



PROYECTO FINAL
INGENIERÍA MECÁNICA

**Instalación de un Colector Solar Térmico
en el ITBA**

Equipo donado por “Solar Gaia”

ALUMNOS:

45.023 Benitez Coqueugniot, Agustín Pedro

44.284 Meyer Fitzner, Guillermo Nicolás

TUTORES:

Ing. Leandro Trípodi

Ing. José Izaguirre

Dra. Ing. Cecilia Smoglie

Índice

1. Objetivo.....	2
2. Introducción.....	3
3. Colectores solares térmicos de baja temperatura.	4
4. Identificación y evaluación de los consumos demandantes en el ITBA.	9
5. Identificación y evaluación de las superficies disponibles	11
6. Selección del consumo a alimentar	13
7. Equipo solar térmico para vestuarios del gimnasio	15
8. Lay-out de la instalación	16
9. Instalación y prueba del colector solar.....	19
10. Tareas de mantenimiento a desarrollar	23
11. Resultados.....	26
12. Conclusiones	27
13. Bibliografía	28
Anexo I: Cálculo de la superficie colectora requerida para cada consumo	29
Anexo II: Cálculo del ahorro eléctrico generado por el uso del colector solar	33

1. Objetivo

Instalar y poner en funcionamiento un colector solar térmico, para precalentar el agua de ingreso a los termotanques eléctricos utilizados en los vestuarios del gimnasio del ITBA.

2. *Introducción*

Se considera colector solar a todo dispositivo que permita absorber energía radiada por el sol para convertirla en electricidad (colector fotovoltaico) o almacenarla en forma de calor en algún sistema de interés (colector térmico).

Si el sistema que almacena el calor es un fluido, los colectores térmicos se clasifican en función de la temperatura final lograda en el fluido, en régimen de funcionamiento.

- **Colectores de baja temperatura.** El fluido alcanza una temperatura máxima menor a la de evaporación. Se destinan a uso doméstico, como climatización de piletas y hogares, consumo sanitario, limpieza, como así también para usos comerciales, con procesos productivos de baja demanda de agua caliente, como son la acuicultura o en tintorerías.
- **Colectores de alta temperatura.** El fluido alcanza la temperatura de evaporación. El vapor se utiliza para procesos industriales, como el lavado de envases, o bien para generación de electricidad.

Este trabajo se centra en la instalación de un colector solar térmico de baja temperatura.

3. Colectores solares térmicos de baja temperatura

El colector solar ideal debe poseer una superficie infinita, que se comporte como un cuerpo negro perfecto, realizada de un material con coeficiente de conducción infinito, aislada del exterior, sellada al vacío y dentro de un cuerpo interiormente opaco. Estas características particulares permitirían:

- maximizar la colección;
- maximizar la absorción;
- maximizar la transferencia de energía al fluido caloportador;
- minimizar las pérdidas por conducción y por convección;
- minimizar las pérdidas por radiación.

Debido a la necesidad de aumentar el rendimiento de los colectores, para alcanzar las características ideales, es que los mismos fueron sumando soluciones tecnológicas en la captación, absorción y transferencia de energía.

Hoy se distinguen dos tipos de colectores de baja temperatura:

1. **Planos desnudos.** Actualmente consisten en tubos de Polietileno de alta densidad (PEAD) y tratamiento para resistencia a los rayos U.V., dispuestos en forma longitudinal, con tubos colectores en sus extremos (Figura 1), o bien en forma de espiral (Figura 2). Ambos son muy económicos (costo promedio US\$20/m²) pero así también los de menor rendimiento¹, el cual no alcanza el 20%, debido a grandes pérdidas de calor por convección y radiación. La temperatura del fluido puede aumentarse hasta 20°C por encima de la temperatura ambiente. Se utilizan cuando se dispone de una gran superficie libre (entre una y dos veces la superficie de una piscina, para el caso de climatización de estas por ejemplo) y es posible utilizarlo sólo cuando es necesario, sin peligro de que el mismo sufra roturas. Para asegurar esto debe incorporarse un ruptor de vacío ya que, por las características mecánicas de los tubos del colector, estos son propensos a aplastarse, situación que, al producirse reiteradas veces, resulta en un daño permanente del equipo.

¹ El rendimiento es el cociente entre la energía disponible por radiación solar y la energía absorbida por el fluido.



Figura 1 – Sistema solar “PowerStrip” de “Hot Sun Industries Inc.” con colectores de entrada y de salida.



Figura 2 – Manguera de PEAD dispuesta en forma de espiral con entrada y salida únicas.

2. **Planos sellados.** Comenzaron a desarrollarse para mejorar el rendimiento. Consisten en un bastidor metálico o plástico sellado (Figura 3), aislado en su parte posterior y laterales con lana de vidrio, espuma de poliuretano o espuma de poliestireno (Figura 4), con una cubierta reflectante en las caras interiores, para que los rayos se reflejen hacia las placas colectoras, que puede ser una lámina de Aluminio o de Plata (Figura 5) y otra cubierta superior de vidrio templado o acrílico. Los tubos colectores son de Cobre (Figura 6) y a los mismos se adosan aletas para aumentar la superficie colectora, las cuales pueden ser de cobre con un recubrimiento de Titanio, el cual aumenta el índice de absorción, o bien de Aluminio (Figura 7). La cubierta superior permite que se produzca el efecto invernadero dentro del colector: la radiación solar, con longitudes de onda correspondientes al espectro visible, atraviesa la cubierta superior y es absorbida por las placas colectoras que, al aumentar su temperatura, irradian en el espectro infrarrojo, con longitudes de onda que se reflejan en el lado interno de la cubierta superior, quedando así confinadas dentro del bastidor. Así, la temperatura alrededor de los tubos resulta mayor que la ambiente y se mantiene debido a la aislación del bastidor. Este tipo de colectores son capaces de incrementar la temperatura del agua hasta 50°C por encima de la temperatura ambiente.



Figura 3 – Bastidor metálico sellado con cubierta de vidrio templado.



Figura 4 – Detalle de la aislación de espuma de poliuretano en la parte posterior y los laterales del bastidor.



Figura 5 – Detalle de la cubierta trasera reflectante, compuesta por una placa de Aluminio.



Figura 6 - Disposición de los tubos colectores y calentadores de un colector en proceso de fabricación.

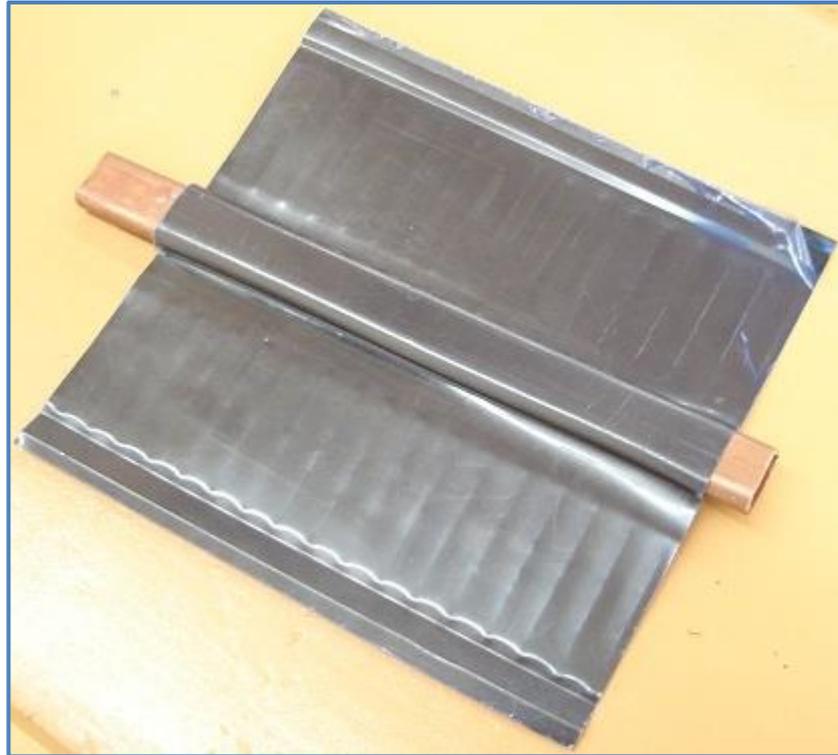


Figura 7 – Detalle de uno de los tipos de aleta de Cobre, revestida en Titanio, adosada a uno de los caños.

En todos los casos, dentro de los tubos del colector, se produce recirculación del fluido por convección natural: a medida que aumenta la temperatura del fluido, la densidad del mismo disminuye y es impulsado hacia arriba por fluido a menor temperatura, así el fluido caliente “flota” sobre el frío. Esta recirculación distribuye el calentamiento dentro del fluido, elevando la temperatura promedio, permite que todo el fluido alcance la mayor temperatura posible en caso de no existir consumo y nos asegura que el fluido más caliente se encuentra siempre en la parte superior del colector.

4. Identificación y evaluación de los consumos demandantes en el ITBA

En el ITBA existen tres sectores que concentran el principal consumo de agua caliente del establecimiento. Cada uno dispone de sistema propio de calentamiento de agua, con distintas características y rendimientos, los cuales se detallan a continuación:

- a) **Bar principal.** Utiliza el agua caliente para lavar vajilla y para cocinar. Cuenta con un termotanque a gas natural de 50L de capacidad y de alta recuperación (hasta 760L/hora). El mismo resulta insuficiente para cubrir una demanda promedio de entre 2500 y 2800 L/día, concentrada en la franja horaria 12:30 - 15:30. El volumen de agua utilizado fue informado por la concesión del bar a partir del cálculo de la cantidad de veces que llenan las piletas donde lavan la vajilla, la capacidad de las ollas utilizadas para la cocción de pasta y la cantidad de porciones de la misma que venden.
- b) **Bar anexo.** Utiliza agua caliente exclusivamente para lavar vajilla. Dispone de un calefón a botonera, a gas natural, que tiene un rendimiento de 14L/min. El mismo cubre la demanda promedio de 150L/día, en la franja horaria 12:00 – 15:00. El volumen de agua caliente utilizado se calculó a partir de la capacidad de la bacha donde se lava la vajilla y la cantidad de veces que la misma debe ser llenada por día.
- c) **Vestuarios del gimnasio.** Requieren agua caliente para consumo sanitario (lavatorios y duchas) y disponen de dos termotanques eléctricos conectados en “cascada” (en serie), el primero de 85L de capacidad y 1680W de potencia nominal y el segundo de 120L de capacidad y 1500/3000W de potencia nominal (potencia normal/alta recuperación). La demanda promedio de agua caliente es de 400L/día en la franja horaria 10:00 – 21:00, con “picos de consumo” entre 11:30 - 12:30 y 20:00 – 21:00. La demanda de agua caliente declarada es la que fue determinada por el Departamento de Mantenimiento del ITBA para diseñar la instalación de los temotanques eléctricos existentes, la cual se encuentra funcionando al máximo de su capacidad instalada al momento de considerar un complemento solar.

En los tres casos, la temperatura deseada del agua está en el rango 35 - 45 °C.

En la Tabla 1 se resumen las características de cada consumo demandante.

Consumo demandante	Caudal requerido [L/día]	Franja horaria	Temperatura de uso [°C]
Bar principal	2500 – 2800	12:30 – 15:30	35 – 45
Bar anexo	150	12:00 – 15:00	35 – 45
Vestuarios del gimnasio	400	10:00 – 21:00	35 – 45

Tabla 1 – Resumen de características de los consumos demandantes.

En función de las características de cada consumo demandante es posible determinar la energía necesaria “Q” por cada uno de ellos mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \delta_{H_2O} \cdot V_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta t$$

siendo:

$$Q: \text{energía necesaria} \left[\frac{kJ}{\text{día}} \right]$$

$$\delta_{H_2O}: \text{densidad del agua a } 4^{\circ}\text{C} \left[\frac{kg}{l} \right]$$

$$V_{H_2O}: \text{volumen de agua} \left[\frac{l}{\text{día}} \right]$$

$$c_{H_2O}: \text{calor específico del agua} \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$$

$$\Delta t: \text{variación de temperatura} [K]$$

En el Anexo I se encuentran los cálculos y resultados para cada uno de los casos considerados.

