

## Aplicación de la Energía Solar en el Secado de Granos

---

En este artículo se presenta la síntesis del procedimiento y los resultados obtenidos en un prototipo de colector almacenador solar para secado de granos, como parte de las investigaciones que está desarrollando el Departamento de Ingeniería Mecánica.

---

**ANDRES BELLO G.**  
Profesor - Sección de Ciencias Térmicas.  
Facultad de Ingeniería

Se ha creado la necesidad de utilizar la energía solar por medio de colectores que operen con aire como fluido de trabajo, con el objeto de secar productos agrícolas y hacer más económico el proceso inherente.

Mediante el secado solar, se solucionan en parte las necesidades que se tienen en algunas regiones, en donde el pequeño productor no está en capacidad para invertir en equipos de secado.

El secado por energía solar se hace aún más económico reemplazando la circulación forzada por el efecto de la convección libre del aire que cruza dentro del colector. La convección forzada implica costos de ventiladores y extractores de aire y la disponibilidad de energía tradicional.

Los resultados obtenidos forman parte del proyecto de grado "Diseño y construcción de un prototipo de colector almacenador solar para secado de granos", coordinado por el programa de procesos agropecuarios de la División de ingeniería agrícola del Instituto Colombiano Agropecuario (I.C.A.) y la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional. La construcción se realizó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias "Tibaitatá", municipio de Mosquera, en el año de 1981.

### Parámetros del secado

El secado es una de las operaciones más importantes en el acondicionamiento de granos, cuyo fin es preservarlo en óptima situación para su almacenamiento. El secado de los productos agrícolas consiste en la reducción de la humedad en ellos contenida, para disminuir su propio metabolismo o el de los microorganismos a ellos asociados.

El fundamento del diseño de este sistema de secado consiste en: aumentar la temperatura de un volumen de aire en un colector y luego pasarlo a través de una capa de grano, al que se desea reducir la humedad.

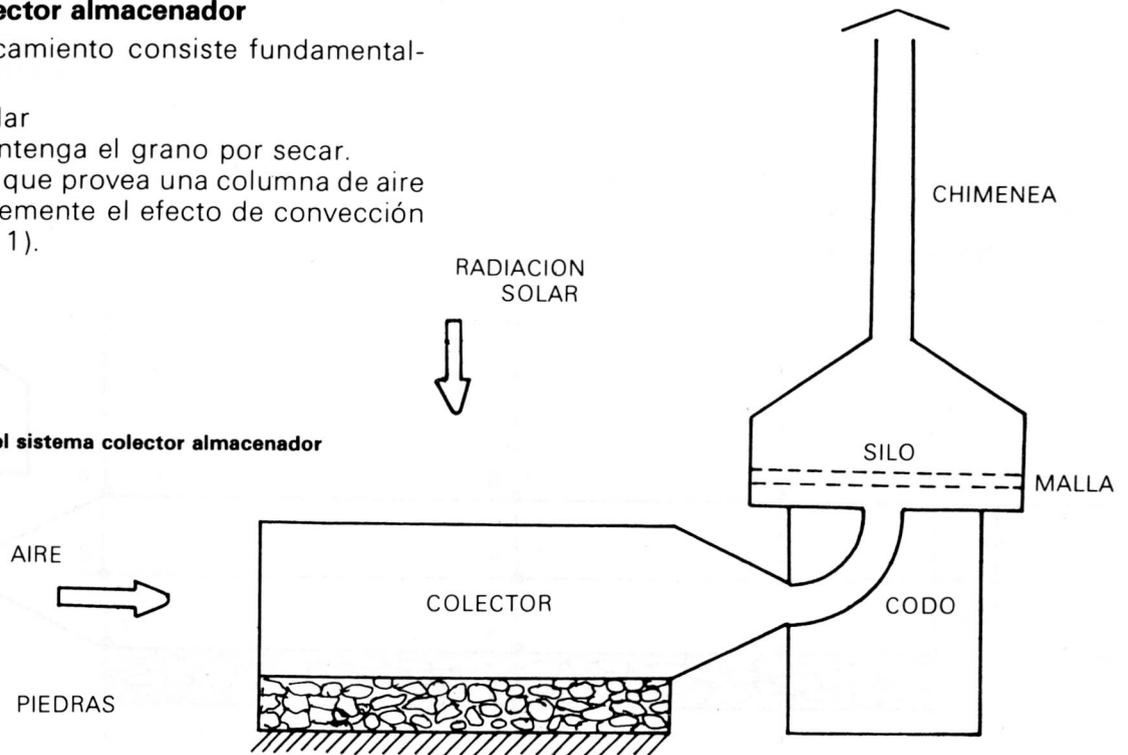
Los parámetros más importantes que influyen sobre el tiempo para reducir el contenido de humedad del grano a su valor deseado son: temperatura, humedad relativa, contenido de humedad inicial y de la humedad final del producto.

