

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-MANAGUA
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA ESTELI
FAREM ESTELÍ
Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud



Tesis para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables

TEMA: Proyecto instalación de un Sistema Solar Térmico para la producción de agua caliente sanitaria en el edificio de deportes UNAN-FAREM-ESTELÍ para uso didáctico en la carrera de Ingeniería en Energías Renovables.

Realizado por:

✚ Br. Silvio Alfonso Terán Mayorga.

✚ Br. Lesther Francisco Cruz Olivas.

✚ Br. Darwin Manuel Guevara Gutiérrez.

Tutor: MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta.

Asesor: MSc. Erick Klaus Jürgen Kulke.

Estelí enero del 2017.

Agradecimiento y dedicatoria

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres.

Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis maestros.

A nuestro tutor MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta y nuestro asesor de proyecto MSc. Erick Klaus Jurgen Kulke por el gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional y finalmente a todos y cada uno de los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario.

VALORACIÓN DEL TUTOR

A través de la presente hago constar que los estudiantes de la carrera Ingeniería en Energías Renovables: **Silvio Alfonso Terán Mayorga, Lesther Francisco Cruz Olivas y Darwin Manuel Guevara Gutiérrez**, han finalizado su trabajo de investigación con el nombre de: **PROYECTO INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EL EDIFICIO DE DEPORTES UNAN-FAREM-ESTELÍ PARA USO DIDÁCTICO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES.**

Este estudio fue elaborado siguiendo los aspectos metodológicos y técnicos tales como la planificación de tareas, ejecución, procesamiento y análisis de datos y la emisión de conclusiones y recomendaciones para el uso del equipo instalado con el objeto de formación didáctica de estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables.

Cabe mencionar que la investigación es un tema que aborda un aspecto innovador que por primera vez se desarrolla dado que hace uso de las TIC para levantamiento de datos vía bluetooth y tiene su aplicación en la asignatura de energía solar térmica.

Después de revisar la coherencia del contenido y la incorporación de las observaciones del jurado y demás correcciones, se valora que éste trabajo investigativo cumple con los requisitos establecidos en su modalidad de graduación y doy por aprobada la redacción final del documento, y de forma la entrega a la universidad.

Sin más a que referirme me despido.

Atentamente.

MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta

Tutor de Tesis

Resumen del proyecto

El proyecto contempla la instalación de un sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria ACS en el edificio de deporte de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, FAREM-Estelí, con el propósito fundamental de proveer a los estudiantes que realizan actividades deportivas en dicho edificio el confort de tener agua caliente para ducharse después de sus ejercicios, por otra parte, aprovechando las características de este sistema solar térmico, se instaló un dispositivo que enviará información de temperatura de cinco puntos diferentes a través de tecnología con conexión vía bluetooth al celular compatible con sistema Android para que estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables puedan realizar actividades prácticas que afianzarán sus conocimientos prácticos y teóricos sobre todo en la asignatura de Energía Solar Térmica.

Con la instalación del sistema solar térmico se espera satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria, sustituyendo así el posible uso de duchas eléctricas, el cual tendría un consumo energético y económico de aproximadamente de 1,952kW/h/año y U\$ 336.00 anual respectivamente. El proyecto tendrá una duración de dos meses de ejecución entre Diciembre del año 2016 y Enero del año 2017, con una inversión de U\$ 1,314.85 (Un mil tres cientos catorce dólares con ochenta y cinco centavos), con un TIR soportable de hasta el 9%.

Entre otros beneficios adjuntos al proyecto es evitar la producción de emisiones de CO₂ por el uso de la energía eléctrica convencional para las duchas, ahorro económico en la facturación al no utilizar duchas eléctricas, además de apoyar al personal de mantenimiento de la universidad con las medidas de ahorro y uso eficiente de la energía, definido en el Decreto No.2-2008: “Ordenamiento del uso de la energía” decretado por el presidente de la República de Nicaragua el 30 de Enero del año 2008.

Índice

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	5
II. OBJETIVOS DEL PROYECTO	7
2.1 OBJETIVO GENERAL:	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	7
III. MARCO LÓGICO DEL PROYECTO	8
IV. ESTADO DEL ARTE	9
V. ESTUDIO DE MERCADO	14
VI. ESTUDIO Y ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROYECTO	16
VII. ESTUDIO DE ORGANIZACIÓN	27
VIII. ESTUDIO FINANCIERO.....	28
IX. IMPACTO AMBIENTAL	31
X. CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS	35

Índice de Figuras

<u>Figura No. 1</u> Esquema de instalación sistema solar térmico.....	16
<u>Figura No. 2</u> Componentes de Arduino UNO.....	17
<u>Figura No. 3</u> Sensor Temperatura DS18B20 y esquema de conexión.....	18
<u>Figura No. 4</u> Sensor de Flujo y esquema de conexión.....	19
<u>Figura No. 5</u> Bluetooth HC-05 y esquema de conexión a Arduino One.....	20
<u>Figura No. 6</u> Mapa político de Estelí.....	23
<u>Figura No. 7</u> Geo localización de UNAN-FAREM-Estelí.....	24
<u>Figura No. 8</u> Vista parcial del sistema solar térmico.....	38
<u>Figura No. 9</u> Vista lateral del sistema solar térmico.....	38
<u>Figura No. 10</u> Vista posterior del Sistema solar térmico.....	39
<u>Fig. No. 11</u> Organización del proyecto ACS.....	42
<u>Fig. No. 12</u> Ejemplo de resultados obtenidos de mediciones.....	45
<u>Fig. No. 13</u> Termo tanque y colector solar.....	46
<u>Fig. No. 14</u> Sistema Instalado Costado Sur edificio de deportes y cultura.....	46
<u>Fig. No. 15</u> Mapa de Radiación en Nicaragua.....	50
<u>Fig. No. 16</u> Prototipo HL-313.....	50
<u>Fig. No. 17</u> Gráfico de datos obtenidos en las mediciones del sistema solar.....	52
<u>Fig. No. 18</u> Gráfico de datos obtenidos en las mediciones del sistema solar.....	54
<u>Fig. No. 19</u> Medición de parámetros tomados vía bluetooth a teléfono móvil ...	55

Índice de Tablas

<u>Tabla No. 1</u> Marco Lógico del Proyecto.....	8
<u>Tabla No. 2</u> Nomenclaturas, cantidad y Unidad de medida.....	13
<u>Tabla No. 3</u> Boletín de estadísticas.....	14
<u>Tabla No. 4</u> Características Técnicas Sensor DS18B20.....	18
<u>Tabla No. 5</u> Características Técnicas Sensor de flujo.....	19
<u>Tabla No. 6</u> Características Técnicas Módulo Bluetooth HC-05.....	20
<u>Tabla No. 7</u> Presupuesto financiado por FAREM-Estelí.....	37
<u>Tabla No. 8</u> Especificaciones Técnicas del colector solar.....	40
<u>Tabla No. 9</u> Energía Sistema solar térmico equivalente a toneladas CO ₂	40
<u>Tabla No. 10</u> Matriz para obtención de datos.....	43
<u>Tabla No. 11</u> Resultados de cálculos del VAN y TIR.....	47
<u>Tabla No. 12</u> Oferta turística Nacional año 2015.....	49
<u>Tabla No. 13</u> Matriz para registrar datos de temperatura, radiación día nublado..	51
<u>Tabla No. 14</u> Matriz para registrar datos de temperatura, radiación día soleado..	53

I. INTRODUCCIÓN

El agua caliente constituye un consumo energético importante, por ejemplo, en una casa teniendo diversos usos, entre ellos y probablemente el más importante, la higiene personal. A nivel internacional existen algunos estudios de medida de este consumo (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

En general, a nivel mundial, se ha convertido en el segundo uso energético doméstico en importancia después de la calefacción y la refrigeración. Por esta razón, el calentamiento de agua mediante energía solar, más allá de ser una alternativa ecológica, se ha convertido en una tecnología económicamente atractiva y competitiva en muchos países.

En los últimos años se está produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica en el mundo, los avances tecnológicos permitieron la fabricación de sistemas de mejor calidad y eficiencia, pero sobre todo a menor costo.

Los colectores solares son dispositivos utilizados para absorber y transferir la energía proveniente del sol hacia un fluido, que puede ser agua o aire. La energía solar, puede ser utilizada para calentar agua, para sistemas de calefacción o para climatización de piscinas, entre otros.

Desde su primera invención, hace 120 años, se han desarrollado diversas formas de colectores solares térmicos, que van de los colectores planos a los colectores parabólicos y helióstatos.

Para calentar agua a temperatura media, para calefacción de espacios y para procesos industriales, las aplicaciones más utilizadas son los colectores planos, en los cuales el área de la superficie es la misma que el área total del colector; o cilíndricos, dentro de ellos se encuentran una serie de tubos de vidrio al vacío.

Temperaturas de 40° a 70° son alcanzadas fácilmente por los colectores planos; el uso de superficies selectivas y reflectores junto a la retención de calor, hace que los colectores de tubos de vacío alcancen temperaturas significativamente más elevadas.

Un colector necesita ser seleccionado cuidadosamente de acuerdo a la temperatura del fluido que debe proporcionar, para la aplicación prevista y de acuerdo al clima del lugar en el cuál va a estar emplazado. Un colector diseñado para aplicaciones en las que se necesitan fluidos a altas temperaturas no resulta más eficiente cuando operan a bajas temperaturas.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Plan Nacional de Desarrollo Humano 2012-2016.

Hasta el año 2006, el pueblo de Nicaragua enfrentaba el problema de los apagones de hasta 8 y 12 horas diarias, que paralizaban el desarrollo del país. La generación de energía dependía de un 75% de derivados del petróleo y tanto la cobertura como la calidad del servicio de energía eléctrica era deficiente, afectando mayoritariamente a los pobres. (Gobierno de Reconciliación y Unidad nacional (GRUN), Nov. 08-2012, Pág.136, párr.596).

El propósito fundamental de la política de energía que se implementa desde el año 2007 es la ampliación de la oferta de generación de energía con recursos renovables y el cambio de la matriz de generación, así como la electrificación rural. (GRUN, Nov. 08-2012, Pág.137, párr.597).

“En 2011, la producción de electricidad provino de un 35.0 por ciento de energía renovable (hidráulica, geotermia, biomasa y viento)”. (GRUN, Nov. 08-2012, Pág.137, párr.599).

En el periodo 2012-2016 se dará continuidad al esfuerzo por el ahorro y eficiencia energética en el país, con la entrada en vigencia de 5 Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON) de eficiencia energética, de las 7 aprobadas por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) con la colaboración del Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC). Esto para restringir la introducción al país a aquellos equipos que no cumplan con las especificaciones de eficiencia en el consumo eléctrico. (GRUN, Nov. 08-2012, Pág.139, párr.613.).

Interpretando lo anterior, la utilización de sistemas solares térmicos para el aprovechamiento de la energía solar térmica, viene a formar parte del cambio en el uso de la energía eléctrica, fomentando el desarrollo tecnológico, científico y económico del país.

Una limitante evidente que existe en la carrera de ingeniería en energías renovables es la falta de algunas herramientas para enriquecer nuestra experiencia basada en la práctica, ejemplo de ello la falta de prototipos que son fabricados con énfasis en la enseñanza universitaria, como HL 313 Calentador de agua industrial con colector plano, que es desarrollado como un producto del programa 2E de GUNT, Con este banco de ensayos HL 313 se pueden demostrar los aspectos fundamentales del calentamiento térmico solar de agua sanitaria en una instalación con componentes de la práctica, (www.gunt.de, s.f.), entre otros (ver anexo 12.9.5)

La ausencia de dichas herramientas necesarias para el entrenamiento práctico y la falta de confort en el área de deportes, es decir, la falta de duchas con agua caliente para el aseo personal después de actividades deportivas, nos motiva a llevar a cabo este proyecto para beneficio de todos en la universidad.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La demanda de agua caliente sanitaria (ACS) en hogares, hoteles y centros turísticos, etc. ha venido creciendo en las últimas dos décadas y asimismo los costos de consumo energético para suplir esta demanda, por lo cual se han buscado formas viables de reducir este consumo sin afectar el servicio a los consumidores.

Una manera viable es enfocarse en la instalación de servicios energéticos renovables, dentro de los cuales se pueden nombrar los colectores, paneles y demás sistemas auxiliares.

Por ello la disposición de instalar un sistema de calentador de agua solar, que quede como un recurso didáctico en nuestra Facultad, donde los estudiantes de Ingeniería en Energías Renovables utilicen para evaluar diversos parámetros como temperatura del agua, radiación solar, presión entre otras y así lograr un mayor aprendizaje, un análisis más profundo del funcionamiento del mismo y una valoración de los materiales utilizados.

La oportunidad de contar con una instalación que permita realizar mediciones evaluar y aprovechar el sistema para confort de los estudiantes y deportistas, resulta idóneo para desarrollar un método de enseñanza que muestre las etapas que se toman en cuenta en dichos sistemas, y pueda servir además para investigaciones con el fin de entrenar estudiantes y profesionales en este campo, que aunque no es algo novedoso porque ya hay muchas investigaciones al respecto, todavía no se ha implementado un sistema que funcione para tal fin.

El interés principal es promover el aprendizaje básico sobre las energías renovables, de forma manipulativa, puesto que consideramos que el aprendizaje así conseguido, es más significativo y duradero.

Esto permitirá a la Facultad brindar al estudiante la motivación necesaria para desarrollar habilidades de construcción, reparación y mantenimiento a los dispositivos que han sido instalados en la universidad.

II. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Instalar un Sistema Solar Térmico para la producción de agua caliente sanitaria en el edificio de deportes para uso didáctico en la carrera de Ingeniería en Energías Renovables y para confort de los deportistas de judo en UNAN-FAREM-ESTELÍ en el periodo II semestre 2016.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diseñar a través de software de simulación la base soporte estructural y preinstalaciones de conexiones del sistema solar térmico para producción de agua caliente sanitaria.
- Realizar presupuesto de los costos de inversión para la instalación del sistema con sus respectivos dispositivos de medición paramétrica.
- Instalar el sistema de calentador de agua con dispositivo para lectura de temperatura y flujo másico a través de conexión bluetooth compatible con sistemas Android.
- Elaborar una guía didáctica metodológica de laboratorio para estudiantes de ingeniería de energías renovables para el estudio y caracterización del sistema.

III. MARCO LÓGICO DEL PROYECTO

La Metodología de Marco Lógico ¹ es una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas.

3.1 Marco lógico del proyecto

Marco lógico del proyecto ACS				
Índice	Resumen Narrativo	Objetivos Indicadores Verificables	Medición de verificación	Suposiciones Importantes
OG.	Instalación de un Sistema Solar Térmico para la producción de agua caliente sanitaria en el edificio de deportes FAREM-Esteli.	Incorporación de tecnologías renovables en el ámbito universitario.	Ejecución Presupuestal.	
OP.	Instalar el sistema de calentador de agua que permita el uso y la medición de parámetros característicos.	Metodología de instalación estandar.	Informe final del proyecto.	Capacidad técnico-económico de las universidades para incorporar tecnologías renovables.
R1.	El sistema produjo agua caliente sanitaria para confort de los deportistas de la FAREM.	Temperatura del agua de entrada y salida del sistema, flujo másico.	Dispositivo DATATEMPFLU	Iniciativa de los estudiantes de ingeniería en ER.
R2.	Se elaboró una guía de laboratorio para caracterización del sistema en funcionamiento.	Metros cúbicos y temperaturas registradas.	Medidor volumetrico y termómetros.	Dispositivos de medición.
A1.	Diseñar y presupuestar materiales y accesorios del sistema solar térmico para su instalación y funcionamiento.	TIR, VAN, Rb/c, RI y presupuestos.	Informe final del proyecto.	Estudio Financiero.
A2.	Elaboración de guía de laboratorio para que los estudiantes de ingeniería de energías renovables realicen practicas de evaluación del sistema.	Temperatura de fluido en grados Celsius, radiación solar w/m ² y volumen en m ³ .	Documento prácticas de laboratorio.	Evaluación en campo.

Tabla No.1 Marco Lógico del Proyecto

¹ Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas.

IV. ESTADO DEL ARTE

4.1 Instalaciones de Energía Solar Térmica

4.1.2 Descripción de Instalaciones

- **Captadores Solares:** El primer elemento que se encuentra con la radiación solar y que nos tiene que permitir absorber la energía incidente es el captador solar, que transforma la radiación solar en energía térmica y la transfiere a un fluido circulante en su interior que actúa como fluido portador de la energía térmica.
- **Principio de funcionamiento de un captador plano:** Un captador solar plano es un tipo particular de intercambiador de calor que transfiere la energía radiante del sol a un fluido, aumentando la temperatura y provocando una variación de su estado energético.

La cubierta de cristal (o en general cualquier superficie transparente) deja pasar la radiación solar para que caliente la superficie captadora de su interior. Esta superficie captadora llega a altas temperaturas que quedan siempre por debajo de los 100 Grados Celsius (°C) y 150°C.

- **Configuración de Sistemas:** Las soluciones tecnológicas utilizadas en las instalaciones de aprovechamiento de la energía solar se consideran completamente desarrolladas y probadas con suficiente garantía. Además de los captadores, todo el conjunto específico de constituyentes que permiten el funcionamiento autónomo de las instalaciones y su correcta regulación en función de las necesidades energéticas para las que se ha diseñado.

Distinguimos dos tipos de circulación básicos: por termosifón o por circulación forzada.

- a) En los circuitos con circulación por termosifón no existe ningún elemento mecánico que haga circular el agua por los captadores. El movimiento se produce por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del acumulador y el agua caliente de los captadores.
 - b) Las instalaciones con circulación forzada se diferencian de las otras instalaciones ya que consta de una bomba que hace circular el fluido por la instalación.
- **Conexión de captadores:** Los captadores se pueden conectar en serie, paralelo o en asociación mixta. Pero su comportamiento, por las características de su recta de rendimiento, variará en función del caudal circulante por cada uno de ellos y de la temperatura de entrada en estos captadores. En esencia, a medida que aumente la temperatura de entrada del fluido al captador, disminuye el rendimiento, es decir, el calor absorbido es menor y el salto de temperaturas entre entrada y salida del captador también disminuye.
 - **Acumulador:** El acumulador es el elemento de la instalación donde se almacena la energía térmica, producida por el campo solar. Este elemento es necesario en las instalaciones solares térmicas debido a que permite utilizar el agua caliente en cualquier momento del día independientemente del nivel instantáneo de la radiación solar.
 - **Tipología:** Las tipologías de acumuladores son variadas y diversas. En general se pueden clasificar en función de su posición, vertical u horizontal, y de su acabado final de fabricación (galvanizado, vitrificado, resinas).
 - **Acumulador Vertical:** Es la posición más habitual en las instalaciones solares térmicas al igual que en las instalaciones convencionales. Es la operación más recomendable debido a que favorece la estratificación del agua, acumulándose la más caliente en la parte superior

del depósito y la más fría en la parte inferior. Los volúmenes más estándares oscilan entre los 150 y 500 litros.

- **Acumulador Horizontal:** Esta posición del acumulador se usa principalmente en equipos solares compactos por termosifón, ya que permiten una mejor integración arquitectónica, en el caso de grandes acumuladores y/o depósitos de inercia de más de 4 mil litros. Los volúmenes estándares para estos tipos de acumuladores oscilan entre los modelos pertenecientes a las series domésticas 150-200-300 y 400 litros.
- **Galvanizado en caliente por inmersión:** Es el sistema más extendido y económico, sobre todo para depósitos de gran volumen. Estos acumuladores presentan un buen comportamiento a temperaturas de 46°C a 60°C.
- **Vitrificado de simple o doble cara:** Consiste en revestir internamente la superficie del depósito con una capa líquida formada por sustancias cerámicas y sometidas a temperaturas de 800°C en un horno para obtener la cristalización o vitrificación de las mismas. Están limitados a un volumen de 700 litros.
- **Resinas epoxi:** Presentan un buen comportamiento y se adaptan bastante bien a los volúmenes de acumulación elevados debido a que son más elásticos que los vitrificados. Han de ser compatibles con la temperatura de trabajo y con la aplicación de un sistema efectivo de protección catódica.
- **Ubicación en la instalación solar:** En general se ubicarán en espacios protegidos del exterior y adecuados a su utilización. En los equipos solares por termosifón, el depósito deberá estar convenientemente protegido para mantener estables las propiedades de los materiales, aislamiento y envolvente.

El cálculo de la energía Q (en kilojoule) se determina en función del consumo de agua caliente V (en litros, lt), la temperatura de utilización del agua caliente T_{AC} (en °C) y la temperatura del agua fría T_{AF} (en °C) mediante la fórmula (ASIT, 2010):

$$Q_{ACS} = (C_p) * (\rho) * (V) * (T_{AC} - T_{AF})$$

Donde se ha considerado que, para el agua: Con esta fórmula se puede calcular la demanda diaria de energía, dato necesario para el dimensionado de instalaciones solares.

Nomenclatura	Cantidad	Unidad de medida
Calor Especifico Q	4.186	KJ/Kg*°C
Densidad del agua ρ	1000	Kg/m ³
Temperatura T	35	°C

Tabla No. 2 Nomenclaturas, cantidad y Unidad de medida

4.2. Mantenimiento

Podemos definir al mantenimiento² como el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos con el fin de prevenir o corregir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

4.2.1 Mantenimiento del sistema solar térmico

Para el mantenimiento preventivo y correctivo en caso de que el sistema lo necesite, se creó un plan de operación de actividades de limpieza y reparaciones. En dicho plan están contempladas las acciones a realizar por el técnico encargado del mantenimiento o en su defecto la persona o personas que tengan cierto grado de conocimiento de estos sistemas solares térmicos como los estudiantes de ingeniería en energías renovables. (Ver anexo 12.9.2).

² Manual de Mantenimiento. SENA FEDEMÉTAL, Santa Fe de Bogotá, 1991.

V. ESTUDIO DE MERCADO

Empresas como ECAMI S.A., Tecno sol S.A., Nica Solar S.A., Altertec, entre otras importan, comercializan e instalan este tipo de sistemas de calentadores de agua solar y empresas como SONNSOLAR que es una empresa Costarricense, que se dedican a fabricación de dichos sistemas.

Actualmente este tipo de sistemas está siendo implementado para el sector turístico en el caso específico de los hoteles, estancias, hostales de construcción reciente, En este proyecto no se realizará análisis de mercado porque dicho proyecto está enfocado en un beneficio social de la comunidad estudiantil de la universidad, aunque se recabó información estadística del Instituto Nicaragüense de Turismo (INTUR).

Nicaragua dispone de 1,057 establecimientos turísticos clasificados como oferta Turística nacional de alojamiento del país, clasificados en la siguiente tabla:

Oferta	Cantidad	Managua	Departamentos
Hoteles	355	27.4 %	72.6 %
ATCNH	691		
Alojamiento Turístico de carácter no hotelero			
Aparta-Hoteles			
Total habitaciones	13,896		

Tabla No. 3 Boletín de estadísticas

Fuente: INTUR-Boletín de estadísticas de turismo año 2015.

En el departamento de Estelí están registrados según INTUR, cincuenta y siete establecimientos con seis cientos cuarenta habitaciones equivalentes a mil doscientas treinta y un camas, (Anexo 12.9.3).

Lo cual nos brinda un claro indicador de las oportunidades en la oferta, demanda y comercialización para implementar estos sistemas de calentamiento de agua en los servicios del sector hotelero.

Con respecto a la finalidad de este proyecto ubicado en las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua FAREM-Estelí, la producción de agua caliente sanitaria, no generará ningún tipo de ingreso económico, más que todo se valorará la producción de energía mensual para el calentamiento del agua y evaluación didáctica del sistema una vez instalado y puesto en operación. En hipotético caso que existieran duchas eléctricas en el edificio, si se generaría un ahorro en la facturación de energía eléctrica.

VI. ESTUDIO Y ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROYECTO

6.1. PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Los sistemas calentadores de agua solar son dispositivos que utilizan la radiación solar para poder transferir energía térmica a un fluido como el agua o el aire, cabe señalar que el valor medio de la radiación solar en Nicaragua es aproximadamente de 5500wh/m^2 por día, en el pacífico 5000wh/m^2 , en la zona central y atlántico 4500wh/m^2 por día. (Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales, 2014), (Ver anexo 12.9.4).