5. Identificación y evaluación de las superficies disponibles

Una vez identificados los consumos demandantes procedemos a identificar las superficies disponibles aptas para la instalación del colector solar y analizar las características de las mismas, teniendo en cuenta:

- Superficie libre disponible
- Distancia a los consumos
- Heliofanía² efectiva y orientación
- Nivel respecto al tanque de alimentación principal
- Distancia a la línea de alimentación principal de agua
- Accesos para instalación y mantenimiento

Bar principal y Vestuarios del gimnasio. Disponen de una losa con superficie útil de 15 m², a 30 y 10 metros respectivamente de los ingresos de agua a cada recinto. La losa está a 3 metros por debajo del nivel del tanque de agua principal del establecimiento y a 5 metros de la línea de alimentación principal de agua. Los accesos son limitados ya que se accede mediante escalera portátil desde el balcón del gimnasio o bien por el techo de chapa del gimnasio desde la terraza del edificio principal. Esta zona presenta una desviación de 5º respecto del Norte geográfico y permite 8 horas de heliofanía efectiva diaria en verano, ya que no existe construcción alguna a su alrededor que la “apantalle”.

Bar anexo. Dispone de una losa de aproximadamente 125 m² libres, correspondiente al techo del Bar anexo y del laboratorio del CEITBA. La losa está a 15 metros por debajo del nivel del tanque de alimentación, y la distancia al ingreso de agua del calefón es de 5 metros. Presenta una desviación de 5º respecto del Norte geográfico, una distancia de 2 metros a la línea de alimentación principal de agua y acceso directo mediante una escalera fija desde el Bar anexo. En tanto, la heliofanía efectiva diaria presenta un máximo de 5 horas diarias en verano, debido a las aulas del Edificio anexo que se encuentran entre el noroeste y el suroeste y las copas de los

² La heliofanía representa la cantidad de horas de sol o bien, la duración de la insolación disponible.

árboles de la Av. Alicia Moreau de Justo que se encuentran entre el noreste y el sureste.

En la Tabla 2 se comparan parámetros de interés de los consumos demandantes:

Superficie disponible	Superficie [m ²]	Tiempo máximo de irradiación diaria [horas]	Distancia a los consumos [m]	Nivel respecto al tanque de alimentación [m]
Bar principal	15	8	30	-3
Vestuarios del gimnasio			10	
Bar anexo	125	5	5	-15

Tabla 2 - Resumen de características de las superficies disponibles.

La Figura 8 muestra una foto aérea del ITBA, en la que se identifican las superficies consideradas:

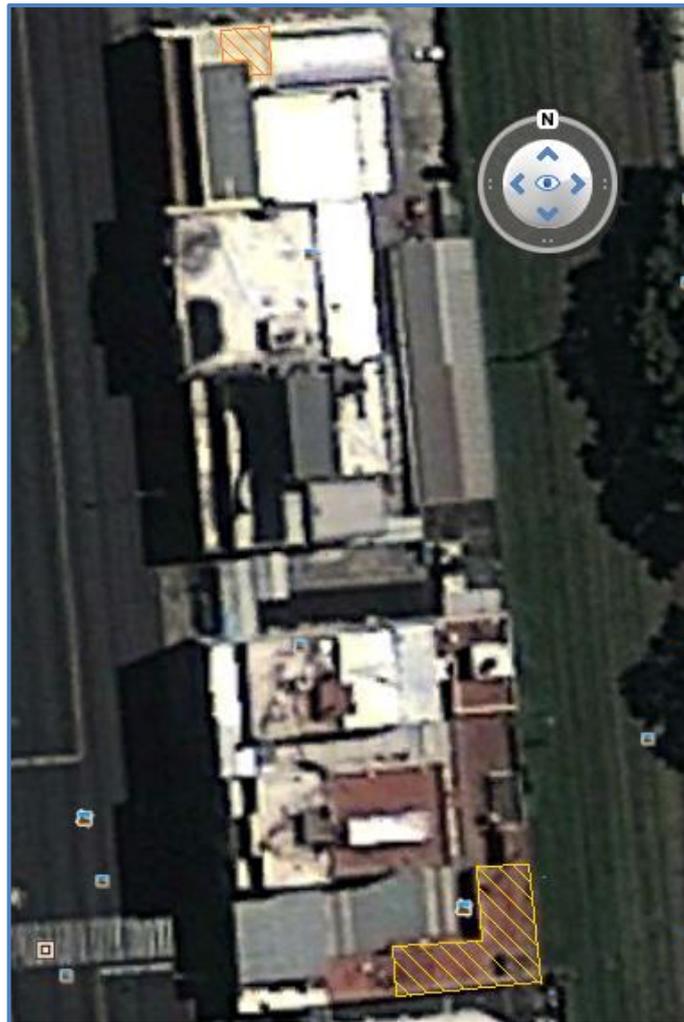


Figura 8 – Vista aérea del ITBA donde pueden identificarse las superficies consideradas.

6. Selección del consumo a alimentar

A partir de las energías necesarias obtenidas para cada uno de los consumos y las características de las superficies disponibles calculamos, mediante la siguiente fórmula, la superficie necesaria del colector para cada uno de los casos:

$$A = \frac{Q}{\eta_{\Delta t=20^{\circ}C} \cdot P}$$

siendo:

A: superficie del colector solar [m²]

Q: energía necesaria $\left[\frac{kWh}{día}\right]$

$\eta_{\Delta t=20^{\circ}C}$: rendimiento teórico del colector para $\Delta t = 20^{\circ}C$

P: radiación solar diaria máxima (Junio) $\left[\frac{kWh}{m^2 \cdot día}\right]$

El criterio que se utiliza para los cálculos consiste en identificar la menor irradiación solar disponible, considerando así la situación más desfavorable, para de esta manera asegurar un aporte determinado de energía al sistema, por parte del colector solar, en cualquier época del año.

En el Anexo I se encuentran los cálculos y resultados para cada uno de los casos.

Bar principal. Se requiere una superficie prácticamente cuatro veces mayor que la disponible, por lo cual es posible utilizar un colector solar para disminuir la energía consumida aunque con una participación en el ahorro de energía de baja incidencia y difícil cuantificación debido al esquema de la instalación de gas natural del sistema actual. Es por esto que no consideramos el complemento solar para este caso.

Bar anexo. Dispone de suficiente superficie libre como para instalar el colector solar necesario. El período de irradiación solar que coincide con las horas de consumo de agua caliente obliga a sobredimensionar el colector para lograr cubrir la demanda en su totalidad pero la disponibilidad de lugar no es una restricción para considerar una alternativa solar. Por otra parte, cuantificar el consumo de gas del calefón en uso,

presenta las mismas dificultades que en el caso del Bar principal, con lo cual, sin intervención en la red, no es posible realizar mediciones precisas sino que deberá considerarse como un porcentaje del consumo total de gas del instituto. En este caso debe considerarse implementar una alternativa solar que cubra la totalidad de la demanda a pesar de que la misma sea durante una franja horaria acotada y específica del día.

