



Universidad Nacional de La Matanza

Unidad Académica donde se encuentra acreditado: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Código: C2-ING-007

Título del Proyecto: Validación Experimental de un Modelo de Optimización del Diseño de Colectores Solares Planos

Programa de Investigación: CyTMA2

Director del proyecto: DIAZ, DANIEL OSCAR

Co-Director del proyecto: FAUROUX, LUIS ENRIQUE

Fecha de inicio: 2013/01/01

Fecha de finalización: 2014/12/31

Integrantes del proyecto:

BLANCO, GABRIEL ESTEBAN; CASTILLO, DOMINGO ANTONIO; DEGAETANI, OMAR JORGE; MARTIN CAMPO, FEDERICO LUCAS; JARA, DAVID E. MAROTTA, LUCIANO DANIEL RICARDO

Resumen del Proyecto:

En un proyecto anterior se desarrollo un modelo de optimización del diseño de colectores solares planos, para el algoritmo no lineal se utilizo el soft GAMS (General Algebraic Modelling System), se obtuvo un buen resultado teórico ya que al aplicarlo a paneles preexistentes en teoría se mejoraría el rendimiento. En este proyecto se prevé la validación del modelo empleado, para ello se contrastará el rendimiento en forma experimental de un panel estándar con un panel modificado de acuerdo al modelo de optimización de diseño realizado. Por otro lado se estudiará la normativa que rige el uso de los paneles solares en la zona de influencia de la Universidad.

Palabras claves:

Validación, diseño, optimización, colectores, solares

Área: Ingeniería Industrial

Código Área: 2000

Disciplina: Mejoramiento de diseño

Código Disciplina: 2099

Campo de Aplicación: Mejoramiento de diseño

Código Campo de Aplicación: 2099



Resumen del Proyecto

En las últimas décadas se ha incrementado el uso de las energías renovables, debido a que los principales recursos energéticos que utilizamos (el carbón, el petróleo y el gas natural) son limitados y, por lo tanto, pueden agotarse. Además, la utilización de estos últimos recursos provoca un gran impacto ambiental en la biosfera al contaminar el aire, el agua y el suelo.

Las energías renovables como la oceánica, geotérmica, hidroeléctrica, biomasa, biocombustible, solar y eólica han crecido en los últimos tiempos, según las inversiones en este tipo de energías a nivel mundial se han incrementado en un 32% desde el 2009 hasta el 2010. Mientras Europa y Estados Unidos acaparan la mayor parte de la inversión Latinoamérica a crecido a una tasa TCAC del 70%, las mayores inversiones se captan en Brasil, sin embargo, a partir del 2010 un grupo de países ha comenzado a captar inversiones, incluyendo la Argentina, México, Chile y Perú [9].

La Argentina en el año 2011 cuenta con 553MW de energía renovable instalada, siendo el 77% de Energía MiniHidro, el 12% de Eólica y los restantes de Biomasa, la mayoría de estos proyectos se realizaron en el siglo XX, antes del año 2001, cuando aún estos tipos de energías no eran consideradas como renovables. Las Provincias que tienen mayor capacidad de energía renovable instalada son Córdoba, y le siguen Mendoza, Salta y Tucumán. Sin embargo, a partir del 2001 las Provincias con mayor inversión en energías renovables han sido Santa Fe y San Juan [9]. A partir del año 2010 se aprobaron 32 proyectos que forman parte del programa GENREN (Generación de Renovables), solo 4 tecnologías fueron aprobadas: Eólica (754MW), Térmica con Biocombustible (110MW), Minihidro (11MW) y Solar Fotovoltaica (20MW), lo cual dará al país un total de 895MW adicionales [10], Si bien se buscaba hasta 25MW de energía solar térmica de concentración, no se presentó ninguna oferta para este tipo de tecnología. Existen dos proyectos de gran escala utilizando tecnología de concentración solar siendo desarrollados en Argentina. Ambos son de 25 MW y están ubicados en San Juan y La Rioja. Si bien existe una cantidad considerable de fabricantes de baja escala de esta tecnología a nivel nacional, uno de los mayores inconvenientes que retrasa su incorporación masiva al MEM es la falta de una regulación específica para la industria, así como también un régimen de promoción. Si bien la Ley 26.190 menciona específicamente beneficios de \$ 0,015 adicionales por kWh para quienes generen electricidad a través de la energía eólica, minihidro, geotérmica, mareomotriz, biomasa y biogás y de \$ 0,9 por kWh en el caso de los emprendimientos de energía solar fotovoltaica, no se menciona en ningún apartado a la solar térmica. A nivel provincial, sólo la provincia de Buenos Aires dispone de la Ley 13.059/03 que exige el uso de sistemas de agua caliente solar en todo edificio público y viviendas que no cuentan con gas natural de red junto al uso de la energía solar térmica para calefacción. Según la Fundación Bariloche el potencial de uso de la energía solar térmica de baja potencia para el calentamiento de agua, asciende a 1.620.000 m² correspondiendo 230.000 m² al sector industrial, 500.000 m² al sector comercio, servicio y público y 890.000 m² al sector residencial. Si hablamos del uso de esta tecnología aplicada a la calefacción, el potencial estimado por la Fundación alcanza 1.070.000 m² de superficie de captadores.