### Colector almacenador

El sistema de secamiento consiste fundamentalmente en:

- Un colector solar
- Un silo que contenga el grano por secar.
- Una chimenea que provea una columna de aire caliente e incremente el efecto de convección natural (figura 1).

FIGURA 1. Esquema del sistema colector almacenador



En el diseño del colector almacenador se debe tener en cuenta: que su construcción sea de bajo costo, que sea simple y que los materiales empleados sean asequibles en cualquier lugar y época.

Sobre el piso del colector se encuentra una superficie absorbente, la cual es una cama de piedras redondas (de río), de cinco cm. de diámetro aproximadamente, pintada de negro mate, cuya profundidad es de 15 cm. Las piedras se emplean debido a que son un material almacenador de energía solar, además de ser posible de conseguir en cualquier cantidad en la región donde se encuentre el colector.

Entre la piedra y el terreno se coloca una lámina o película plástica para evitar la entrada de humedad al colector (figuras 1 y 2). Se cubre la superficie absorbente con una película de polietileno transparente, que permite el paso de radiación solar de onda corta y a la vez es opaca a la radiación de onda larga (para formar una trampa de radiación), además de servir de ducto para el flujo de aire que circula a través del sistema. Las paredes laterales del colector se construyen con ladrillo.

El objeto del plenum del silo es conseguir que el aire que ha ganado energía térmica se distribuya y atraviese en toda su extensión la malla y el grano. Para el soporte de los granos se utiliza una malla que posee un porcentaje de área perforada de acuerdo con el tamaño del grano y tenga una resistencia adecuada.

La chimenea consiste en un tubo pintado de negro que utiliza el cambio de densidad del aire al calentarse y la velocidad del viento exterior, de tal forma que el flujo de aire se mantenga continuamente a través del colector y la transferencia de

calor de las paredes al aire se realice por convección natural.

### Procedimiento

Teniendo el sistema de secado descrito en condiciones normales de trabajo se coloca sobre la

