber (si no es que imposible), y con esto concluir, cual será el resultado con respecto a los objetivos de carácter más amplio a los antes mencionados, como son: la aplicación de las energías renovables (en particular la solar) a pequeña escala y con esto promover que el consumidor final (del producto en proceso) se involucre en el proyecto, buscando así, su sensibilización con respecto a su entorno y los recursos que éste le proporciona. Lo que lo invitaría, muy seguramente, a reflexionar sobre sus hábitos de consumo y la creciente demanda de combustibles no renovables (como los fósiles o nucleares) que existe en nuestra sociedad.

Es muy importante enfatizar que, de parte de la autora, todo esto se busca sin la más mínima intención de que las energías renovables se industrialicen o comercialicen (con lo que se perdería en gran medida el contacto del consumidor final con el producto y por consecuencia no se satisfarían la mayoría de los objetivos antes mencionados) y más bien se busca darlas a conocer de manera no lucrativa y "desinteresada". Es notable como, al parecer, esto es un objetivo común de la gente involucrada en el desarrollo y aplicación de las energías renovables, ya que a lo largo de esta investigación la información sobre esta tecnología (sean planos, consejos prácticos o su uso), aunque dispersa, fue relativamente fácil de conseguir por "libre acceso" en Internet o bien al ponerse en contacto con los autores de los proyectos (siempre dispuestos a cooperar).

Como hemos mencionado, si bien, es difícil concluir algo sobre las consecuencias de este trabajo en el desarrollo, aplicación y difusión de las energías renovables (en particular la de la energía solar orientada a los alimentos) en la sociedad; es importante señalar que la tendencia general (más allá de intereses económicos) es la de una mayor utilización (o al menos desarrollo o interés) de estas energías alternativas debido a una concientización cada vez más difundida del cuidado y uso del medio ambiente. A este respecto, la autora, espera que este trabajo sea de gran utilidad. Además espera que el uso de energías renovables no se siga restringiendo a comunidades con pocos recursos económicos o a países en vías de desarrollo (como prácticamente se hace hasta ahora); ya que, si bien, es una muy buena medida de prevención a que estas poblaciones lleguen al consumo inmoderado de los recursos naturales que han alcanzado los países "desarrollados" (los cuales se enfocan más que nada al desarrollo, y no el uso práctico, de las energías renovables). Son éstos los que requieren implementar esta tecnología alternativa de manera inmediata y definitiva. Una propuesta (la que aquí se plantea) para llevar a cabo lo anterior es empezar a trabajar de manera local, es decir, usar y promover las energías renovables a pequeña escala involucrando en el proyecto al productor y usuario (generalmente la misma o mismas personas!) de manera directa.

Finalmente, con respecto al uso de la información presentada en esta tesis efectuamos las siguientes recomendaciones:

- 1) La mayoría de los proyectos que fueron presentados a lo largo de este documento son dirigidos a situaciones, condiciones y poblaciones muy específicas. Es por esto, que más que seguir los planos y guías de construcción de manera detallada y precisa (como si fuera un manual), se recomienda tomarlos solamente como un indicativo. Es decir, es preferible que la persona que quiera aplicar el proyecto en cuestión a ciertas condiciones particulares, comprenda el funcionamiento de cada uno de los elementos del artefacto en construcción y los modifique de acuerdo a los hábitos que se tengan, los recursos con los que se cuenten, los materiales (de preferencia de la zona) disponibles, la situación geográfica, etc... Esta comprensión y adaptación de las cosas que se construyen y utilizan es uno de los muchos objetivos de este documento.
- 2) Siguiendo la perspectiva planteada hasta ahora. El presente documento fue realizado con la intención de que, prácticamente, cualquier persona (sin importar los recursos económicos con los que cuente o su destreza manual) pueda llevar acabo al menos uno de cada uno de los tipos de equipos de aprovechamiento de energía solar en el consumo, procesamiento y conservación de los alimentos (cocinas, hornos, destiladores y secadores solares). En este sentido, se recomienda al lector que antes de comenzar a realizar alguno(s) de los equipos, realice una evaluación detallada de sus condiciones, objetivos y equipos disponibles. De tal forma que tenga una visión más amplia del proyecto a realizar y con esto obtener una mayor satisfacción respecto al resultado requerido sin necesidad de "derrochar" recursos que podrán ser útiles para futuros proyectos o el mantenimiento del realizado.