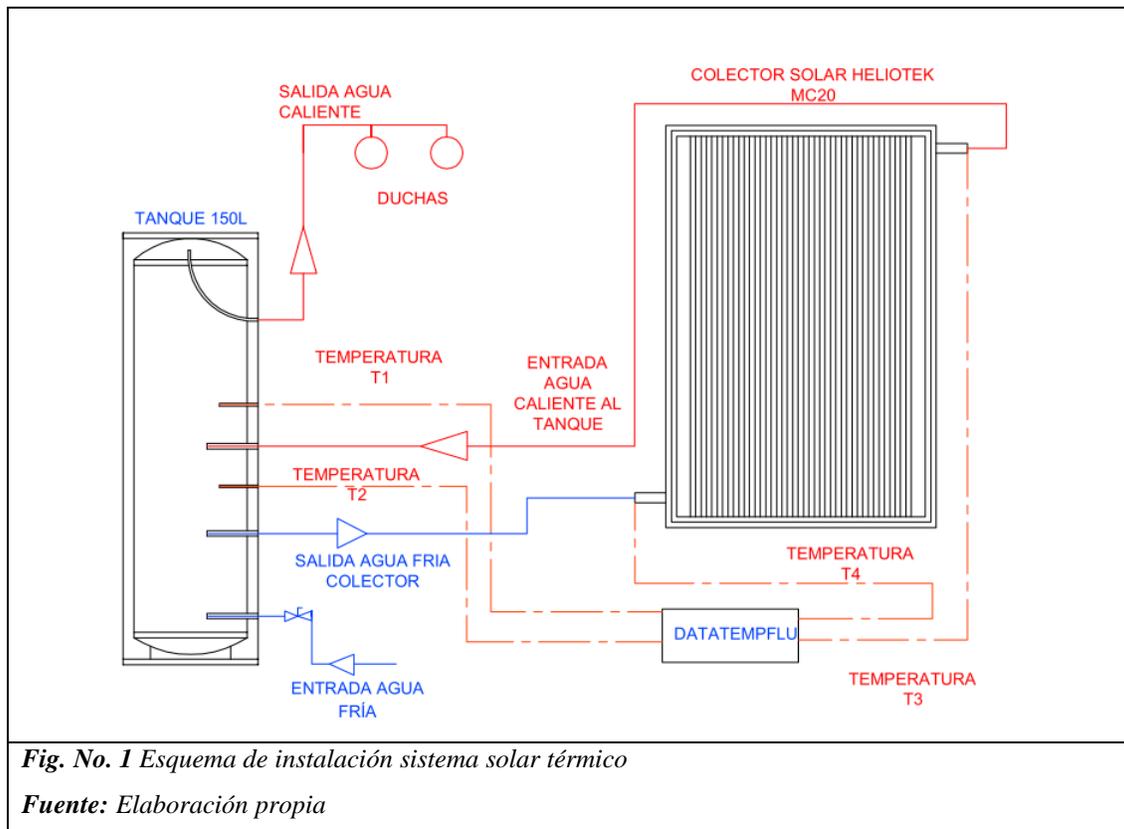


Fig. No. 1 Esquema de instalación sistema solar térmico

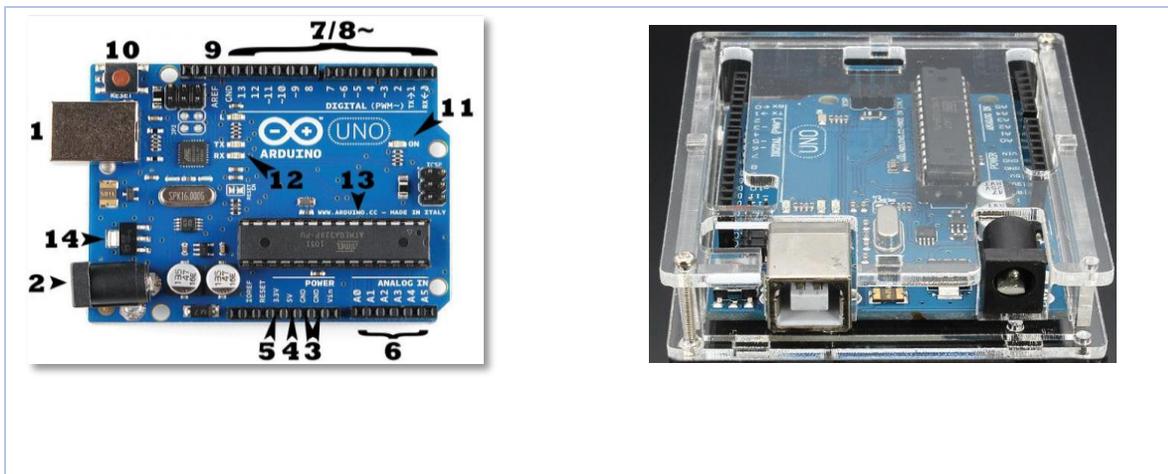
Fuente: Elaboración propia

Para la producción de agua caliente sanitaria de dos duchas, una para el baño de hombres y la otra para el baño de mujeres, se utilizará un sistema solar térmico que según especificaciones técnicas tiene una producción promedio mensual de $84.2\text{ kWh/mes}\cdot\text{m}^2$, con un área de captación de 2m^2 , y un termo tanque de 150 litros de capacidad de almacenamiento.

6.2. DISPOSITIVO PARA MEDICIONES DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO CON CONEXIÓN BLUETOOTH A DISPOSITIVOS CELULARES CON SISTEMAS ANDROID

Arduino es una plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es un dispositivo que conecta al mundo físico con el mundo virtual.

El Arduino UNO, tiene varios componentes, tiene entradas analógicas y Digitales, en la siguiente imagen se detalla todos estos componentes.



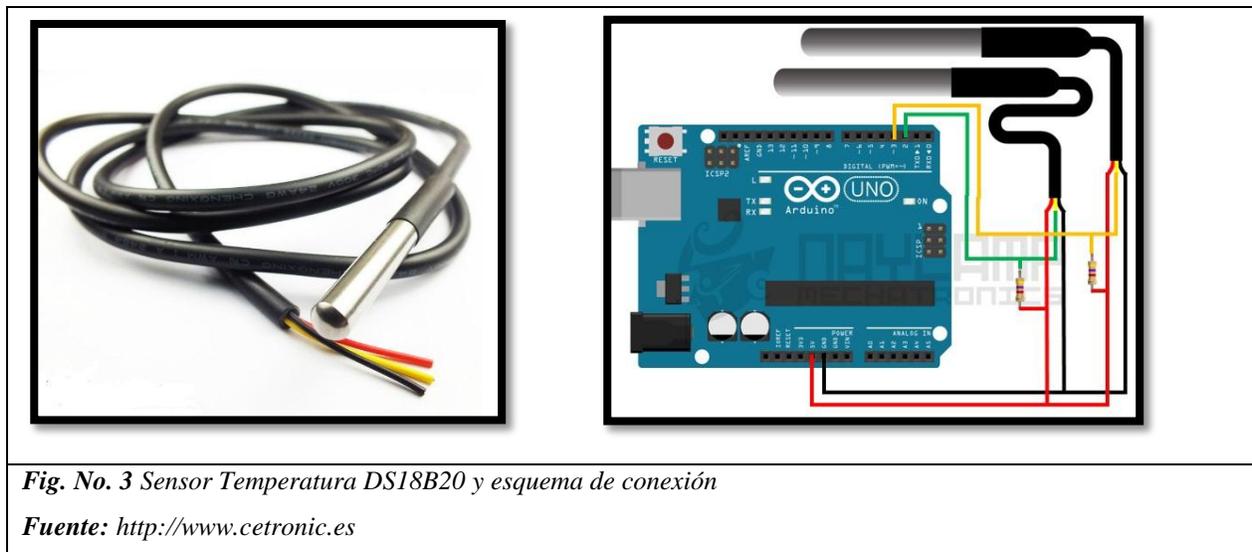
Potencia - USB (1)	Puede ser alimentada desde un cable USB.
Conector de Adaptador (2)	No mayor a los 20V
GND (3)	Ground o conexión a tierra
5V (4)	Pin con 5V
3.3V (5)	Pin con 3.3V
Analógico (6)	Leen señales de sensores analógicos
Digital (7)	I/O de señales digitales
PWM (8)	Modulación por ancho de pulsos PWM
AREF (9)	Soporte de referencia analógica
Botón de reinicio (10)	Reinicia la programación a Cero
Indicador LED de alimentación (11)	LED de encendido
LEDs RX TX (12)	TX transmisión y RX Recepción
Microcontrolador (13)	IC o micro controlador
Regulador de Voltaje (14)	Control de tensión

Fig. No. 2 Componentes de Arduino UNO

Fuente: <http://www.instructables.com/id/Arduino>

6.3. SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20 SUMERGIBLE PARA ARDUINO ONE

Se trata de una versión sumergible del conocido sensor de temperatura para Arduino basado en el DS18B20, para uso en exteriores o en contacto con líquidos. Dado que se trata de un sensor digital no hay problema de pérdidas de precisión por usa en largas tiradas de cable. Además utiliza el protocolo 1-wire, cada sensor sale de fábrica con un ID de 64 bits que le identifica de forma única permitiendo usar múltiples sensores conectados a un solo pin digital del Arduino One. El sensor trae tres cables; Rojo se conecta a 5 voltios, azul o negro a tierra o Ground (GND) y el amarillo es para comunicar datos.



Características Técnicas del sensor DS18B20	
Rango de temperaturas	-55 °C - 125 °C
Resolución de ajuste	9 a 12 bytes
Pin para comunicación	1
Precisión	0.5 °C de -10 °C a 85 °C
Alimentación	3.3v a 5v DC
Longitud	1m a 3m

Tabla No. 4 Características Técnicas Sensor DS18B20

6.4. SENSOR DE FLUJO DE AGUA MODELO YF-S201

Este sensor se instala en la línea de agua, utiliza un sensor de movimiento llamado Efecto Hall, sirve para conocer la cantidad de líquido que se ha movido a través de él. El aspa de viento tiene un pequeño imán incorporado que pasas cerca del sensor magnético de Efecto Hall que puede medir la cantidad de vueltas de las aspas convirtiendo estas vueltas en pulsos digitales recogidas por el pin digital del Arduino One, dicha conexión se realiza conectando cable rojo a los 5v, azul o negro a tierra Ground (GND) y el cable amarillo al pin digital del Arduino One.

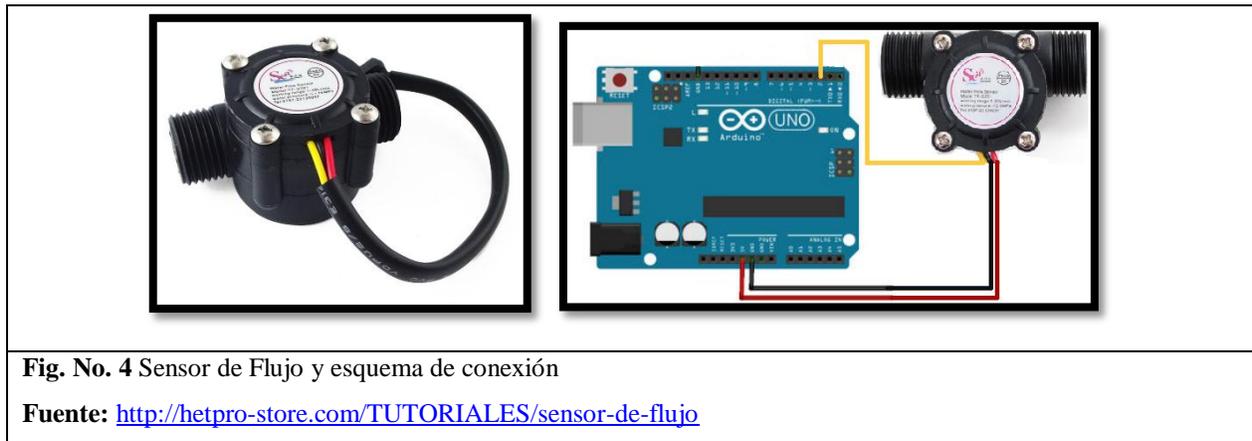


Fig. No. 4 Sensor de Flujo y esquema de conexión

Fuente: <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo>

Características Técnicas Sensor de Flujo	
Alimentación	5v a 18v DC
Trabajo de caudal	1 a 30 l/min
Precisión	± 2%
Modo detección	Vertical
Rango de humedad trabajo	30% - 80%

Tabla No. 5 Características Técnicas Sensor de flujo

6.5. MÓDULO BLUETOOTH HC-05

El HC-05 es un módulo SSP (Serial Port Protocol/Protocolo de Puerto Serial) fácil de usar y configurar para redes inalámbricas de conexión serial, El módulo Puerto Serie Bluetooth está completamente calificado Bluetooth V2.0 + EDR (Enhanced Data Rate/ Tasa de datos mejorada), Modulación de 3Mbps con transceptor de radio 2.4GHz y banda base completos. Utiliza CSR Bluecore 04-Sistema de chip único externo de chip con tecnología CMOS y con AFH (función de salto de frecuencia adaptable). Tiene la huella tan pequeña como 12.7mmx27mm.

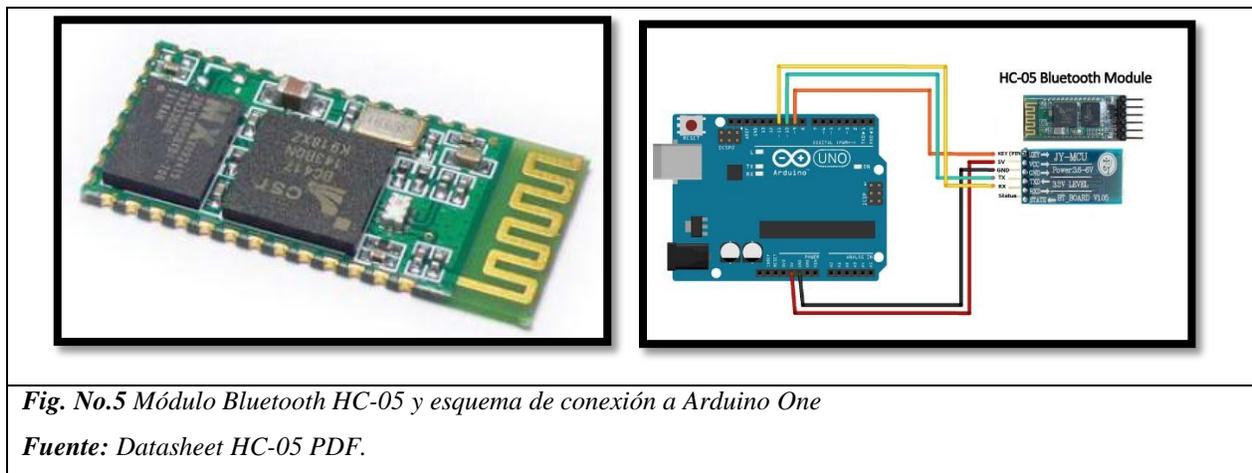


Fig. No.5 Módulo Bluetooth HC-05 y esquema de conexión a Arduino One

Fuente: Datasheet HC-05 PDF.

Características Técnicas Módulo Bluetooth HC-05	
Baudios por defecto	38400
Auto conexión	Último dispositivo conectado
Alimentación	1.8v a 3.6 v DC
Baudios	Programables (9600, 19200, 38400, 57600)
Modo	Master o Esclavo
Antena	Integrada

Tabla No. 6 Características Técnicas Módulo Bluetooth HC-05

La conexión es relativamente sencilla; alimentación cable rojo al 1.8v o 3.6v en DC, cable Gris a tierra o Ground (GND), cable amarillo del módulo RX al TX del Arduino One, cable verde del módulo TX al RX del Arduino One y el cable naranja del módulo Key al Pin 9 del Arduino One.

6.6. LOCALIZACION DEL PROYECTO

6.6.1. MACRO LOCALIZACIÓN

También llamada macro zona, es el estadio de localización que tiene como propósito encontrar la ubicación más ventajosa para el proyecto, determinando sus características físicas e indicadores socio-económicos más relevantes. Es decir, cubriendo las exigencias o requerimiento de proyecto.