Vestuarios del gimnasio. La superficie disponible es suficiente, lo cual permite considerar un complemento solar. Además, al ser eléctrico el sistema en uso para calentar el agua, permite cuantificar el consumo de energía de manera directa y sencilla mediante la instalación de dos medidores de luz monofásicos. El hecho de que la instalación actual esté funcionando a su máxima capacidad produce la necesidad de una adecuación del sistema debido al crecimiento en la demanda previsto a corto plazo.

Teniendo en cuenta las características del colector solar donado al ITBA por la empresa “Solar Gaia” que se detallan en el capítulo siguiente, consideramos que la mejor alternativa es complementar la instalación de los Vestuarios del gimnasio. De esta manera podrá aprovecharse al máximo la coincidencia de las franjas horarias de demanda y heliofanía disponible como así también aplazar la necesidad inmediata de adecuación del sistema existente.

7. Equipo solar térmico para vestuarios del gimnasio

El equipo donado al ITBA por la empresa “Solar Gaia” es el “SG-Dragón2”, integrado por un colector solar térmico para bajas temperaturas y un acumulador de agua caliente (Figura 9). Las características del equipo son las siguientes:

Colector solar térmico

Tipo	Plano sellado
Superficie	2 m ²
Tubos colectores	Cobre con aletado de aluminio adosado
Cubierta superior	Cristal templado, espesor 5 mm, rejilla metálica anti granizo
Marco	Aluminio anodizado
Aislamiento térmico	Poliuretano de alta densidad, espesor 35 mm
Cubierta inferior	Carcasa de aluminio cubierta de Polietileno

Acumulador de agua caliente

Capacidad	150 L
Diámetro x Largo	530 mm x 1220 mm
Material	Acero inoxidable AISI 304/316, espesor 1,2 mm
Aislante	Lana de vidrio, espesor 60 mm
Carcasa	metálica



Figura 9 – Colector solar plano sellado, con acumulador de agua, modelo SG-Dragón2, de la empresa Solar Gaia.

8. Lay-out de la instalación

El colector solar se instaló encima del vestuario de damas del gimnasio, en línea vertical con los dos termotanques eléctricos en uso, minimizando de esta manera las distancias entre equipos, y por consiguiente, las pérdidas de calor. El equipo se intercaló en la línea de agua proveniente del tanque principal de alimentación y en cascada con los termotanques (Figuras 10 y 11).

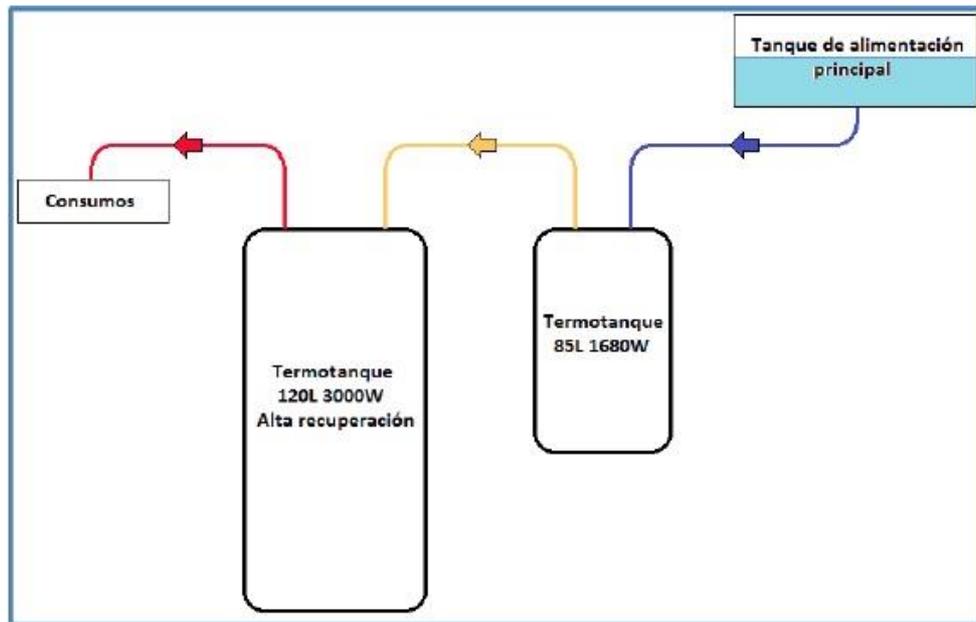


Figura 10 – Esquema de conexión original de los termotanques en el vestuario de damas.

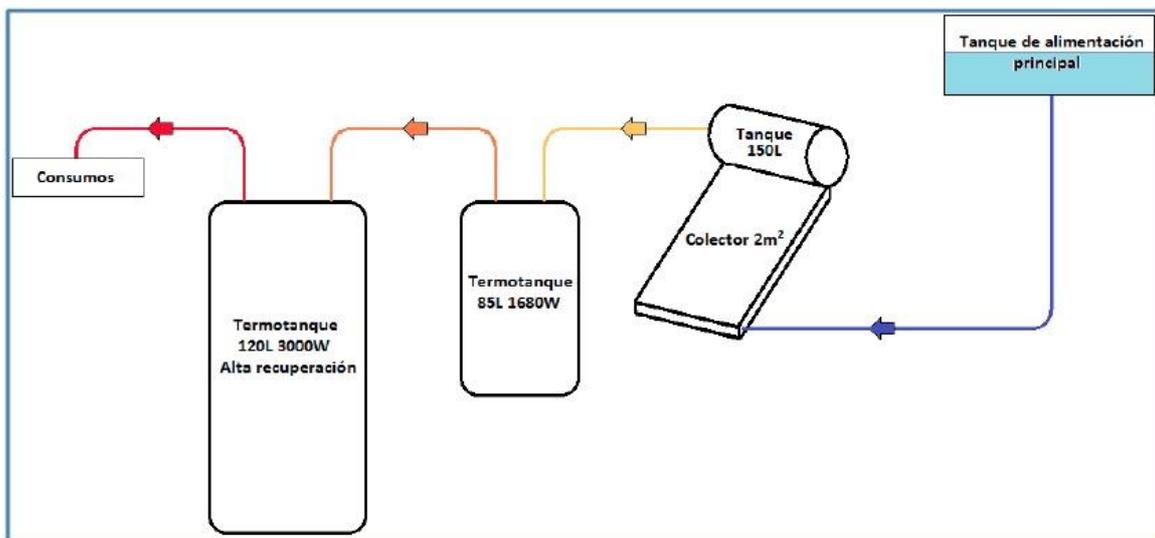


Figura 11 – Esquema de conexión propuesto.

