

# CASOS DE ÉXITO EN LA AGROINDUSTRIA

EL USO DEL COBRE EN LOS SISTEMAS  
SOLARES DE CALENTAMIENTO DE AGUA

MOLINOS DE NIXTAMAL

EL CASO DEL MOLINO  
"EL DORADO"  
CUERNAVACA, MORELOS

PRO **COBRE**  
Connects Life.™

El proceso de nixtamalización utiliza agua caliente, generalmente derivada de un proceso de calentamiento cuya fuente de energía es el gas LP. Sin embargo, si se integra al proceso un sistema de calentamiento de agua con energía solar, se puede ahorrar gas LP y por consiguiente dinero. Además, al utilizar tecnología se contribuye al cuidado del medio ambiente, porque se evitan emisiones de CO<sub>2</sub>.

## ¿Qué es la nixtamalización?

El maíz es la base de la alimentación para la mayor parte de la población mexicana, porque con él se elabora la tortilla: un ingrediente esencial para una amplia variedad de platillos tradicionales.

- La nixtamalización es un proceso ancestral, con más de 3,500 años de antigüedad, que consiste en colocar agua con cal (hidróxido de calcio) en grandes recipientes, donde posteriormente se depositan los granos de maíz. La mezcla se calienta hasta alcanzar el punto de ebullición (aproximadamente 90°C) y se mantiene de 30 a 45 minutos para que se cocine. Después de la cocción, el grano se deja reposar en el agua caliente y al producto obtenido se le llama Nixtamal, utilizado para hacer tortillas.

En la antigüedad el calor necesario para este proceso provenía de la combustión de leña. Se molía el maíz nixtamalizado en metates y se hacían las tortillas a mano. A partir de la mecanización del proceso se comenzó a utilizar con mayor frecuencia el gas licuado de petróleo (gas LP), tanto para la elaboración del nixtamal como para la cocción de las tortillas.

En la actualidad, el consumo de gas LP en la nixtamalización y la elaboración de la tortilla es alto: 80% se destina exclusivamente al primer proceso y 20% al segundo.

## Alternativa eficaz: energía solar

El calentamiento del agua con energía proveniente del sol es uno de los métodos que más se está extendiendo en México, porque permite un importante ahorro de energía, ayuda a cuidar el



Maíz en cocción

medio ambiente y es económicamente rentable.



Colectores solares planos colocados

El calentamiento solar a través de colectores solares planos logra elevar la temperatura de grandes volúmenes de agua hasta 75°C, por lo que se puede aplicar en procesos industriales que necesitan el líquido a esta temperatura o como un sistema de precalentamiento.

Los colectores solares planos están conformados por un marco de aluminio con una cubierta de vidrio templado, que cubre un conjunto de tubos paralelos de cobre soldados a unas aletas del mismo material. La radiación solar incide sobre dichas aletas que tienen un recubrimiento negro y transmiten el calor a los tubos que contienen el agua circulante.

En la parte inferior, las celdas cuentan con un aislamiento térmico, para que los tubos mantengan el calor. Este

tipo de calentador dura muchos años y es tan eficiente que la inversión se recupera rápidamente.

La aplicación de los colectores solares en el proceso de nixtamalización permite el ahorro de energía y de tiempo, al precalentar el agua de entrada a la caldera que eleva la temperatura hasta donde lo requiera el proceso.

Las dimensiones del sistema de calentamiento son determinadas en función del tamaño de la industria que lo utilice. En esta aplicación en particular, el sistema obedece a la cantidad de nixtamal que se quiera elaborar, por lo que es indispensable un análisis particular para cada caso.

## Molino "El Dorado"

Dentro de la agroindustria dedicada a la elaboración del nixtamal y la tortilla se encuentra el Molino "El Dorado", cuya instalación está ubicada en Cuernavaca, Morelos, tiene un sistema de calentamiento solar de agua fabricado en México con tuberías de cobre. El sistema cubre eficientemente las necesidades para las que fue encomendado.



Procobre Centro Mexicano de promoción del Cobre, A.C.  
Av. Sor Juana Inés de la Cruz 14-604  
Tlalneplantía, Edo. de México, C.P. 59000  
Tel. 55 1665-6568

<http://www.procobre.org>  
[procobremexico@copper.org](mailto:procobremexico@copper.org)

A continuación se presentan las ventajas ambientales y económicas que esta empresa ha obtenido gracias a este sistema, lo que la puede convertir en un buen ejemplo a seguir para el resto de la agroindustria.