REFERENCIAS

1. Kofalk, Harriet, ***Solar Cooking, a primer/ cookbook***; Tennessee; Book Publishing Company; Summertown,. 1995
Un libro sencillo que nos anima a cocinar con el sol, ya sea construyendo nuestra propia cocina solar o comprando alguna de las que se comercializan actualmente; para esto nos da una pequeña introducción de algunos modelos en el mercado y presenta una guía para la construcción de una cocina solar de caja. El principal contenido del libro es el recetario de comida vegetariana (sin carne, pescado o huevos) con platos principales, postres y algunas bebidas. Explica de manera breve como hacer conservas y cómo construir un secador solar.
Habla de las perspectivas de la cocción solar en su tiempo y menciona alguno de los proyectos que se llevan a cabo por *Solar Cooking* alrededor del mundo.
En dos paginas menciona el *Panel Solar Bernard*, habla un poco de su diseño, y lo más importante, da algunos consejos para el uso y cuidado de esta cocina solar.
2. Radabaugh, Joseph, ***Heaven's Flame, A Guide to Solar Cookers***, Ashland Or, USA; Home Power, 1998.
Al ser escrito por una persona que se dedica a difundir el mundo de la cocina solar, Heaven's Flame, es un libro que presenta de una manera muy sencilla y con lujo de detalle los pasos para la construcción de una cocina solar de cartón. En la explicación del proceso de construcción el autor da consejos y puntos clave a considerar. Presenta algunos de los diseños disponibles y da una pequeña explicación de cada uno de ellos. Además tiene una sección de "preguntas y respuestas" en dónde aclara, de manera muy atinada, las dudas que tendría un novato en la cocción solar.
Incluye un capítulo de cómo utilizar la cocina solar y consejos para cocinar.
3. Halacy, Beth & Halacy, Beth; ***Cooking With the Sun***, Morning Sun Press; California, E.U.A. 1992.
Este libro comienza con un recorrido por la historia de las cocinas solares, mostrando algunos diagramas y fotografías de algunas de ellas.
Presenta planos detallados de una cocina solar de caja a base de madera, y la cocina *hot-plate*, una cocina parabólica con basé de cartón. Habla sobre los cuidados que debe tenerse al manejarlas e incluye un amplio recetario indicando para qué tipo de cocina es, parabólica o de caja, y si puede ser cocinada en día nublado. Además da algunos consejos de cómo utilizar las cocinas incluyendo los cuidados necesarios
4. ***Cocinando con el sol, Recetario básico para Cocinas y Hornos solares***; Fundación Celestina Perez de Almada. Paraguay, 2002
Resultado de un proyecto sobre energía solar en la *Fundación Celestina Perez de Almada*, se publica este recetario de 38 paginas. Contiene alrededor de 30 recetas entre las cuales se encuentran platos típicos, internacionales y postres. Se presenta la receta dentro de un recuadro en dónde se menciona el tipo de cocina a utilizar, horno o parabólica, el tiempo de cocción, ingredientes y preparación.
5. ***Guía de Secado de Hortalizas, Legumbres y Frutas***; Fundación Celestina Perez de Almada. Paraguay, 2002
Una pequeña guía que explica el secado de algunos alimentos, desde frutas y verduras hasta pescado y carne. Presenta en forma de fichas la técnica de secado, el tiempo necesario y el rendimiento, los gr de producto deshidratado por kg fresco.
Al final explica brevemente cómo preparar los productos deshidratados.
6. García, Joan; ***La Cocina Solar, El nuevo arte de cocinar de modo saludable y ecológico***; PROGENSA. España, 1999.
Basado principalmente en experiencia del autor, éste es un libro que tiene como objetivo divulgar el uso de las cocinas solares.
Sin entrar en modelos específicos, explica cómo funcionan los dos principales tipos de cocina: el de acumulación y de concentración, menciona las características de funcionamiento y mantenimiento y hace una comparación entre ellas.
Además de información sobre las cocinas y la cocción solar en general, contiene información sobre nutrición y las ventajas que supone el cocinar en cocinas solares en cuanto a la calidad de los alimentos. Hace una agrupación general de los alimentos según el tiempo de cocción y da algunos aspectos sobre la forma de cocinarlos.

