

Diseño, construcción e implementación de un sistema de adquisición de datos con transmisión inalámbrica, para evaluar el rendimiento de colectores solares térmicos para el calentamiento de agua

Juan Gabriel Almeida Cedeño

Pablo Milton Camacho Fassler

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional

Quito, Ecuador

Resumen- En la actualidad, el uso de sistemas de energías alternativas tiene un crecimiento preponderante debido a la alta contaminación y mal manejo de las energías no renovables. La base de la implementación de estos nuevos sistemas es la evaluación del rendimiento de los mismos, es así que para el caso de los colectores solares termosifón para calentamiento de agua de uso sanitario se requiere la recopilación de datos para su posterior estudio.

Este paper muestra el diseño, construcción e implementación de un sistema capaz tanto de recolectar las variables físicas necesarias para la evaluación como también de su transmisión inalámbrica y almacenamiento.

I. INTRODUCCIÓN

Ante la propuesta de implementar sistemas de energías renovables eficientes como es el caso de colectores solares térmicos para el calentamiento de agua de uso sanitario en domicilios, se requiere obtener datos que permitan evaluar el rendimiento de estos sistemas. Se presenta la necesidad de contar con sistemas automatizados de monitoreo.

Por otra parte se pretende desarrollar una base teórica en la que se puede denotar algunas características de este sistema específico, aportando soluciones térmicas para el sector industrial energético ecuatoriano.

El prototipo general del sistemas de adquisición de datos está compuesto de varios subsistemas, los cuales se encargan de funciones propias, las mismas que se interrelacionan entre sí para cumplir con el fin específico de adquirir variables físicas de un sistema solar termosifón para calentamiento de agua y transmitirlos inalámbricamente.

Las diferentes variables recabadas por el sistema son temperatura, humedad, radiación solar, conductividad y flujo, las cuales son señales provenientes de diferentes sensores ubicados en el colector solar termosifón a ser evaluado.

Para el manejo de las mediciones realizadas se cuenta con una interfaz hombre-máquina generada en Labview 9.0 tanto para la operación del sistema de adquisición de datos como la generación de reportes de los datos en Excel.

Al contar con varios subsistemas se tienen varias funciones como son transmisión inalámbrica, almacenamiento y visualización de los datos..

II. FUNDAMENTOS BÁSICOS

En la **Figura 1** se representa esquemáticamente el sistema de calentamiento de agua por termosifón solar.

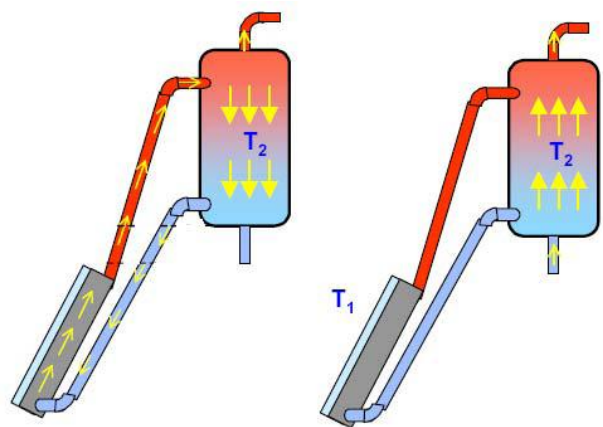


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. Representación de un sistema de calentamiento por termosifón solar (6)

Este sistema se caracteriza por que la circulación de agua se da por medios naturales, esto es el fluido al pasar por el colector gana energía, la que se traduce en un incremento de temperatura, la que causa una diferencia de densidades dentro del sistema que es en definitiva la que causa la circulación. El proceso de calentamiento del agua se da por un fenómeno de convección natural. El fluido circula del colector a la parte superior del tanque y de este al colector por la parte inferior.

Los rayos solares inciden sobre el vidrio del colector es cual es altamente transparente a esta radiación (90 a 98%), dicha radiación es absorbida por la placa, la cual actúa como una aleta pegada a cada uno de los tubos del colector promoviendo de esta manera la transferencia de calor a los tubos por un proceso de conducción. Los tubos se calientan por este medio directamente por la acción solar que incide sobre la parte expuesta de ellos y este calor es transferido al fluido, inicialmente en reposo, por un proceso de convección natural. La placa no absorbe toda la radiación incidente ya que parte de esta energía es emitida como radiación en el rango de infrarrojo, al cual el vidrio es opaco, siendo las pérdidas principalmente por un proceso de convección libre entre la placa y el vidrio (6).

A. Eficiencia del Sistema

Balance de energía del sistema: En la **Figura 2** se muestra el esquema del sistema de termosifón solar y se delimita el volumen de control que encierra al mismo (6).

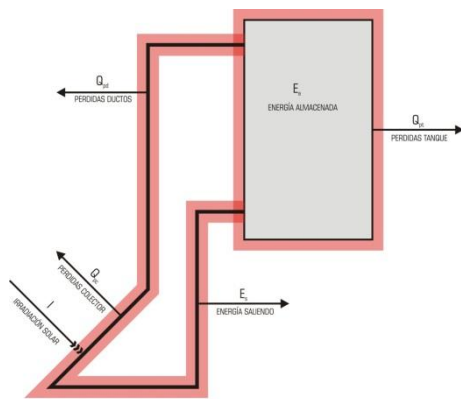


Figura 1. Volumen de control del sistema (6)

Para plantear el respectivo balance de energía dentro de tal volumen de control se considera las temperaturas medias de la placa colectora, los tubos de circulación y del tanque de almacenamiento son iguales a la respectiva temperatura media del agua dentro de ellos y las temperaturas medias del agua en el colector, el tanque y

las tuberías conectoras son iguales y se denotan por una temperatura media del sistema T_m .