El agua fría entra al colector solar donde aumenta su temperatura, se almacena en el acumulador y, por una tubería exterior al edificio, que ingresa por la ventana del vestuario de damas, pasa por los dos termotanques en serie (Figuras 12 y 13).



Figura 12 – Ingreso de los caños de alimentación de agua originales al vestuario de damas del gimnasio.



Figura 13 – Vista desde el exterior de la nueva tubería instalada que incorpora el colector solar al sistema.

Intervenir la tubería en el exterior resulta complicado y además limita la posibilidad de aislar el colector solar para tareas de mantenimiento, por lo cual se decidió efectuar la intervención en la entrada de agua al primer termotanque (Figura 14).



Figura 14 – Detalle de la entrada original de agua fría al termotanque.

Para poder aislar el colector solar en caso de ser necesario y seguir operando con los termotanques bajo el esquema original, se colocaron una serie de válvulas, en las posiciones y con las características que se muestran en la Figura 15.

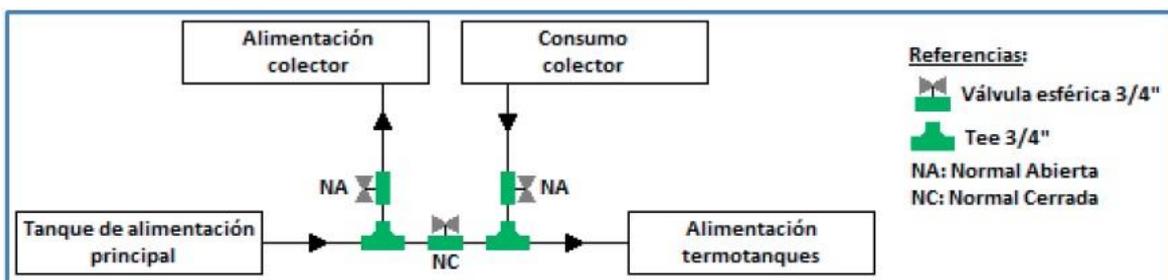


Figura 15 – Esquema y características del sistema de válvulas a colocar.

9. *Instalación y prueba del colector solar*

Entre el 15 de Diciembre de 2012 y 1º de Marzo de 2013 se realizó la instalación, prueba y puesta en marcha del colector solar y los accesorios necesarios para su control. Se utilizaron los siguientes componentes:

- 30 metros de caño de polipropileno tricapa de $\frac{3}{4}$ "
- 12 codos H-H de $\frac{3}{4}$ "
- 3 tee de $\frac{3}{4}$ "
- 1 cruz de $\frac{3}{4}$ "
- 6 roscas dobles de $\frac{3}{4}$ "
- 2 válvulas de seguridad de $\frac{3}{4}$ "
- 3 válvulas de $\frac{3}{4}$ "
- 6 niples M-M de $\frac{3}{4}$ "
- 6 entreroscas de $\frac{3}{4}$ "
- 1 pomo de sellaroscas Hidro 3
- 1 rollo de cinta de teflón
- 30 metros de material aislante
- 1 terraja $\frac{3}{4}$ "
- 1 tijera cortatubo
- 2 tomacorrientes de pared de 20A
- 2 enchufes de 20A
- 3 metros de cable tipo taller 3 x 2,5 mm²
- 2 medidores de luz

Además se rediseñó para el sistema de monitoreo del equipo una central meteorológica desarrollada como Proyecto Mecatrónico de un grupo de alumnos. El rediseño consistió en reemplazar los circuitos de los sensores de humedad y presión ambiente, por dos circuitos integrados que envíen a la central meteorológica señales eléctricas proporcionales a la temperatura del agua a la entrada y salida del colector.

En las figuras 16 a 20 se muestran imágenes del colector solar, de la nueva tubería con sistema de válvulas para aislar el colector solar del sistema original, funcionando

independientemente, y de los medidores de electricidad que permiten cuantificar el consumo eléctrico de cada uno de los termotanques del sistema.



Figura 16 – Vista lateral del colector solar en el momento de la instalación.



Figura 17 - Vista frontal del colector solar en el momento de la instalación.



Figura 18 - Vista desde el interior de la nueva tubería instalada, que incorpora el colector solar al sistema.



Figura 19 – Detalle del sistema de válvulas colocadas, que permiten incorporar o aislar el colector solar.



Figura 20 – Vista de los medidores de luz instalados para cuantificar el consumo eléctrico.

10. Tareas de mantenimiento a desarrollar

En la Tabla 3 se detallan las tareas de mantenimiento a realizar en el colector solar y la frecuencia de las mismas. En todos los casos, debe asegurarse que el colector se encuentre aislado del sistema y que no haya sol directo (principio o final del día) o esté nublado, para evitar shock térmico.

La maniobra que debe realizarse para aislar correctamente el colector solar del sistema, sin que el colector quede vacío, es la siguiente:

- a) **Girar la válvula "A" 90° en sentido horario** (anula el consumo de agua del colector)
- b) **Girar la válvula "B" 90° en sentido anti horario** (habilita el ingreso directo de agua fría al primer termotanque)
- c) **Girar la válvula "C" 90° en sentido horario** (anula el suministro de agua fría al colector)