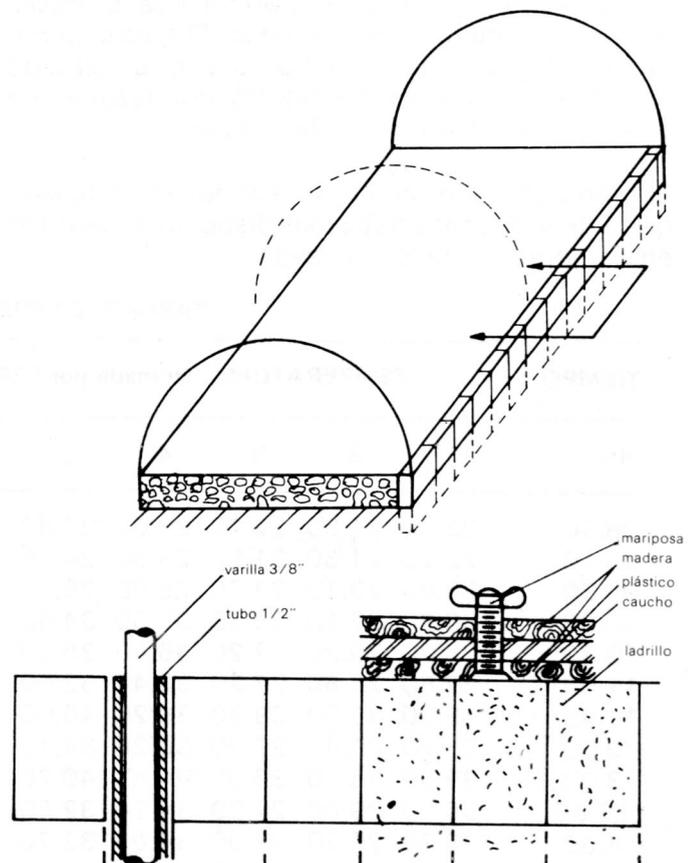


FIGURA 2. Detalles de construcción del colector

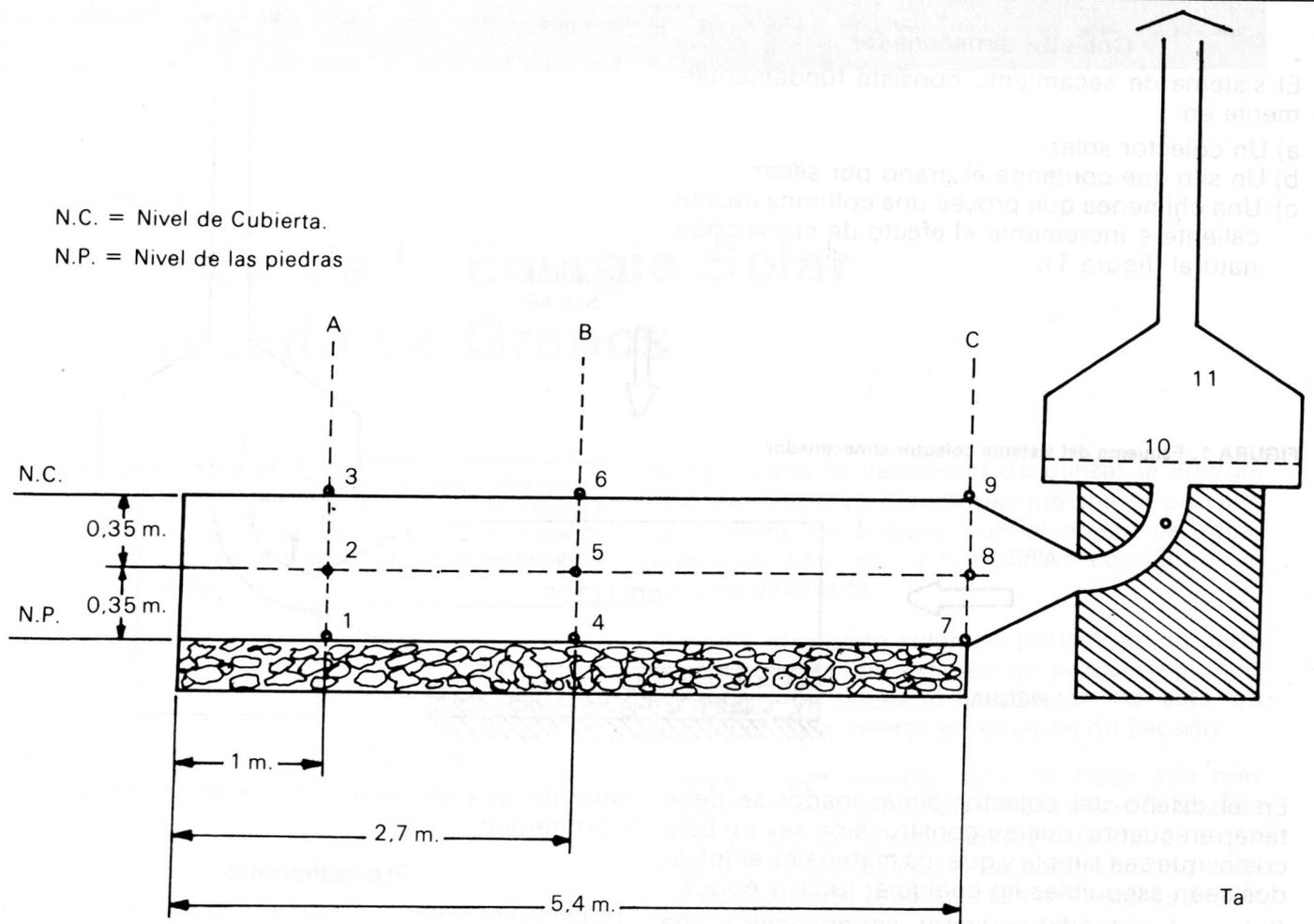


FIGURA 3. Localización de los termopares en el sistema.