### Características del sistema de calentamiento solar



- ✓ Los equipos se encuentran colocados en la azotea del molino.
- ✓ El sistema está conformado por:
  - Dos filas con seis colectores solares planos, cada uno con aproximadamente 2 m<sup>2</sup> de captación solar unitaria, es decir, 24 m<sup>2</sup> en total
  - Un termotanque de 1,100 litros
  - Un depósito alimentador o tinaco
- ✓ El agua pasa directamente del tinaco a los colectores y se recircula mediante la acción de una bomba.
- ✓ El sistema logra un aumento en la temperatura de más de 50°C, ya que el agua entra a una temperatura de entre 10 y 20°C, dependiendo de la hora y día del año. De esa manera, cubre entre 60 y 70% de los requerimientos de calentamiento de agua, es decir, alcanza hasta 75°C.

- ✓ Las tuberías que transportan el líquido caliente del termotanque a la caldera también son de cobre para no perder calor.
- ✓ Los colectores solares planos son de elaboración 100% mexicana.

La importancia de tener tubos de cobre se debe a las propiedades que este metal contiene: durabilidad, eficiencia e higiene. Además es un material que no se oxida ni permite incrustaciones y es un excelente conductor de calor.

### Uso de agua caliente

El proceso de nixtamalización requiere que la temperatura del agua alcance 90°C, por lo que el sistema de calentamiento solar es utilizado para precalentar el agua que alimenta el tanque de la caldera. Al entrar el agua precalentada (entre 60 y 75°C), se requiere de menos combustible (gas LP) y de menor tiempo para alcanzar la temperatura necesaria, ya que sólo debe incrementarse 30°C. En cambio, si entrara el agua directamente del tinaco o de la llave a la caldera, se necesitaría elevarla 70°C más, lo que implica mayor gasto de recursos y más tiempo.

### Funcionamiento y mantenimiento

La dueña del molino y la tortillería, expresó su complacencia con el funcionamiento del sistema de calentamiento de agua con energía solar. Además comentó que el mantenimiento es muy sencillo, ya que lo único que se

COMPARACIÓN DE CONSUMO PROMEDIO DE GAS LP			
	Diario	Mensual	Anual
Consumo con energía solar	42 litros	1,187 litros	14,246 litros
Consumo sin energía solar	106 litros	2,976 litros	35,712 litros
<b>Ahorro de combustible</b>	<b>64 litros</b>	<b>1,789 litros</b>	<b>21,466 litros</b>

necesita es hacer revisiones periódicas, para vigilar que el sistema se mantenga en buen estado, así como limpiar los cristales.

### Ahorro de combustible

Con el sistema de calentamiento solar, el Molino "El Dorado" reduce 60% de su consumo de combustible durante el proceso de nixtamalización. Si no utilizara dicho sistema, consumiría 35,712 litros de gas LP anuales; sin embargo, ahora sólo consume 14,246 litros, lo que representa un ahorro de 21,466 litros por año.

### Inversión y rentabilidad

La inversión que se hizo en el Molino "El Dorado" para la adquisición e instalación del sistema de calentamiento

AHORRO MONETARIO Y DE COMBUSTIBLE			
	Diario	Mensual	Anual
Ahorro de combustible	64 litros	1,789 litros	21,466 litros
Ahorro monetario <sup>3</sup>	\$ 334	\$ 9,339	\$ 112,053
Emisiones de Co <sub>2</sub> evitadas <sup>4</sup>	0.1 Tons.	2.9 Tons.	34.3 Tons.

de agua con energía solar fue de \$74,580 pesos. Sin lugar a dudas, ésta fue una inversión rentable, porque el tiempo de recuperación fue menor a un año.