Tiene un pequeño recetario que contiene pastas, cereales, legumbres, verduras, carnes, pescados y postres. Y Al final anexa, entre otras cosas, información sobre la radiación en general, y de España y Cataluña en particular.

Es un buen libro para introducirnos en la cocción solar, pero desde mi punto de vista le hace falta incluir algún esquema de autoconstrucción de un horno o estufa e invitar al lector a que comience a experimentar de ésta manera antes de considerar comprarse alguno, que la mayoría de las veces es difícil conseguirlo y dependiendo en lugar en donde se viva, los costos por mensajería pueden ser elevados.

7. Cocinas Solares, Manual de uso y construcción, CENSOLAR, España, 1994

Aunque el título es *Cocinas Solares* este manual está enfocado a las cocinas solares de caja, en específico al basado en el diseño Kerr-Cole hecho con dos cajas de cartón, vidrio, papel reflejante y una placa metálica. Explica detalladamente los pasos a seguir para que el lector construya el propio y da algunas variantes para ajustar la cocina según los materiales con los que se cuente.

Cómo su nombre lo dice, es un manual sobre el uso y la construcción, así que además de lo anterior se expone de manera muy clara cómo utilizar la cocina, orientando al lector sobre los tiempos de cocción según el tipo de alimento entre otras cosas. También contiene unas recetas sencillas para comenzar a cocinar.

Expone en forma de puntos algunos de los beneficios que se han encontrado al sustituir la cocción tradicional por la cocción solar; y finalmente menciona otros usos que se le pueden dar, como pasteurización y preparación de conservas.

8. Heather Gurley, Virginia; *Solar Cooking Naturally*; Sun Light Works, Arizona, U.S.A.; 1984

Este libro es un pequeño *recetario solar*, alrededor de 100 recetas que incluyen sopas, panes, especialidades vegetarianas, pescado, carnes y postres. Se presenta cada receta considerando su realización en un horno solar, con el tiempo aproximado de cocción, aunque si no se cuenta con uno la autora da la opción de colocar el horno convencional a una temperatura de 97°C y seguir el recetario de igual manera.

Son Además del recetario tiene una pequeña introducción sobre las cocinas solares, los beneficios de su utilización y algunos consejos prácticos.

9. Bernard, Roger; *La Cuisson Solaire Facile*; Editions Silence; Francia 1999.

Es un pequeño libro que aunque hace una pequeña introducción a diferentes tipos de cocinas, trata principalmente de los paneles solares diseñados por el autor.

Con ayuda de figuras, muestra los pasos a seguir para la construcción de tres paneles diferentes, todos ellos portátiles y hechos a partir de cartón y algún material reflexivo.

Además explica cómo utilizarlos, incluye algunas recetas para cada uno de los paneles. Menciona otros usos, además de la cocción, como pasteurización y destilación.

10. Bernard, Roger; *Le Soleil á Votre Table*; Editions Silence; Francia 1987.

Es una introducción al aprovechamiento de la energía solar para la cocción de alimentos. Comienza con la problemática de la leña y la propuesta que presenta el utilizar la cocción solar.

Trata brevemente el comportamiento de la radiación solar sobre la tierra y las bases físicas para su aprovechamiento, y cómo es que funciona una cocina solar.

Explica, con ayuda de diagramas, algunos ejemplos de cocinas solares, su funcionamiento y algunas características, como la temperatura que pueden alcanzar. Cada tipo de cocina viene acompañada con algunas recetas.

11. Bernard, Roger; *Construisez Votre Cuisinière Solaire*; Editions Silence, Francia, 1997.

Es un manual para la construcción de la cocina *Nepal*. Con apenas 41 páginas, explica cada paso con lujo de detalle mostrando los elementos necesarios para su construcción.

Además de las instrucciones de construcción, explica la utilización de la cocina, los recipientes a utilizar y la forma de cocinar diferentes alimentos. En esta última parte se presentan algunas recetas de cocinas que además de explicar el proceso da tiempos para añadir cada uno de los ingredientes, lo que es de gran ayuda para comenzar a familiarizarse con la cocción solar.