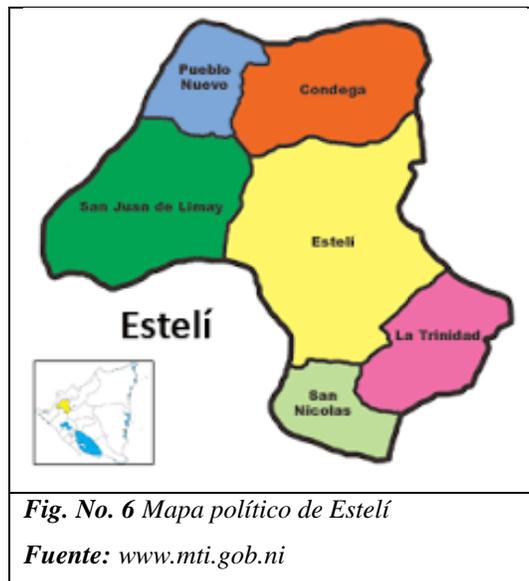
Tiene el propósito de encontrar la ubicación más ventajosa para el proyecto, es decir cubriendo las exigencias o requerimientos contribuyendo a minimizar los costos de inversión y los costos y gastos durante el periodo productivo del proyecto.

Que a su vez depende de ciertos factores de localización, solo por mencionar algunos de manera global que infieren en el desarrollo de cualquier proyecto o negocio:

1. Medios y costos de transporte.
2. Disponibilidad y costo de mano de obra.
3. Cercanías de las fuentes de abastecimiento.
4. Costo y disponibilidad de terrenos,
5. Disponibilidad de agua, energía y otros suministros básicos.

Enmarcando como base fundamental la disponibilidad de los recursos como agua, energía y otros suministros para la ejecución y operación del proyecto “**Instalación de un Sistema Solar Térmico para la producción de agua caliente sanitaria en el edificio de deportes UNAN-FAREM-ESTELÍ**” estará ubicado en la Ciudad de Estelí, que dista a 148.3 Km. de la Ciudad capital Managua, ubicada sobre la Carretera Panamericana en la zona norte del país.

El departamento de Estelí y su Municipio del mismo nombre tiene los siguientes límites al norte con CONDEGA, al sur con LA TRINIDAD, al este con LA CONCORDIA (Jinotega) y al oeste con el SAUCE (León) y está ubicada en la parte sur de la región norte del país, brindando el acceso a los otros departamentos que conforman esta región del país.



6.6.2. MICRO LOCALIZACIÓN

En el estudio de micro localización se elige el punto preciso, dentro de la macro zona, en donde se ubicará definitivamente la empresa, negocio o proyecto, dentro de las cuales se conjuga los aspectos relativos a los asentamientos humanos, identificación de actividades productivas y determinación de centros de desarrollo. Selección y delimitación precisa de las áreas, también denominada sitio, en que se localizará y operará el proyecto dentro de la macro zona.

Tiene el propósito de seleccionar la comunidad y el lugar exacto para instalar el proyecto, siendo este sitio el que permite cumplir con los objetivos del lograr la más alta rentabilidad o producir el mínimo costo unitario.

Específicamente el proyecto estará ubicado en la Ciudad de Estelí, en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua FAREM-ESTELÍ, edificio de deportes costado oeste de dicho edificio, ubicación que permitirá el fácil acceso al sistema para evaluaciones futuras de los estudiantes de ingeniería en Energías Renovables y para mantenimiento de dicho sistema.



6.6.3 TAMAÑO DEL PROYECTO

Se iniciará el proyecto con la producción de energía específica promedio mensual del sistema, según características de la ficha técnica la cual indica que su producción promedio mensual es de 84.2 kWh/mes*m².

El sistema tiene sus propias características y esto nos proporciona sus dimensiones de funcionamiento, pero su dimensionado puede cambiar al modificarle ciertas variables, por ejemplo el número de personas que utilizarán el sistema, tiempo de uso o consumo en litros por minuto, por ejemplo en el dimensionado realizado para siete personas que usen el sistema a una temperatura de 35 °C con un consumo de 20 litros por ducha de cinco minutos cada una. (Ver anexo 12.5).

6.6.4 ACTIVIDADES TÉCNICAS DEL PROYECTO

Para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto se deberán realizar las siguientes actividades.

- a) Levantamiento detallado de las partes del sistema solar térmico marca Heliotek MC20 y tanque de almacenamiento de 150 litros, determinando que las conexiones del tanque y colector no se encontraron disponibles, teniendo que presupuestar la tubería y accesorios específicos para la conexión de dicho sistema. (ver anexo 12.8).
- b) Levantamiento del sitio donde funcionará el sistema calentador de agua solar, Se determinó que la mejor propuesta para la ubicación final del sistema es en la parte sur del edificio de deportes por dos razones importantes; la primera de las cuales se planteó colocar el sistema sobre el techo del edificio, pero se llegó a la conclusión de que dicha ubicación es peligrosa para los estudiantes que en su momento se dedicaran a evaluar el sistema y la segunda que porque la presión del sistema hidráulico no es suficiente para llenar el tanque de almacenamiento. (ver anexo 12.9).
- c) Diseñar una estructura soporte, conexiones del sistema solar térmico en un programa de simulación, se diseñó a través de un programa de simulación la base soporte para determinar las dimensiones y forma adecuada para soportar el colector, el tanque de almacenamiento y el subsistema hidráulico. (ver anexo 12.2).
- d) Instalación y puesta en marcha del sistema, dentro de la instalación propiamente dicha, se encuentra la realización de obras civiles como la cimentación para la base soporte con concreto, nivelación y cortes a las paredes para la instalación del sistema hidráulico que llevará el agua hacia las respectivas duchas.

- e) Capacitación a personal encargado de la administración y mantenimiento del sistema de calentamiento de agua a fin de garantizar el cuidado adecuado del sistema instalado a través de un plan operativo de mantenimiento.
- f) Elaboración de guía de laboratorio metodológica para estudiantes de ingeniería de energías renovables. (ver anexo 12.7).

VII. ESTUDIO DE ORGANIZACIÓN

En la búsqueda de articular de forma coherente los esfuerzos para la consecución de un determinado fin, los seres humanos estamos inmersos en una serie de iteraciones con nosotros mismos y con nuestro entorno de manera tal que el mejor resultado que se puede esperar es cuando se logran estructurar y ordenar de forma lógica los medios o factores que actúan para concretizar ciertos objetivos propuestos los cuales requieren de la colaboración mutua entre nosotros mismos.

De acuerdo a (Chiavenato, 2007) una organización, “es un sistema de actividades conscientemente coordinadas de dos o más personas. La cooperación entre estas personas es esencial para la existencia de la organización”.

En fin, el proceso administrativo de la organización implica, establecer elementos básicos como lo es la estructura funcional el grupo social, se deben establecer los niveles de correlación de funciones de forma jerárquica y deben unir esfuerzos para realizar las acciones que conllevan al cumplimiento de los objetivos propuestos. Se debe trabajar en cohesión y sistematización de forma coordinada a fin de facilitar el trabajo y la eficiencia.

En este proyecto no se creará ninguna empresa, pero debe existir una organización para la ejecución de dicho proyecto, la cual estará fundamentada en la jerarquía misma de los departamentos asociados a la administración de los bienes a instalar y recursos financieros a utilizar, (anexo 12.6).

VIII. ESTUDIO FINANCIERO

Para efectos financieros del proyecto se abarcará únicamente la inversión de instalación presupuestada, valor económico del sistema y de la energía producida por el sistema, TIR y VAN, ya que este proyecto como antes mencionamos tiene énfasis social y didáctico.

Según resultados de los cálculos del VAN y TIR, la toma de decisión de proyecto versus no invertir, los resultados demuestran que conviene realizar este proyecto dado que la tasa de retorno es menor al del mercado en 0 %, ahora bien la decisión entre ambos intereses del 0% y 9% respectivamente conviene la inversión al 0% dado que tiene un VAN mayor al del 9% de interés. (Ver anexo 12.9.1)

Tasa de interés	Inversión inicial
0 %	\$1,314.68

$$V. A. N. = -A + \frac{Q1}{(1+i)^1} + \frac{Q1}{(1+i)^2} + \frac{Q1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Q1}{(1+i)^5}$$

$$V. A. N. = -1,314.68 + \frac{336}{(1+0)^1} + \frac{336}{(1+0)^2} + \frac{336}{(1+0)^3} + \frac{336}{(1+0)^4} + \frac{336}{(1+0)^5}$$

$$V. A. N. = -1,314.68 + 1,680.00$$

$$V. A. N. = 365.02$$

Tasa de interés	Inversión inicial
9 %	\$1,314.68

$$V.A.N. = -A + \frac{Q1}{(1+i)^1} + \frac{Q1}{(1+i)^2} + \frac{Q1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Q1}{(1+i)^5}$$

$$V.A.N. = -1,314.68 + \frac{336}{(1+0.09)^1} + \frac{336}{(1+0.09)^2} + \frac{336}{(1+0.09)^3} + \frac{336}{(1+0.09)^4} + \frac{336}{(1+0.09)^5}$$

$$V.A.N. = -1,314.68 + \frac{336}{1.09} + \frac{336}{1.1881} + \frac{336}{1.2950} + \frac{336}{1.4115} + \frac{336}{1.5386}$$

$$V.A.N. = -1,314.68 + 308.25 + 282.80 + 259.45 + 238.04 + 218.38$$

$$V.A.N. = -1,314.68 + 1,306.92$$

$$V.A.N. = -7.76$$

T.I.R. Tasa interna de rentabilidad

Fórmula general del T.I.R

$$T.I.R = i_1 + (i_2 - i_1) \left[\frac{V.A.N_1}{V.A.N_1 + V.A.N_2} \right]$$

Donde:

$i_1 =$ tasa de inteters $V.A.N$ positivo

$i_2 =$ tasa de intetes $V.A.N$ negativo

Tasa de interés último V.A.N positivo	Tasa de interés primer V.A.N. negativo
I1 = 0%	I2 = 9%

$$T.I.R. = i_1 + (i_2 - i_1) \left[\frac{V.A.N_1}{V.A.N_1 + V.A.N_2} \right]$$

$$T.I.R. = 0 + (0.09 - 0) \left[\frac{365.02}{365.02 + 7.76} \right]$$

$$T.I.R. = (0.09) \left[\frac{365.02}{372.78} \right]$$

$$T.I.R. = (0.09)[0.9791]$$

$$T.I.R. = 0.088 * 100\% = 8.81$$

Relación beneficio costo

$$\frac{Rb}{c} = \frac{\frac{FN^1}{(1+i)^1} + \frac{FN^2}{(1+i)^2} + \dots, \quad \frac{FN^n}{(1+i)^n}}{I_0 + \frac{FN^1}{(1+i)^1} + \frac{FN^2}{(1+i)^2} + \dots, \quad \frac{FN^n}{(1+i)^n}}$$

Tasa interés	0%
--------------	----

$$Rbc = \frac{336}{1} + \frac{336}{1} + \frac{336}{1} + \frac{336}{1} + \frac{336}{1}$$

$$Rbc = \frac{1,680}{1,314.68}$$

$$Rbc = 1.27$$

Estos resultados nos demuestran que el proyecto aunque tenga énfasis social, es rentable y recuperable la inversión, claro está que el financiamiento es al cero (0%), y que soporta una tasa de interés hasta el nueve (9%) para no perder ni ganar en el proyecto. Además la inversión de un sistema similar es más rentable y menor tiempo de recuperación puesto que no poseen sistemas de medición de temperaturas y flujo másico.

IX. IMPACTO AMBIENTAL

Lo mejor acerca de la energía solar en términos de sus efectos ambientales es que casi no produce emisiones de carbón o gases de efecto invernadero. No quema petróleo, no genera residuos tóxicos, y su ausencia de partes móviles reduce las posibilidades de un accidente ambiental devastador a cero.

De hecho, los únicos contaminantes que se consideran en la energía solar son aquellos que participan en la construcción y transportación de sus partes; lo cual lo clasifica entre las formas de energía más limpia en la tierra. Implementar energía solar a amplia escala reduciría su impacto ambiental a una minúscula fracción de su nivel actual.

La energía solar es ambientalmente ventajosa también porque su suministro de energía nunca se agota. La luz solar brillará por mucho tiempo sobre la tierra y mientras esto suceda se podrá retener la energía que la tecnología solar pueda soportar. Al contrastar esto con los combustibles fósiles tales como el carbón o el petróleo, los cuales necesitan ser extraídos o explotados y por lo tanto tienen un enorme impacto ambiental, aún en circunstancias relativamente seguras.

En este proyecto, de acuerdo con la energía promedio mensual producida por el sistema de 84.2Kwh/mes se dejarían de emitir con duchas eléctricas 0.0390 toneladas de CO₂

En un año la energía promedio producida por el sistema será de 1,010.40 kWh equivalentes a 0.4686 toneladas de CO₂, para diez años 4.686 toneladas de CO₂ si estuvieran instaladas las duchas eléctricas en el edificio de deportes, (ver anexo 12.4).