En base a ello se tiene que: energía solar efectiva = energía almacenada por el sistema + pérdidas al ambiente

$$\tau \alpha F_c A_c I = \sum C_T \left(\frac{dT_m}{d\theta} \right) + \sum U_s (T_m - T_a) \quad (1)$$

Dónde:

τ = Transmisividad del vidrio.

α = Absortividad de la placa.

F_c = Eficiencia del colector.

A_c = Área del colector [m^2]

I = Radiación incidente [$\frac{W}{m^2}$].

$\sum C_T$ = Sumatorio de las capacidades térmicas de la placa y sus tubos, tuberías conectoras, tanque y la capacidad térmica del agua almacenada en ellos [$\frac{J}{^\circ K}$].

$\frac{dT_m}{d\theta}$ = Variación de la temperatura respecto al tiempo.

$\sum U_s$ = Sumatorio de los coeficientes de pérdidas del calor del sistema, es decir, hacia arriba y abajo del colector, por los tubos conectores y por el tanque [$\frac{W}{^\circ K}$].

T_m = Temperatura media del sistema [$^\circ K$].

T_a = Temperatura ambiental [$^\circ K$].

Balance de energía del tanque: En la **Figura 3** se muestra el esquema del sistema de termosifón solar, y se delimita el volumen de control que encierra al tanque de almacenamiento.

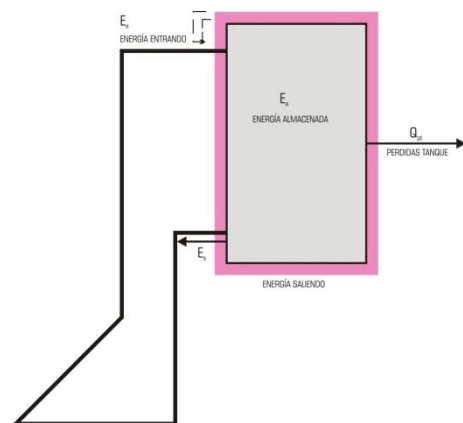


Figura 3. Volumen de control de un tanque (6)

Para plantear la ecuación del balance de energía del tanque se realizan en las mismas asunciones del apartado anterior y se tiene entonces:

energía que entra - energía que sale = energía almacenada + pérdidas al ambiente

$$mC_{pa}(T_{in} - T_{out}) = CT_{Tan} \left(\frac{dT_m}{d\theta} \right) + U_P(T_m - T_a) \quad (2)$$

Dónde:

C_{pa} = Calor específico del agua $\left[\frac{J}{kg} \cdot ^\circ K \right]$.

m = Flujo másico por termosifón $\left[\frac{kg}{s} \right]$.

T_{in} = Temperatura del agua a la entrada del tanque $[^\circ K]$.

T_{out} = Temperatura del agua a la salida del tanque $[^\circ K]$.

CT_{Tan} = Capacidad térmica del tanque $\left[\frac{J}{^\circ K} \right]$.

Determinación teórica de la temperatura media y la eficiencia del sistema: Los principales parámetros de funcionamiento del sistema de termosifón solar, son la temperatura media del agua y su razón de flujo másico, por lo que se utiliza las dos ecuaciones de balance de energía antes mencionadas (1) y (2) para predecir teóricamente tales valores.

La Ecuación (1) aplicada al sistema se puede reordenar de la siguiente forma:

$$\frac{dT_m}{d\theta} + \frac{\sum U_S}{\sum C_T} T_m - \frac{\sum U_S T_a + \tau \alpha F_C A_C I}{\sum C_T} = 0 \quad (3)$$

La resolución de esta ecuación permite obtener la temperatura media instantánea del sistema T_m y adicionalmente la respectiva razón de variación de ella respecto al tiempo $\frac{dT_m}{d\theta}$.

Con los valores obtenidos, se puede determinar la eficiencia instantánea del sistema definida por:

$$i = \frac{mC_{pa}(T_{out} - T_{in})}{IA_C} \quad (4)$$

Es una medida de la capacidad de colección de calor del colector e indica la razón a la cual la energía radiante incidente es convertida en energía térmica útil. (6)

III. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA

Los subsistemas que posee el prototipo de adquisición de datos se presentan en la **Figura 4**.

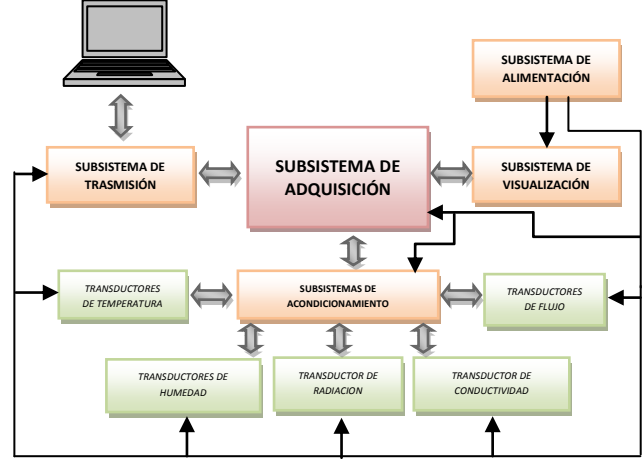


Figura 4. Arquitectura general del sistema de adquisición de datos

A. Subsistema de alimentación

Este subsistema está constituido básicamente de una fuente de alimentación ATX y de una regleta con dos tomacorrientes dobles. Ambas partes tienen como suministro de energía la red general eléctrica. La fuente de alimentación provee de voltajes continuos que son: + 5 [V_{DC}], - 5 [V_{DC}], + 3.3 [V_{DC}], +12 [V_{DC}] y -12 [V_{DC}], y la regleta con los tomacorrientes provee voltajes alternos de 120 [V_{AC}]. Los voltajes antes mencionados sirven para la alimentación de los diferentes circuitos impresos que contienen los subsistemas.

