

DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA A FIN DE ABASTECER LA DEMANDA DE UN VESTUARIO DE CLUB DEPORTIVO

María Laura Berros¹ y Miguel Ángel Lara²

Facultad de Cs. Exactas, Ing. y Agrimensura. Maestría en Energías para el Desarrollo Sostenible (UNR)
Av. Pellegrini 250 – Rosario. Tel.: (0341) 4495467 - Int 33. lauraberros1@gmail.com; malara@fceia.unr.edu.ar

Recibido: 03/08/12; Aceptado: 30/09/12

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una propuesta de aprovechamiento de energía solar térmica para obtención de agua caliente sanitaria (ACS) a fin de abastecer la demanda del vestuario de un emprendimiento deportivo. El alcance del mismo incluye dimensionar el sistema propuesto y un análisis económico y de sustentabilidad. La metodología implementada consistió en evaluar el recurso energético, calcular el consumo de ACS, seleccionar el captador, calcular el rendimiento y la superficie de captación requerida, estimar el ahorro de emisiones de dióxido de carbono y el costo de la instalación. Como principal resultado se obtuvo que el uso de ACS implica una significativa reducción de emisiones de gases de efecto invernadero dado el ahorro del consumo de combustibles fósiles, recuperándose los costos de la instalación a lo largo de la vida útil de la misma debido a la reducción del gas licuado de petróleo (GLP) a consumir.

PALABRAS CLAVE: energía solar, sustentabilidad, agua caliente solar, colectores solares, radiación solar, energía útil.

INTRODUCCIÓN

Atento a los evidentes perjuicios ocasionados por la actividad humana sobre el medioambiente y a la creciente presión social y legislativa para mitigar esta situación, surge la necesidad de desarrollar proyectos ambientalmente conscientes que incorporen la variable de la sustentabilidad, tanto en sus etapas de diseño como en las de construcción y funcionamiento, a fin de prevenir, compensar y/o mitigar impactos ambientales negativos. En este contexto, el uso de energías renovables en las construcciones aparece como una oportunidad de desarrollarlas de una manera sustentable, así como también de reducir sus costos de operación.

Una de las energías renovables de fácil aprovechamiento en las edificaciones es la energía solar térmica, obtenida por medio de colectores solares. Éstos son dispositivos diseñados para captar energía en forma de radiación solar, mediante el incremento de la energía interna del material absorbedor, y transferirla a un fluido (generalmente agua o aire) convertida en energía térmica que produce el incremento de temperatura del mismo. Durante esta transferencia parte de la energía captada se pierde hacia el medioambiente circundante por los mecanismos de convección y radiación.

Los colectores solares se clasifican en planos con o sin cubierta, tubulares, parabólicos y heliostatos. Para obtener ACS a temperatura media, los colectores planos y tubulares son los mayormente utilizados dado que pueden producir ACS de hasta 70°C (Placco Cora et al. 2006). La temperatura de equilibrio alcanzada está en función del balance energético obtenido a partir de la radiación incidente, la energía captada y la transferida al fluido. La eficiencia del colector se define como la energía útil obtenida dividida por la energía incidente. La diferencia entre ambas corresponde a las pérdidas.

En los últimos años se está produciendo un aumento notable de instalaciones de aprovechamiento de energía solar térmica en diferentes lugares del mundo, dado que los avances tecnológicos permitieron la fabricación de sistemas de mejor calidad y a menor costo y la sociedad está comprendiendo la necesidad de sustituir el uso de combustibles fósiles no renovables y generadores de impactos ambientales negativos por otras fuentes de energía renovables y limpias (Placco Cora et al. 2006).

En el marco de la política ambiental del Ente Administrador Puerto Santa Fe, la que propicia la incorporación de aprovechamientos de energías renovables en los emprendimientos a radicarse en el Distrito Ciudad-Puerto, y atento al interés de uno de los emprendimientos en curso, se desarrolla el presente trabajo. Éste consiste en el dimensionamiento de un sistema de aprovechamiento de energía solar térmica para la obtención de ACS a fin de que la misma sea utilizada para el abastecimiento de la demanda del vestuario de un emprendimiento deportivo de canchas de fútbol 5 a radicarse en un predio del Distrito precitado.

El alcance del trabajo incluye la evaluación del recurso energético, el dimensionamiento del sistema propuesto, su cálculo térmico, económico y de sustentabilidad.

¹ Ingeniera Ambiental. Alumna de la Maestría en Energías para el Desarrollo Sostenible (FCEIA-UNR).

² Investigador Independiente del CONICET. Docente de la Maestría en Energías para el Desarrollo Sostenible (UNR).

EVALUACIÓN DEL RECURSO

Zona bioclimática

El Proyecto se ubica en la ciudad de Santa Fe, capital de la Provincia homónima, siendo sus coordenadas geográficas 31° 42' de latitud sur y a los 60° 40' de longitud oeste. La misma corresponde a la Zona Bioclimática IIB: cálida, con amplitud térmica menor a 14°C, según la Norma IRAM N°11.603.

Irradiancia solar

La Irradiancia Solar constituye la potencia energética recibida por unidad de superficie, permitiéndonos medir la magnitud de la radiación solar, es decir el recurso energético a partir del cual se dimensionará el sistema de aprovechamiento solar térmico. A fin de estimar la Irradiancia Solar del sitio de emplazamiento del Proyecto, se han empleado los datos publicados por la NASA para las coordenadas geográficas correspondientes a la ciudad de Santa Fe, los que se presentan en la Tabla 1.

Maximum Radiation Incident On An Equator-pointed Tilted Surface (kWh/m ² /day)													
Lat -30.7	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Lon -60.7													Average
SSE MAX	7.79	6.86	5.98	4.59	3.49	3.06	3.51	4.37	5.48	6.38	7.47	7.55	5.53
K	0.65	0.62	0.64	0.61	0.59	0.59	0.64	0.65	0.64	0.62	0.64	0.61	0.63
Diffuse	2.06	1.91	1.49	1.18	0.94	0.80	0.75	0.96	1.31	1.79	2.00	2.27	1.45
Direct	7.62	6.77	6.47	5.67	5.05	4.83	5.54	5.89	6.26	6.41	7.33	7.10	6.24
Tilt 0	7.75	6.83	5.89	4.56	3.40	3.01	3.44	4.28	5.42	6.24	7.44	7.51	5.47
Tilt 15	7.55	6.90	6.33	5.27	4.18	3.87	4.40	5.12	5.98	6.45	7.31	7.25	5.88
Tilt 30	6.95	6.62	6.42	5.69	4.73	4.51	5.10	5.67	6.22	6.32	6.80	6.63	5.97
Tilt 45	6.01	6.00	6.17	5.79	5.01	4.89	5.50	5.90	6.12	5.86	5.95	5.68	5.74
Tilt 90	2.35	2.82	3.61	4.24	4.15	4.31	4.76	4.59	3.94	2.94	2.44	2.22	3.53
OPT	7.75	6.92	6.43	5.80	5.05	4.99	5.59	5.90	6.23	6.45	7.44	7.51	6.34
OPT ANG	0.00	11.0	27.0	42.0	52.0	57.0	56.0	48.0	33.0	17.0	3.00	0.00	28.90
Note:	Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8												

Tabla 1. Irradiancia solar media mensual. Fuente: NASA Surface Meteorology and Solar Energy. Atmospheric Science Data Center.

En el Gráfico 1 se muestra la energía solar incidente sobre una superficie, ubicada en la ciudad de emplazamiento del Proyecto, según diferentes ángulos de inclinación de la misma.

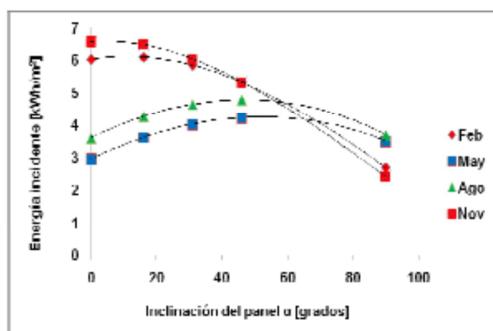


Gráfico 1. Energía solar incidente sobre superficie según ángulo de inclinación. Fuente: De Bernárdez et al. 2008

De acuerdo a los datos de la Tabla 1, los meses críticos son Mayo, Junio y Julio, ya que son los que presentan menor Irradiancia Solar, adoptándose un ángulo de inclinación de los colectores solares de 45°, dado que es el que mayor energía incidente recibe en los meses de menor Irradiancia Solar, según Gráfico 1.