Como se observa en la Argentina el desarrollo de la energía solar térmica no está muy difundido, por lo cual en esta investigación propone un mejoramiento en la tecnología de este tipo de energía, mejorando el diseño con lo cual aumenta el rendimiento del dispositivo, lo que lleva a un ahorro energético.

El modelo de optimización del diseño considerando ubicación geográfica (estableciendo la radiación real que corresponde a una zona determinada) y la energía necesaria en base al destino de la misma (energía para calentar casa, MiPyME o una pileta), se ha establecido en forma teórica en una investigación anterior (proyecto C2 – ING – 004 “Modelización de Diseño de Colectores solares Planos”), obteniendo resultados teóricos que muestran un mejor

rendimiento [1]. En esta investigación se propone la validación experimental del modelo y de ser necesario plantear los arreglos correspondientes en el modelo teórico para que se ajuste a la realidad. Para llevar a cabo esta tarea se propone, estudiar los antecedentes de validación de otras experiencias, en base al estudio se fijarán las variables a medir para obtener el rendimiento de la placa colectora solar, se contrastarán los valores de rendimiento de un colector estándar con un colector optimizado. Por otro lado, se estudiará las leyes existentes en la Argentina con relación a las energías renovables con especial atención en la energía solar, con miras a realizar en un futuro una propuesta para incentivar el uso de este tipo de energías en el país y particularmente en la zona de influencia de la Universidad.

Memoria descriptiva

Se comenzó estudiando el modelo desarrollado [Fauroux-2012] y se lo comparó con la bibliografía referida al dimensionamiento de instalaciones de colectores solares planos [Fahrny-2010] y a los mecanismos de transferencia de calor por radiación, conducción y convección [Dagdougui-2011] y [Khatib-2012]. Este análisis se realizó con el objeto de conocer los antecedentes en diseño y optimización de colectores solares planos, siendo los integrantes en formación los principales beneficiarios de este proceso.

Desde el punto de vista del estudio de antecedentes experimentales se han realizado una recopilación y estudio de la bibliografía existente, con lo cual se ha llegado a las siguientes consideraciones.

Desde el punto de vista de datos de entrada en relación a la energía solar que llega en cuanto a la ubicación geográfica se ha obtenido un mapa de radiación solar, del mismo no se desprende un valor para uso diario. Por otro lado, los datos que brindan las estaciones meteorológicas más cercanas (aunque se encuentran a 20km de la Universidad) muestran que los valores son dispersos (Figura 1),