12. Jiménez, José Manuel *SUPER; Ingenios Solares*; Editorial Pamiela; Pamplona, 1997

Es un Manual práctico en el que se puede encontrar todo lo que hay que saber para ponerse manos a la obra y preparar desde destiladores y calentadores solares de agua hasta cocinas solares, concentradores, juguetes fotovoltaicos y otras propuestas que desdramatizan el uso de la energía solar como algo caro, de alta tecnología, gran escala y difícil aplicación práctica. Es un libro gran utilidad para profesores y alumnos.

En la primera parte del libro, se explican los conceptos de energía, su relación con la civilización y los fundamentos básicos de la energía solar. Después de esto presenta la guía de construcción de 23 artefactos que funcionan con energía solar, la mayoría de ellos a partir de materiales reciclados.

13. **Solar Box Cooking**; 2nd Edition; Sacramento Municipal Utility District; Sacramento California, 1991
Este libro es un recetario de cocina hecho por y para los usuarios de hornos solares de caja. Al principio tiene una pequeña introducción sobre las cocinas solares y algunos consejos prácticos. El recetario incluye recetas de: bebidas, panes, vegetales, carnes, sopas y postres.
En cada receta y comentario se encuentra el nombre de la persona que lo escribió y lugar de procedencia.

14. Seifert, Imma; **My Solar Cookbook**; Alemania 2001.
Es un manual que de cocción solar en donde la autora expone toda su experiencia con el uso de las cocinas parabólicas SK. No solo incluye recetas ilustradas, también habla sobre los cuidados al cocinar, mantenimiento de las cocinas, reglas de seguridad, etc.
Es un manual muy útil para quien comienza con las cocinas SK pues te guía paso a paso, comenzando con recetas muy sencillas que ayudan a familiarizarse con la cocina y comprender las variantes de este tipo de cocción.
El manual está en dos idiomas: alemán e inglés. También existe una traducción al español pero sin imágenes. (*Mi libro de cocina Solar*)

15. Shimeall, Eleanor E.; **Eleanor's Solar Cookbook**; CEMESE Publishers, California.
Un recetario dedicado a los que comienzan a cocinar en hornos solares. Hay una introducción sobre la cocción solar y las diferencias entre ésta y las cocinas convencionales.
Explica las posibilidades de cocción e incluye un recetario muy variado: pan, cereal, pasta, conservas, postres, sopas, carnes, ensaladas, etc. Cada receta incluye la explicación para realizarla en cocina solar, con horarios y tiempos de elaboración.

16. Anderson, Lorraine. Palkovic, Rick. **Cooking With Sunshine**; Our House Publishing; California 1995.
Un recetario para cocinar en un horno de caja solar que incluye los planos para construir un horno solar a partir de cajas de cartón. Comienza con un capítulo en donde explica las bases de la cocción solar: variación de la energía solar, recipientes de cocción, diferencias geográficas de radiación, etc. Las recetas las clasifica en tres capítulos: en el primero están las recetas sencillas que ayudan a familiarizarse con el horno solar, el segundo capítulo presenta las recetas en forma de menú, cada menú tiene dos o tres recetas y el capítulo final es de postres.

17. Farrington, Daniels; **Uso Directo de la Energía Solar**, H.BLUME Ediciones; Madrid 1977.
Este libro trata de todos los temas relacionados al aprovechamiento de la radiación del Sol en energía mecánica y eléctrica. El autor intenta sugerir ideas y áreas de investigación a otros científicos e ingenieros para proporcionar fuentes de energía de bajo coste a los países en vías d desarrollo. Sin hacer hincapié en los detalles matemáticos y técnicos (aunque incluyendo referencias completas a las fuentes de este tipo de información), describe la investigación y experiencias realizadas acerca de colectores de radiación solar, cocinas solares, calefacción, secado industrial y agrícola, almacenamiento de calor, hornos y motores solares, refrigeración y enfriamiento, conversión fotoquímica y muchos otros usos

18. SODIS; **Desinfección Solar del Agua, Guía de Aplicación**; Lima Perú. 2003. (www.sodis.ch)

Manuales

19. **Cómo hacer y usar una caja solar para cocinar**; Solar Box Cookers International; Campaña "Cocinar con el Sol".
Un pequeño manual para la construir un horno solar de caja a partir de cajas de cartón. Además de la lista de materiales y pasos detallados para la construcción, incluye una explicación de cómo es que trabaja la cocina solar, sus beneficios y respuestas de las preguntas más comunes que se hacen al encontrarse por primera vez con este tipo de cocinas.