En la malla del silo una capa de grano al cual se desea reducir el contenido de humedad. El área disponible se limitó a la de un silo de 6,5 m<sup>2</sup> construido previamente, que se aprovechó por razones de costo en la construcción del secador.

El grano utilizado para el secado fue maíz, puesto que este producto estaba más disponible que otros en el momento de los ensayos.

Se instalan 12 termopares en diferentes sitios significativos a lo largo de todo el sistema de secado (figura 3). Los termopares Nos. 1, 4 y 7 se emplean para medir temperaturas a nivel de las piedras (que se puede tomar como la temperatura de las piedras una vez que se ha estabilizado el sistema).

Los termopares Nos. 2, 5 y 8, miden la temperatura del aire en el centro del colector.

TABLA 1. DATOS EXPERIMENTALES

TIEMPO	TEMPERATURA (tomada por TERMOPARES)											EN °C	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		Ta.
Hrs.													
08:40	22,00	21,60	22,10	23,00	22,80	21,40	18,60	20,30	18,50	16,20	21,20	14,80	
09:10	22,20	21,60	21,50	23,50	24,00	24,00	20,50	22,20	21,40	17,60	26,20	15,20	
09:30	25,60	23,70	23,20	25,00	26,20	24,10	22,30	23,70	17,10	30,70	16,00		
10:00	30,90	27,10	28,30	33,30	34,60	28,60	25,70	27,50	25,50	22,90	33,30	18,60	
10:30	35,20	29,80	32,20	36,40	35,50	36,50	29,00	29,30	32,20	26,00	37,20	19,80	
11:00	32,80	27,60	27,20	33,40	32,00	28,40	28,90	28,80	24,70	24,20	31,10	17,60	
11:30	38,90	36,00	39,30	39,20	40,00	37,10	31,70	32,80	32,70	27,90	42,10	20,90	
12:00	38,20	31,40	29,90	36,20	34,10	32,20	34,00	27,50	28,60	27,70	36,10	20,40	
13:00	39,80	35,50	36,00	38,00	40,70	38,10	33,80	32,80	26,90	27,60	39,00	22,10	
13:36	36,20	29,00	27,30	34,20	32,60	27,60	34,50	30,70	25,50	26,70	32,80	19,00	
14:00	35,70	29,20	27,00	34,00	32,70	29,40	33,90	31,00	26,00	26,60	33,50	19,40	
15:00	42,20	33,80	34,50	40,20	40,00	36,00	35,70	32,50	26,50	27,50	36,50	21,00	

TABLA 1. DATOS EXPERIMENTALES (Continuación)

TIEMPO	DESPLAZAMIENTO		VELOCIDAD CAUDAL		HUMEDAD REL. (%)			
	Hrs		f p m	m/min	c f m m <sup>3</sup> /min	del Ambient.	dentro del silo	
08:40	1803 <sup>5</sup>	59'	339,15	103,37	73,39	2,080	73	63
09:10	1314 <sup>4</sup>	30'	464,42	141,55	100,50	2,845	72	49
09:30							64	38
10:00							54	43
10:30							50	35
11:00							53	47
11:30	3124 <sup>0</sup>	60'	544,88	166,08	117,91	3,338	48	35
12:00							49	37
13:00	3931 <sup>8</sup>	60'	672,34	204,93	145,49	4,119	46	32,5
13:36							49	37
14:00	5096 <sup>7</sup>	102'	516,67	157,48	111,80	3,165	46	30,8
15:00							46	38

**GRUPOS DE TEMP. PROM. EN 6 h.****TERMOPAR 40 min. de prueba**

A a 1 m. (1,2,3)	30,40 °C
B a 2,7 m (4,5,6)	32,08 °C
C a 5,4 m. (7,8,9)	27,77 °C

Q Promedio	= 109,82 c f m.
	= 3,11 m <sup>3</sup> /min.
	= 6,3 pulgadas
Ø Chimenea	= 0,16 m.
	= 0,2164 Ft <sup>2</sup> .
A Chimenea	= 0,0201 m <sup>2</sup>

Los termopares Nos. 3, 6 y 9 registran las temperaturas sobre las cubiertas plásticas del colector.