CÁLCULO DEL CONSUMO

El consumo de agua caliente en vestuarios se estima según los siguientes datos:

- Cantidad de duchas: 8
- Volumen de agua consumido por cada uso de ducha: 30l.
- N° estimado de usuarios de duchas por día: 60
- Volumen de agua consumido por día: 1800l.
-

SELECCIÓN DEL CAPTADOR

Los tipos de colectores solares disponibles se detallan a continuación:

- Colectores de placa plana con cubierta (Glazed flat-plate collectors).
- Colectores concentradores parabólicos compuestos (CPC) estacionarios.
- Colectores de placa plana sin cubierta (Unglazed flat-plate collectors).
- Colectores de tubos de vacío (Evacuated-tube collectors).

Se ha optado por colectores solares de placa plana con cubierta por ser una tecnología de captación simple en cuanto a instalación y mantenimiento, presentar una relación precio/calidad conveniente, ser de uso extendido y probado para la obtención de ACS de hasta 70°C en edificaciones, estar en desarrollo su fabricación en el mercado nacional y estar demostrada la viabilidad de los mismos para las necesidades del Proyecto.

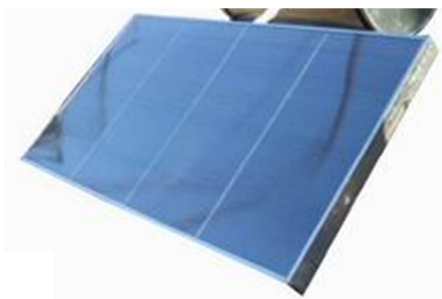
Dado que la superficie de techos de los vestuarios a los que se pretende abastecer no es demasiado extensa, se considera conveniente seleccionar un colector que presente un alto rendimiento y pérdidas aceptables, a fin de reducir la superficie de captación requerida.

Habiéndose realizado un análisis de diferentes modelos de colectores solares de las marcas disponibles en el mercado local, tanto importadas como nacionales, se considera conveniente seleccionar un colector que, cumpliendo con los requerimientos de rendimiento para las necesidades del Proyecto, sea de fabricación nacional, a fin de evitar la dependencia de las importaciones y favorecer la fabricación local, a pesar de que los coeficientes de pérdidas puedan estar un poco por encima de otras opciones importadas. Por tal motivo, se seleccionó el modelo Terrasol Tecnosolar 88 de la marca Innovar, en función del aceptable rendimiento (50% aprox.) y coeficiente de pérdidas, alta seguridad en su funcionamiento y prolongada vida útil.

Los datos técnicos del colector seleccionado se detallan a continuación:

- Colector plano.
- Superficie de captación: 2,54 m²
- Dimensiones: 2520mm x 1010mm x 100mm (ancho x alto x profundidad)
- Peso: 47kg.

La Figura 1 muestra una imagen del colector seleccionado y sus principales características.



- Absorbedor de acero inoxidable austenítico: 2 láminas soldadas entre sí en sus bordes, formando canalizaciones de ancho variable.
- Caja de chapa galvanizada.
- Cubierta de vidrio float.
- Presión máxima de trabajo: 4m de columna de agua.

Figura 1. Colector seleccionado.

CÁLCULO DE DISTANCIA ENTRE CAPTADORES

Para el cálculo de la distancia entre los captadores solares, se debe conocer la altura solar mínima (H_{\min}) que es la correspondiente al día 21 de Junio para el Hemisferio Sur. La H_{\min} se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$H_{\min} = 90^\circ - \text{Latitud del lugar} - 23^\circ 27' = 35^\circ 31' \quad (1)$$

$$H_{\min} = 90^\circ - 31^\circ 42' - 23^\circ 27' = 35^\circ 31'$$

La distancia mínima ($d1$) a considerar entre filas de captadores solares, desde la proyección a la horizontal de la parte más alta del captador hasta el inicio de la siguiente fila, se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$d1 = h_{\text{captador}} / \text{tg } H_{\min} \quad (2)$$

Siendo:

h_{captador} : altura del captador = $L \times \text{sen } \beta$

L : longitud del captador.

β : ángulo entre el captador y la superficie sobre la que está dispuesto.