B. Subsistemas de acondicionamiento

En los *subsistemas de acondicionamiento*, las señales de los sensores de temperatura, humedad, radiación, conductividad y flujo que se encuentran ubicados en diferentes posiciones del colector térmico solar o sistema solar termosifón son previamente acondicionadas mediante algunos circuitos electrónicos los mismos que permiten su posterior lectura al subsistema central de adquisición.

Los diagramas de bloques para los diferentes sensores se encuentran en las figuras que se muestran a continuación:

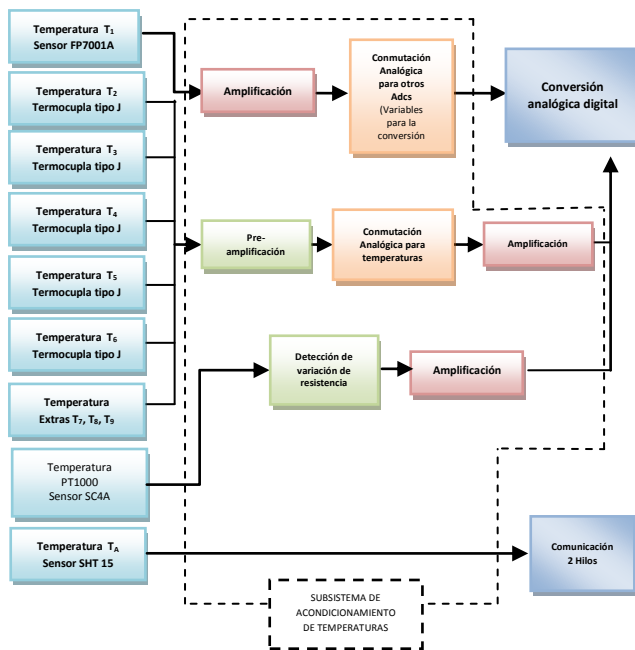


Figura 5. Diagrama de Bloques para adquisición de temperaturas

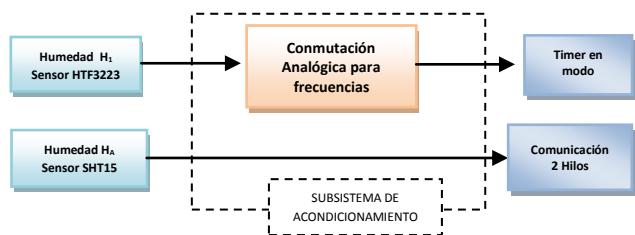


Figura 6. Diagrama de Bloques para adquisición de humedades

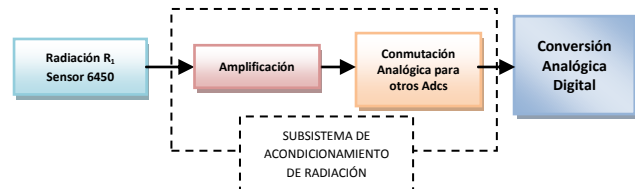


Figura 7. Diagrama de Bloques para adquisición de Radiación

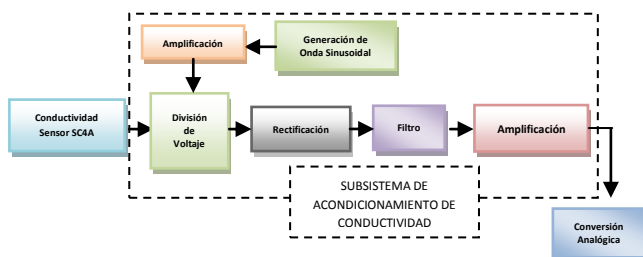


Figura 8. Diagrama de Bloques para adquisición de Conductividad

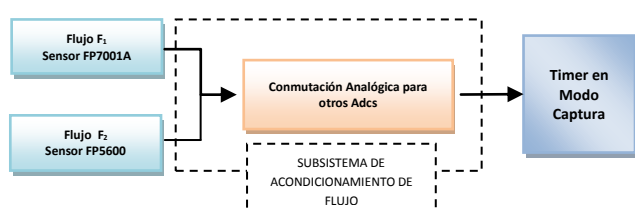


Figura 9. Diagrama de Bloques para adquisición de Flujo

C. Subsistema central de adquisición

El sistema posee un *subsistema central de adquisición* que es manejado por el microcontrolador ATmega 164PA el cual permite el control y la recolección ordenada de las diferentes variables físicas requeridas además de enviarlas al subsistema de transmisión y al subsistema de visualización.

Para un mejor entendimiento de las partes que componen este subsistema a continuación se tiene el diagrama de bloques en la **Figura 10**.