X. CONCLUSIONES

- Con la instalación del sistema solar térmico en la Facultad Multidisciplinaria Regional del Norte, Estelí, se logró un doble propósito de uso para aseo personal de los deportistas de JUDO y de utilización como herramienta didáctica para estudiantes de la carrera de Ingeniería en energías renovables.
- Siguiendo las líneas de investigación y desarrollo de la carrera de Energías Renovables se logró incorporar tecnología nueva e innovadora, como es el caso del subsistema de medición inalámbrica de temperatura, que por iniciativa propia de los estudiantes y aplicando conocimiento transmitidos por los docentes de dicha ingeniería se llevó a cabo su incorporación de formar parte como otra herramienta didáctica para que sea analizada y mejorada por las futuras generaciones de estudiantes de ingeniería.
- El financiamiento de este proyecto por parte de la Universidad Carlos III de Madrid, permitió lograr los objetivos de la preparación y ejecución de la instalación del sistema solar térmico con cero por ciento de interés (0%), pero se demostró a través del análisis financiero y con los cálculos de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rentabilidad que el proyecto tiene un margen de hasta el nueve por ciento de interés (9%) para ser financiado.
- Instalación y puesta en marcha del sistema solar térmico para producir agua caliente sanitaria, se realizaron las medidas paramétricas del sistema en días promedio nublado y soleado, en cuanto a radiación promedio, temperaturas de entrada de la red, temperatura del colector de entrada y salida, temperaturas del tanque de almacenamiento tanto de la entrada como la salida de dicho tanque. (Ver en anexo 12.9.6).

XI. RECOMENDACIONES

- Para realizar un proyecto del cual no se tiene un antecedente similar en su diseño se recomienda formar un grupo multidisciplinario que abarque diferentes áreas de estudios, por ejemplo personal capacitado en arquitectura, finanzas, electricidad, electrónica, construcción de obras civiles y en sistemas alternativos de generación de energías renovables.
- Garantizar el financiamiento en tiempo y forma, así como la selección de empresas proveedoras de materiales de sino buena excelente calidad para la durabilidad del sistema solar térmico.
- Para la utilización de herramientas de trabajo en la construcción de obras civiles e instalación de sistemas ya sean solar térmico o fotovoltaico y cualquier otro tipo de instalación, se debe tener en cuenta las debidas medidas de seguridad para preservar la integridad física de las personas.
- Tener en cuenta la calidad de los componentes a utilizar, puesto que el sistema puede presentar altas temperaturas y altas presiones, las cuales pueden ocasionar fallas o problemas en el sistema.
- Etiquetar las temperaturas y presiones máximas y mínimas que puede soportar el sistema para protección del mismo y del personal que estará en contacto con dicho sistema ya sean estudiantes o personal de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- (GRUN), G. d. (2012). Plan Nacional de Desarrollo Humano PNDH. 136-137.
- ASIT. (2010). Guía ASIT de la Energía Solar Térmica. Technical Report, Asociación Solar de la Industria Térmica. España.
- Chiavenato, I. (2007). Administración de los Recursos Humanos. Mexico: McGraw-Hill.
- Group, H. b. (s.f.). Manual do produto coletor solar.
- <http://www.ada-c.com/es/conversor-co2.html>. (s.f.).
- <http://www.intur.gob.ni/estadisticas-de-turismo/>. (s.f.).
- Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales, M. (2014). www.ineter.gob.ni. Obtenido de Ineter.
- Martínez, J. C., Noceto, P., & Suárez, R. (2013). Manual Técnico de Energía Solar Térmica. Uruguay.
- TURISMO, I. N. (s.f.). www.intur.gob.ni.
- Universidad Politécnica de Cataluña. (2007). Master en Energías Renovables "Energía Solar Térmica".
- UPC, F. (2007). Master En desarrollo Sostenible; Energía Solar Térmica Módulo 4. España.
- www.gunt.de. (s.f.).

Lista de accesorios y materiales de un sistema termosifón				
Cant.	Descripción	Precio unit. C\$	Precio total	Precio total U\$
2	Pliegos papel lija 100	20.22	40.44	1.40
1	1/4 pega amarilla	219.46	219.46	7.61
1	Pintura fastil rojo, azul)	234.11	234.11	8.11
6	Niples cortos 3/4"	13.75	82.50	2.86
3	T- HG 3/4"	23.36	70.08	2.43
2	Uniones HG 3/4"	19.33	38.66	1.34
2	Uniones maleables 3/4"	84.42	168.84	5.85
4	Codos HG 90 ° 3/4"	27.60	110.40	3.83
4	Codos HGC 45 ° 3/4"	27.40	109.60	3.80
1	T HG 1/2"	21.00	21.00	0.73
1	Niple corto 1/2"	12.05	12.05	0.42
1	Uniones HG 1/2"	18.50	18.50	0.64
1	Tubo HG 3/4"	460.00	460.00	15.94
1	Pega CPVC	87.61	87.61	3.04
4	Tubos PVC 3/4"	78.32	313.28	10.86
2	Tubos PVC 1/2"	54.06	108.12	3.75
12	Adaptadores macho PVC 3/4"	4.98	59.76	2.07
6	Adaptadores hembra PVC 3/4"	6.15	36.90	1.28
6	Adaptadores macho PVC 1/2"	4.98	29.88	1.04
4	Adaptadores hembra PVC 1/2"	3.52	14.08	0.49
12	Codos PVC 90 ° 3/4"	3.81	45.72	1.58
12	Codos PVC 45 ° 3/4"	3.81	45.72	1.58
6	T - PVC	10.84	65.04	2.25
1	Rollo teflón	68.00	68.00	2.36
2	Angular 1 1/4", 6m	300.00	600.00	20.80
1	Platina de 3/4"x1/8", 6m	256.00	256.00	8.87
1	Libra de varilla para soldar Lincoln	60.00	60.00	2.08
1	Bolsa cemento	280.00	280.00	9.71
2	Disco metabo 4 1/2"	70.00	140.00	4.85
1	1/2 Galón pintura anticorrosiva	350.00	350.00	12.13
1	Brochas 2"	30.00	30.00	1.04
2	Lata de arena	40.00	80.00	2.77
Total			4,255.75	147.51

Tabla No. 7 Presupuesto financiado por FAREM-Esteli

12.2 Diseño de estructura de base soporte del sistema y conexiones. (Google Sketchup Pro 2016).

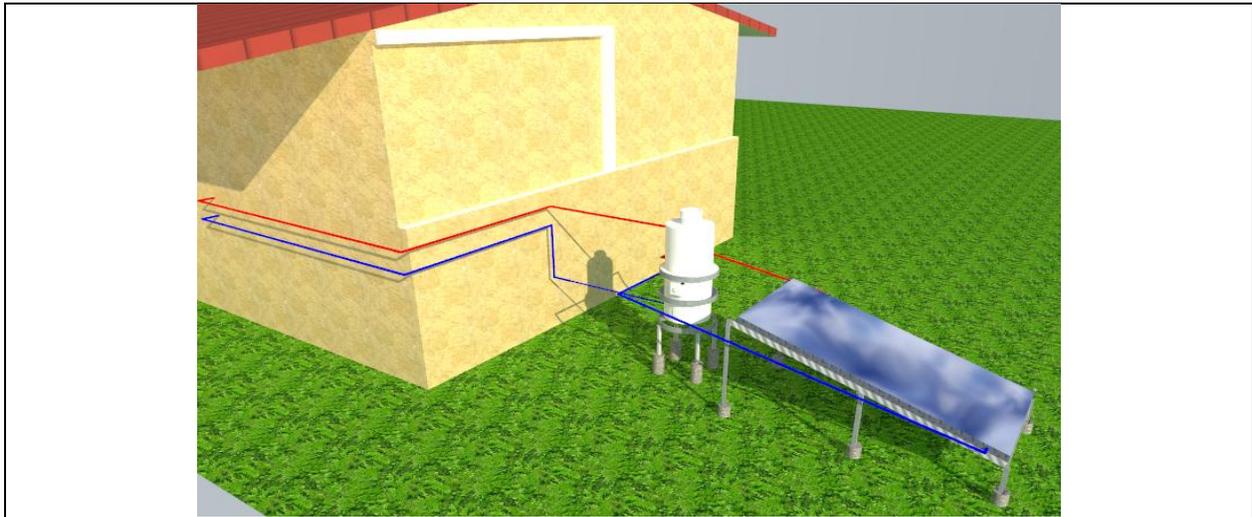


Fig. No. 8 Vista parcial del sistema solar térmico

Fuente: Elaboración de diseño propio

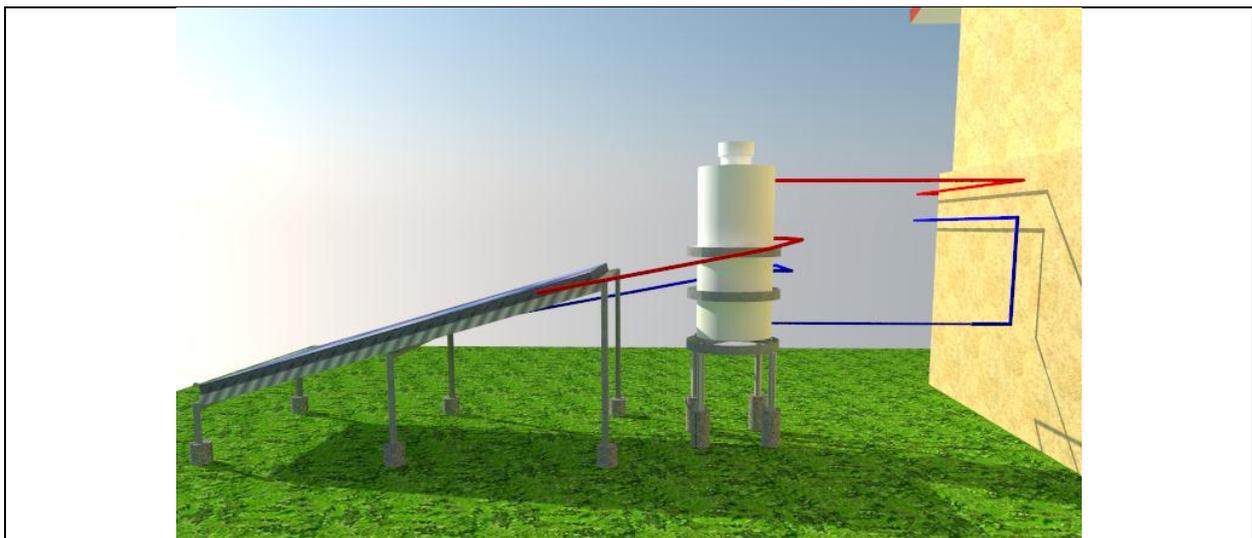


Fig. No. 9 Vista lateral del sistema solar térmico

Fuente: Elaboración de Diseño Propio

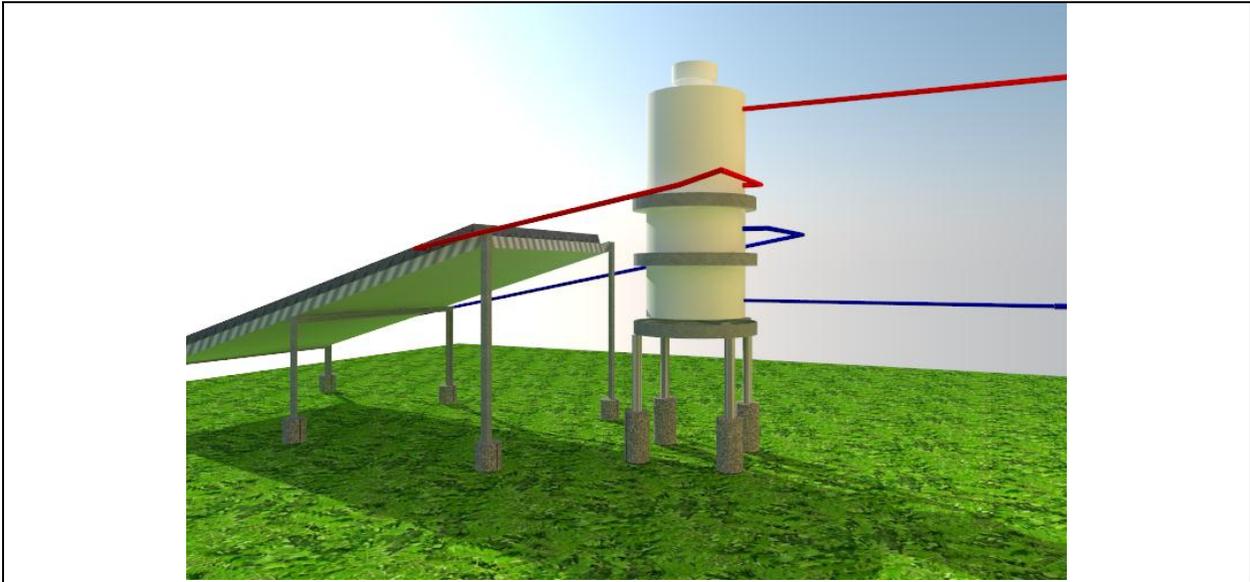


Fig. No. 10 Vista posterior del Sistema solar térmico
Fuente: Elaboración de diseño propio

12.3 Especificaciones técnicas del sistema solar térmico.

Especificaciones técnicas del colector			
Características técnicas	MC10	MC15	MC20
Área externa [m ²]	1.0	1.5	2.0
Revestimiento de superficie	Pintura negra especial		
Presión máxima de operación [PSI]	56.9		
Producción media mensual de energía [Kwh/mes*m ²]	84.2		
Volumen interno de absorbedor [litros]	1.15	1.38	1.61
Vidrio	Liso temperado		
Absorbedor	Chapa única de aluminio		
Moldura	Perfil e aluminio		
Dimensiones [AxLxP(mm)]	1000x1000x69	1500x1000x69	2000x1000x69
Peso [Kg]	14	20	27

Tabla No. 8 Especificaciones Técnicas del colector solar

12.4 Tabla de energía promedio producida por el sistema solar térmico equivalentes a toneladas de CO₂.

kWh - CO ₂		
Años	kWh/año	Tons CO ₂
1	1,020.40	0.4686
2	1,020.40	0.4686
3	1,020.40	0.4686
4	1,020.40	0.4686
5	1,020.40	0.4686
6	1,020.40	0.4686
7	1,020.40	0.4686
8	1,020.40	0.4686
9	1,020.40	0.4686
10	1,020.40	0.4686
Total	10,104.00	4.686