Para conocer la distancia entre los inicios de las filas de captadores, a d_1 hay que sumarle d_2 , que es la distancia entre la proyección a la horizontal de la parte más elevada del colector y la parte del colector que se apoya sobre la superficie horizontal.

$$d_2 = L \times \cos\beta \quad (3)$$

Por lo tanto, la distancia entre el inicio de las filas de captadores es igual a:

$$d = d_1 + d_2 \quad (4)$$

Para mayor ilustración, la Figura 2 muestra las distancias d_1 , d_2 , el ángulo β , la altura del captador h y la longitud del captador L .

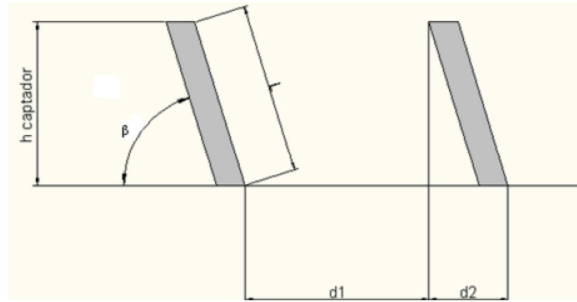


Figura 2. Distancia entre filas de colectores (d_1 , d_2), ángulo de inclinación respecto a la horizontal (β), altura y longitud del colector (h , L).

Mediante la aplicación de las fórmulas precitadas se obtienen los siguientes resultados:

$$H_{\min} = 90^\circ - 31^\circ 42' - 23^\circ 27' = 35^\circ 31' \quad (1)$$

$$h_{\text{captador}} = L \times \sin\beta = 2,52\text{m} \times \sin 45^\circ = 1,64\text{m} \quad (2)$$

$$d_1 = h_{\text{captador}} / \text{tg } H_{\min} = 1,64\text{m} / \text{tg } 35^\circ 31' = 2,65\text{m} \quad (3)$$

$$d_2 = L \times \cos\beta = 2,52\text{m} \times \cos 45^\circ = 1,92\text{m} \quad (4)$$

$$d = d_1 + d_2 = 4,57\text{m} \quad (5)$$

Además, la primera fila de colectores deberá separarse lo suficiente de la fachada norte a fin de evitar que el murete de protección del techo proyecte sombras sobre los captadores. La distancia mínima (d) de separación se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$d = h \times k = 0,20\text{m} \times 1,60 = 0,32\text{m} \quad (6)$$

Siendo:

h : altura del murete = 0,20m

$k = 1/\text{tg}(67^\circ - \text{latitud}) = 1,60$

CÁLCULO DE ENERGÍA APROVECHABLE

A partir de los datos de radiación para superficies inclinadas a 45° con ángulo acimut de 0° , presentados en la Tabla 1, se calcula la energía útil para el sistema propuesto según Duffie, 2006, confeccionándose la Tabla 2:

- A: Radiación solar máxima media diaria ($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$).
- B: Corrección por atmósfera, se multiplica el valor de radiación por un factor de corrección igual a 0,98 que corresponde a una zona urbanizada (se expresa en $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$).
- C: Horas de sol útiles (se expresa en h). (IDEA, Tablas para el dimensionamiento de instalaciones solares).

- D: Corrección por histéresis, se multiplica el valor de radiación corregido de la columna B por un factor igual a 0,94 determinado empíricamente (CENSOLAR, Sistemas aprovechamiento térmico II). (se expresa en kWh/m²·día).
- E: Intensidad útil media, se obtiene dividiendo los datos de la Columna D por los de la Columna C y multiplicando el resultado por 1000 para convertir kW en W (se expresa en W/m²).

MESES	A (kWh/m ² ·día)	B (kWh/m ² ·día)	C (h/día)	D (kWh/m ² ·día)	E (W/m ²)
ENERO	6,01	5,89	9,5	5,54	582,78
FEBRERO	6,00	5,88	9,5	5,53	581,81
MARZO	6,17	6,05	9	5,68	631,53
ABRIL	5,79	5,67	9	5,33	592,64
MAYO	5,01	4,91	8	4,62	576,90
JUNIO	4,89	4,79	7,5	4,50	600,62
JULIO	5,50	5,39	8	5,07	633,33
AGOSTO	5,90	5,78	9	5,44	603,90
SEPTIEMBRE	6,12	6,00	9	5,64	626,42
OCTUBRE	5,95	5,83	9,5	5,48	576,96
NOVIEMBRE	5,68	5,57	9,5	5,23	550,78
DICIEMBRE	5,74	5,63	9,5	5,29	556,60
VALOR MEDIO					592,86

Tabla 2. Tabla de datos requeridos para la obtención de la Intensidad de radiación solar útil media en los meses del año y radiación solar útil media anual (Columna E).