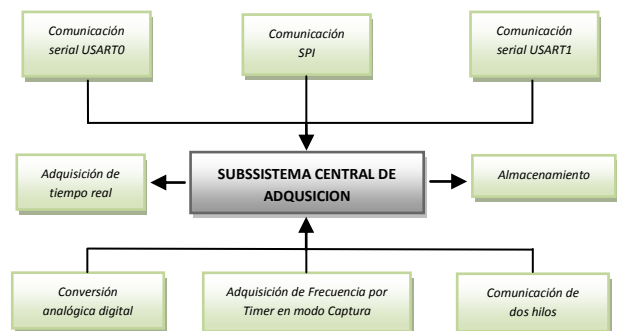


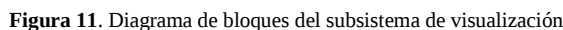
Figura 10. Diagrama de bloques del subsistema de adquisición

D. Subsistema central de transmisión

El subsistema de transmisión es el encargado del envío inalámbrico de los datos tratados por el microcontrolador del subsistema central de adquisición hacia un computador distante del sistema implementado. Adicionalmente permite la comunicación de comandos específicos del computador al subsistema central de adquisición. Para este cometido se utiliza módulos de radio frecuencia de largo alcance. El módulo XBee-PRO 868 incorpora una conectividad inalámbrica de radio frecuencia que proporciona un alcance extendido a los dispositivos de punto final. Estos módulos utilizan una frecuencia de 868 [MHz] de protocolo punto a multipunto.

E. Subsistema de visualización

Otra de las partes constitutivas del prototipo es el *subsistema de visualización*, el cual muestra las variables físicas adquiridas localmente, esto es donde se encuentra ubicado todo el sistema de adquisición para el colector térmico solar. Además cumple con el almacenamiento de respaldo de los datos adquiridos en una tarjeta de memoria extraíble SD. Este subsistema es también manejado por un microcontrolador. Los diferentes componentes que conforman este subsistema se muestra en la **Figura 11**.



Los datos que son a su vez las variables físicas recopiladas son enviados por el sistema de adquisición a un computador donde los mismos son manejados a través de una interfaz hombre-máquina (HMI) desarrollada en Labview 9.0 y también son almacenados en un archivo para su posterior tratamiento. La interfaz hombre-máquina (HMI) es un software cuyas funciones son las siguientes:

- Ingreso al software solo de usuarios registrados.
- Mostrar los datos enviados por el sistema de adquisición de datos remoto.
- Guardar los datos recibidos en un archivo de texto.
- Generar reportes en Excel con los datos almacenados en los archivos de texto creados con anterioridad.
- Igualar el reloj interno del sistema de adquisición de datos remoto DS1307.
- Descargar los datos almacenados la noche anterior.
- Comprobar la conexión con el sistema de adquisición de datos remoto

Figura 12. Ventana Principal del HMI

El sistema consta de una *estructura metálica* para mantener fijos los diferentes circuitos electrónicos impresos a una distancia adecuada y conservar las interconexiones con cables entre los mismos seguras. En la **Figura 13** se muestra el gabinete mecánico construido.



Figura 13. Gabinete Metálico

El sistema también posee la adaptación de algunos *dispositivos de tubería y plomería* tanto para el montaje fácil y cómodo de los sensores como también la conexión adecuada a cualquier colector térmico solar.

IV. PRUEBAS Y RESULTADOS

Para la respectiva verificación y cumplimiento de los objetivos planteados como también para la delimitación del comportamiento del sistema de adquisición de datos se realizaron diferentes pruebas para las diferentes variables a ser adquiridas.

Las pruebas realizadas buscaban determinar las características del sistema son aspectos como estabilidad, precisión y limitación en comparación a sensores y medidores comerciales usados como referencias.

Las pruebas del sistema de adquisición de datos se realizaron en un periodo de tiempo determinado con el objetivo de encontrar la eficiencia tanto del captador solar con cubierta como del sistema solar termosifón de las mediciones efectuadas. Estas pruebas se desarrollaron bajo los ensayos de rendimiento dados por la norma UNE-EN 12975-2:2006.

A. Eficiencia del captador solar con cubierta

Del ensayo realizado se obtuvieron las mediciones del sistema de recolección de datos y se procesaron para obtener el resultado de eficiencia.

Radiación: En la **Figura 14** se encuentra las mediciones de radiación media obtenida por el sistema de adquisición de datos.

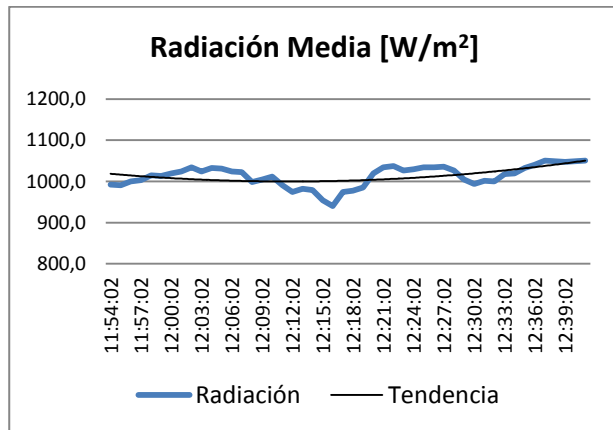


Figura 2. Mediciones de radiación

La radiación media obtenida fue de 1013,2 [W/m²].

Temperatura: En la **Figura 15** se encuentra las mediciones de temperatura a la entrada y salida del colector obtenida por el sistema de adquisición de datos.

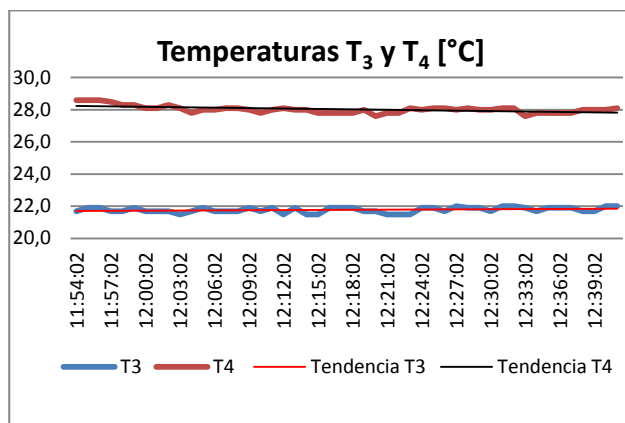


Figura 3. Mediciones de temperatura de entrada de agua al colector (T_3) y salida de agua del colector (T_4)

La temperatura promedio de entrada de agua al colector (T_3) fue de 21,8 [°C] y la temperatura promedio de salida de agua del colector (T_4) fue de 28 [°C].

Flujo: En la **Figura 16** se encuentra las mediciones de flujo F_2 obtenidas a la salida del colector, tendiendo un flujo másico promedio de 0,062 [kg/s].

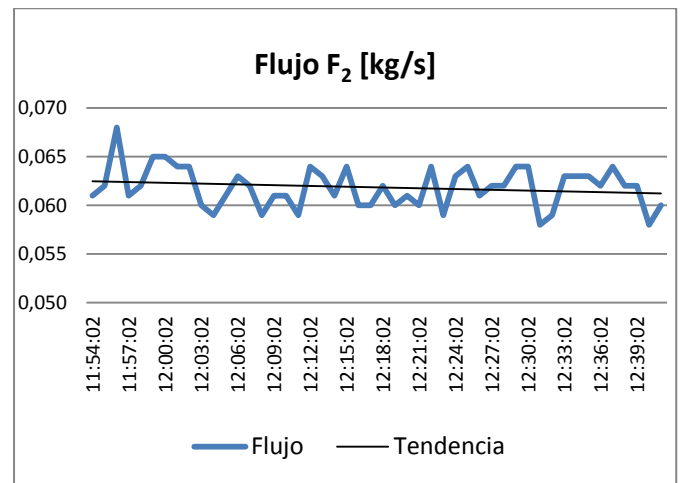


Figura 4. Mediciones de flujo másico de salida de agua del colector solar

Resultados obtenidos: Para obtener la eficiencia del captador solar con cubierta es necesario definir la eficiencia como:

$$n = \frac{\dot{Q}}{A_A \cdot R_1 \cdot \cos\theta} \quad (5)$$

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p \Delta T \quad (6)$$

Dónde:

n = Eficiencia instantánea [%]

$\dot{Q}$ = Potencia extraída [W]

A_A = Área del absorbedor [m²]

R_1 = Radiación [W/m²]

$\dot{m}$ = Flujo (F_2) [Kgs⁻¹]

C_p = Calor específico del agua [J/(°C*Kg)]

ΔT = Diferencia de temperatura ($T_4 - T_3$) [°C]

θ = Angulo de inclinación del captador

La área de absorbedor usado para el ensayo es de 1,94 [m²] por lo que la potencia extraída bien dada en la **Figura 17**, estando en una potencia promedio de 1616,3 [W]. Finalmente encontrando la eficiencia instantánea para una radiación de 1013, 2 [W/m²] se tiene la **Figura 18** con una eficiencia promedio del 83 [%]

