

Aplicación de la energía solar térmica para la reducción del consumo eléctrico en un sistema de calentamiento de agua sanitaria industrial

Alex Ramires¹, Jorge Cavalchini², Andres Carballo³, Norberto Odobez⁴ (*)

RESUMEN: El creciente aumento de los costos de la energía por medio de combustibles fósiles, el impulso en el país de la Energías Renovables y la Generación Distribuida hacen considerar a las empresas la sustitución de las primeras por las alternativas tecnológicas disponibles de energías renovables. El objetivo de este trabajo fue reducir los costos y el impacto ambiental en el calentamiento del agua sanitaria del edificio administrativo, vestuarios y comedor de BAYER ZARATE, realizado con energía eléctrica, por medio de colectores solares térmicos de tecnología de tubo de vacío. Este proyecto se enmarcó en una Práctica Profesional Supervisada - UTN en industria, obligatoria en el último año de la

carrera. La tutoría fue realizada por el Centro CEA y el Departamento de Ingeniería Mecánica, resulta de sumo interés este formato ya que hace interactuar la investigación y docencia con la industria en forma directa. Para la primera etapa del proyecto se realizó el diseño de forma convencional y una comparativa utilizando TRNSYS18; concluyendo, se instalaron seis unidades de 30 tubos cada una, superficie de apertura de 17m². Resultando un ahorro anual en energía eléctrica de 16374kWh, que corresponde al 30% del total, amortización 10 años y dejar de emitir un total de 8,762tn/CO₂ por año.

Palabras claves: Energía solar térmica, ahorro de energía, simulación, concientizar.

(*) e-mail: odobezn@frd.utn.edu.ar

1 Alumno Departamento Ingeniería Mecánica, Facultad Regional Delta - UTN, ramires.alex1@gmail.com

2 Director Departamento Ingeniería Mecánica, Facultad Regional Delta - UTN, jcavalchini@frd.utn.edu.ar

3 Investigador Centro CEA, Facultad Regional Delta -UTN, acarballo@frd.utn.edu.ar

4 Director Centro CEA, Facultad Regional Delta -UTN, odobezn@frd.utn.edu.ar

ABSTRACT:

he growing increase of the costs of the energy by means of fossil fuels, the impulse in the country of the Renewable Energies and the Distributed Generation make consider to the companies the substitution of the first for the available technological alternatives of renewable energies. The objective of this work was to reduce the costs and the environmental impact in the heating of the sanitary water of the administrative building, changing rooms, bathrooms and canteen of BAYER ZARATE, made with electrical energy, by means of thermal solar collectors of vacuum tube technology. This project was framed in a Supervised Professional Practice - UTN in industry, mandatory in the last year of the race. The tuto-

ring was carried out by the CEA Center and the Department of Mechanical Engineering. This format is of great interest as it makes direct interaction between research and teaching with the industry. For the first stage of the project, the design was carried out in a conventional manner and a comparative one using TRNSYS18; concluding, six units of 30 tubes each were installed, opening area of 17m². Resulting in an annual saving in electricity of 16374kWh, which corresponds to 30% of the total, amortization 10 years and stop issuing a total of 8,762tn/CO₂ per year.

Keywords: Solar thermal energy, energy saving, simulation, make aware

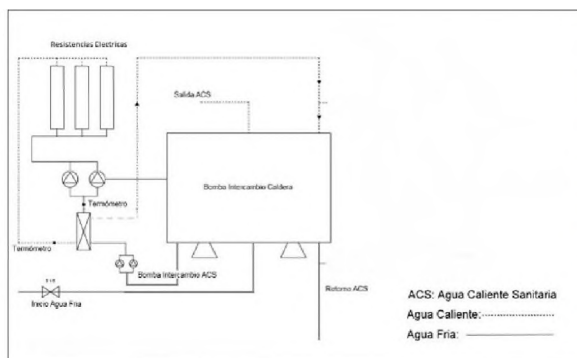


Figura 1: a) Plano de la instalación del circuito de resistencias. b) Edificio caldera

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo fue reducir los costos y hacer un aporte al medioambiente, en el calentamiento del agua sanitaria del edificio administrativo, vestuarios y comedor de BAYER ZARATE, cubriendo parte de esta demanda de calor por medio

del aporte de agua caliente con colectores solares térmicos.