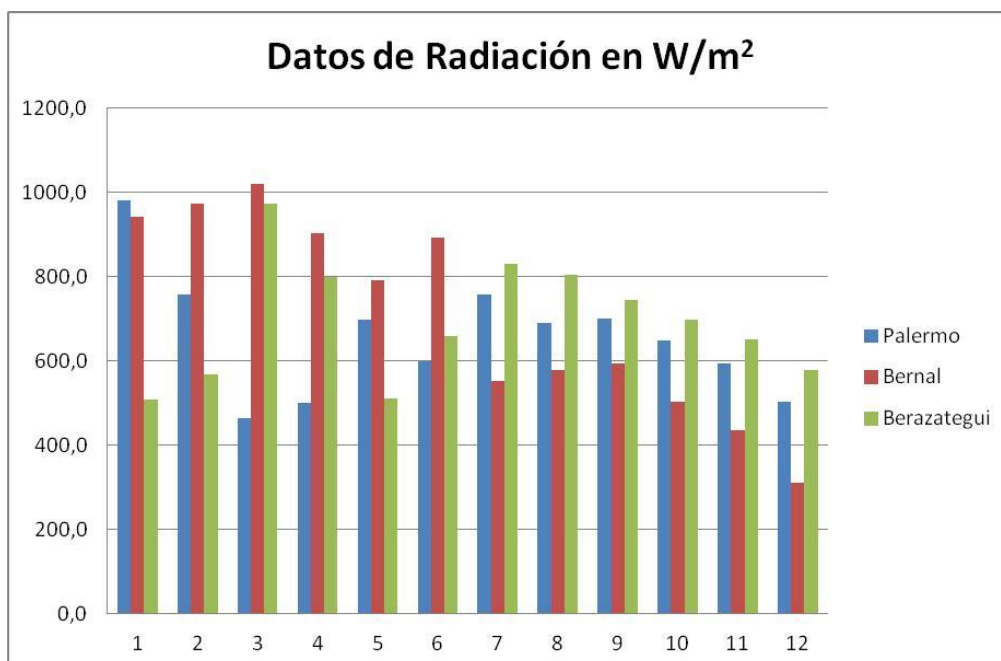


Figura 1

En la Figura 1 vemos, por ejemplo, que para un mismo día y a la misma hora la radiación solar medida fue: Parque Avellaneda 1108 W/m², Villa Ortuzar 777 W/m², y Palermo (AySA) 879 W/m², por lo tanto se estudia la



posibilidad de la adquisición de una estación meteorológica que servirá no solo para poder tener valores adecuados para la entrada de datos, sino que servirá para distintas asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil (Instalaciones termo mecánicas, Hidrología y Obras Hidráulicas I y II, Diseño Arquitectónico Planeamiento y Urbanismo I y II), como así también para posibles investigaciones que se verán favorecidas por poder contar con datos meteorológicos correspondientes a la zona de la Universidad. El uso de los valores diarios de radiación permitirá conocer la evolución del rendimiento de una forma más confiable. De esta forma también se podrá comprobar si es correcta la estimación, durante un cierto período de tiempo, del rendimiento promedio respecto de la radiación solar media en dicho lapso.

Desde el punto de vista de la optimización de colectores, luego de haber estudiado diversos colectores en el mercado y en base a sus características se ha decidido comprar 2 (dos) colectores planos estándar, uno de los cuales se mantendrá como patrón de comparación, mientras que al segundo se le podrá el alterar su cubierta transparente, el fluido caloportador, la parrilla (y su configuración). La posibilidad de cambiar cada una de las variables o todas en su conjunto se tomará al momento de contar con los colectores en su lugar de montaje. El objetivo es analizar el rendimiento y si su comportamiento es predecible mediante el modelo desarrollado. Para ello se decidió que, una vez montados los colectores, se cerrará el circuito del fluido caloportador sin pasar por el tanque de almacenamiento. El motivo de esta decisión está fundamentado en la influencia de la masa del agua a calentar sobre las temperaturas que se pretende medir y de las que resultará la curva de rendimiento, además diferentes autores [Planell-2010] , [Horta-2008] y [Osório-2012] han planteado el análisis de rendimiento a partir de de estados estacionarios y cuasi dinámicos, los resultados que obtuvieron concluye que el estado estacionario da un valor muy próximo del rendimiento real, y que los valores del estado cuasi dinámico están dentro del rango obtenido por el análisis del método estático . Los datos que se tendrán que medir serán Temperatura, Caudal y Presión, para ello se adquirirán sensores de temperaturas que se colocarán a la entrada y salida de los colectores, sin olvidar que se trata de un circuito de circulación por convección natural. Hasta el momento no han sido girados los fondos para la compra del equipamiento, por lo cual la investigación lleva 6 meses de atraso.

Desde este último punto de vista se ha mantenido algunas charlas informales con el CEAMSE, con un grupo que se encuentra en la localidad de Villa Dominico, de las charlas se ha realizado un asesoramiento sobre los diferentes modelos de energía solar térmica para el armado de una pequeña central que posibilite el suministro de energía de una casa o un edificio. Por otro lado, nos encontramos en las charlas iniciales con una empresa del Partido de La Matanza, con la intención de poder transmitir los resultados de la experiencia.