CÁLCULO DE RENDIMIENTO

Para el cálculo del rendimiento del colector solar, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{\text{Energía captada}}{\text{Energía recibida}} = \frac{Q}{Sc \times It} \quad (7)$$

Donde:

- Q = Potencia útil del captador (W).
- Sc = Superficie del captador (m²)
- It = Radiación solar incidente (W/m²)

Si se considera un Q constante y suponiendo también constantes los coeficientes de pérdidas, esta curva se asemeja a la ecuación de una recta: $y = b - mx$, por lo que la ecuación de rendimiento de un captador solar será:

$$\eta = Fr \times (\tau \times \alpha)_n - \frac{Fr \times Ul \times (Te - Ta)}{IT} \quad (8)$$

Donde:

- $Fr \times (\tau \times \alpha)_n$ = coeficiente óptico.
- $Fr \times Ul$ = coeficiente de pérdidas.
- Te = temperatura del fluido caloportador demandada (°C).
- Ta = temperatura ambiente (°C).
- IT = Radiación incidente total (W/m²).

Según las especificaciones del colector adoptado, las mismas se detallan a continuación:

- $Fr \times (\tau \times \alpha)_n = 0,71$
- $Fr \times Ul = 5,10$
- Te = 40°C
- Ta = Temp. ambiente media mensual (°C).
- IT = Radiación solar mensual incidente (W/m²).

Teniendo en cuenta todas las variables incidentes en un sistema de captación solar, la ecuación de rendimiento debe ser afectada en su ordenada al origen por dos coeficientes correctores atribuibles a:

- que el rendimiento teórico determinado por el fabricante del colector es obtenido en base a un ensayo de exposición a radiación solar perpendicular a la superficie, por lo que la ecuación de rendimiento debe ser afectada por un coeficiente reductor equivalente al efecto de la variación angular de la radiación solar sobre la superficie colectora a lo largo del día.

- b) que el efecto de envejecimiento y suciedad de la cubierta transparente afecta decisivamente al comportamiento de este a lo largo de su vida útil.

El efecto compuesto de ambos fenómenos puede ser valorado en una reducción del 6% en la radiación captada por el colector (CENSOLAR, "Sistemas de Aprovechamiento Térmico II"). Por este motivo, la ecuación de la curva de rendimiento, que dará los resultados de la columna C en la Tabla 3, finalmente queda de la siguiente forma:

$$\eta = 0,94 \times 0,71 - 5,10 \frac{Te - Ta}{IT} \quad (10)$$

Finalmente, los resultados obtenidos son los presentados en la Tabla 3:

- A: Intensidad útil media diaria (expresada en W/m²) (columna E de la Tabla 2).
- B: Temperatura ambiente media mensual (expresada en °C), según datos meteorológicos.
- C: Rendimiento del colector, obtenido según fórmula precedente (10).
- D: Radiación solar media diaria corregida (expresada en kWh/m²·día) (columna D de la Tabla 2).
- E: Aportación solar media diaria por m² de colector (expresada en kWh/m²·día) (multiplicando columnas C y D).

MESES	A (W/m ²)	B (°C)	C	D (kWh/m ² ·día)	E (kWh/m ² ·día)
ENERO	582,78	24,5	53%	5,54	2,94
FEBRERO	581,81	24,3	53%	5,53	2,93
MARZO	631,53	21,8	52%	5,68	2,96
ABRIL	592,64	18,4	48%	5,33	2,57
MAYO	576,90	15,6	45%	4,62	2,08
JUNIO	600,62	11,8	43%	4,50	1,93
JULIO	633,33	11,9	44%	5,07	2,23
AGOSTO	603,90	12,9	44%	5,44	2,38
SEPTIEMBRE	626,42	15,3	47%	5,64	2,63
OCTUBRE	576,96	18	47%	5,48	2,59
NOVIEMBRE	550,78	21,4	50%	5,23	2,59
DICIEMBRE	556,60	23,6	52%	5,29	2,73

Tabla 3. Cálculo de aportación de energía solar diaria por m² de colector.