INSTALACIÓN ACTUAL

La instalación está formada por un tanque, aislado, de 4500 lts. de agua la cual se calienta mediante un circuito cerrado de 3

resistencias eléctricas, con una potencia total instalada de 36.000 Watts. El tanque se encuentra en un recinto ubicado en el edificio administrativo de Bayer Cropscience Planta Zarate; Latitud: -34,07, Longitud -59,05. Ver Figura 1 a) y b).

Condiciones iniciales de cálculo

Al no contar con instrumentos que permitan determinar cuánto tiempo están funcionando las resistencias eléctricas ni cuánto es su consumo y tampoco con un medidor de caudal para determinar la cantidad de agua consumida. Se debió realizar un análisis para el cálculo de los colectores considerando como punto de partida las estimaciones de consumo de agua y por ende el consumo eléctrico para calentar dicha

agua, teniendo en cuenta los horarios de uso específico de la misma.

Se parte entonces de considerar: El uso principal es para la ducha de aproximadamente 80 personas por día, en 3 turnos (mañana, tarde y noche). El valor asumido de 50 litros por persona, que excede el mencionado en (1) de 30 litros por persona para vestuarios/duchas, es debido a que se estimó un consumo adicional de agua caliente en los baños y en el comedor de planta, que también prevé el sistema. Con un valor de temperatura de almacenamiento de 45°C de diciembre a marzo y de 60°C para el resto del año. En tabla 1 se preestablecen los parámetros de radiación local (2), temperatura del agua de provisión en la localización del proyecto (3), utilizados para el cálculo.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura agua de provisión °C	22	22	18	16	16	12	12	12	16	16	18	22
Radiación solar horizontal kWh/m2día.	6,50	5,50	4,50	3,00	2,50	2,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	6,50

Tabla 1 – Datos de temperatura ambiente, temperatura del agua y radiación promedio mensual

Los datos climatológicos y de radiación solar para la región se corroboraron con los arrojados por la estación meteorológica que tiene instalada la Facultad Regional Delta en su centro CEA: <http://meteo.frd.utn.edu.ar/> distancia del proyecto 30Km.

CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Para calcular la Energía requerida en cada época del año para llegar a la tempe-

ratura deseada y en función de su uso, se utilizarán los siguientes datos: Cantidad de Personas 80, Consumo de Agua Caliente Sanitaria por Persona 50L/día. Necesidad de agua caliente total 4000L/día, dividida en dos períodos uno nocturno 2500L/día y otro diurno de 1500L/día. Se realizó el cálculo de la energía necesaria mes a mes aplicando $Q = m \times C_e$

($t^{\circ}f - t^{\circ}i$), con Q [Kcal], $m=1\text{kg}$ agua \approx 1lts agua y $C_e=1 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$; luego pasados a MJ. ver Tabla 2: columnas 1,2 y 3.

	1	2	3	4	5
	Necesidades energéticas Diurna MJ/mes	Necesidades energéticas Nocturna MJ/mes	Necesidades energéticas Total MJ/mes	Energía disponible al mes MJ/m ²	Energía solar total MJ/mes
Enero	3610,47	6017,44	9627,91	382,90	6509,32
Febrero	3177,21	5295,35	8472,56	323,23	5494,90
Marzo	6593,02	10988,37	17581,40	353,81	6014,70
Abril	6630,70	11051,16	17681,86	260,76	4432,88
Mayo	6906,98	11511,63	18418,60	248,07	4217,26
Junio	7233,49	12055,81	19289,30	184,40	3134,80
Julio	7534,88	12558,14	20093,02	178,51	3034,61
Agosto	7534,88	12558,14	20093,02	246,55	4191,38
Septiembre	6630,70	11051,16	17681,86	284,01	4828,22
Octubre	6906,98	11511,63	18418,60	324,58	5517,88
Noviembre	6329,30	10548,84	16878,14	332,25	5648,31
Diciembre	3466,05	5776,74	9242,79	348,53	5924,95
TOTAL ANUAL	72554,65	120924,42	193479,07	3467,60	58949,26

