

Diseño de un sistema de calentamiento solar para el descongelamiento de pescado

OVANDO-SIERRA, Juan*†, HUCHIN, Mauro, CASTILLO-TELLEZ, Margarita y ESTRADA-SEGOVIA, Manuel.

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche, Campus V, predio s/n por Av Humberto Lanz Cárdenas y Unidad Habitacional Ecológica ambiental, Col. Ex Hacienda Kalá, C.P. 24085, San Francisco de Campeche, Campeche, México

Recibido Julio 8, 2016; Aceptado Septiembre 16, 2016

Resumen

La Industria pesquera o sector pesquero es una actividad económica e importante en el mundo, ya que es una fuente alimentaria para consumo humano o como materia prima de procesos industriales. Según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción pesquera mundial es de 130.2 millones de toneladas. Además, de las capturas comerciales, 37.9 millones de toneladas fueron producidas en plantas acuícolas. En México la industria del procesamiento de pescado es de gran importancia, dado que su comercialización llega a ser una fuente importante de divisas. Para lograr conservar el pescado es necesaria la congelación, que evita casi totalmente el desarrollo de las bacterias ya que al bajar la temperatura de manera uniforme detiene los procesos bacteriológicos y enzimáticos que destruyen el alimento. Para llevar el pescado a procesamiento es necesario descongelarlo. Actualmente se utiliza vapor sobrecalentado producido por una caldera que utiliza combustóleo como energía primaria, lo que incrementa totalmente los costos de producción. En este trabajo se diseña un sistema eficiente que amortiza dichos costos y aprovecha el recurso solar, por se presenta un diseño de un sistema de calentamiento solar de contacto directo para el descongelamiento de pescado, específicamente de atún. Asimismo, se presenta una metodología para el dimensionamiento de sistemas de calentamiento solar para procesos industriales

Diseño, calentamiento solar, pescado

Abstract

The fishing industry or fisheries sector is an important economic activity in the world because it is a food source for human consumption or as raw material for industrial processes. According to statistics from the Food and Agriculture Organization (FAO), world fish production is 130.2 million tons. In addition, commercial catches, 37.9 million tons were produced in aquaculture plants. In Mexico the fish processing industry is of great importance, since marketing becomes an important source of foreign exchange. To achieve preserving fish freezing, which almost completely prevents the development of bacteria as the temperature drops evenly stops bacteriological and enzymatic processes that destroy food is required. To bring the fish to thaw processing is required. Currently used superheated steam produced by a boiler that uses fuel oil as primary energy, which totally increases production costs. This paper presents an efficient system that pays these costs and take advantage of the solar resource is designed, presents a design of a solar heating system with direct contact to the unfreezing of fish, particularly tuna. In addition, a methodology for sizing solar heating systems for industrial processes is presented.

Design, solar warming, fish

Citación: OVANDO-SIERRA, Juan, HUCHIN, Mauro, CASTILLO-TELLEZ, Margarita y ESTRADA-SEGOVIA, Manuel. Diseño de un sistema de calentamiento solar para el descongelamiento de pescado. Revista de Tecnología e Innovación 2016, 3-8: 97-10

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: mcastill@uacam.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

México es un país que cuenta con una gran extensión de litorales. Según datos proporcionados por el INEGI se tiene un volumen de captura de 1'530,000 Toneladas de diversas especies, de las cuales se procesan alrededor de 830,000 toneladas. De estos productos el 30% se congela y el 40% son enlatados.

Actualmente el uso de la energía solar térmica para la producción de calor útil se emplea en diversos sectores como son: vivienda, uso de la agroindustria y para los procesos industriales (producción de electricidad y concentración para la producción de calor útil).

El consumo de combustibles fósiles producto del calentamiento de agua es de gran consideración, así como también la generación del CO₂, elemento que influye en el calentamiento global de la tierra.

Las empresas dedicadas al enlatado de productos, requieren eficientar sus procesos para que los costos de operación disminuyan y los precios de sus productos sean competitivos en el mercado. Así mismo la contaminación, producto de la quema de combustibles fósiles, disminuye en los procesos al emplear energía solar y por ende la producción de CO₂. Lo anterior beneficia a las plantas productoras de productos enlatados debido a que están comprometidas con la sustentabilidad. En este trabajo se plantea la utilización de la energía solar para procesos industriales, específicamente se propone el diseño de un sistema solar de contacto directo para el descongelamiento de pescado.

Desarrollo del proceso

Planta solar térmica

Una instalación solar térmica es un conjunto de elementos y componentes encargados de realizar las funciones de captar radiación solar, transformándola directamente en energía calorífica cediéndola a un fluido de trabajo, la cual se puede almacenar de manera eficiente o transferirla directamente a un proceso, este sistema puede estar integrado a un sistema convencional de energía dentro de la misma instalación.