Desde el punto de vista de la legislación de energías renovables, se ha leído sobre la legislación existente en el extranjero. Por otro lado en la Universidad se ofrecieron las becas de investigación científica y las becas de desarrollo tecnológico y social UNLaM, dentro de las mismas este grupo de investigación cuenta con 3 becarios con BIC (Beca de Investigación Científica) los beneficiados son: Sr. Fernando Martín Campo y Sr. Luciano Marotta, estudiantes de Ingeniería Industrial y Civil respectivamente, estos estudiantes trabajan sobre el armado de un Colector Solar Económico y el protocolo de instalación del mismo, el tercer becario es el Sr. David Jara, estudiante de Ingeniería Industrial, que trabajara sobre el armado de Colectores Solares comerciales. A los efectos de validar el mencionado modelo se decidió optimizar un colector cuya cubierta transparente fuera de acrílico. Se colocaron los datos correspondientes en el modelo, se restringió los valores de transmitancia y emisividad a los materiales conocidos. Se ejecutó el modelo para los distintos materiales potencialmente disponibles y se obtuvo como mejor opción el cristal selectivo con transmitancia igual a 0,95 y emisividad de 0,01. Así se colocaron dos colectores de igual construcción en paralelo, uno con la cubierta de acrílico y otro con la cubierta de cristal, ambos

colectores se montaron sobre la caja de ascensores del comedor universitario de la UNLaM (Figura 2). La cubierta transparente del segundo colector fue reemplazada entonces por cristal selectivo (Figura 3), mientras que se mantuvo la cubierta de acrílico cristal del colector (standard) a optimizar.



Figura 2



Figura 3

Debajo de uno de los colectores se colocó, al abrigo de las lluvias, una caja hermética conteniendo los sistemas de almacenamiento de datos (Figura 4), con sus correspondientes sensores. Los mismos se ubicaron, dentro de vainas de cobre en la parte superior del circuito de cada colector (Figura 5).



Figura 4



Figura 5

Para la verificación del modelo se analizó el rendimiento del colector standard y el del mejorado, por ello se decidió que una vez montados los colectores, se cerrara el circuito del fluido caloportador sin pasar por el tanque de almacenamiento. El motivo de esta decisión está fundamentado en la influencia de la masa del agua a calentar sobre las temperaturas que se pretende medir y de las que resultará la curva de rendimiento. Se realizaron varias campañas de toma de datos, cada una con duración de hasta cuatro días adquiriendo los registros de temperaturas. En primera instancia los datos recolectados fueron utilizados como parámetros a fin de ajustar el montaje realizado, su llenado, colocación de las sondas, fijaciones auxiliares, etc., a fin de que ambos colectores funcionen en régimen estacionario comparable, quedando así establecidos los parámetros que corresponden a las instalaciones, e indicados en la Tabla 1

Fluido refrigerante	Volumen	Densidad	Masa	Calor Específico
Agua / Propilenglicol	684,1 cm ³	1,046 g/cm ³	715,57 g	1,26 cal / (g.°C)
Placa Absorvedora	Cobre	Absorvancia	Emisividad	Area efectiva
		0,95	0,05	1,73 m ²
Tubos	Diámetro interno	Espesor	Separación	Separación
	8 mm	0,9 mm	96,5 mm	96,5 mm
Cubierta Transparente		Transmitancia	Transmitancia en el infrarojo	
Acrílico Cristal		0,92	0,1	
Cristal Selectivo		0,95	0,01	

Tabla 1

El calor útil es el calor absorbido por la masa de agua (m_{fluido}) y que se calcula mediante la ecuación 1

$$Q_u = m_{fluido} \cdot C_{p_{fluido}} (dT/dt), \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo $C_{p_{fluido}}$ la capacidad específica del fluido y dT/dt la variación de temperatura del fluido a través del tiempo.