Tabla 2. Valores de necesidades energéticas, energía disponible, energía solar

SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR

Calculo de Energía Solar promedio en el año

A partir de la radiación solar horizontal incidente, Tabla 1, se aplica a este valor el Factor de corrección mensual por inclinación del panel (4), que para nuestro caso es 10 grados más que la latitud, esto es 45° y con orientación hacia el NORTE, obteniéndose un valor corregido de la energía incidente en kWh/m²día, luego se pasan a MJ/m²día, se multiplica por el rendimien-

to del colector, obtenido por datos del fabricante y ajustados por temperatura ambiente, temperatura del agua e irradiancia solar dando un promedio del 80% y por los días del mes se obtiene la energía disponible al mes por m², valores de la Tabla 2 columna 4.

Calculo de la cantidad de colectores necesarios

Para el cálculo de la cantidad de colectores necesarios, se buscó entre los proveedores locales varias alternativas y se decidió por el tipo de colector Marca Apricus

de 30 tubos de tecnología de Heat Pipe, con un área de apertura de 2,84m² (5). La cantidad de colectores solares se calcula dividiendo las necesidades energéticas Diurnas en MJ/mes por la energía disponible al mes en MJ/m², obteniéndose los metros cuadrados de colectores necesarios: 20,92 m², que, divididos por el área de apertura del panel elegido, se obtiene la necesidad de 7,37 equipos. Dado la estructura de montaje para esta primera etapa se colocan 6 equipos, por lo cual la energía disponible al mes MJ/m² será la que se muestra en la columna 5 de la tabla 2, lo que hace a un total 16374 KWh y corresponde una cobertura del 81,24% de lo necesario para el período diurno. Tomando en cuenta el total de la energía necesaria para los dos periodos, es decir consumo de todo un día, este porcentaje de cobertura sería del 30%.

ANÁLISIS DE REDUCCIÓN EN LA EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO

Para calcular este dato se utilizó el factor de emisión de la red eléctrica Argentina (6), que nos dice cuántas toneladas de CO₂ estamos emitiendo en nuestro país por cada MWh que generamos; para el año 2016 fue de 0,535 tCO₂/MWh. En nuestro proyecto los 16374 KWh ahorrados, arroja un valor de reducción de 8,762tn/CO₂ por año.

ANÁLISIS DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

Considerando un costo de la energía eléctrica de 1,33\$/Kwh (05/03/18) y un porcentaje de aumento anual del 20%, equivale a un retorno de la inversión de 10 años.