Equipos y componentes de las instalaciones solares térmicas

Conjunto de paneles solares térmicos: son los encargados de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se caliente el fluido de trabajo.

Depósito de almacenamiento: si el sistema lo requiere, ya que existen sistemas que la transferencia de calor es directamente al proceso.

Tuberías, bombas, válvulas, accesorios etc.: constituyen el circuito hidráulico encargado de establecer el movimiento del fluido caliente al proceso o tanque de almacenamiento.

Equipos de regulación y control: se encargan por un lado de asegurar el buen funcionamiento del sistema para proporcionar la máxima energía térmica y actúa como protector de diversos factores de funcionamiento del sistema.

Equipo de energía convencional: si se requiere, (caldera, boiler, etc.), se utiliza para completar la contribución solar, suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la cantidad del suministro.

Planteamiento del sistema solar

La industria pesquera captura toneladas de diferentes tipos de pescados, los cuales deben ser congelados a bajas temperaturas para su conservación. Posteriormente, el producto deberá ser descongelado para su procesamiento, enlatado y venta. Existen varias formas de descongelar el producto (Planck): En hielo picado en aire, agua corriente y agua caliente.

Independientemente del método usado para el descongelamiento, se han llegado a las siguientes conclusiones:

1. El método de descongelación no tiene influencia en el sabor y en la conservación de los pescados.
2. Una vez descongelados los pescados tienen que vaciarse lo antes posible. Entonces se conservan en iguales condiciones de almacenamiento durante el mismo tiempo.
3. Durante la descongelación, hay que proteger cuidadosamente los pescados congelados de presiones mecánicas.

En la planta procesadora ubicada en la ciudad de Tapachula, Chiapas, el descongelamiento del pescado se lleva a cabo mediante agua caliente a 30 °C. Dicha agua caliente se obtiene al extraer vapor de una caldera a base de combustóleo y transferir el calor a un depósito de agua.

El depósito cuenta con un circuito hidráulico conformado por tres bombas y elementos necesarios que permiten la distribución del agua hacia el producto para su descongelación.

Con el objeto de minimizar los costos en el consumo energético del proceso de descongelamiento, se propuso la sustitución de la caldera por un sistema fototérmico a base de colectores solares de plástico para calentar 250 m³ de agua necesaria, a una temperatura de 30°C, consiguiendo descongelar el producto mediante contacto directo. Dicho sistema solar, permitirá generar ahorros significativos al sustituir el combustóleo por energía solar.

Dimensionamiento del sistema solar

Energía solar disponible

La ciudad de Tapachula se encuentra ubicada a una latitud de 14.9°N y a una longitud de 92.3°E, a una altitud media de 171 msnm (INEGI, 2011). Cuenta con un nivel de irradiación mínimo de 5.46 kWh/m²/día en el mes de septiembre y una máxima de 7.21 kWh/m²/día en el mes de marzo. La humedad relativa promedio anual es de 66.4 % como se puede observar en la tabla 1 según la NASA.

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria	Radiación solar diaria	Velocidad del viento
	°C	%	KWh/m ² /d	MJ/m ² /d	m/s
Enero	25.8	54.30	6	21.6	6.4
Febrero	26.3	55.10	6.62	23.83	5.6
Marzo	26.7	58.30	7.21	25.96	4.6
Abril	27	64.70	7.2	25.92	3.6
Mayo	26.5	73.50	6.27	22.57	3.2
Junio	26.1	77.30	5.66	20.38	3.6
Julio	26.3	73.00	6.17	22.21	3.8
Agosto	26.3	73.40	6.18	22.25	4.3
Septiembre	25.6	78.30	5.46	19.66	3.8
Octubre	25.9	71.60	5.83	20.99	4.6
Noviembre	26.3	60.90	5.78	20.81	5.5
Diciembre	26.1	55.50	5.67	20.41	6.5
Anual	26.2	66.30	6.17	22.21	4.7

Tabla 1 Condiciones Climatológicas en Tapachula.