El calor absorbido por el colector está dado por la incidencia de la radiación global sobre el área del colector, y se verá afectado por las características de la cubierta, como se observa en la ecuación 2

$$Q_{abs} = H_T \cdot A_C \cdot (\tau\alpha) \quad \text{Ecuación 2}$$

El rendimiento de los colectores solares comerciales se basa en la siguiente expresión [8]:

$$\eta = Fr \cdot (\tau\alpha) - Fr \cdot U_L \cdot \frac{T_{fi} - T_a}{H_T} \quad \text{Ecuación 3}$$

En ella U_L es el coeficiente global que representa las pérdidas de calor. La cantidad de energía solar incidente es H_T , y debido a las condiciones externas se tienen las siguientes variables, la temperatura ambiente T_a , y las características del material (transmitancia de la cubierta y absorvancia de la placa). La resolución de esta expresión comercialmente se hace por medio de gráficos, como el de la Figura 6

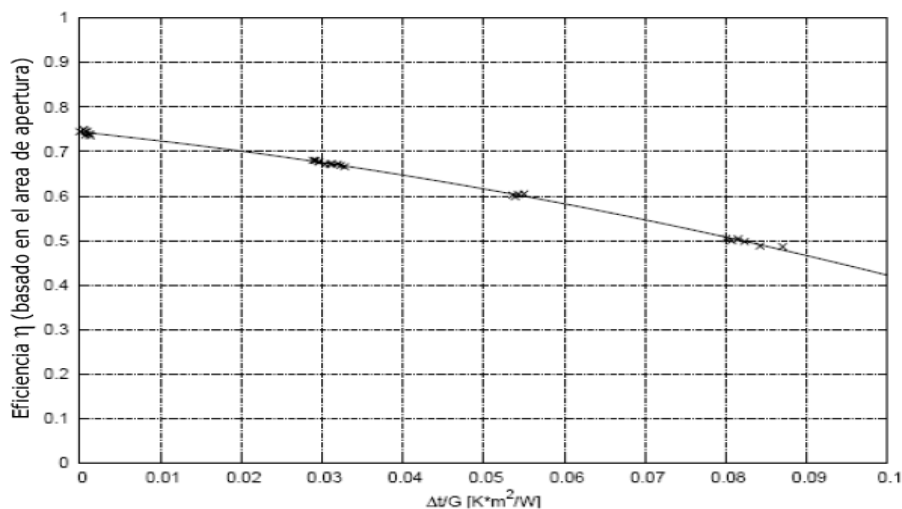


Figura 6 - Curva de rendimiento de un colector solar plano

Para obtener el rendimiento del gráfico es necesario entrar por las abscisas del mismo con los siguientes datos: la diferencia entre la temperatura media de la placa T_m y la temperatura ambiente T_a , y la radiación solar incidente G (H_T). Para el colector optimizado entonces, esta curva puede obtenerse utilizando las lecturas realizadas. El rendimiento del colector modificado se obtiene como el calor utilizable Q_u en relación con la radiación solar (H_T), multiplicado por el área efectiva del colector. La radiación global es un parámetro extraído de los informes del servicio meteorológico nacional y varía cada día. Se presentan, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos de los días 23 y 25 de diciembre 2014 en la Tabla 2, junto con el cálculo correspondiente de los calores útil y absorbido

Fecha	Hora	Temperatura (°C)			Calor Util (joules)		Calor Absorbido (joules)
		T_a	Standard	Optimizado	Standard	Optimizado	
23/12/2014	12:49 pm	26,20	91,61	96,01	245610,44	262132,16	419520,00
23/12/2014	12:54 pm	26,27	91,42	96,12	244634,16	262282,36	419520,00
25/12/2014	12:18 pm	32,21	94,09	99,27	232355,51	251806,09	379733,89
25/12/2014	12:22 pm	32,27	94,44	98,91	233444,44	250229,01	379733,89
25/12/2014	13:27 pm	34,25	98,34	103,32	240653,92	259353,51	379733,89

Tabla 2

Con estos datos se calculó el rendimiento obtenido en la práctica, que resulta del cociente entre el calor útil y el absorbido, y se calculó aquél que predice el modelo que se pretende validar. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Rendimiento (Standard)	Rendimiento (Optimizado)		
Medido	Medido	Modelado	Diferencia (%)
58,55%	60,51%	61,60%	1,09%
58,31%	60,55%	61,61%	1,06%
61,19%	64,22%	65,22%	1,00%
63,37%	66,14%	66,68%	0,54%

Tabla 3

La diferencia obtenida puede atribuirse a variables que el fabricante del colector tomado como base no haya estipulado, y que por ende no pueden ser volcadas correctamente en el modelo, por ejemplo la conductividad del aislante factor cuya importancia está en el orden del error obtenido. De este modo queda cumplido el objetivo de validar experimentalmente el modelo de optimización de colectores solares planos en cuestión.