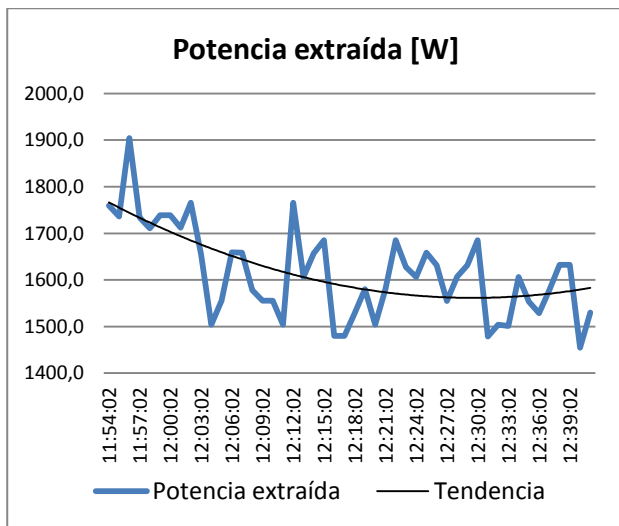


Figura 5. Curva de potencia extraída del colector solar

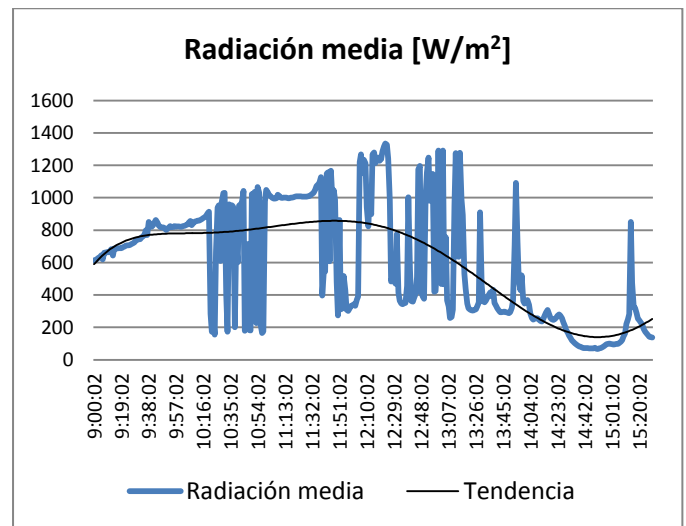


Figura 7. Curva de radiación

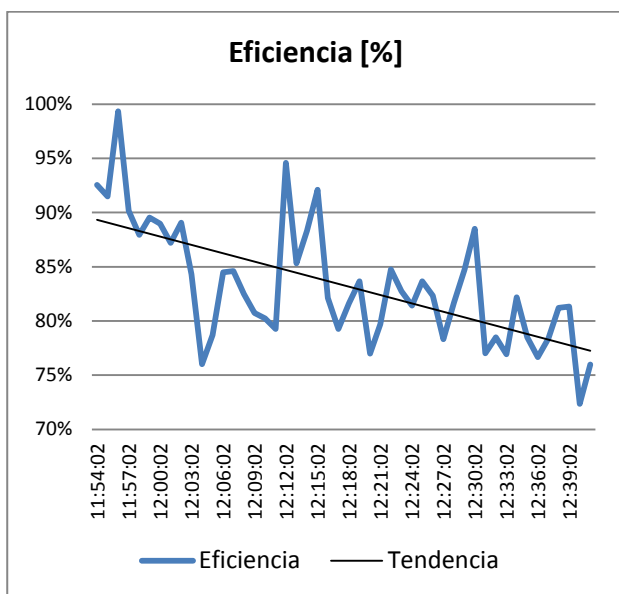


Figura 6. Curva de eficiencia instantánea para una radiación de 1013,2 [W/m²]

B. Eficiencia del sistema solar termosifón

Del ensayo realizado se obtuvieron las mediciones del sistema de recolección de datos y algunos resultados.

Radiación: En la **Figura 19** se encuentran las mediciones de radiación media obtenida por el sistema de adquisición de datos. La radiación máxima obtenida fue de 1335 [W/m²] y el estado del clima en el ensayo fue parcialmente nublado.

Temperatura: En la **Figura 20** se encuentra las mediciones de temperatura superior e inferior del tanque, teniendo una temperatura superior del tanque máxima (T_2) de 47,1 [°C] y una temperatura de ingreso del agua (PT1000) de 19,1 [°C]

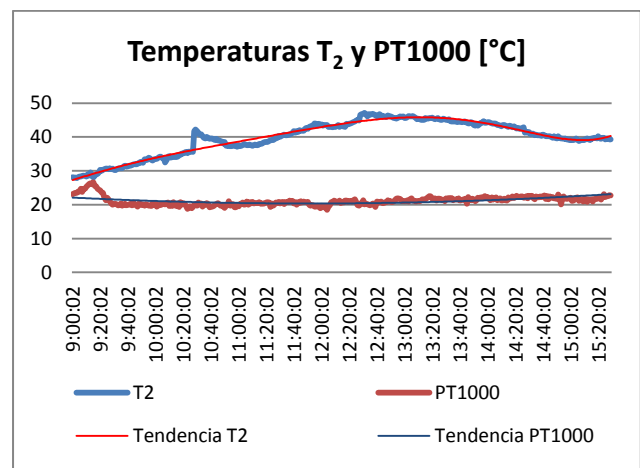


Figura 8. Mediciones de temperatura superior del tanque (T_2), inferior del tanque (PT1000)

En la **Figura 21** se tienen las mediciones de temperatura de entrada y salida de agua del colector y también las temperaturas superficial y posterior del captador. La temperatura superficial de la placa colectora máxima (T_3) fue de 95,7 [°C] y la temperatura de salida de agua del colector máxima (T_4) fue de 69,1 [°C]

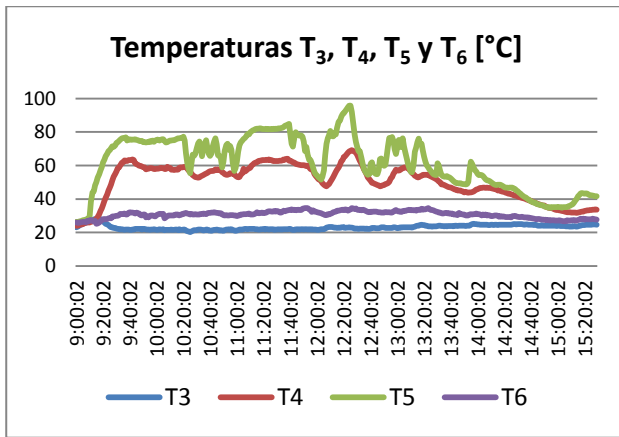


Figura 9. Mediciones de temperatura de entrada de agua al colector (T_3), de salida de agua del colector (T_4), temperatura superficial de la placa colectora (T_5) y temperatura posterior del colector solar (T_6)

Resultados obtenidos: Para obtener la eficiencia del sistema solar termosifón es necesario definir la eficiencia como:

$$n = \frac{Q}{R_T} \quad (7)$$

$$Q = mC_p\Delta T \quad (8)$$

Dónde:

n = Eficiencia [%]

