

ENERGIA SOLAR TERMICA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA DE LA PISCINA DEL “CENTRO ACTIVO I” EN QUITO – ECUADOR

Francisco Echeverría¹, Víctor Carrión², Miguel Ángel Lara³

Facultad de Ciencias Exactas, Ing y Agrimensura - Escuela de Posgrado y Educación Continua (UNR) -
Tel: (0341) 4495467 Int 33, (0341) 3007466 ; (0341) 3011439 ; vicarrion1000@gmail.com, frangel2005_6@yahoo.com,
malara@fcia.unr.edu.ar

Recibido 15/08/13, Aceptado 28/09/13

RESUMEN: El objetivo consistió en diseñar un sistema híbrido solar - térmico para el calentamiento del agua de la piscina del “Centro Activo I” de la ciudad de Quito – Ecuador, que permita disminuir el consumo de combustible fósil, manteniendo la calidad del servicio y confort a sus usuarios. El alcance incluyó dimensionar el sistema, el análisis económico y de sustentabilidad. La metodología implementada consistió en evaluar el recurso energético, calcular la carga demandante, seleccionar el colector solar, calcular el rendimiento y la superficie de captación requerida, estimar el ahorro de combustible y las emisiones evitadas de dióxido de carbono. Se concluyó que es una opción segura, rentable y ecológica debido a que emplea una fuente de energía renovable, que permite disminuir el 70% del consumo actual de diésel.

Palabras clave: calentamiento de agua, colectores solares, piscina.

INTRODUCCIÓN:

El calentamiento del agua a partir de sistemas solares térmicos es una de las aplicaciones que se ha extendido a nivel mundial, debido a que une el ahorro energético y el cuidado al medio ambiente.

La energía solar térmica se puede aplicar a todo tipo de inmuebles, desde viviendas unifamiliares hasta grandes instalaciones, como es el caso de los complejos deportivos, en los cuales es necesario contar con sistemas de calentamiento de agua para distintos usos, principalmente en piscinas de acceso público.

La ciudad de Quito está ubicada a 2.800 msnm (*Características ciudad de Quito. 2012*), dispone de 4,25 kWh/m².día de radiación promedio (*NASA Surface meteorology and Solar Energy 2012*), para información comparativa, los niveles de radiación solar globales en algunos países de Europa no superan los 2 kWh/m².día, y con este recurso es donde el desarrollo de la energía solar térmica se ha intensificado en los últimos años (*MEER. 2011*).

Actualmente el desarrollo tecnológico en colectores solares, ha contribuido a que los costos de mercado se reduzcan volviéndolos competitivos ante otras tecnologías que usan como fuente de energía la electricidad o derivados del petróleo, insumos que en Ecuador se encuentran subsidiados por el Estado.

Frente a esta realidad, con el impulso político-económico del estado, con el desarrollo tecnológico, el beneficio de la radiación solar y con el conocimiento técnico, el Gobierno Nacional de Ecuador ha impulsado la construcción y mejoras en los centros deportivos y de recreación, con la finalidad que la población tenga lugares familiares de sano esparcimiento y de acceso libre; en los cuales existen piscinas, hidromasajes y duchas requiriéndose el calentamiento del agua a temperatura de confort, frente a las políticas de fomento de las energías renovables y cuidado del ambiente que promueve el estado, se desarrolla el presente trabajo.

SITUACION ACTUAL DE LA INSTALACIÓN

Es una piscina semiolímpica de 500m³ totalmente cubierta con paredes de vidrio de 3,40 m de altura y una cubierta metálica con eternit de forma piramidal. Diariamente recibe alrededor de 360 personas; por lo cual se requiere mantener la temperatura de confort del agua en 30°C a través del sistema caldero – intercambiador (Power Flame Burner C2-OB) el mismo que consume aproximadamente 62 galones de diésel por día

¹ Ingeniero Eléctrico, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, Ecuador

² Ingeniero Eléctrico, Consultor Independiente en Energías Renovables

³ Investigador Independiente del CONICET. Laboratorio (IFIR FCEIA)

EVALUACIÓN DEL RECURSO

Localización

El proyecto se ubica en la ciudad de Quito – Ecuador, la misma que se encuentra en la región sierra, sus coordenadas geográficas son: Longitud: 78° 29' 06" W Latitud: 0° 28' 24" N, tiene una amplitud térmica entre 10°C a 25°C. En la figura 1 se muestra la localización y el detalle de la piscina a calefaccionar.



Figura 1. Ubicación del proyecto.

Irradiancia Solar

Frente a la necesidad de contar con datos precisos de irradiancia del lugar de ubicación del proyecto, se toman los datos publicados por NASA, que garantiza una estadística de dos décadas, mismos que se presentan a continuación.

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m ² /day)													
Lat -0.5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Lon -78.5													Average
SSE HRZ	4.13	4.34	4.55	4.33	4.12	4.01	4.26	4.46	4.26	4.24	4.30	3.98	4.25
K	0.40	0.41	0.43	0.42	0.42	0.43	0.45	0.45	0.41	0.40	0.42	0.39	0.42
Diffuse	2.16	2.28	2.35	2.22	2.05	1.96	1.98	2.13	2.28	2.28	2.18	2.11	2.17
Direct	2.97	2.99	3.10	3.01	3.08	3.17	3.47	3.39	2.80	2.80	3.14	2.85	3.06
Tilt 0	4.08	4.29	4.49	4.27	4.07	3.97	4.21	4.40	4.21	4.18	4.24	3.93	4.20
Tilt 15	4.18	4.32	4.41	4.30	4.22	4.18	4.42	4.50	4.15	4.17	4.33	4.04	4.27
Tilt 90	2.21	2.01	1.69	2.00	2.36	2.53	2.59	2.25	1.67	1.86	2.21	2.21	2.13
OPT	4.18	4.33	4.49	4.31	4.23	4.22	4.45	4.50	4.22	4.20	4.33	4.04	4.29
OPT ANG	16.0	9.00	2.00	10.0	19.0	24.0	23.0	14.0	2.00	7.00	14.0	17.0	13.1
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

DEMANDA TÉRMICA

Para determinar la carga es necesario conocer la característica constructivas y de uso de la piscina, que se detalla en la tabla 2.

Características en la utilización de la piscina	Valores
Superficie de la Piscina: S [m ²]	312,5
Volumen de la Piscina [m ³]	500
Número de Ocupantes x hora [n]	30
Número de Espectadores x hora [N]	0
Humedad Relativa: Ga [%]	0,65
Temperatura del aire al interior [°C]	25
Temperatura del agua en la piscina [°C]	30
Humedad absoluta, aire saturado a la temp del agua We [30°C]	0,027
Humedad absoluta, aire saturado a la temp del aire interior Was [25°C]	0,020

Tabla 2. Características en la utilización de la piscina.

Necesidades en la climatización de una piscina cubierta, (Agustín Maillo, CIATESA)

a) