



Title: Dimensionamiento de un sistema híbrido caldera — colector solar de tubos evacuados, para el descongelamiento de pescado. / Dimensioning of a hybrid system boiler - solar collector of evacuated tubes, for the defrosting of fish

Authors: OVANDO-SIERRA, Juan, CAMACHO-UC, Giovanni, HUCHIN-MISS, Mauricio and UC-RIOS, Carlos

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2022-01

BCIERMMI Classification (2022): 261022-0001

Pages: 11

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

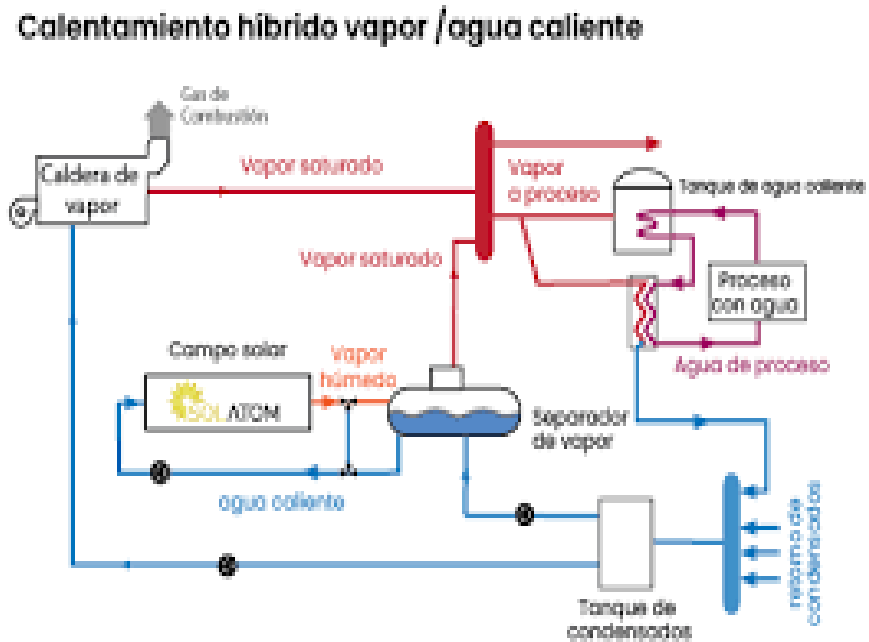
El sector pesquero, más conocido como industria pesquera, forma parte del sector primario, por lo que es una actividad económica importante en el mundo, al ser parte de la dieta del ser humano y de procesos industriales.

México cuenta con más de 11 mil kilómetros de litorales donde podemos pescar, los que nos lleva a la 17ª posición en producción pesquera en el mundo; asimismo, contamos con el 12 por ciento de la biodiversidad mundial y en los mares mexicanos habitan 2 mil especies endémicas.



Metodología

El procesamiento del pescado en las industrias requiere descongelarlo, esto se logra por medio de vapor sobrecalentado que se produce en una caldera la cual utiliza combustóleo como energía primaria, esto hace que aumente los costos de producción.



Este trabajo tiene la finalidad de diseñar un sistema de descongelamiento híbrido que sea eficiente, que reduzca los costos y aproveche la energía solar para el precalentamiento del agua. La finalidad del sistema es reducir el consumo de combustóleo aprovechando la energía térmica solar mediante tubos evacuados, para ello se analiza el sistema mediante la primera ley de la termodinámica. A partir de la reducción de consumo de combustóleo disminuirá la cantidad de CO₂ emitida al medio y a su vez los costos de producción.

Planteamiento del problema

En México la industria pesquera es de gran importancia, por ello, en el presente trabajo se propone el análisis de desempeño de un sistema termosolar híbrido (Caldera – Colectores Solares) para optimizar el suministro continuo de agua caliente que está integrado al proceso de descongelamiento, con el fin de potenciar el ahorro energético en los procesos de congelamiento-descongelamiento.