Q = Energía almacenada [kJ]

R_T = Radiación total recibida por el colector [kJ]

m = Masa de agua contenida en el sistema [Kg]

C_p = Calor específico del agua [J/(°C*Kg)]

ΔT = Diferencia de temperatura ($T_m - T_{in}$) [°C]

T_m = Temperatura promedio del tanque $\left(\frac{T_2 + PT_{1000}}{2}\right)$ [°C]

T_{in} = Temperatura de ingreso del agua [°C]

Por lo que con el procesamiento de los datos obtenidos del sistema de recolección de datos representados en las **Figuras 22 y 23**, la energía almacenada promedio (Q) fue de 8857,6 [kJ], la radiación total recibida por la placa colectora (R_T) fue de 27490,8 [kJ], el porcentaje de energía aprovechada fue del 32 [%], la potencia promedio generada fue de 378,5 [W] y una eficiencia promedio del 43 [%].

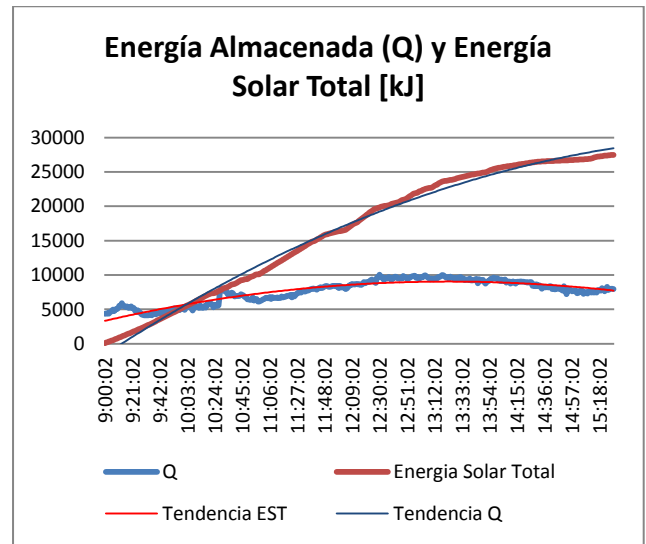


Figura 10. Curva de energía almacenada (Q) y energía solar total (EST)

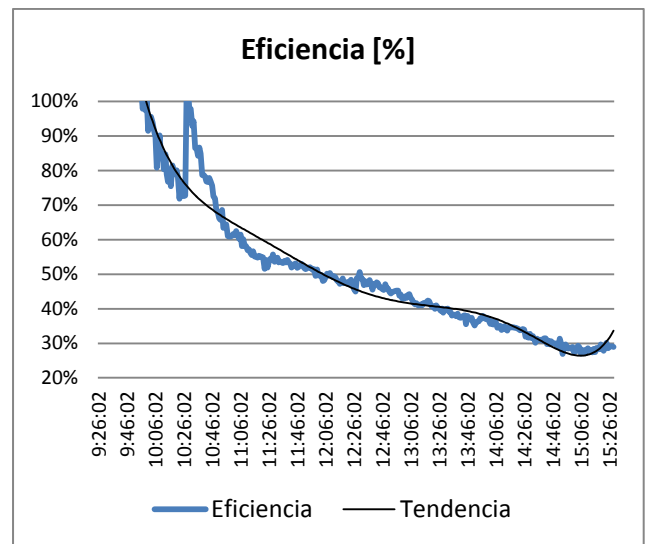


Figura 11. Curva de eficiencia del sistema solar termosifón

V. CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema de adquisición y transmisión de datos de un sistema térmico solar para calentamiento de agua bajo las especificaciones del Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética, el cual permite recabar las variables físicas de temperatura, humedad, radiación, conductividad y flujo.
- El sistema de adquisición y transmisión en cuanto a su construcción fue diseñado de tal manera que se ubique al ambiente, cumpliendo la norma IP66, por lo tanto es un sistema robusto, protegiendo a los circuitos electrónicos impresos correctamente.