20. **Spreading Solar Cooking, Leaders' Guide**; Solar Cookers International; California 1994.

Un manual que pretende ser una guía para aquellos que se toman la tarea de enseñar a otros la “cocina solar”. Incluye una lista de conceptos útiles a la hora de explicar una cocina solar, además de la forma en que se puede trabajar con los grupos: talleres, demostraciones, etc.

Se encuentra tanto en inglés, como en castellano (el castellano es una traducción para revisar), pero la versión en inglés incluye apéndices con programas diarios para un curso sobre cocinas solares y un mini modelo de una caja solar a escala.

21. Dudez, Philippe; **Le Séchage Solaire à Petite Échelle des Fruits et Légumes**; Éditions du GRET, Ministère français de la Coopération ; Paris 1999.

Una guía práctica sobre el secado solar de frutas y verduras a pequeña escala. Aporta información sobre las diferentes técnicas y prácticas que mejor se adaptan a la producción buscando mejorar la calidad de los productos a deshidratar. Todo esto pensando en los países en vías de desarrollo en donde el mercado local de frutas y legumbres están muchas veces saturados en periodos de plena producción. Considerando el secado solar como una interesante alternativa para el almacenamiento y comercialización posterior de los productos.

22. Weisman, Alan; **GAVIOTAS, A Village To Reinvent The World**; Chelsea Green Publishing Company ; USA 1998.

Este libro es la narración de la visita que realizó el autor, Alan Weisman, a la comunidad llamada “gaviotas”. Gaviotas es una comunidad establecida en Colombia desde hace más de tres décadas. Formada por científicos, artesanos, ex – niños de la calle, e indígenas Guahibo, es ahora mundialmente reconocida como un centro de desarrollo sustentable. Ellos han construido un molino para generar luz a partir de la brisa tropical, colectores solares que funcionan a pesar de la lluvia, calentadores solares que les proporcionan agua esterilizada para tomar, bombas ultra eficientes, cocinas solares indirectas. Esta comunidad ha sido nombrada por las Naciones Unidas como un modelo para el mundo en desarrollo. Y en este libro se describe.

23. Dalpasquale, Marcal, Marques, Sinicio; **Secado De Granos Natural Y Solar Y A Bajas Temperaturas**. Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem – Centreinar; Documento de la FAO. OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE; Santiago, Chile, 1991, Serie: Tecnología Poscosecha 9 <http://www.fao.org/docrep/x5058s/x5058S00.htm#Contents>

24. **Moving Ahead with Solar Cookers, Acceptance and introduction to the Market**. GTZ, publicado por: Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (TGZ) GmbH; Alemania 1999.

Esta publicación es el resultado de una prueba comparativa de cocinas solares que se realizó en Sudáfrica, el test analiza el funcionamiento de siete cocinas solares: ULOG, SunStove, REM5, Schwarzer 1, SK12/SK98, REM15 y Schwarzer 2. Estas cocinas se distribuyen entre 66 familias y 14 instituciones de tres zonas del país.

El documento presenta de forma abreviada la información que se obtuvo de la prueba, incluye una introducción en la que trata sobre los problemas de leña en este país y los hábitos al cocinar. Además presenta en forma de fichas, los resultados de las pruebas realizadas a cada una de las cocinas.

25. **Comparative Test of Solar Dryers**. Technology Demonstration Centre; Plataforma Solar de Almería, SINOPSIS. Agosto 1995

Este documento presenta los resultados obtenidos en la prueba de secadores solares, en donde se analizó el funcionamiento de 6 diferentes secadores solares. Además, para comparar con métodos de secado al aire libre, se hizo también la comparación con secado sobre concreto ennegrecido, concreto (al natural) y bandejas puestas directamente en el suelo.