Necesidades energéticas

La necesidad o demanda energética (Junkers, 2008) requerida para calentar el agua es de ec. 1:

$$E = mCp\Delta T = 2900 kWh \quad (1)$$

Donde:

$$m = masa\ de\ agua = 250,000\ kg$$

$$C.p = calor\ específico = 0.00116\ kCal/kg^{\circ}$$

$$\Delta T = salto\ térmico = 10\ ^{\circ}C$$

Diagrama del proceso

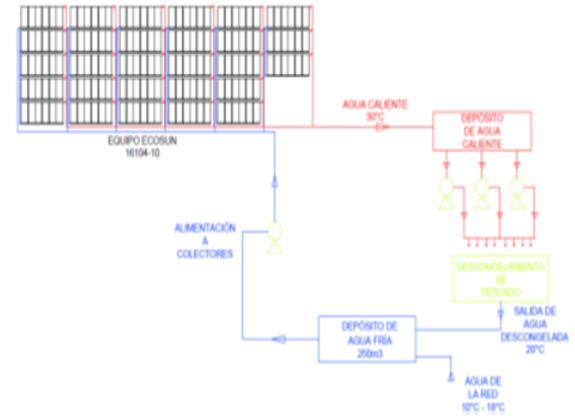


Figura 1 Sistema propuesto

El salto térmico es la diferencia entre la temperatura del agua de la red (Se consideró 20 °C) y la temperatura a la que se calentará el agua (30 °C). La necesidad energética representa la cantidad de energía que se requiere para calentar los 250 m³ de agua.

Parámetros de diseño

Parámetros de diseño	Valores
Temperatura agua deseada	30 °C
Temperatura ambiente	29.2 °C
Humedad relativa	66.3 %
Velocidad del viento	4.7 m/s
Agua a calentar	250 m ³

Tabla 2 Parámetros de diseño.

Rendimiento del colector empleado.

En este caso el colector a emplear será el modelo Ecosun® 16104-10 (Módulo solar, 2012), que tiene un área de captación de 3.8 m². La ecuación de rendimiento correspondiente al modelo, lo proporciona el “Florida Solar Energy Center” (Florida solar energy center, 2008) ec. 2

$$\eta = 0.94 * 0.873 - 0.01978 \left(\frac{T_m - T_a}{k * G} \right) = 80\% \quad (2)$$

Donde:

T_m
= temperatura media del agua deseada
= 30 °C

T_a = temperatura ambiente = 28.9 °C

G = irradiación promedio = 0.6 kW/m²

k = factor de corrección por inclinación
= 1.09

La ecuación de eficiencia será afectada por las pérdidas causadas por orientación e inclinación (Solarweb.net, 2006). Por lo anterior, es necesario afectar la irradiancia mediante el valor k y el valor de 0.94 correspondiente a días nublados u otros factores que afecten las condiciones.

La eficiencia del colector bajo las condiciones de la ciudad de Tapachula es del 80 %.

Características del Panel solar

Modelo Ecosun	16104-10
Tamaño Nominal cm	305x122
Longitud de Cabezal cm	128.3
Diámetro Exterior cm	4.8
Diámetro Interior cm	3.8
Área de Captación m ²	3.8
Peso Vacío kg	7.75
Peso Lleno kg	18.87
Peso Lleno m ²	5.54
Capacidad de Fluidos litros	10.98
Flujo Máximo l/min	37.8
Flujo Mínimo l/min	9.5
Flujo Recomendado l/min	15
Presiones Máxima de trabajo kg/cm ²	6
Presiones Recomendada de trabajo kg/cm ²	2.5

Tabla 3 Características del panel solar

Energía proporcionada por el colector

La energía proporcionada por el colector dependerá de la energía útil y del rendimiento del colector. La energía útil está en función del factor de corrección por inclinación y de la irradiación ec. 3. Considerando el mes de enero, la energía del colector es de:

M	Irradiación corregida (kWh/m ²)	Factor de corrección por inclinación (k)	Energía útil (kWh/m ²)	Irradiancia (kWh/m ²)	Rendimiento del colector	Energía proporcionada por el colector (kWh/m ²)	Superficie colectora (m ²)	No. Colectores
Enero	6.64	1.09	6.8	1.23	0.801	5.45	532.31	140.08
Febrero	6.94	1.06	6.92	1.43	0.816	5.65	513.58	135.15
Marzo	7.12	1.02	6.83	1.48	0.823	5.62	515.98	135.78
Abril	6.69	0.98	6.17	1.46	0.839	5.18	560.29	147.44
Mayo	5.61	0.94	4.96	1.19	0.824	4.09	709.76	186.78
Junio	5	0.93	4.37	1.06	0.739	3.47	836.1	220.03
Julio	5.47	0.94	4.83	1.05	0.805	3.89	745.47	196.18
Agosto	5.66	0.98	5.21	1.11	0.803	4.19	692.76	182.3
Septiembre	5.23	1.03	5.07	1.14	0.797	4.04	717.92	188.93
Octubre	5.93	1.07	5.96	1.41	0.8	4.77	608.25	160.07
Noviembre	6.26	1.11	6.53	1.45	0.804	5.25	552.6	145.42
Diciembre	6.35	1.11	6.62	1.55	0.789	5.23	554.55	145.93