Tabla No. 9 Energía Sistema solar térmico equivalente a toneladas CO₂

12.5 Dimensionado de sistema calentador de agua.

Dimensionado de sistema solar térmico				
Ecuaciones	Datos	Valores	Resultados	Unidad de medida
<i>Masa agua</i> $m = np * \rho * vp$	np=número personas	7	140	Kg
	ρ = densidad del agua en Kg/m ³	1000		
	vp= volumen por persona m ³	0.02		
<i>Energía demandada</i> $Q = m * cp * (tc - tamb)$	m=masa de agua Kg	140	7618.52	Kj
	Cp=calor específico del agua Kj/kg°C	4.186		
	Tc=temperatura caliente °C	35		
	Tamb=temperatura ambiente °C	22		
<i>Área de captación</i> $A_{cap} = \frac{Q}{HP * N_g}$	Q=energía demandada en Kwh	2.11	0.90	m ²
	HP= radiación solar promedio Kwh/m ²	5.83		
	Ng=eficiencia %	0.4		
<i>No.de colectores</i> $N_c = \frac{A_{cap} * F_s}{A_c}$	Acap=área de captación m ²	0.9	0.45	1
	Fs=factor corrección	1		
	Ac= área del colector m ²	2		
<i>Volumen de depósito</i> $V_{dep} = 1.10 * m$	m=masa de agua Kg	140	154	Kg
	Sobre dimensionado %	1.10		
<i>Volumen intercambiador</i> $V_{int} = V_{sist\ cap} + V_{sist\ tub}$	Volumen sistema captador Lt	1.62	6.33	l
	Volumen sistema tubería Lt	4.71		
<i>Volumen dilatado</i> $V_{dil} = V_{int} * C_e$	Vint=volumen intercambiador	6.33	0.54	l
	Ce=Coficiente expansión del agua	0.085		
<i>Volumen reserva</i> $Vol\ res = 0.029 * V_{int}$	Vint=volumen intercambiador	6.33	0.18	l
	Valor de tabla	0.029		
<i>Volumen vaporizado</i> $V\ vap = 0.62 * 1.10$	Vol sist cap l	0.62	0.68	l
	Sobre dimensionado %	1.1		
<i>Volumen útil</i> $Vol\ U = V_{dil} + Vol_{res} + V\ vap$	Volumen dilatado	0.54	1.40	l
	Volumen reserva	0.18		
	Volumen vaporizado	0.68		
<i>Volumen vaso expansión</i> $Vol\ vaso = Vol\ U * C_p$	Volumen útil	1.40	2.14	l
	Coficiente expansion	1.53		
<i>Potencia captación</i> $Q = C_p * V_c * (tc - tamb)$	Cp= calor específico agua Kj/kg*c	4.19	13.60	Kw
	Vc=volumen circulante l/s	0.25		
	tc=temperatura caliente	35		
	tamb=temperatura ambiente	22		
<i>Potencia bomba circ. 2%</i> $P = Q * 1.02$	Q=potencia captación	13.6	13.872	w
	porcentaje %	1.02		

12.6 Estructura organizativa del proyecto, Inversión, Financiamiento, preparación y ejecución.

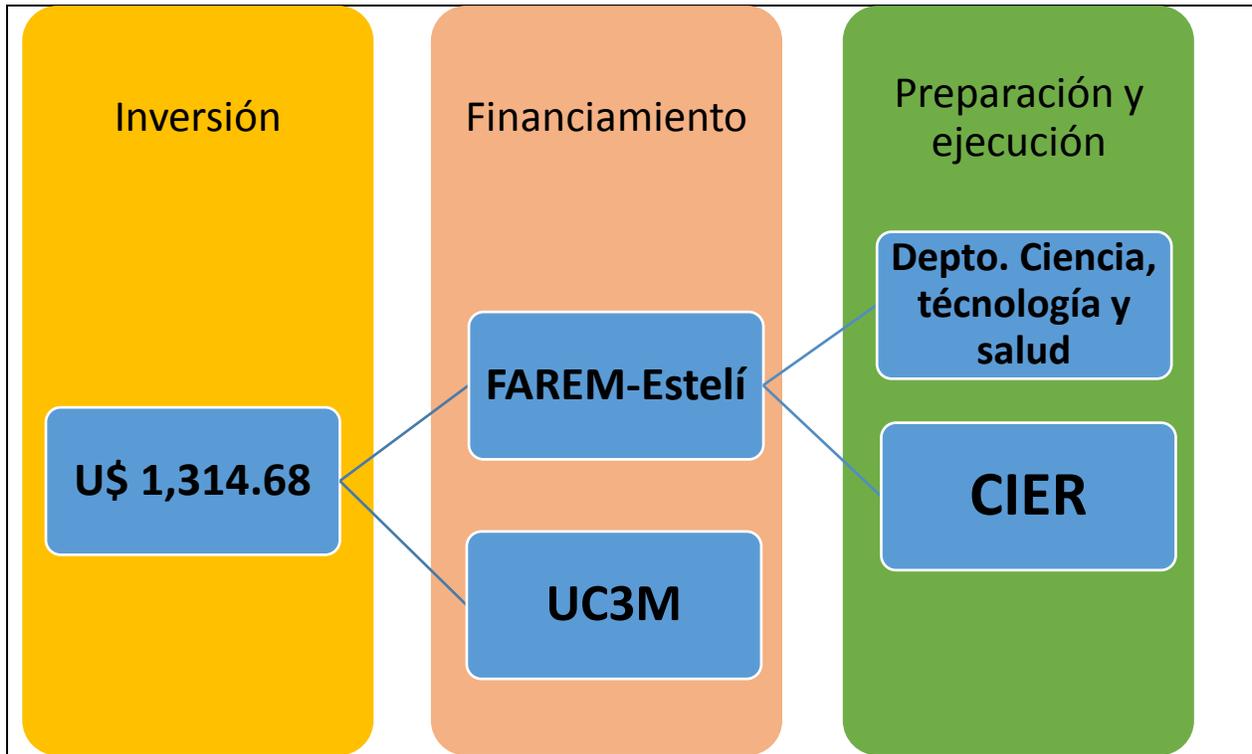


Fig. No. 11 Organización del proyecto ACS

Fuente: Elaboración propia

12.7 Guía de laboratorio para estudiantes de ingeniería de energías renovables.

Facultad Regional Multidisciplinaria FAREM – Estelí.

Carrera: Ingeniería en Energías Renovables.

Laboratorio 1: Mediciones de temperatura de sistema solar térmico.

Objetivos:

- Obtener mediante cálculos y mediciones los parámetros de funcionamiento de un sistema solar térmico.
- Graficar mediante cuadro de Excel los resultados obtenidos de dichas mediciones y cálculos.

1. Realizar las siguientes mediciones con los dispositivos correspondientes para la evaluación de parámetros del sistema solar térmico, (Solarímetro y termómetro), sabiendo que el sistema tiene una eficiencia de 60.8%, el calor específico del agua 4,186Kj/Kg*C y el área del colector plano es de 2m².

1.1 Rellenar la siguiente tabla de datos.

- Medir Radiación solar
- Medir temperatura del fluido de entrada al sistema.
- Registrar tiempo en minutos de mediciones.

Obtención de datos					
Tiempo	Rad. solar w/m ²	Te Colector	Ts Colector	Te Tanque	Ts Tanque
09:00					
09:15					
09:25					
09:35					
09:45					
09:55					
10:05					
10:15					
10:25					
10:35					
10:45					

Tabla No. 10 Matriz para obtención de datos.

2. A partir de los datos obtenidos de la tabla anterior, determinar la temperatura de salida del fluido del sistema con las ecuaciones correspondientes y compararla con la toma de muestras en la celda Ts Termómetro.

a) Ecuación Salto térmico.

$$\Delta T = T_s - T_{amb}$$

b) Temperatura de salida.

En donde:

ΔT = Salto térmico o variación de temperatura.

T_{amb} = Temperatura de ambiente del fluido.

$$T_s = \Delta T + T_{amb}$$

c) Eficiencia del colector.

En donde:

Q = Calor útil

A = Área del colector.

Gt = Radiación solar.

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{AG_T}$$

d) Calor útil.

En donde:

M = masa de agua.

Cp = Calor específico del agua.

Ts = Temperatura salida.

Te = Temperatura entrada.

$$\dot{Q} = \dot{m}c_p(T_s - T_e)$$

3. Realizar gráfica correlación Radiación solar y temperatura de entrada, salida y salida con termómetro.
4. Discusión y resultados.
5. Conclusiones y análisis de resultados de gráfica.

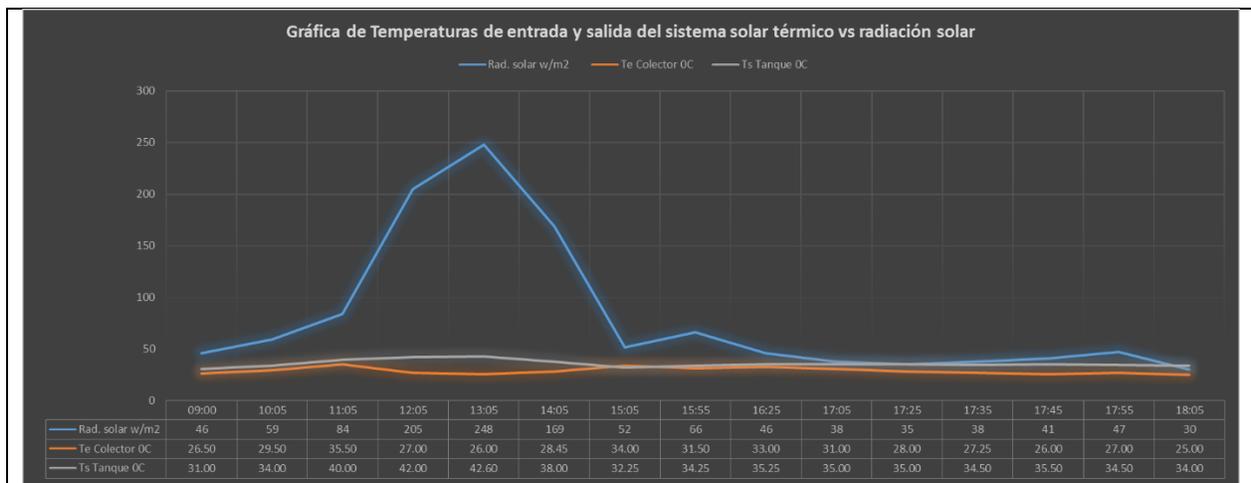


Fig. No. 12 Ejemplo de resultados obtenidos de mediciones

Fuente: Elaboración propia Excel 2016

Esta gráfica, ilustra la relación entre los parámetros de temperaturas e irradiancia. Los datos son tomados en el subsistema integrado DATATEMPFLU, vía bluetooth a celulares bajo sistemas Android, todos los datos fueron ingresados en una tabla de Excel para correlacionar radiación solar y temperaturas del sistema solar térmico en una gráfica que nos indica que mayor radiación solar mayor temperatura ganada por el fluido.

12.8 Levantamiento detallado de las partes del sistema solar térmico marca Heliotek MC20 tanque de almacenamiento de 150 litros. Pendiente.



Fig. No. 13 Termo tanque y colector solar

12.9 Levantamiento del sitio donde funcionará el sistema calentador de agua solar costado sur del edificio de deportes de UNAN-FAREM-Estelí.



Fig. No. 14 Sistema solar térmico instalado Costado Sur edificio de deportes y cultura

12.9.1 Resultados de cálculos de Tasa Interna de Retorno y Valor Actual Neto del sistema solar térmico y su inversión de instalación.