Una opción viable es el uso de energías renovables y se ha encontrado que la energía termosolar es usada en diferentes países en el sector industrial pesquero en aplicaciones de procesos de secado y calentamiento de agua, utilizando diferentes tipos de colectores solares en función de la capacidad de potencia térmica e intervalo de temperatura, para este caso se utilizará para el descongelamiento del pescado

Cálculo de la carga térmica del producto

Se calcula la cantidad de calor en los tres procesos del pescado, considerando los calores específicos por arriba ($C_{p\uparrow}$) y por abajo ($C_{p\downarrow}$) del punto de congelación, así como el calor latente de vaporización h_{fg} .

Con estos datos se determina la cantidad de calor necesaria mediante $Q = m C_p \Delta T$ para el calor sensible por arriba del punto de congelación
 $Q = m h_{fg}$ para el calor latente de vaporización

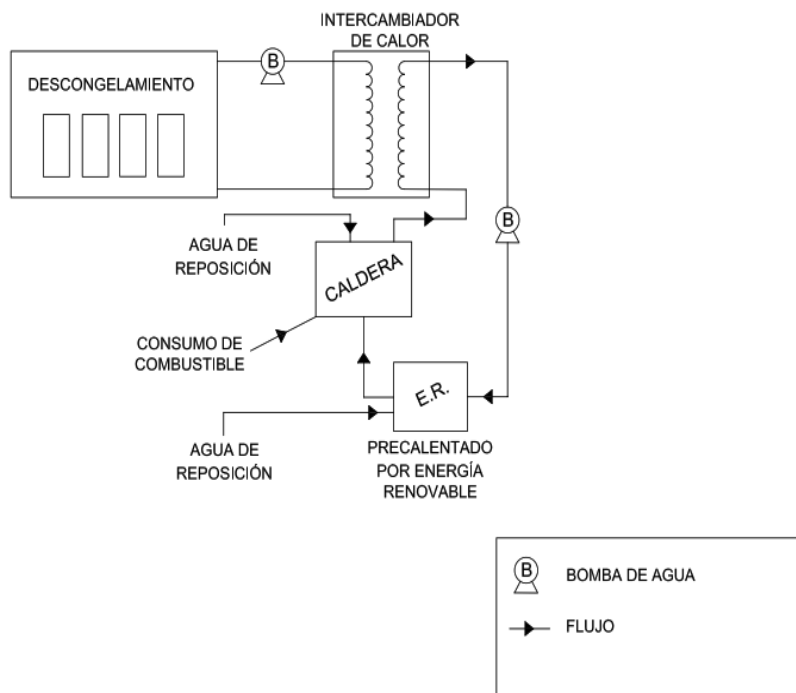
Q_1	256454.4 kJ
Q_2	33888.8 kJ
Q_3	4698400 kJ

Tabla 1 Cantidad de calor en los procesos del pescado *Elaboración propia*

Por lo tanto, se requiere 220,572.55 kJ/h de calor para poder descongelar el pescado y tener las condiciones adecuadas.



Configuración propuesta del sistema



En la figura 1 se representa gráficamente los componentes involucrados en el proceso de descongelamiento. En el cuarto de descongelamiento se encuentra el producto congelado, el cual es rociado con agua caliente mediante aspersores que conduce agua a 30 °C.

El agua retorna al depósito por decantación a una temperatura de 10 °C, posteriormente se vuelve a calentar en el intercambiador de calor, a través del contacto con tubos que pasan vapor que vienen de la caldera.

El intercambiador de calor sirve de apoyo para mantener el flujo de agua y tener las temperaturas correctas de descongelamiento, de manera que la temperatura del agua a la salida sea de 30 °C, se envíe hacia el pescado congelado y retorne al tanque del intercambiador a 10 °C.

Diseño del intercambiador de calor

El intercambiador de calor es de tipo abierto. Los tubos están sumergidos en agua para calentarla con el vapor de agua que llegan de la caldera.