Asimismo, es necesario destacar que los fondos estuvieron disponibles durante el último semestre del proyecto. Este hecho no permitió disponer de los datos necesarios para efectuar una publicación referente a los resultados y conclusiones de la investigación. Por este motivo es que los mismos serán presentados durante el año 2015 en un evento pertinente. No obstante se realizó y se expuso el análisis económico de la implementación de colectores solares planos a baja escala en el VII° Congreso de Ingeniería Industrial. De los resultados surge que dicha implementación no es económicamente rentable sin subsidios ni reconocimientos económicos para los usuarios



domiciliarios que decidan invertir en esta clase de reconversión. Esto sucede porque a esta escala no hay todavía una internalización de los beneficios ambientales aportados. No cabe duda que el costo inicial es el de mayor relevancia, por lo que es prioritario un correcto dimensionamiento de la instalación a realizar. Para determinar la cantidad de colectores necesarios a instalar se puede utilizar cualquier aplicación informática existente en el mercado, que contenga datos radiación solar para la zona elegida. A partir de los resultados obtenidos, estas aplicaciones permiten realizar un primer análisis económico del proyecto. La ecuación económica mejora con las nuevas tecnologías y las mejoras en el rendimiento de los captadores, y sería mejor aún si se establecieran normas, que son de incumbencia local, que por ejemplo deduzcan impuestos a aquellos titulares que ofrezcan viviendas en alquiler basadas en energías no contaminantes. La propuesta en este sentido consiste en aprovechar la capacidad que tienen las comunas para comercializar bonos de carbono. Relacionando estos datos con los del consumo de cada usuario, es posible conocer la cantidad de CO₂ evitada, y en consecuencia reembolsar al contribuyente una parte de los bonos comercializados a través de sus impuestos. Al mismo tiempo se concluye que, con un período de recuperación de la inversión a un costo de instalación acorde a las necesidades de los pequeños usuarios, el sólo uso de colectores solares no alcanza para el total autoabastecimiento energético. Sin embargo, teniendo en cuenta que el principal objetivo es el cuidado del medio ambiente, el desafío de la ingeniería industrial es estudiar diseños alternativos y/o híbridos, de manera tal que la suma de distintas alternativas puedan hacer posible la obtención de energía en forma suficiente, económica, sostenible y sustentable. Asimismo, se observa que el principal costo radica en el colector solar, el que podría disminuir desarrollando materiales sustitutos. De igual modo se recomienda el análisis de instalaciones en escalas un tanto mayores, lo que permitiría una menor inversión inicial por la compra de colectores en cantidad. Por estos motivos es que se propone analizar la posibilidad de que el modelo minimice los costos, además de maximizar el rendimiento, de un colector.

Paralelamente los becarios el proyecto concluyeron sus planes de trabajo, que consistieron en el desarrollo de colectores solares económicos utilizando materiales de bajo costo el reciclado de otros. Para esta tarea montaron un colector de fabricación propia en el mismo sitio que se instalaron los colectores adquiridos por el proyecto.

PUBLICACIONES

- a) AUTOR (ES): Fauroux, Luis Enrique, Díaz, Daniel, Blanco, Gabriel E., Castillo, Domingo A., Degaetani, Omar J., Jara, David E., Martín Campo, Fernando L., Marotta, Luciano R.

TÍTULO: “Evaluación económica de la instalación a baja escala de colectores solares planos”

TIPO: Congreso. Exposición

REUNIÓN: VII° Congreso Argentino de Ingeniería Industrial – COINI 2014.

LUGAR: UTN FRCh, Puerto Madryn, Chubut.

FECHA REUNIÓN: 30 y 31 de octubre de 2014.

RESPONSABLE: Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (AACINI) y Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Chubut

TIPO DE TRABAJO: Trabajo Completo y Resumen.

FUENTE: “Memorias del COINI 2014 UTN FRCh”.