- Los diferentes sensores de las variables físicas obtenidas son dispuestos en diferentes lugares del sistema según el requerimiento para los ensayos de eficiencia tanto del captador o colector solar como del sistema térmico solar, en general.
- Para obtener resultados correctos, es indispensable basarse en una norma para la realización de ensayos, y seguir las recomendaciones dadas por la misma en cuanto a la ubicación y la forma en que deben ser colocados los sensores, ya que las medidas registradas pueden ser susceptibles a distorsiones por condiciones ambientales, lo que fue realizado en el presente trabajo.
- La visualización de los datos se realiza a través de la interfaz gráfica del software implementado en un computador y también localmente en el colector térmico solar a través del LCD del subsistema de visualización.
- El sistema permite tanto la generación de reportes en Excel a través del HMI generado por el proyecto como el almacenamiento del mismo en una memoria SD, las pruebas realizadas fueron satisfactorias.
- Debido a la gran cantidad de recursos del que dispone el microcontrolador ATMEGA164PA, se ha podido integrar una serie de dispositivos y sensores con diferentes características y formas de comunicación. Para poder realizar esta integración es necesario hacer trabajar al microcontrolador al máximo de su capacidad, es decir, a 20 [MHz], con cristal externo.
- La potencia instantánea producida por el colector solar plano es elevada en comparación con la potencia producida por el sistema, lo que quiere decir, que las pérdidas en la tubería y especialmente en el tanque son altas. En la tubería, a pesar de que estas se encuentran aisladas, los factores ambientales son los que influyen en que se pierda energía por conducción de calor. En el tanque, debido a la mezcla con agua fría, y a la acción de liberar agua caliente de la válvula de seguridad cuando la presión dentro del tanque es elevada, son los principales factores que hacen que se pierda energía durante el día, y en la noche los factores ambientales son los que hacen que se pierda energía por conducción de calor, a pesar de que el tanque tenga un mejor aislamiento en comparación al que tiene la tubería.
- Los resultados obtenidos en los estudios de eficiencia realizados son preliminares, ya que la norma bajo la cual trabajamos (UNE-EN 12975-2:2006) requiere un periodo de prueba de por lo menos un año. Como el ámbito de nuestra tesis no es evaluar los sistemas solares termosifón, sino elaborar el sistema de monitorización, se presentan estos datos preliminares como válidos.
- Cuando el sistema solar deja de recibir radiación, en la noche, el sistema se pone en equilibrio, cesa el movimiento del agua, el agua se estanca, razón por la cual el agua en el tanque de almacenamiento no pierde mucha energía, pierde aproximadamente un 16% de la energía generada en el día. Tomando en cuenta que la fabricación del tanque es artesanal, esta pérdida de energía es mínima.
- El gobierno nacional debería impulsar utilización de sistemas solares, con la finalidad de reducir las emisiones de sustancias tóxicas al medio ambiente. Si se llega a dar este impulso, la industria que fabrica este tipo de sistemas puede mejorar los procesos productivos, por tanto mejorar la eficiencia del producto, que de acuerdo a los resultados obtenidos por el sistema de monitoreo elaborado, y los estudios realizados por el Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética esta alrededor del 45%; esta eficiencia es baja, si se la compara con la eficiencia de sistemas solares similares fabricados en otros países cuyo valor es cercano al 60%.

RECONOCIMIENTOS

Los autores reconocen y agradecen a la colaboración y patrocinio prestado tanto por el Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional como también a la Empresa Aqqua Corphitec Cia. Ltda.

REFERENCIAS

- [1] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, Energía Renovable.
- [2] HOLMAN J. P., Transferencia de Calor, Mc Graw Hill, Octava Edición, Madrid, 1998
- [3] CENGEL YUNUS, Transferencia de Calor, Mc Graw Hill, Segunda Edición, México, 2004.
- [4] CHAPMAN ALAN, Transmisión del Calor, Editorial Bellisco, Tercera Edición, Madrid, 1984.
- [5] KERN DONALD, Procesos de Transferencia de Calor, Editorial Continental, Trigésima Primera Reimpresión, México, 1999
- [6] JARAMILLO ORTIZ ROBERTO EFRAIN, Análisis Térmico de Termosifones Solares, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 1989.
- [7] FUENTE ALBA GUTIÉRREZ ROBERTO ENRIQUE, Estudio de factibilidad del uso de colectores solares como apoyo a la caldera de calefacción "CASINO CAMPUS MIRAFLORES", Chile, 2009.
- [8] GHIA RÍOS DAVID ELÍAS. Diseño y construcción de un conductímetro digital para medición de conductividad en soluciones con conexión a PC. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Septiembre 2007.
- [9] COUGHLIN ROBERT, DRISCOLL FREDERICK. Amplificadores Operacionales y circuitos integrados lineales. Quinta Edición México. 1998
- [10] JENNY GADVAY BARZALO, NATAHLY SANCHEZ CHAVEZ, Registrador de Temperaturas con dsPIC. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2009.



Juan Gabriel Almeida Cedeño.

Nació en Quito el 6 de mayo de 1987. Obtuvo el título de bachiller técnico en Electro-Electrónica en el Colegio Salesiano “Don Bosco”. Realizó sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional, donde obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Control. Áreas de interés: programación, automatización y el control con microprocesadores.



Pablo Milton Camacho Fassler.

Nació en Riobamba el 1 de mayo de 1985. Obtuvo el título de bachiller en Ciencias, especialidad Físico Matemático en la Unidad Educativa “San Felipe Neri”. Realizó sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional, donde obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Control. Áreas de interés: automatización e instrumentación industrial, control con microcontroladores y control de máquinas.



PhD. Luis Corrales Paucar.

Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Experimental Central Técnico de la ciudad de Quito, obteniendo el título de Bachiller Técnico en Radiotecnica. Posteriormente se graduó en 1979 como Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional. En la Universidad de Strathclyde en Gran Bretaña, desde 1984 hasta 1988 siguió sus estudios de posgrado adquiriendo el doctorado en Bioingeniería. Trabajó por diez años como consultor en el área de sistemas en el Banco Interamericano de Desarrollo, siendo una de sus actividades la administración de la red informática. Actualmente es profesor principal en la Escuela Politécnica Nacional dirigiendo un gran número de proyectos de titulación tanto para el nivel de pregrado como de posgrado con temas relacionados con: informática, redes LAN, redes digitales industriales, instrumentación industrial y biomédica, domótica, automatización de procesos industriales, automatización de invernaderos. También es instructor CCNA en la Academia CISCO de la EPN. Ha dictado charlas y seminarios en varias instituciones educativas como empresas privadas del país en temas relacionados con Redes Digitales Industriales, Instrumentación Biomédica, Bioingeniería, Instrumentación Industrial.