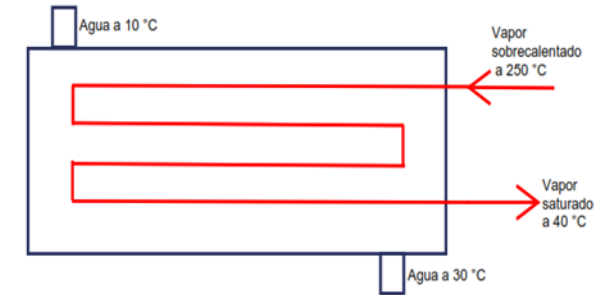
Se calcula los coeficientes convectivos del agua y del aire, a fin de determinar el coeficiente global de transferencia de calor

Considerando un intercambiador de calor de tubos en U, para un vapor a 250 °C con un calor latente del vapor $h_{fg} = 1716.2$ kJ/kg, la masa del vapor será

$$m = \frac{Q_{total}}{hfg}$$

Se determina la temperatura media logarítmica LMTD:

$$LMTD = \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{Ln\left(\frac{\Delta T1}{\Delta T2}\right)}$$



El área de transferencia de calor será

$$A = \frac{Q}{U * LMTD}$$

La longitud de los tubos del intercambiador

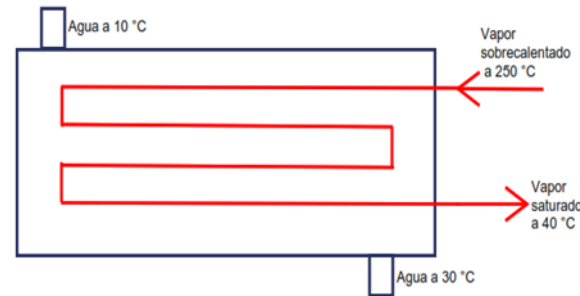
$$L = \frac{A}{\pi * d}$$

Se determina la caída de presión mediante la ecuación

$$\Delta P = 8 * jf * \left(\frac{\mu}{\mu m}\right)^{0.14} \left(\frac{L}{d}\right) \left(\frac{\rho * V^2}{2}\right)$$

Calculo del consumo de combustible

En este análisis se determina la cantidad de combustible que se requiere para descongelar las 20 toneladas de producto, para comparar lo que se ahorrará si se implementa la producción de calor con energías renovables.



$$Q_{vapor} = m_{vapor} (h_2 - h_1) = 46461.35 \frac{kJ}{hr}$$

$$\dot{m}_{combustible} = \frac{m_{combustible}}{\rho_{combustible}} * 1000$$

$$Costo_{diario} = Costo * producción$$

T_{ent}	40 °C
T_{sal}	250 °C
Eficiencia	90 %
$\rho_{combustoleo}$	920 kg/m ³
Poder Calorífico (LHV)	40,1664 kJ/kg
P_{ent}	120 kPa
P_{sal}	1176 kPa
h_1	2573.5 kJ/kg
h_2	2935 kJ/kg

Dimensionamiento del Sistema solar

La ciudad de Tapachula se encuentra ubicada a una latitud de 14.9 °N y una longitud de 92.3 °E, a una altitud media de 171 msnm. 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 (INEGI,2017).

Parámetros de diseño	Valores
Temperatura de agua deseada	30 °C
Temperatura ambiente	29.2 °C
Humedad relativa	66 %
Velocidad del viento	4.7 m/s
Agua a calentar	18 m ³

Tabla 7 Parámetros de diseño del colector solar *Elaboración propia*

El colector solar usado es el modelo SCSPV-15, sus características se muestran en la tabla 8

Colector solar	
Tamaño nominal (cm)	181x210
No. De tubos	15
Sistema integral	
Peso vacío (kg)	61.5
Peso lleno (kg)	211.2
Área de colección real (m ²)	2