Tabla 4 Resultado del estudio de los colectores

$$E = \left(6.8 \text{ kWh/m}^2\right) (80\%) = 5.45 \text{ kWh/m}^2 \quad (3)$$

Determinación de la superficie de captación

Conocido el rendimiento del colector y la energía proporcionada por el colector, se determina la cantidad de colectores necesarios:

$$m^2 = \frac{\text{Necesidad energética}}{\text{Energía colector}} = \frac{2900 \text{ kWh}}{5.45 \text{ kWh/m}^2} = 532.31 m^2 \quad (4)$$

No. Colectores = Superficie colectora (m²) /superficie útil de cada colector = 532.31m²/3.8m² ≈ 140 colectores

Por lo tanto, se necesitan 140 colectores en el mes de enero para cubrir la necesidad energética tomando en cuenta las condiciones climatológicas de la ciudad de Tapachula. Si empleamos el procedimiento anteriormente descrito para calcular el número de colectores a emplear en los diferentes meses del año, obtenemos los siguientes resultados (Tabla 4):

Costo con mínimo de colectores

Precio unitario de colector	\$ 4,188.25
Costo de 140 colectores	\$ 586,355.00
Equipo de bombeo	\$ 29,990.00
Tubería y accesorios	\$ 21,518.00
Costo estimado de instalación	\$ 205,224.00
Costo del proyecto	\$ 843,087.00
Rendimiento promedio	80%

Tabla 5 Costo mínimo de colectores

Costos considerando un promedio de colectores

Precio unitario de colector	\$ 4,188.25
Costo de 165 colectores	\$ 691,061.25
Equipo de bombeo	\$ 29,990.00
Tubería y accesorios	\$ 21,518.00
Costo estimado de instalación	\$ 241,871.40
Costo de proyectos	\$ 984,440.68
Rendimiento promedio	80%

Tabla 6 Costos considerando un promedio de colectores

Conclusiones

En la tabla 5 y 6 se proponen dos alternativas, la primera es considerando el mínimo de colectores de acuerdo a la energía proporcionada por el colector, condiciones de irradiación y de diseño (Tabla 4), y en la segunda es considerando un promedio de todos los meses del año en cuanto a la energía proporcionada del colector, como se puede ver en las Tablas 5 y 6, al incrementar del número de colectores se incrementa el costo de inversión un 15 %.

Actualmente para el descongelamiento del pescado se utiliza un sistema tradicional con caldera de vapor, utilizando combustóleo como elemento primario, por lo que los costos de operación son muy elevados.

En un sistema de calentamiento solar como el que se propone los costos de operación en cuanto a uso de combustibles fósiles es 0 %, la inversión inicial se puede amortizar a un periodo de no más de 10 años, buscando estrategias de inversión, como pueden ser fideicomisos, banco mundial, secretaría de economía, préstamos bancarios, etc.

El proyecto actualmente se encuentra en proceso de revisión por parte de los ejecutivos de la empresa, sin embargo, es necesario e importante implementar en el sector industrial el uso de sistemas fototérmicos que deben ser considerados no como una inversión, si no como elementos que contribuyen a mitigar el impacto ambiental hacia el medio ambiente al producir menos CO₂.

Referencias

- Florida solar energy center. (2008). *ORACLE*. Recuperado el 20 de Octubre de 2013, de
- INEGI. (2011). *Información por entidad*. Recuperado el 20 de Enero de 2013, de
- Junkers. (11 de Abril de 2008). *Frio y calor. Guia de instalacion de sistewmas solares*. Roberto Bosh España , S.LU. Bosh Termotecnica. Hnos, Garcia Nobilegas,19. 28037.Madrid. Recuperado el 20 de Febrero de 2013
- Junkers. (Enero de 2015). *Guia de instalacion de agua caliente sanitaria*. Roberto Bosch, España, S.A. Venta Termodinamica. Hnos, Garcia Nobilegas, 19.28037. Madrid.

Modulo solar. (2012). *Catálogo de productos.* Poli HEAT. Ecosun. Av. Atlacomulco136 Col. Acapantzingo, Cuernavaca, Mar. 62440. Recuperado el 12 de Enero de 2013,

Nacional, S. M. (s.f.). *SMN:EMAS.* Recuperado el 01 de Noviembre de 2013,

Planck, R. (s.f.). *El empleo del frío en la industria de la alimentación.* Reverte.

Solarweb.net. (2006). Recuperado el 4 de Junio de 2013, de <http://www.solarweb.net/forosolar/solar-termica/5277-climatizar-piscina-descubierta.html>

Vicente, A. M. (2009). *Energía solar térmica y de concentración, manual práctico de diseño, instalación y mantenimiento.* AMV.