Observaciones: los datos de la columna B fueron tomados del Servicio Meteorológico Nacional – Estación Meteorológica Sauce Viejo Aero.

CÁLCULO DE SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

Para calcular la superficie de captación necesaria, se estima la demanda energética total para el calentamiento de agua. Para la estimación de la demanda precitada, conociendo el calor específico del agua, se calcula la cantidad de energía que es necesario aportarle para elevar la temperatura de la misma hasta 40°C, por lo que es necesario conocer la temperatura de ingreso del agua al colector en los diferentes meses del año. Se estima que el 80% de la demanda energética total será cubierta por medio de los colectores solares. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N°4.

MESES	Consumo diario de agua (l)	Temp. ambiente media	Temp. req. a la salida del calefón	Energía mensual req. (kWh)	Energía mensual aportada por colectores (80%) (kWh)	Aportación de energía solar diaria (kWh/m ² .d)	Aportación de energía solar diaria en el punto de consumo (85%)(kWh/m ² .d)	Nº de días del mes	Aportación de energía solar mensual (kWh/m ²)
ENERO	1800	24,5	40	1004,25	803,40	2,94	2,50	31	77,6
FEBRERO	1800	24,3	40	918,76	735,01	2,93	2,49	28	69,7
MARZO	1800	21,8	40	1179,18	943,34	2,96	2,51	31	77,9
ABRIL	1800	18,4	40	902,88	722,30	2,57	2,18	20	43,7
MAYO	1800	15,6	40	1580,88	1264,70	2,08	1,77	31	54,9
JUNIO	1800	11,8	40	1768,14	1414,51	1,93	1,64	30	49,2
JULIO	1800	11,9	40	1820,60	1456,48	2,23	1,90	31	58,9
AGOSTO	1800	12,9	40	1755,81	1404,65	2,38	2,03	31	62,8
SEPTIEMBRE	1800	15,3	40	1548,69	1238,95	2,63	2,23	30	67,0
OCTUBRE	1800	18	40	1425,38	1140,30	2,59	2,20	31	68,3
NOVIEMBRE	1800	21,4	40	1166,22	932,98	2,59	2,20	30	66,1
DICIEMBRE	1800	23,6	40	1062,56	850,04	2,73	2,32	31	72,1
TOTAL ANUAL					12.906,67				768,1

Tabla 4. Tabla de cálculo de aportación de energía solar térmica para obtención de agua caliente solar.

Observaciones: los valores de la columna "Aportación de energía solar diaria" se toman de la Columna E de Tabla 3.

Una vez conocido el aporte de energía anual que se espera obtener por los colectores solares (kWh) y la aportación de energía solar (kWh/m²) total anual, se divide la primera por la segunda para obtener la superficie (m²) de captación requerida.

Superficie de captación = Aporte de energía anual por colectores / Aportación energética solar anual
 Superficie de captación = 12.906,67 kWh / 768,10 kWh/m² = **16,80 m²**

Nº de colectores = Superficie de captación requerida / Superficie por colector = 16,80m² / 2,54m² = 6,61u

Dado que las dimensiones del techo del vestuario son de 6m x 15m, se adoptan 7 colectores distribuidos en 2 filas (una de 4 y la otra de 3 colectores), distanciadas 4,57m entre sí y a 0,32m del murete del techo la primera fila, orientados hacia el norte, con un ángulo de inclinación respecto a la horizontal de 45°.

SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE COLECTORES

El sistema de interconexión de colectores adoptado es un sistema en paralelo con tuberías y cabezales de interconexión externos, debido a que es el arreglo que presenta un flujo más homogéneo y menores pérdidas de carga. La interconexión de colectores por medio de sus propios cabezales genera flujos no homogéneos, con variación del N° de Reynolds de un punto a otro del sistema, lo que puede resultar en sectores de flujo laminar o de detención del flujo, afectando la tasa de transferencia de calor desde el absorbedor al fluido y reduciéndose por consiguiente la eficiencia del colector (Domínguez, 2003).