Libro digital, ISBN. 978-987-1896-39-4



- b) AUTOR (ES): Díaz, Daniel, Fauroux, Luis Enrique, Blanco, Gabriel E., Castillo, Domingo A., Degaetani, Omar J., Jara, David E., Martín Campo, Fernando L., Marotta, Luciano R.
TÍTULO: “Validación Experimental de un Modelo de Optimización del Diseño de Colectores Solares Planos.”
TIPO: Jornada. Exposición
REUNIÓN: 1a Jornada de investigación interdepartamental”. “25 Años de desarrollo e innovación en el conocimiento.
LUGAR: Universidad Nacional de La Matanza. San Justo. Buenos Aires.
FECHA REUNIÓN: 18 de septiembre de 2014.
RESPONSABLE: Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de La Matanza.
TIPO DE TRABAJO: Trabajo Completo.
- c) AUTOR: Jara, David E.
TÍTULO: “Instalación, modificación de colectores solares planos y medición de las variables de rendimiento”
TIPO: Jornada. Exposición
REUNIÓN: 1a Jornada de investigación interdepartamental”. “25 Años de desarrollo e innovación en el conocimiento.
LUGAR: Universidad Nacional de La Matanza. San Justo. Buenos Aires.
FECHA REUNIÓN: 18 de septiembre de 2014.
RESPONSABLE: Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de La Matanza.
TIPO DE TRABAJO: Poster.
- d) AUTOR: Martín Campo, Fernando.
TÍTULO: “Construcción de un colector solar económico, armado de protocolo y análisis de rendimiento”
TIPO: Jornada. Exposición
REUNIÓN: 1a Jornada de investigación interdepartamental”. “25 Años de desarrollo e innovación en el conocimiento.
LUGAR: Universidad Nacional de La Matanza. San Justo. Buenos Aires.
FECHA REUNIÓN: 18 de septiembre de 2014.
RESPONSABLE: Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de La Matanza.
TIPO DE TRABAJO: Poster.
- e) AUTOR: Marotta, Luciano D.
TÍTULO: “Validación experimental de un modelo de optimización del diseño de colectores solares planos”
TIPO: Jornada. Exposición
REUNIÓN: 1a Jornada de investigación interdepartamental”. “25 Años de desarrollo e innovación en el conocimiento.
LUGAR: Universidad Nacional de La Matanza. San Justo. Buenos Aires.
FECHA REUNIÓN: 18 de septiembre de 2014.
RESPONSABLE: Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de La Matanza.
TIPO DE TRABAJO: Poster.

**Bibliografía:**

- [1] "Proyecto de implantación de un sistema de captación de energía solar térmica para la producción de ACS para un edificio de viviendas ubicado en Sabadell" - Joan Plans Planell - Proyecto Fin de Carrera - Escuela Técnica Superior De Ingeniería Industrial De Barcelona - Universidad Politécnica de Catalunya - Febrero 2010
- [2] "Optimization Of The Size Of A Solar Thermal Electricity Plant By Means Of Genetic Algorithms" - J.M. Cabello; J.M. Cejudo; M. Luque; F. Ruiz; K. Deb; R. Tewari - Renewable Energy Vol 36 Pag 3146 a 3153 - ScienceDirect (Elsevier). Año 2011
- [3] "A Review Of Solar Energy Modeling Techniques" - Tamer Khatib; Azah Mohameda; K. Sopian - Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol16 Pag 2864 a 2869 – ScienceDirect (Elsevier).. Año 2012.
- [4] Programa GENREN, Secretaría de energía, Energía Argentina SA (ENARSA), Junio 2010
- [5] Código Urbano de Planificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- [6] "Energías Renovables. Diagnóstico, Barreras y Propuestas". Secretaría de Energía. Año 2009.
- [7] "Consumo responsable y cambio climático". Gobierno de Aragón, Departamento de Salud y Consumo, Dirección General de Consumo. García, Aurelio. Jun.2010.
- [8] "Diseño y Análisis de Colectores Solares Planos". Fauroux, Luis Enrique; Jäger, Mariano Daniel. Memorias del COINI 2013 UTN FRSS. ISBN 978-987-1896-26-4. Noviembre 2013.
- [9] "On accounting of emissions and assigned amount". Kyoto Protocol Reference Manual. UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Año 2008.
- [10] "Desafío energético del siglo XXI. Eficiencia energética en Argentina: ¿un nuevo paradigma?". Gil. Salvador. TANDAR – CNEA. San Martín, (Bs. As., Argentina). Año 2009.