El dimensionamiento del sistema requiere estimar la energía promedio que puede proporcionar cada colector en el mes crítico con base en el área de captación, para este caso se consideró una eficiencia promedio para tubos evacuados de 89% aunque se deben tomar en cuenta otros parámetros como la eficiencia óptica y el factor de remoción, además del valor de irradiación mínimo de 5.46 kWh/m² día (19656 kJ/m² día) por lo que la energía promedio que entregará cada equipo será:

$$E = 19656 \text{ kJ/m}^2 * 2 \text{ m}^2 * 0.89$$

Resultados

Por lo tanto, el total de colectores que conformará el sistema debe considerar la necesidad energética de manera que

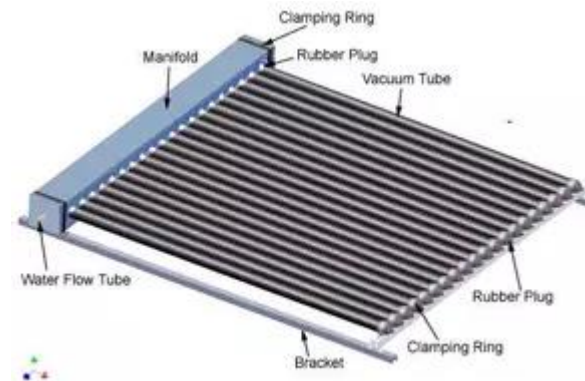
$$m^2 = \frac{\text{Necesidad energética}}{\text{Energía de colector}}$$

Lo que nos da un total de 143 colectores solares de tubos evacuados para cubrir la necesidad energética.

Empleamos un procedimiento para el empleo mínimo de colectores que se necesita para satisfacer la necesidad energética.

Precio unitario de colector	\$ 9,335.00
Costo de 143 colectores	\$ 1,334,905.00
Equipo de bombeo	\$ 187,645.00
Tubería y accesorios	\$ 90,000.00
Costo estimado de instalación	\$ 258.967.00
Costo del proyecto	\$ 1,796,837.00

Tabla 9 Capital requerido *Elaboración propia*



Conclusiones

En el descongelamiento de pescado se sigue usando un sistema tradicional de caldera de vapor que usa combustóleo y a su vez afecta el medio ambiente, de manera que los costos de operación son elevados. Ante ello una opción viable es el uso de energías renovables como la termo solar-híbrida, para disminuir los costos de operación del sistema, la reducción de la quema de combustibles fósiles, la mitigación de gases de efecto invernadero y cuyo periodo de amortización no es mayor de 7 años.

Es de gran importancia que las organizaciones empiecen a implementar energías renovables como la fototérmica, se favorece al medio ambiente debido a un menor producción de CO₂.



REFERENCIA

- Albizzati, E. (2016). Evaluación de la sustentabilidad de instalaciones solares con colectores de placa plana y tubos evacuados. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(3), 315-322. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.06>
- Çengel, Y. y Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa: Fundamentos y aplicaciones* (4a. ed.). México D.F.: McGraw Hill.
- Copeland, G. (s.f.). *Manual de refrigeración, parte 3 La carga de refrigeración*. Tlalnepantla, Estado de México.
- Fabre, R., Perlo, F., Bonato, P. y Teira, G. (2022). Estudio de mermas por descongelación en filletes de pollo. *Ciencia, Docencia Y Tecnología*, XV (28), 203–213.
- INEGI. 2017. Anuario Estadístico y Geográfico de Chiapas 2017. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094836.pdf
- Ovando, J., Huchin, M., Castillo, M. y Estrada, S. (2016). Diseño de un sistema de calentamiento solar para el descongelamiento de pescado. *Revista de Tecnología e Innovación* Septiembre, 3(8), 97–104.
- Xargayó, M., Fernández, E., Riera, B., García, M., Cabezas, A. y Lagares, J. (2021). Descongelación de alto rendimiento. Recuperado de https://www.redalimentaria.com/blog/descongelacion-de-alto-rendimiento_7537
- Venegas, E., Jaramillo, O., Rodríguez, N., Sosa, F. y Domínguez, I. (2015). *Herramienta para el Dimensionamiento de Sistemas Solares para Generación de Calor en Procesos Industriales*.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)