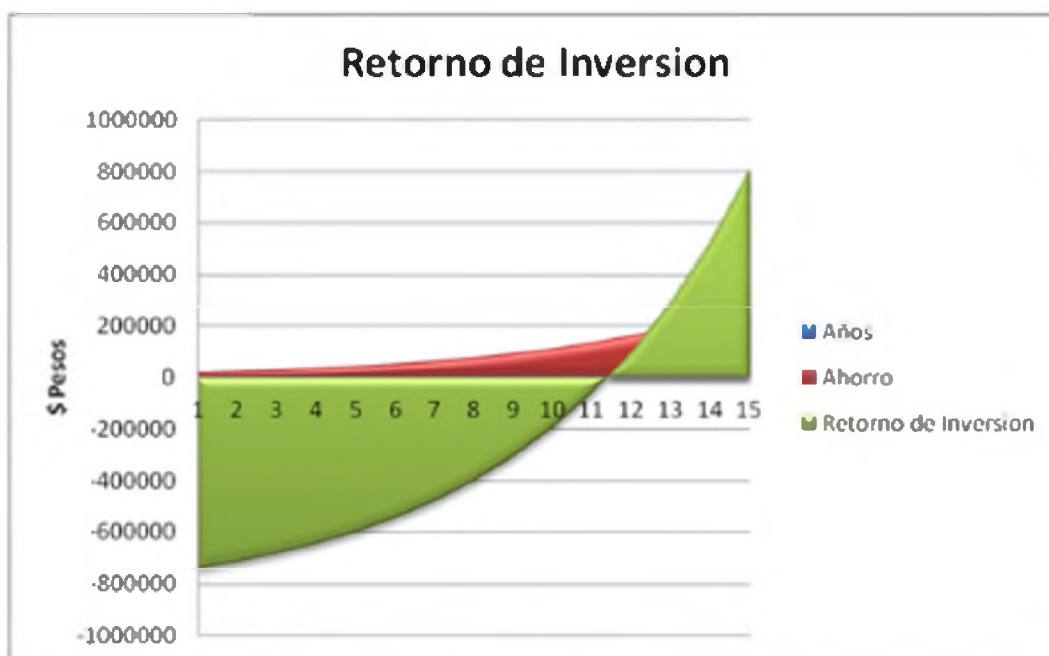


Figura 2 – Retorno de inversión

COMPARACIÓN CON LA SIMULACIÓN CON TRNSYS18

Mediante el software de simulación Trnsys18 (7) se comprobaron los cálculos realizados anteriormente. En un principio se modelo el caso base, es decir, el calentamiento de agua a través de las resistencias eléctricas. Obteniendo como resultado la energía anual demandada por el sistema, ver esquema en la Figura 3.

Luego a dicho modelo se le agrego el sistema de colectores solares y se obtuvo así la energía anual aportada por los colectores solares, ver esquema en la Figura 4.