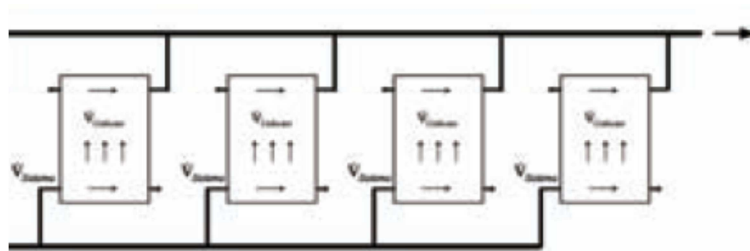


Figura 3. Sistema de interconexión en paralelo con tuberías y cabezales externos.

CAÑERÍAS

Las características de las cañerías adoptadas para las instalaciones internas de agua del vestuario son:

- Diámetro interno: 19mm (3/4'')
- Material: PVC.
- Caudal: 11 l/min.
- Pérdida de carga: 0,34 mca (metros de columna de agua) por metro de tubería.

El agua de alimentación de los colectores es agua de red. Dado que la edificación de los vestuarios es de una sola planta, la presión del agua es suficiente para ascender hasta la altura del techo sin necesidad de impulsión por medio de bomba.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

Para complementar el sistema de calentamiento de agua, se dispondrá de un tanque de almacenamiento de 1500l de capacidad, de acero inoxidable, aislado térmicamente mediante una capa de 60mm de espuma de poliuretano, apto para ser instalado en exteriores, equipado con resistencia eléctrica de 12kW y un controlador digital para automatizar el apagado y encendido de la misma, a fin de agregar la energía necesaria para alcanzar la temperatura requerida en caso de necesidad o días sin sol. Dado que el número de días seguidos sin sol promedio para la ciudad de Santa Fe es de 3 y que la temperatura del ACS desciende en el orden de los 10°C en 72hs, se adopta una resistencia eléctrica capaz de aportar la energía necesaria para incrementar la temperatura del agua con el objeto de garantizar una temperatura de 40°C en cualquier momento del año. Además, se dispondrá una válvula termostática para regular la temperatura máxima de la instalación y un filtro de sarro, a la salida o entrada del tanque, utilizando una tecnología basada en cristales (polifosfatos) de alta pureza que liberan en el agua que atraviesa el filtro propiedades anti-incrustantes.

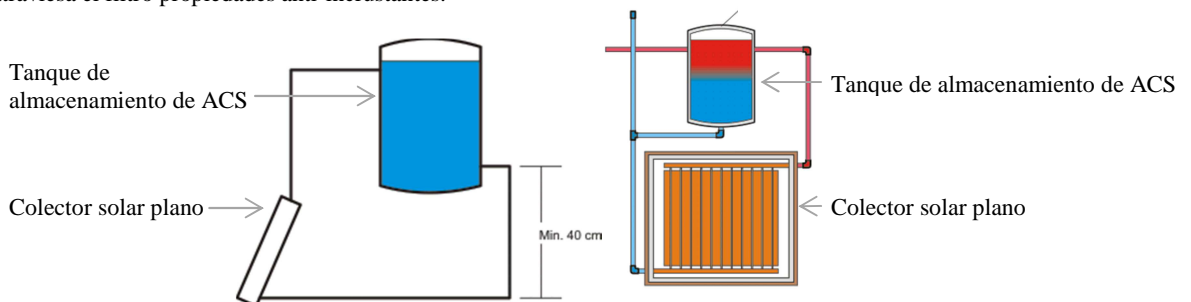


Figura 4. Esquema de disposición del tanque de almacenamiento de agua caliente.

ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD

El uso de colectores solares implica un ahorro anual de energía equivalente a 12.907kWh. De no hacerse el aprovechamiento de energía solar térmica para obtención de ACS, se recurriría a garrafas de gas licuado de petróleo (GLP).