El termopar N<sup>o</sup> 10 toma la temperatura del aire en el codo del ducto entre el colector y el silo.

El termopar N<sup>o</sup> 11 mide la temperatura del aire dentro del silo, una vez que éste ha pasado por la capa de grano.

El termopar Ta. toma los valores de la temperatura ambiente.

Se registran datos de velocidad del aire en el sistema y se evalúan los caudales respectivos para diferentes horas del día.

Finalmente se registran los valores de la humedad relativa del ambiente y dentro del silo.

Teniendo las condiciones del producto tales como: la masa por secar, las humedades inicial y final deseables, la densidad y las condiciones ambientales, se puede obtener el área del silo, el tiempo de secado y el área del colector.

**Resultados**

Siguiendo el orden del procedimiento se hicieron ensayos para diferentes días y se registraron los resultados de las variables mencionadas cada media hora.

Del total de datos diarios obtenidos experimentalmente se tomó como promedio el registrado en la

Tabla 1. En esta tabla se observan las fluctuaciones de las variables para distintas horas del día.

Si el área disponible del silo es de 6,5 m<sup>2</sup>, utilizando una altura de cochada de 0,15 m, entonces el volumen de maíz es de 0,975 m<sup>3</sup>. Conocida la densidad del maíz igual a 0,748 ton/m<sup>3</sup>, se obtiene una capacidad del silo de 730 Kg.

Para el maíz con un contenido de humedad inicial y final del 22% y de 14% respectivamente y para las condiciones de Tibaitatá, con un tiempo promedio de radiación de diez horas por día, tomando una radiación media  $I = 14,04 \text{ MJ/m}^2$  y una eficiencia del colector del 35%, se encontró que el tiempo de secado es de 7,6 días, siendo el área del colector 7 m<sup>2</sup> y la altura total del silo, más la chimenea igual a 8,8 m.

**Conclusiones**

1. Con el presente sistema de secamiento se sustituye en parte el consumo de energía convencional.
2. El sistema tratado es de simple construcción con materiales como piedra, madera y plástico que son aceptados técnica y económicamente, razón por la cual puede ser elaborado por los propios agricultores en su sitio o región de trabajo, una vez dada la instrucción y las recomendaciones para la instalación.
3. Los caudales obtenidos en este método de

secado están dentro de los rangos sugeridos para colectores de bajas temperaturas.

4. El secado solar de subproductos vegetales y productos agrícolas de alta humedad se ve

como la opción más aconsejable, ya que las zonas donde estos productos se cultivan generalmente carecen de vías de comunicación.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Brooker, D. B. and Baker-Arkem, F.W.: Drayng Cereal grains. Connecticut, Avi, 1974.
2. Duffie, J. A. and Beckman, W.A.: Solar energy thermal processes. New York, Willey, 1974.
3. Roa Mejía, G., D'Santos, L. A., Villa, L. G.: Aviliacao de un colector almacenador de energia solar para aquecimiento de Ar. VII Congreso da Sociedade Brasileira de Engenharia Agricola, 1977.
4. Roa Mejía, G.: Secamiento y almacenamiento de los principales alimentos brasileiros usando aire natural, colectores solares, sistemas almacenadores y energía solar. Centreinar, Dic., 1974.
5. Sinicio, R. e Roa, G.: Aviliacao de colector solar. IX Congreso Nacional de Ing. Agrícola, Campina Grande, P.B. (1979).
6. Villa, L. G. e Roa, G.: Soya industrial e sementes a granel, secagem y armazenagem. Fundação Cargill Campinas, S. P., 1979.
7. Williams, E. E.: Solar drying and evaluation collector, ASAE, paper Nº 76-3512. (1976).