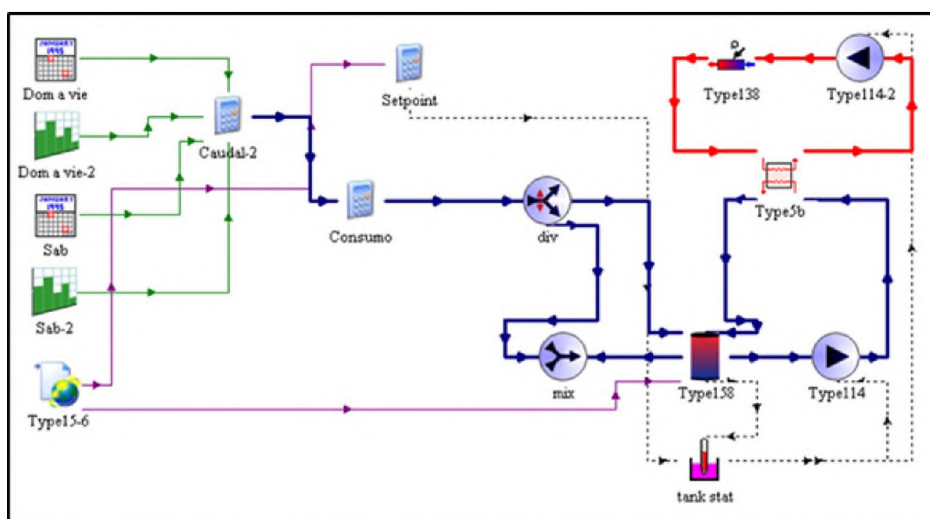


Figura 3 – Esquema de simulación en TRNSYS caso base, solo resistencias

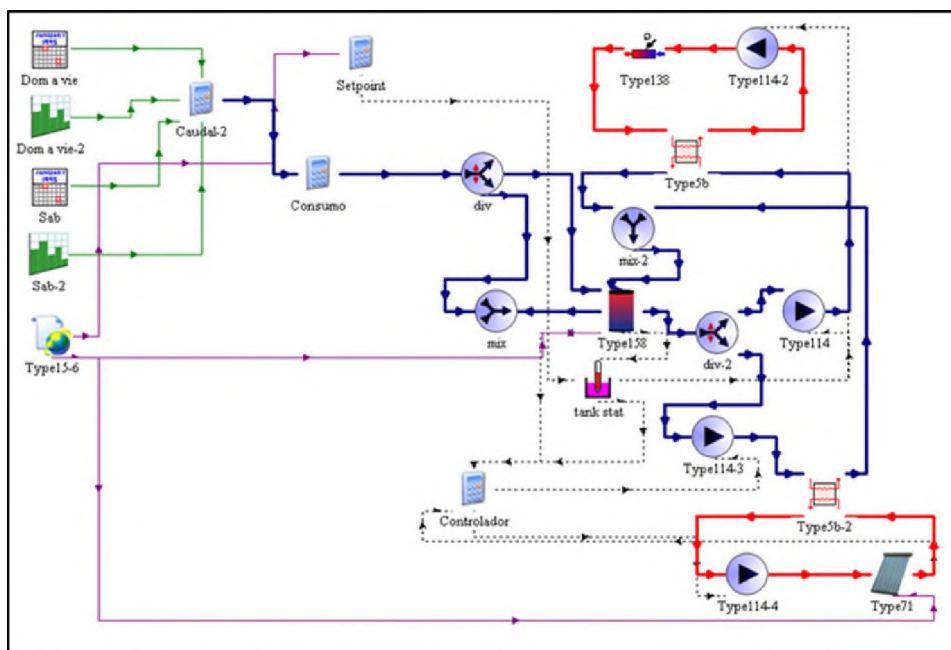


Figura 4 – Esquema de simulación en TRNSYS caso resistencias y paneles solares

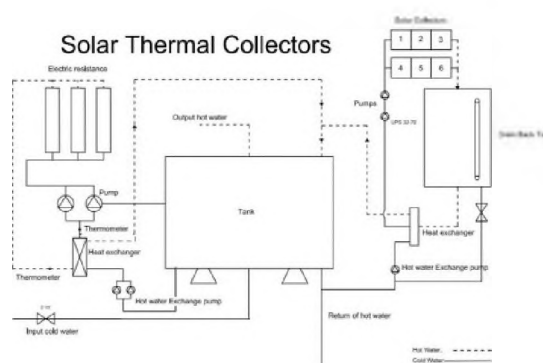
Como puede observarse en la Tabla 3, los valores de energía difieren de los calculados en forma convencional debido posiblemente a los estados transitorios y variables climáticas que el software tiene en cuenta para realizar los cálculos.

Energía anual demandada (MJ)	204453	MJ
Energía anual aportada por los colectores (MJ)	49983	MJ
Porcentaje de sustitución	23	%

Tabla 3 – Datos simulados por el TRNSYS 18



Figura 3 a) Instalación terminada



b) Esquema del sistema definitivo resistencias-colector solar

CONCLUSIÓN

Se logró un ahorro anual en energía eléctrica de 16374kWh, que corresponde al 30% del total consumido, con un período de amortización de 10 años y dejar de emitir un total de 8,762tn/CO2 por año. Además, este proyecto es un punto de partida para la empresa, en cuanto a la utilización y concientización sobre el uso de Energías Limpias y un incentivo para la realización de futuros proyectos con Energías Renovables.

BIBLIOGRAFÍA

(1) Norma UNE 94002:2005

- (2) ATLAS DE ENERGÍA SOLAR DE LA REPÚBLICA ARGENTINA H. Grosi Gallegos Raúl Righini, Primera edición: mayo de 2007, ISBN: 978-987-9285-36-7
- (3) Fuente: NASA ASDC
- (4) Instalaciones de energía solar. Tomo II Tabla 6 pag.: 24, CENSOLAR España.
- (5) Solar Water Heater - Solar Hot Water Solutions by Apricus. www.apricus.com
- (6) Cálculo del Factor de Emisión de CO2 de la Red Argentina de Energía Eléctrica <https://datos.minem.gob.ar/dataset/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>.
- (7) <http://www.trnsys.com>