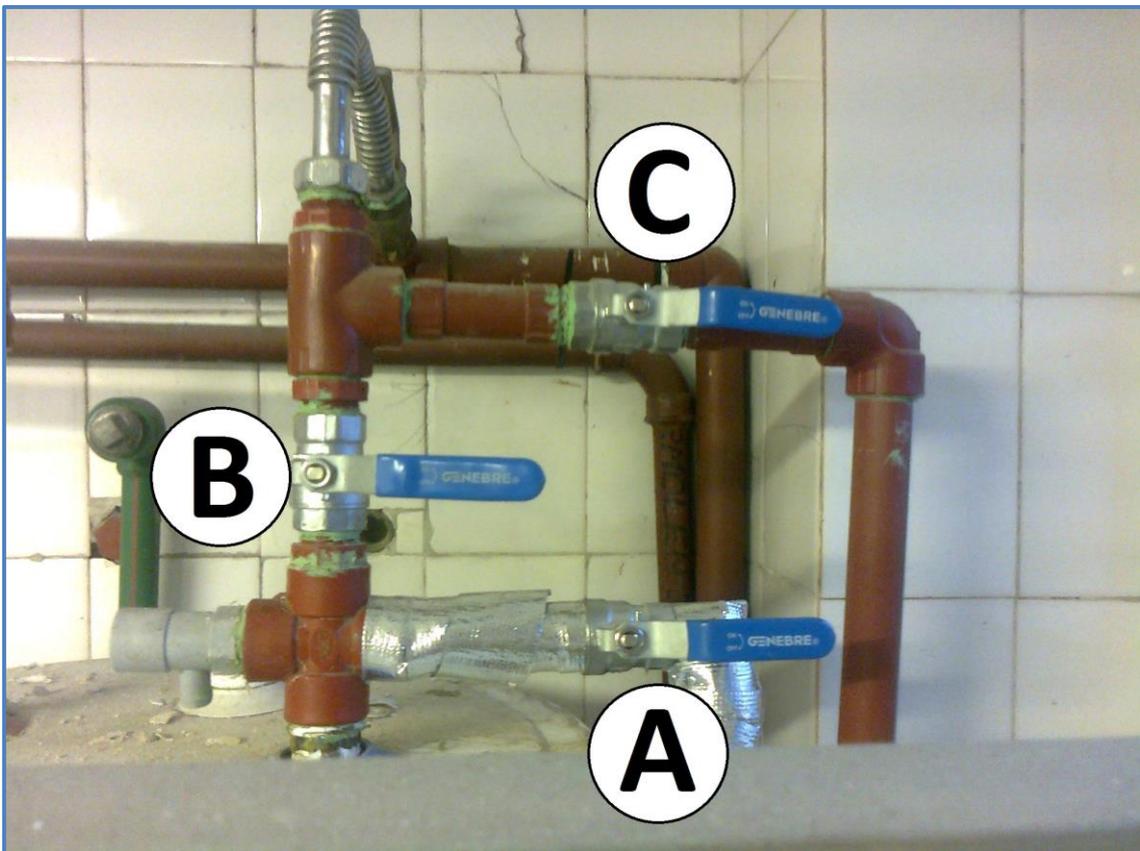


Figura 21 – Referencia y nomenclatura de cada válvula para las maniobras de aislación e incorporación del colector al sistema.

Como referencia visual, para incorporar el colector al sistema, todas las válvulas deben estar en sentido horizontal (Figura 23). Para aislar al colector del sistema, todas las válvulas deben estar en sentido vertical (Figura 24). Cualquier maniobra distinta a la detallada o bien cualquier otra combinación de válvulas representa un riesgo para la integridad del colector además de un funcionamiento inadecuado del sistema.



Figura 22 – Posición de las válvulas que incorpora el colector solar al sistema de calentamiento de agua.



Figura 23 – Posición de las válvulas que aísla el colector solar al sistema de calentamiento de agua.

En caso que el colector solar fuese a quedar aislado del sistema por períodos prolongados de tiempo, abrir la válvula de purga que se encuentra en la parte inferior izquierda del colector (para evitar un posible vacío que pueda producir la rotura del colector al drenar el agua), aislar el colector del sistema girando la válvula “C” 90° en sentido horario y esperar hasta que se vacíe. Una vez vacío realizar los pasos “a)” y “b)” que se detallan arriba. Como precaución adicional se recomienda tapar inicialmente el colector solar con una lona gruesa y opaca para evitar ciclos térmicos del mismo en vacío.

Para reincorporar el colector solar al sistema, abrir la válvula de purga que se encuentra en la parte inferior izquierda del colector (para expulsar todo el aire dentro del colector y acumulador y evitar que el mismo ingrese a los termotanques) y girar la válvula “C” 90° en sentido anti horario. Una vez que comienza a salir agua por la válvula de purga cerrar la misma, girar la válvula “B” 90° en sentido horario y girar la válvula “A” 90° en sentido anti horario.

Tarea	Frecuencia	Observaciones
Limpiar cubierta superior	Trimestralmente	Utilizar agua y jabón neutro o un producto limpiavidrios. Asegurarse que el vidrio se encuentre frío al tacto.
Control del material aislante	Trimestralmente	Mediante inspección visual controlar que no haya zonas sin material o con material en mal estado. Reponerlo en caso de ser necesario.
Control de pérdidas de fluido	Trimestralmente	Mediante inspección visual controlar que no haya conexiones que presenten pérdidas de fluido. Reparar en caso de ser necesario.
Control de funcionamiento de válvulas	Trimestralmente	Manipular cuidadosamente todas las válvulas del sistema, corroborando su correcto funcionamiento, para evitar obstrucciones y eventuales accidentes.
Drenaje del acumulador	Anualmente	Vaciar el contenido del acumulador para eliminar impurezas. Procurar abrir todas las válvulas (inclusive la de purga) para evitar daños en el acumulador.
Drenaje del colector	Anualmente	Proceder de la misma manera que para el acumulador.

Tabla 3 – Tareas de mantenimiento preventivo para el colector y frecuencia recomendada de las mismas.

11. Resultados

Se ha logrado instalar y poner en funcionamiento un equipo colector solar térmico, para precalentar agua de uso sanitario en los vestuarios del gimnasio del ITBA. La instalación incluye instrumentos que permiten medir consumo eléctrico de cada termotanque, para evaluar ahorro de energía eléctrica respecto de registros previos a la instalación del colector.

En los meses de Marzo - Mayo de 2013, el ahorro de energía eléctrica generado fue del 22%, lo que en promedio equivale a 3,5 kWh por día. Los cálculos a partir de los cuales se obtienen los valores expresados anteriormente pueden observarse en el Anexo II.

Un nuevo grupo de alumnos estará a cargo de la segunda etapa del proyecto, es decir, la adquisición y análisis de datos brindados por la central meteorológica a incorporar: temperatura ambiente, temperaturas del agua en entrada y salida del colector y velocidad y dirección del viento. Se sugiere incorporar además un sensor comercial de radiación solar, a fin de establecer la eficiencia del colector como así también un caudalímetro para conocer con precisión la evolución de la demanda de agua.

12. Conclusiones

La instalación de un colector solar en el ITBA es un paso dado en la dirección en la que creemos debemos avanzar como partícipes activos, tanto de la institución como de la sociedad en su conjunto, hacia el consumo eficiente y conciente de energía.