### Ventajas

- Ahorro económico al disminuir el uso del gas LP.
- Los costos de operación son nulos, ya que el sistema trabaja solo y no requiere de personal especializado para su funcionamiento. Además, su mantenimiento es básicamente de limpieza.
- La fuente de energía que provee al sistema de calentamiento solar es gratuita, por lo que jamás estará relacionada con alzas de precios como es el caso del gas LP.
- La operación del equipo no es peligrosa y no requiere de sistemas especiales de seguridad.
- El sistema es ecológico, porque no contamina en ninguno de sus procesos: ni en la instalación ni con el uso.
- Su aplicación disminuye las emisiones locales resultantes de la combustión de gas, como los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) y el monóxido de carbono (CO). También brinda beneficios ambientales a nivel global, porque se reducen las emisiones de bióxido de carbono (Co<sub>2</sub>).
- Las tuberías de cobre que conforman el sistema ofrecen durabilidad, resistencia, confiabilidad, eficiencia e higiene. Además, dicho metal no se oxida e impide la formación de incrustaciones, características esenciales en la agroindustria por la producción de alimentos limpios y libres de sedimentos.

Por todos los beneficios y ventajas que brinda, el uso de sistemas de calentamiento solar de agua con tuberías de cobre satisface exitosamente los requerimientos de agua caliente durante el proceso de nixtamalización. Además, contribuye al cuidado del entorno ambiental local y global.

### Estimación del impacto nacional

En México se consume en promedio entre 300 y 350

<sup>3</sup> 5.22 \$/litro: precio del gas LP en Cuernavaca, Morelos durante julio de 2010.

<sup>4</sup> La reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por un menor consumo de gas LP es de 1.6 x10<sup>3</sup> toneladas por litro. Fuente: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).

gramos diarios de tortilla por persona; para cubrir dicha demanda existen en el país 48,000 tortillerías; 10,000 molinos de nixtamal y 4 grandes industrias de harina nixtamalizada<sup>5</sup>.

De lo anterior, se estima que en México se consumen casi 13 millones de toneladas de tortilla al año; tomando en cuenta el ejemplo anterior, así como algunos ejemplos de la literatura<sup>6</sup>, se estima que se necesitan aproximadamente 36 mil litros de gas LP por año para elaborar mil toneladas de masa nixtamalizada.

La elaboración de las tortillas se hace en un 50% con masa proveniente de los molinos de nixtamal y el 50% restante con harina de las plantas industrializadoras<sup>7</sup>. Por lo que sólo la mitad de la demanda (7.5 millones de toneladas de masa) la cubren los molinos de nixtamal.

Se muestran a continuación las estimaciones de consumo y ahorro de gas LP, del costo del combustible, del ahorro monetario y de las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas, si todos los molinos de nixtamal del país utilizaran sistemas de calentamiento solar de agua y suponiendo que todos ellos usan gas LP<sup>8</sup>.

ESTIMACIÓN DE AHORROS ANUALES DE: GAS LP, MONETARIO Y DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> , POR UTILIZACIÓN DE CALENTADORES SOLARES DE AGUA EN MOLINOS DE NIXTAMAL EN EL PAÍS			
	Sin calentadores solares de agua	Con calentadores solares de agua	Ahorro
Consumo de gas LP	270 millones de litros	108 millones de litros	162 millones de litros
Costo por gas LP <sup>9</sup>	\$1,400 millones de pesos	\$562 millones de pesos	\$845 millones de pesos
Emisiones de Co <sub>2</sub> <sup>10</sup>	432 mil toneladas	173 mil toneladas	259 mil toneladas

Agradecemos a la dueña del Molino "El Dorado", por compartirnos su experiencia con los sistemas de calentamiento de agua con energía solar. Asimismo, extendemos el agradecimiento a Modulo Solar, empresa fabricante de calentadores solares, por su amable colaboración para el desarrollo de este material informativo.

<sup>5</sup> Datos obtenidos de la Cámara Nacional del Maíz Industrializado.

<sup>6</sup> Existen mediciones de consumo de energía en molinos de nixtamal elaborados por el área de ingeniería en recursos energéticos de Universidad Autónoma Metropolitana.

<sup>7</sup> Datos obtenidos de la Cámara Nacional del Maíz Industrializado.

<sup>8</sup> Cabe mencionar que todavía existen molinos de nixtamal que trabajan con base a leña por lo que las emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas serían mayores si se toman en cuenta dichos molinos.

<sup>9</sup> 5.20 \$/litro. Precio promedio del gas LP en junio de 2010 para todo el país. Tomando en cuenta que el precio del gas LP es diferente según el Estado de la República.

<sup>10</sup> La reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por un menor consumo de gas LP es de 1.6 x10<sup>3</sup> toneladas por litro. Fuente: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).



Sistema de calentamiento solar de agua: a la derecha el termotanque y a la izquierda los calentadores solares.