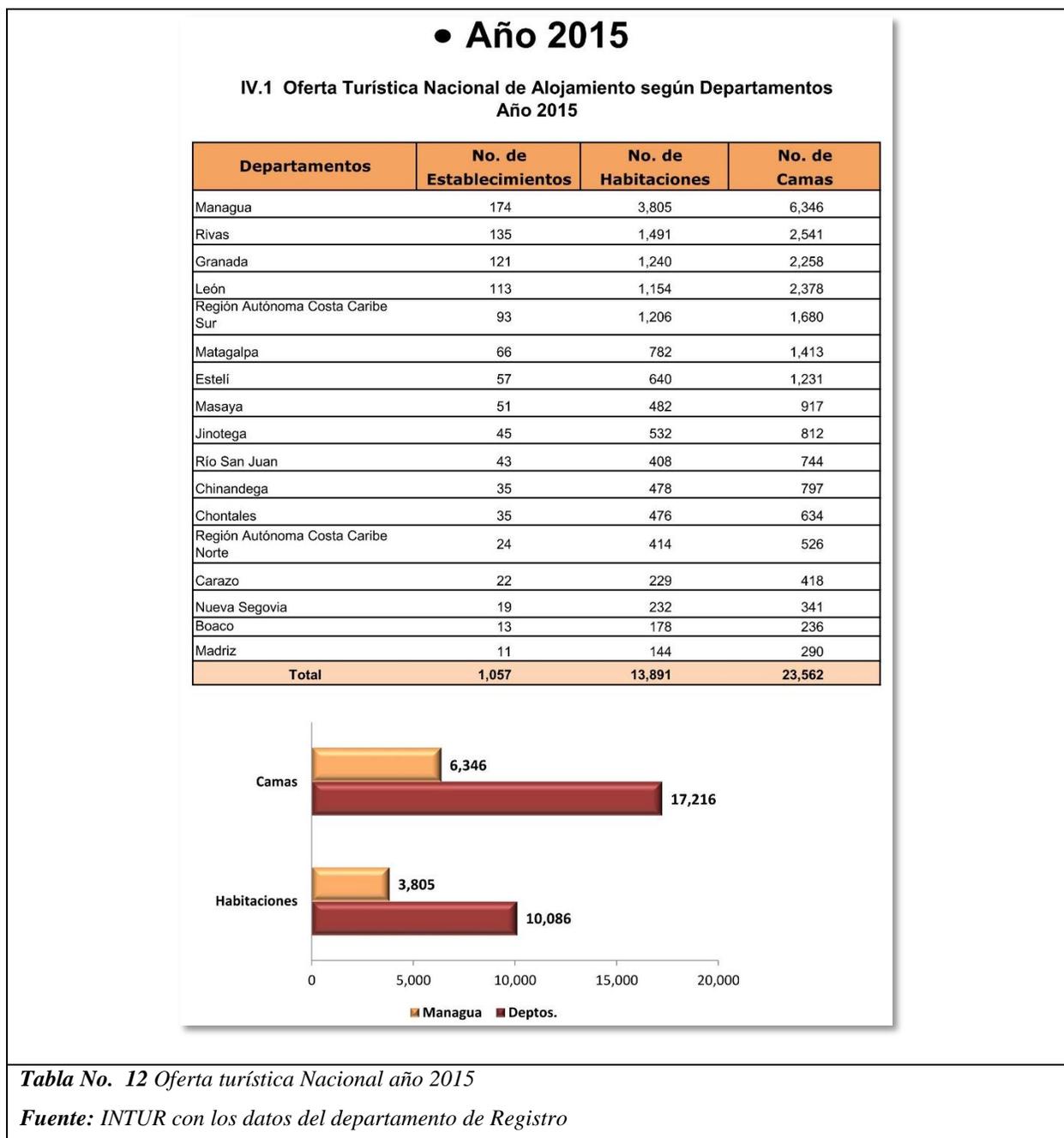
Cálculo de TIR y VAN para decisión de inversión							
Nombre del proyecto a Evaluar	Proyecto A	Proyecto B					
Tasa de descuento	0%	9%					
	Proyecto A	Proyecto B					
Período	Flujo de Fondos	Flujo de Fondos					
0	-\$1,315	-\$1,315	Resultado	Proyecto A	Proyecto B		
1	\$336	\$336		TIR	8.77%	TIR	8.77%
2	\$336	\$336		VAN	\$ 365.32	VAN	\$ -7.76
3	\$336	\$336		Decisión de proyecto versus no hacerlo			
4	\$336	\$336		Me conviene hacer el Proyecto A dado que es rentable al cero por ciento 0%			
5	\$336	\$336		No me conviene hacer el Proyecto B dado que da un retorno menor al del mercado 9%			
6				Decisión entre proyectos			
7			El Proyecto A es el que me conviene hacer dado que tiene un VAN mayor que el Proyecto B				

Tabla No. 11 Resultados de cálculos del VAN y TIR.

12.9.2 Plan operativo de mantenimiento del sistema solar térmico.

PRIORICIDAD	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Periódicamente	Válvula seguridad	Comprobar si el funcionamiento es correcto abriéndola y cerrandola.
	Purgado	Purgar los circuitos para evitar que se hagan burbujas de aire.
	Filtros	Comprobar el estado de los filtros y procurar su cambio en caso de que se obstruyan.
Cada 6 meses	Presión	Comprobar la presión y llenado del circuito, si es posible, antes de la bomba, realizando dicha operación en frío por la mañana temprano, de tal forma que si la presión es inferior a la establecida por el fabricante (generalmente de 1,5 Kg/cm2), en los sistemas cerrados, abriremos la llave para hacer que entre agua de red en nuestro circuito.
	vaso de expansión	Comprobación de la presión del aire en el vaso de expansión cerrado, con el circuito en frío y las bombas paradas. Se deben cerrar las llaves de corte del lado de las bombas y del circuito anterior al vaso, para que quede aislado y así poder eliminar la presión del circuito.
	Bombas circulación	Comprobación del funcionamiento automático de las bombas de la instalación, estanqueidad, y lubricación.
	Aislamiento	Revisión de tuberías y demás elementos para reparar cualquier rotura, así como el aislamiento o protecciones que dejen la tubería al descubierto. También se debe mirar la pintura que protege los aislamientos, de forma que cubra el material.
	Colectores	Comprobar que la estanqueidad al agua de lluvia es correcta, la junta del cristal del colector, las juntas de salida de las conexiones del colector, estado de la caja del colector, y que no haya deformaciones en el aislamiento interior.
	Válvulas de paso	Actuar sobre todas las válvulas manuales (de corte, de llenado, vaciado y purga) para comprobar su funcionamiento.
	Limpieza	Limpieza correcta de los captadores solares con agua y detergente, poniendo especial atención en el vidrio, comprobando que no existan condensaciones y fugas. (Preferiblemente realizar esta operación al amanecer o atardecer).
Cada 12 meses	Sanidad	Comprobar que la salinidad del agua no exceda de 500 mg/l totales de sales solubles, 200 mg/l de carbonato cálcico y 50 mg/l de dióxido de carbono libre.
	Protección catódica	Comprobar la protección catódica, y si es necesario sustitución del ánodo de magnesio.
	Anticongelante	Se debe comprobar la proporción de anticongelante residual del sistema para realizar su relleno si hace falta.
	Intercambiador de placas	Limpieza del intercambiador y comprobar su eficiencia
	Sonda de temperatura	Control del funcionamiento de las sondas de temperatura.
	Estructura	Lijar y reparar con pintura antioxidante aquellas partes de la estructura soporte que presenten corrosión y comprobar el montaje de los tornillos.
	Anti-legionela	Tratamiento anti-legionela aplicando el procedimiento de desinfección con cloro o térmico.
Cada 2 años	Equipo termosifón	Para los equipos de termosifón, tras desconectar el termo acumulador, desenroscar los manguitos de la tubería e introducir agua a presión en el interior del depósito, eliminando así los posibles lodos del fondo.
Cada 5 años	Anticongelante	Cambiar totalmente el líquido anticongelante

12.9.3 Cuadro de oferta turística nacional según departamentos del año 2015.



12.9.4 Mapa de radiación solar de la República de Nicaragua.

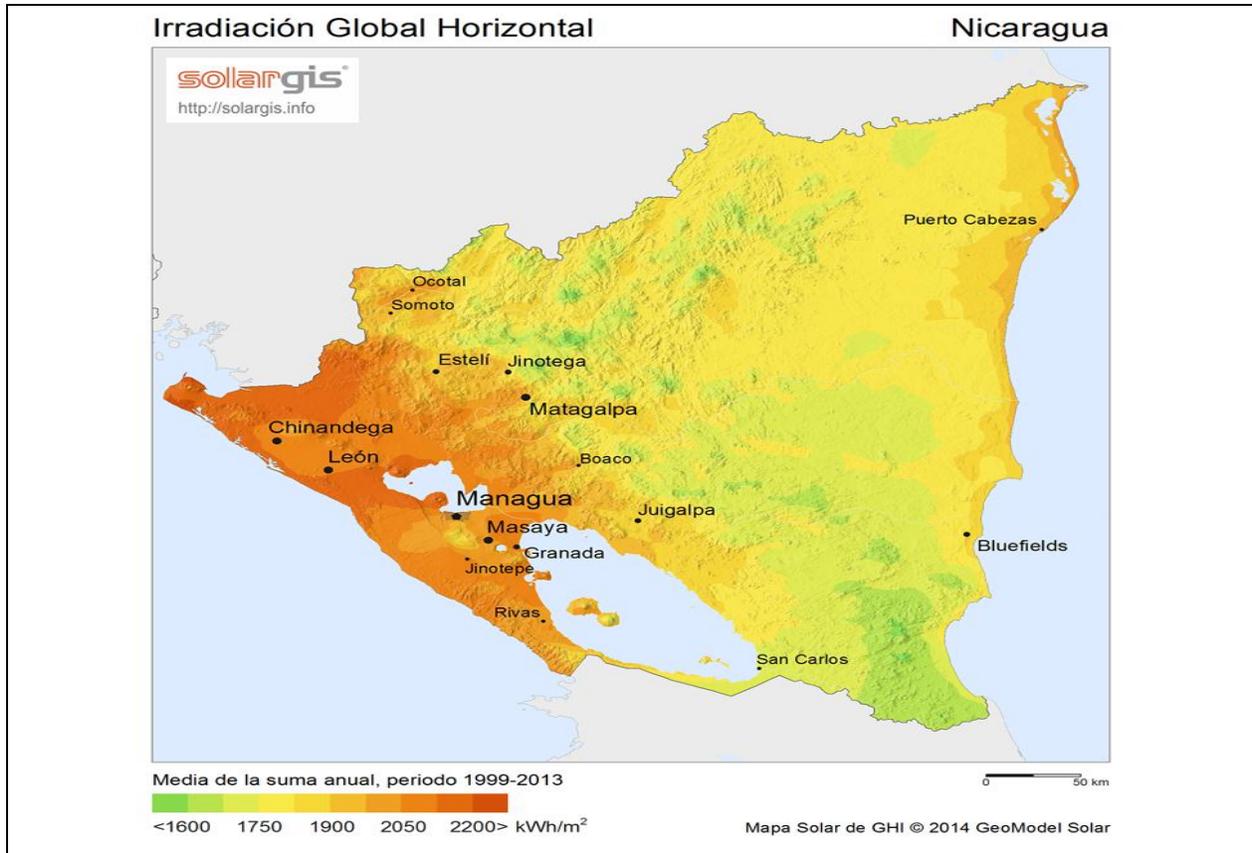


Fig. No. 15 Mapa de Radiación en Nicaragua.

Fuente: <http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/download/nicaragua>

12.9.5 HL-313 Prototipo para calentamiento de agua con colector plano

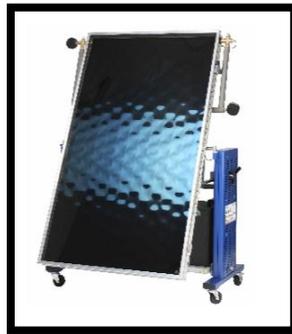


Fig. No. 16 Prototipo HL-313

Fuente: www.gunt.de

12.9.6 Tabla de mediciones promedio del sistema solar térmico (Nublado y Soleado)

Obtención de datos promedio de día nublado					
Tiempo	Rad. solar w/m ²	Te Colector °C	Ts Colector °C	Te Tanque °C	Ts Tanque °C
09:00	46	26.50	30.50	30.75	31.00
09:15	42	26.85	30.85	31.10	31.35
09:25	48	27.50	31.50	31.75	32.00
09:35	45	27.75	31.75	32.00	32.25
09:45	56	27.50	31.50	31.75	32.00
09:55	52	30.50	34.50	34.75	35.00
10:05	59	29.50	33.50	33.75	34.00
10:15	67	31.85	35.85	36.10	36.35
10:25	85	32.75	36.75	37.00	37.25
10:35	35	33.50	37.50	37.75	38.00
10:45	68	33.50	37.50	37.75	38.00
10:55	86	34.00	38.00	38.25	38.50
11:05	84	35.50	39.50	39.75	40.00
11:15	58	35.75	39.75	40.00	40.25
11:25	36	44.25	48.25	41.38	41.42
11:35	90	37.00	48.25	41.88	42.25
11:45	163	31.00	44.25	42.00	42.25
11:55	167	31.00	40.25	42.00	42.60
12:05	205	27.00	37.50	41.00	42.00
12:15	189	27.00	37.75	42.00	42.25
12:25	138	24.50	34.50	41.88	42.25
12:35	234	25.50	31.50	41.25	42.00
12:45	270	25.00	31.25	41.25	42.00
12:55	276	26.50	29.74	41.00	43.00
13:05	248	26.00	30.50	40.43	42.60
13:15	265	26.50	30.25	40.50	41.75
13:25	278	26.97	43.74	42.24	42.49
13:35	235	27.34	44.48	42.98	43.23
13:45	190	27.71	45.22	43.72	43.97
13:55	178	28.08	41.25	39.75	40.00
14:05	169	28.45	39.25	37.75	38.00
14:15	158	28.82	39.99	38.49	38.74
14:25	180	29.20	40.73	39.23	39.48
14:35	164	29.57	36.25	34.75	35.00
14:45	168	33.50	45.50	29.00	30.00
14:55	171	33.50	44.25	30.75	31.25
15:05	52	34.00	44.00	31.75	32.25
15:15	61	31.00	38.74	32.38	32.75
15:25	62	33.00	40.24	32.75	32.75
15:35	115	32.50	41.75	33.50	33.75
15:45	50	30.50	34.75	33.63	34.00
15:55	66	31.50	36.75	33.75	34.25
16:05	45	31.00	35.75	34.00	34.50
16:15	62	33.00	39.50	34.75	35.00
16:25	46	33.00	39.75	34.88	35.25
16:35	44	33.50	38.50	35.00	35.25
16:45	38	32.00	36.00	34.88	35.25
16:55	40	32.00	35.50	34.50	35.00
17:05	38	31.00	35.00	34.25	35.00
17:15	41	30.00	35.00	33.00	34.50
17:25	35	28.00	34.00	34.00	35.00
17:35	38	27.25	33.00	35.00	34.50
17:45	41	26.00	34.00	35.00	35.50
17:55	47	27.00	33.00	35.00	34.50
18:05	30	25.00	34.00	34.00	34.00

Tabla No. 13 Matriz para registrar datos de temperatura, radiación y tiempo día nublado