Es necesario no sólo desarrollar formas de aprovechamiento de energías renovables sino también evaluarlas y trabajar para asegurar una mejora permanente de los sistemas. Difundiendo los resultados se fomenta el interés y la participación de la sociedad para que estas nuevas tecnologías pasen a ser soluciones.

La energía solar, y todas las energías renovables, deben incorporarse progresivamente en la matriz energética, para sustituir parcialmente a los hidrocarburos y reducir así las emisiones de efecto invernadero.

Con la tecnología actual, es posible utilizar energías renovables locales para proveer de energía a sitios aislados y hacer aportes a redes inteligentes, en las que cada usuario integra la demanda y la oferta de energía.

La transición hacia el uso racional y eficiente de la energía se acelera mediante iniciativas individuales pero se logra con el compromiso de todos.

13. Bibliografía

- [1] “Colectores solares para agua caliente”; INENCO, Unas - CONICET
- [2] “Manual de Instalación 2010”; Solar Gaia
- [3] “Hoja técnica colector”; Solar Gaia
- [4] “Hoja técnica acumulador”; Solar Gaia
- [5] “Atlas de energía solar de la República Argentina”; H. Grossi Gallegos – R. Righini

Anexo I: Cálculo de la superficie colectora requerida para cada consumo

Energía requerida:

$$Q = m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta t$$
$$Q = \delta_{H_2O} \cdot V_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta t$$

El consumo del Bar principal es de 2800 l/día, obteniendo:

$$Q = 1 \frac{kg}{l} \cdot 2800 \frac{l}{día} \cdot 4,184 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 20 K$$
$$Q = 234.304 \frac{kJ}{día} = 65,084 \frac{kWh}{día}$$

El de los Vestuarios del gimnasio es de 400 l/día, resultando:

$$Q = 1 \frac{kg}{l} \cdot 400 \frac{l}{día} \cdot 4,184 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 20 K$$
$$Q = 33.472 \frac{kJ}{día} = 9,298 \frac{kWh}{día}$$

Mientras que para el Bar anexo, cuyo consumo es de 150 l/día, obtenemos:

$$Q = 1 \frac{kg}{l} \cdot 150 \frac{l}{día} \cdot 4,184 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 20 K$$
$$Q = 12.552 \frac{kJ}{día} = 3,487 \frac{kWh}{día}$$

Energía solar disponible:

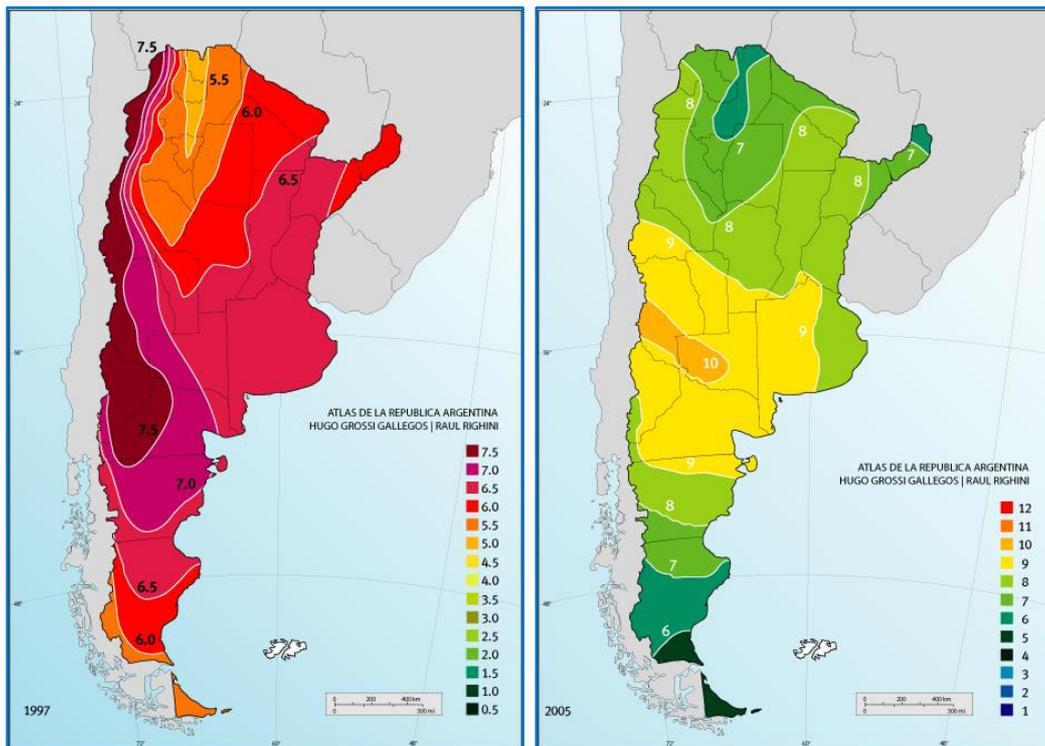
A continuación se adjuntan los datos obtenidos del “Atmospheric Science Data Center” de radiación solar para Capital Federal, los mapas de irradiación solar y los mapas de los períodos de heliofanía efectiva diaria para los meses de Enero y Junio, correspondientes al “Atlas de energía solar de la República Argentina”:

ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER		NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data							NASA
Latitude -34.603 / Longitude -58.368 was chosen.									
	Unit	Climate data location							
Latitude	°N	-34.603							
Longitude	°E	-58.368							
Elevation	m	30							
Heating design temperature	°C	3.96							
Cooling design temperature	°C	31.48							
Earth temperature amplitude	°C	16.56							
Frost days at site	day	1							
Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days	
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d	
January	24.9	53.4%	7.05	100.7	3.1	26.3	0	459	
February	23.6	59.4%	6.09	100.9	3.2	24.6	0	379	
March	21.8	62.0%	4.94	101.0	3.2	22.4	6	365	
April	17.5	67.3%	3.64	101.2	3.5	17.5	47	224	
May	14.0	70.2%	2.75	101.3	3.8	13.7	130	130	
June	11.1	74.0%	2.22	101.4	3.7	10.6	204	60	
July	9.9	72.5%	2.46	101.6	3.7	9.5	247	46	
August	12.6	64.9%	3.32	101.5	3.8	12.3	172	101	
September	14.4	59.9%	4.54	101.4	3.9	14.7	121	134	
October	18.1	58.7%	5.35	101.1	3.7	18.8	41	248	
November	20.8	55.6%	6.44	100.9	3.6	21.9	13	317	
December	23.7	51.2%	6.97	100.7	3.2	25.1	1	419	
Annual	17.7	62.4%	4.65	101.1	3.5	18.1	982	2882	
Measured at (m)					10.0	0.0			