A continuación, se estima la cantidad de GLP ahorrada y la consiguiente cantidad de CO₂, gas de efecto invernadero causante del fenómeno de calentamiento global, que se evita emitir a la atmósfera:

- ✓ Poder calorífico del GLP: 11.000 kcal/kg
- ✓ Equivalencia: 1 kwh = 860 kcal
- ✓ Energía anual ahorrada expresada en kcal: 12.907 (kwh/año) × 860 (kcal/kwh) = 11.100.020 kcal/año
- ✓ Cantidad de GLP ahorrada por año: 11.100.020 (kcal/año) / 11.000 (kcal/kg) = 1009 kg/año
- ✓ Emisiones de CO₂ por kg de GLP: 3 kgCO₂/kgGLP (según www.sunearthtools.com).
- ✓ Ahorro anual de emisiones de CO₂: 1009 (kgGLP/año) × 3 (kgCO₂/kg GLP) = 3027 kgCO₂/año
- ✓ Ahorro de emisiones de CO₂ a lo largo de la vida útil del sistema: 3027 (kgCO₂/año) × 30 años = 90.810 kg CO₂

ANÁLISIS ECONÓMICO

- ✓ Inversión inicial: Costo estimado de 7 colectores solares + instalación = \$ 55.000
- ✓ Costos de mantenimiento: \$600 anuales (incluye tareas de limpieza de la cubierta del colector y cambio de filtro de sarro cada 2 años), sumando un total de \$18.000 al fin de la vida útil de la instalación.
- ✓ Ahorro de garrafas de GLP en 30 años (vida útil considerada)*: 30.270 kg GLP × 1,7\$/kg × (1 + i)ⁿ = \$166.902

*considerando que el precio del GLP se incrementa en el orden del 4% anual, siendo *i* = índice de incremento y *n* = n° de años de la vida útil del sistema propuesto, 30 años, alcanzando un costo del orden de los 5,5\$/kg, el que se encuentra en relación con el de otros países de la región.

Por medio del ahorro en consumo de garrafas de GLP para calentamiento de agua sanitaria se financia el costo del Proyecto.

CONCLUSIONES

Mediante el sistema de aprovechamiento de energía solar térmica propuesto se posibilitará la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera debido al ahorro de consumo de combustibles fósiles, lo cual es significativo dado el fenómeno de calentamiento global causado por las emisiones antropogénicas de los gases precitados.

Por otro lado, el sistema implica un beneficio económico debido a que los costos se recuperan durante la vida útil del mismo producto del ahorro debido a la reducción de la cantidad de combustibles fósiles consumidos. La incorporación de energías renovables a las construcciones contribuye al desarrollo de proyectos ambientalmente conscientes, que consideren los impactos ambientales que generan y, en consecuencia, incorporen medidas de prevención, mitigación y/o compensación de los mismos.

REFERENCIAS

- CENSOLAR. (1992). Instalaciones de Energía Solar. Tomo 3. Sistemas Aprovechamiento Térmico II. Promotora general de Estudios S.A. Sevilla, España.
- De Bernardes, L.S.; Battioni, M.; Cutrera, M.; Risso, G.; Buitrago, R.; García, N. (2008). Determinación del ángulo óptimo de inclinación para la instalación de módulos fotovoltaicos mediante el uso de redes neurales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 13.
- Domínguez, I. (2008). Distribución de flujos en sistemas de colectores solares planos interconectados, pp. 9-26. Academia de Ingeniería. México, D.F.
- Duffie, J. A y Beckman W. A. (2006). *Solar Engineering of Thermal Processes*. 3rd Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York, EEUU.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA). Tablas para el Dimensionamiento de Instalaciones Solares. Tabla 6. Número medio de horas diarias de sol útiles (intensidad por encima del umbral).
- NASA. Surface meteorology and Solar Energy. Atmospheric Science Data Center. <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>.
- Placco, C.; Saravia, L.; Cadena, C. (2006). Colectores solares para agua caliente, pp. 1-6. INENCO, UNSA – CONICET. Salta, Arg.
- Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. (2011). Diseño de un sistema de captación de energía solar térmica para la producción de ACS en un edificio de viviendas. Barcelona, España.

ABSTRACT: The present work aims to size a solar water heating system to meet the demand of a five-a-side football club locker room with showers. The work's scope includes the sizing of the system and an economic and sustainability analysis. The methodology used was to evaluate the energy resource, to calculate the consumption of solar hot water, to calculate the area required and to estimate the savings of greenhouse gases emissions and the system's costs. The main important results obtained were that the solar water heating system involves a significant reduction of greenhouse gases emissions because of reducing fossil fuels consumption, the system's costs are recovered throughout the life of it and there is a saving because of reduced consumption of liquefied petroleum gas.

KEYWORDS: solar energy, sustainability, solar hot water, solar collectors, solar radiation, useful energy.