Fuente: Elaboración Propia – Excel 2016

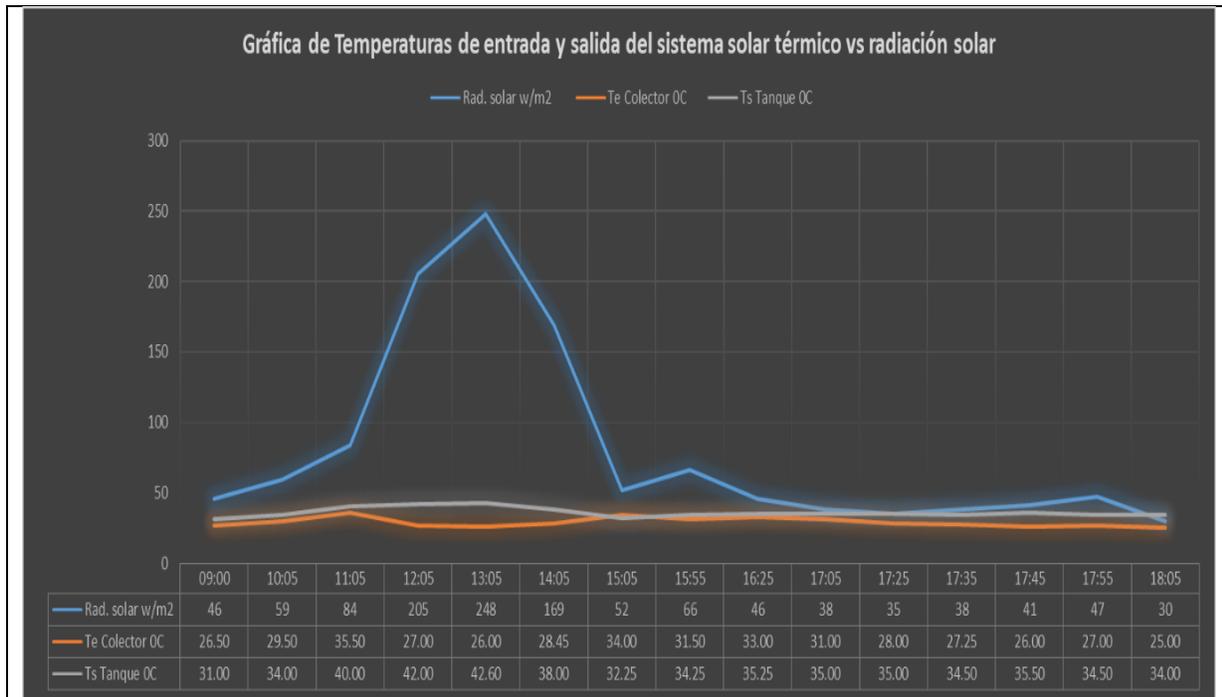


Fig. No. 17 Resultados en gráfico de datos obtenidos en las mediciones del sistema solar

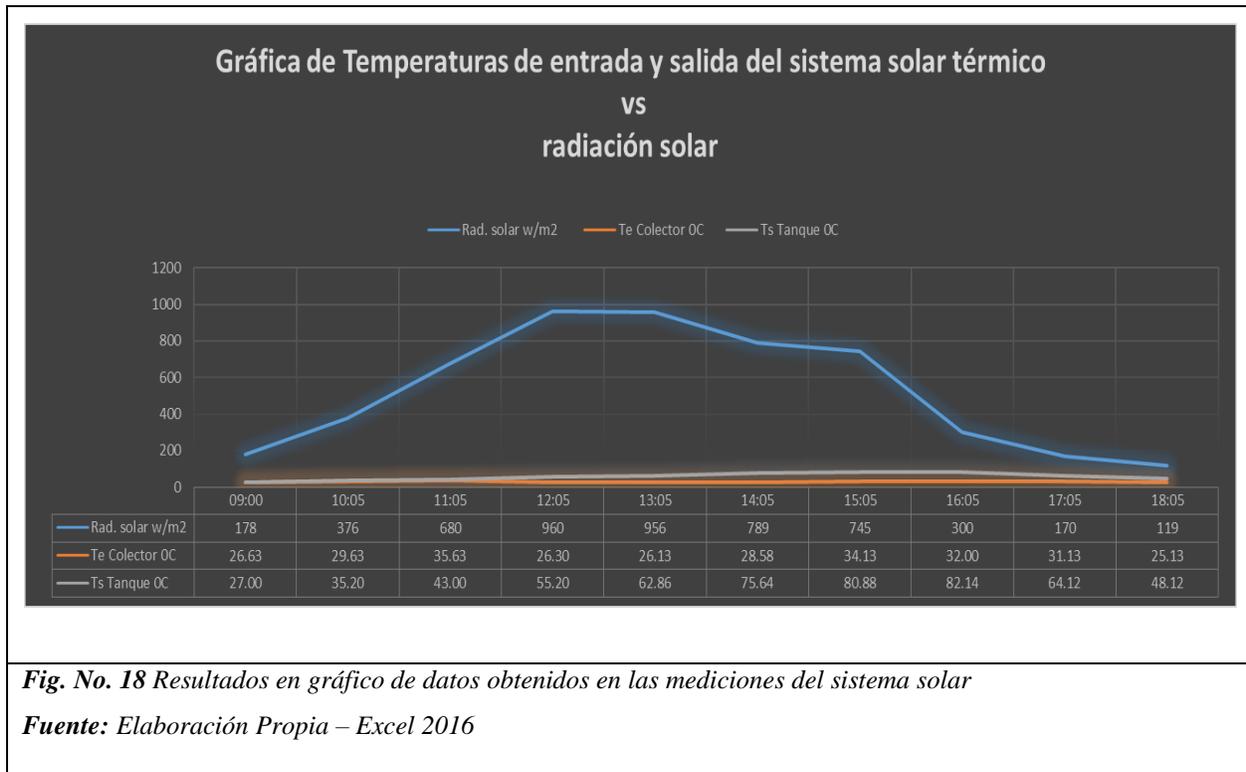
Fuente: Elaboración Propia – Excel 2016

En la gráfica se muestran los resultados de la obtención de mediciones de radiación y temperaturas tanto de entrada como de salida del sistema solar térmico, tales temperaturas dependen de la radiación solar incidente en el colector solar, esta gráfica es un ejemplo de mediciones promediadas en un día nublado, estas condiciones de operaciones mínimas hacen que el sistema logre alcanzar temperaturas de salida del tanque de hasta 42⁰C, lo cual es aceptable para cubrir una demanda de agua caliente sanitaria como mínimo de 35⁰C.

Proyecto instalación de un Sistema Solar Térmico para la producción de agua caliente sanitaria en el edificio de deportes UNAN-FAREM-ESTELÍ para uso didáctico en la carrera de Ingeniería en Energías Renovables

Obtención de datos promedio de día Soleado					
Tiempo	Rad. solar w/m ²	Te Colector °C	Ts Colector °C	Te Tanque °C	Ts Tanque °C
09:00	178	26.63	28.27	26.85	27.00
09:15	166	26.98	28.25	26.85	27.00
09:25	189	27.63	31.00	29.05	29.20
09:35	234	27.88	33.00	32.45	32.60
09:45	265	27.63	34.00	33.15	33.30
09:55	354	30.63	35.47	34.05	34.20
10:05	376	29.63	36.00	35.05	35.20
10:15	406	32.00	38.00	38.35	38.50
10:25	456	32.00	37.00	37.35	37.50
10:35	535	33.63	42.00	40.15	40.30
10:45	590	32.00	41.00	39.85	40.00
10:55	634	34.13	43.00	41.85	42.00
11:05	680	35.63	44.00	42.85	43.00
11:15	723	35.88	45.07	43.65	43.80
11:25	811	33.13	46.00	42.85	43.00
11:35	931	37.50	49.37	47.95	48.10
11:45	955	32.00	52.77	51.35	51.50
11:55	937	31.15	55.00	51.85	52.00
12:05	960	26.30	55.50	55.05	55.20
12:15	973	26.00	54.47	53.05	53.20
12:25	950	24.63	58.37	56.95	57.10
12:35	966	25.63	60.57	59.15	59.30
12:45	980	25.13	59.87	58.45	58.60
12:55	867	26.63	62.00	60.58	60.73
13:05	956	26.13	64.13	62.71	62.86
13:15	934	26.63	66.26	64.84	64.99
13:25	960	27.10	68.39	66.97	67.12
13:35	854	27.47	70.52	69.10	69.25
13:45	832	27.84	72.65	71.23	71.38
13:55	890	28.21	74.78	73.36	73.51
14:05	789	28.58	76.91	75.49	75.64
14:15	867	28.95	79.04	77.62	77.77
14:25	824	29.33	81.17	79.75	79.90
14:35	814	29.70	81.52	80.10	80.25
14:45	803	33.63	81.73	80.31	80.46
14:55	760	33.63	81.94	80.52	80.67
15:05	745	34.13	82.15	80.73	80.88
15:15	330	32.25	82.36	80.94	81.09
15:25	585	33.13	82.57	81.15	81.30
15:35	600	32.50	82.78	81.36	81.51
15:45	307	32.00	82.99	81.57	81.72
15:55	475	31.63	83.20	81.78	81.93
16:05	300	32.00	83.41	81.99	82.14
16:15	275	33.13	83.62	82.20	82.35
16:25	95	32.00	79.42	78.00	79.12
16:35	245	33.63	77.42	76.00	77.12
16:45	150	32.13	71.17	69.75	70.87
16:55	178	31.00	67.92	66.50	67.62
17:05	170	31.13	64.42	63.00	64.12
17:15	169	31.00	64.21	62.79	63.91
17:25	160	28.13	58.42	57.00	58.12
17:35	156	27.38	56.92	55.50	56.62
17:45	154	26.13	53.42	52.00	53.12
17:55	130	27.50	53.57	52.15	53.27
18:05	119	25.13	48.42	47.00	48.12

Tabla No. 14 Matriz para registrar datos de temperatura, radiación y tiempo en día soleado
Fuente: Elaboración Propia – Excel 2016



En la gráfica se muestran los resultados de la obtención de mediciones de radiación y temperaturas tanto de entrada como de salida del sistema solar térmico, tales temperaturas dependen de la radiación solar incidente en el colector solar de 950 Wh/m^2 , esta gráfica es un ejemplo de mediciones promediadas en un día soleado, estas condiciones de operaciones máximas hacen que el sistema logre alcanzar temperaturas de salida del tanque hasta 82.14°C , lo cual es satisfactorio para cubrir una demanda de agua caliente sanitaria.

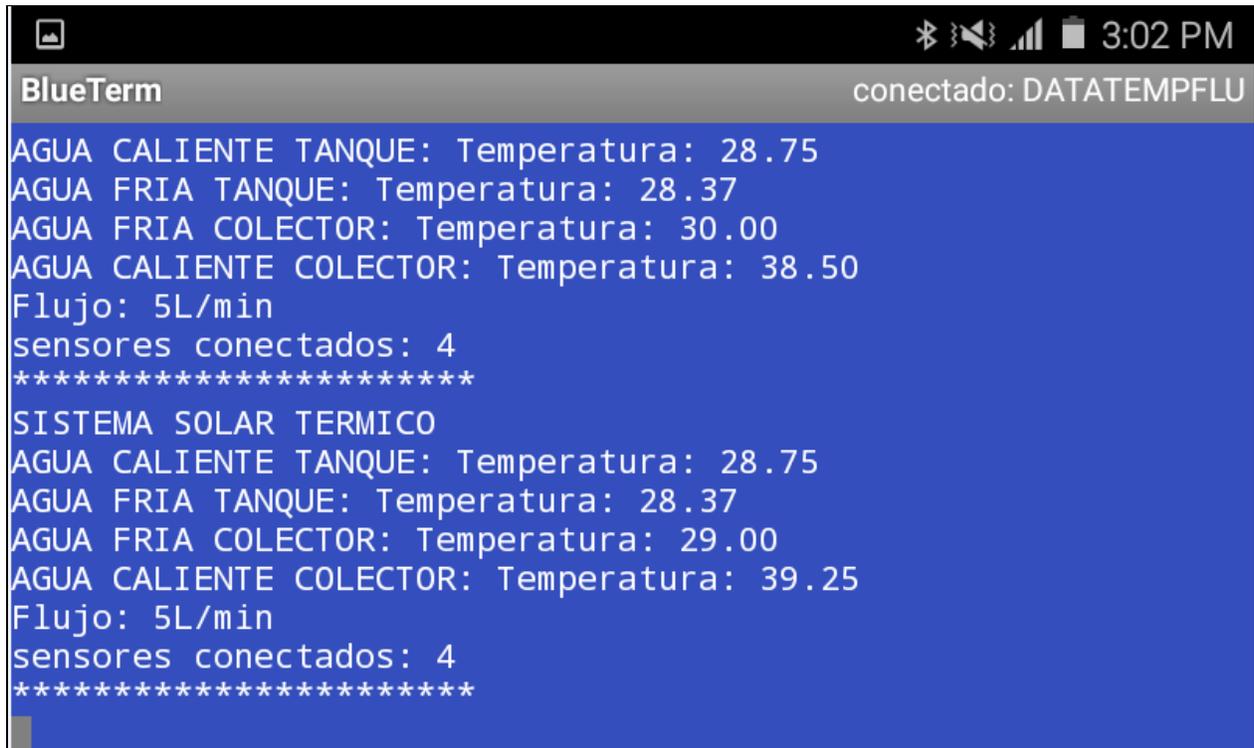


Fig. No. 19 Medición de cinco parámetros de medición tomados vía bluetooth a teléfono móvil

Fuente: Sistema Arduino y software libre datatempflu