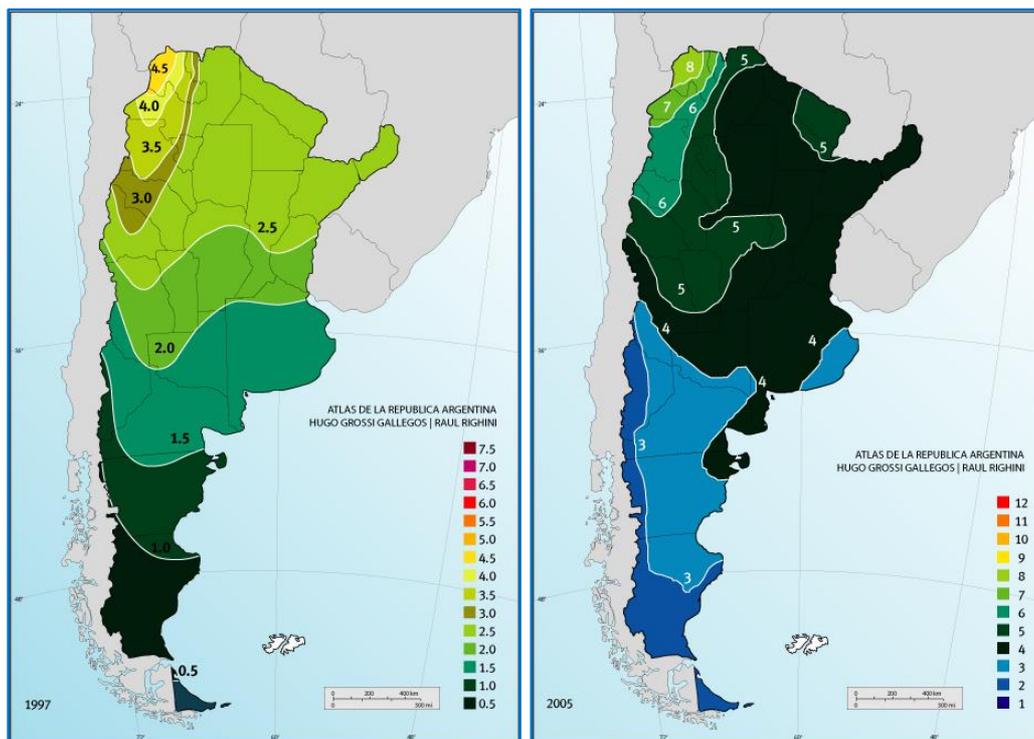
Valores de Irradiación solar y otras variables climatológicas para Capital Federal.

Los parámetros “Heating design temperature” y “Cooling design temperature” establecen el menor y el mayor valor de temperatura ambiente, respectivamente, medidos en una determinada “ventana de tiempo”, la cual es definida por el código de construcción local. Son valores que deben ser tenidos en cuenta para dimensionar equipos de calefacción o refrigeración capaces de cubrir la demanda máxima que pueda existir considerando condiciones climáticas excepcionales históricas.

Asimismo, los valores correspondientes a “Heating degree days” y “Cooling degree days” son una referencia de cuánta energía hace falta para climatizar un ambiente considerando la temperatura externa y comparándola con una temperatura interna óptima, definida también por el código de construcción local.



Izq: Promedio de irradiación solar diaria (kWh/m2). Der: Promedio de heliofanía efectiva diaria (horas). Mes: Enero



Izq: Promedio de irradiación solar diaria (kWh/m2). Der: Promedio de heliofanía efectiva diaria (horas). Mes: Junio

Considerando para los cálculos la irradiación solar diaria máxima para el mes de Junio, la cual es $2,22 \text{ kWh/m}^2$, y un rendimiento máximo del colector solar del 50%, para una variación de temperatura del fluido de 20°C , obtenemos mediante la siguiente fórmula que la superficie colectora debe ser:

$$A = \frac{Q}{\eta_{\Delta t=20^\circ\text{C}} \cdot P}$$

para el Bar principal,

$$A = \frac{65,084}{0,5 \cdot 2,22} \text{ m}^2$$

$$A = 58,63 \text{ m}^2$$

la cual resulta 3,9 veces mayor a la superficie existente y 29,3 veces mayor al colector disponible.

En tanto, para los Vestuarios del gimnasio,

$$A = \frac{9,298}{0,5 \cdot 2,22} \text{ m}^2$$

$$A = 8,38 \text{ m}^2$$

la cual es 1,8 veces menor a la superficie existente y 4,2 veces mayor a la superficie del colector disponible.

En el caso del Bar anexo, debido a que la cantidad de horas de heliofanía efectiva en Junio es de 1:30 horas, debemos aplicar un coeficiente que ajuste la irradiación solar diaria a la real, por lo cual:

$$A = \frac{3,487}{0,5 \cdot 2,22 \cdot 0,33} \text{ m}^2$$

$$A = 9,42 \text{ m}^2$$

obteniendo que la superficie necesaria resulta 13,3 veces menor a la superficie existente pero 4,7 veces mayor a la del colector disponible.

Anexo II: Cálculo del ahorro eléctrico generado por el uso del colector solar

A continuación se detallan los valores y variables considerados para calcular el ahorro eléctrico generado, en función de las características de los equipos y el uso que se les da a los mismos:

- Termotanque eléctrico Señorial de 1500W de potencia nominal (10 horas de funcionamiento, sin régimen de alta recuperación activo) consume durante un día 15kWh de energía.
- Termotanque eléctrico Rheem de 1680W de potencia nominal (10 horas de funcionamiento) consume durante un día 16,8kWh de energía.
- Las mediciones de los medidores de luz comenzaron “en cero” el 01/03/13 a las 17hs y los siguientes valores fueron leídos el día 23/04/13:

Señorial: 631 kWh - Rheem: 678kWh

- El período entre mediciones fue de 53 días, con lo cual, en teoría, los medidores deberían haber mostrado los siguientes valores:

Señorial: 795kWh - Rheem: 890,4kWh

- Así podemos calcular que los ahorros de energía fueron:

Señorial: 20,63% - Rheem: 23,85%

Señorial: 3kWh/día - Rheem: 4kWh/día