El documento muestra los objetivos de la prueba, así como el método de su ejecución y los resultados obtenidos.

26. **ICARO: Séchori solaire à ventilation forcée pour aliments: manuel pour la construction et l'utilisation**. Departamento de Economía e ingeniería agraria, forestal y ambiental, Università di Torino; Torino, Italia.

Este documento, como su nombre lo dice, es un manual de construcción y uso de un secador solar indirecto y con ventilación forzada. En él se muestran los planos de construcción y fotografías del proceso. Además de información general sobre materiales de construcción y utilización.

Artículos

- a. David M. Delaney; **Solar Cooking on the roof**; Diciembre de 1999.
Resumen: Bashir Ahmad reporta que mucha gente en Gujarat tiene sólo un techo inseguro como lugar para cocina con el Sol. Este artículo sugiere cómo simplificar el transporte de la cocina solar y los recipientes utilizando el techo como la zona para cocinar. (cocinas/Solar_cooking_on_the_roof.doc)
- b. V. Passamai, C. Robert De Massy Y F. Tilca ; **Cocinas Solares De Tipo Caja**; INENCO, Facultad De Ciencias Exactas, U.N. De Salta, Calle B. Aires 177 - 4400 Salta; E-Mail: Passamai@Ciunsa.Edu.Ar
Resumen: Se Realiza Un Estudio Bibliográfico Y Puesta Al Día De Los Desarrollos Realizados Sobre Cocinas Solares De Tipo Caja. Se Propone Una Definición De Efecto Térmico, Comparándose El Funcionamiento De Dos Cocinas Solares Con El De Un Horno De Cocina A Gas Convencional. Se Presentan Planos De Construcción Y Sugerencias Para El Uso En La Cocción De Distintos Alimentos (cocinas/INENCO_cocinas_tipo_caja.doc)
- c. L.R.Saravia, H.Suarez; **Testeo De Materiales Reflectores Para Cocinas Solares De Tipo Caja**; INENCO: Universidad Nacional de Salta-CONICET; Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina; E-mail: Saravia@ciunsa.edu.ar
RESUMEN: La Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos (RICSA) del CYTED, de la cual el INENCO forma parte, encaró el estudio de los parámetros que influyen en la performance de la cocina solar de tipo caja, con el objeto de optimizar el tiempo de cocción. Le cupo a nuestro grupo el testeo de diferentes materiales reflectores disponibles en el medio. Se describen los resultados experimentales obtenidos a lo largo de un año de medidas y las conclusiones inferidas. Los ensayos se realizaron en cocinas caja construidas según especificaciones de la RICSA en cuanto a dimensiones y materiales. Se siguen las recomendaciones sugeridas para una toma uniforme de datos con respecto a los otros grupos de investigación
- d. Harrison, John; **Investigation of Reflective Materials for the Solar Cooker**, Florida Solar Energy Center; 24 December 2001.

Presenta 34 materiales reflexivos utilizados en cocinas solares.
- e. EAWAG, SANDEC; **Solar Water Desinfection, a guide for the application of SODIS**; Switzerland www.sodis.ch (documentos/SODIS_manual_screen.pdf)
- f. Metcalf, Robert; **Recent Advances in Solar Water Pasteurization**; <http://solarcooking.org/metcalf.htm> (pasteurización/Recent_Advances_Solar_Water_Pasteurization.doc)
- g. **Energía Solar, Transformación y Uso**; Revista AjoBlanco, Energías Libres; Barcelona, 15 de febrero de 1977.

Este número se dedica casi completamente a la energía solar, su transformación y su uso. Explica de una manera sencilla y utiliza gráficos que ayudan a la comprensión de sus contenidos.

Apuntes

1. Hermosillo J., Mendoza A., Guido R.; **Notas Sobre el Curso de ENERGIA SOLAR**; Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, División Ingeniería. ITESO; Jalisco, México 1995

Este documento fue realizado como guía para los alumnos que cursan la materia de "energía solar" impartido en una universidad de México (ITESO). Contiene información completa sobre los fundamentos de energía solar y sus diferentes formas de aprovechamiento, incluye cálculos matemáticos y ejercicios prácticos.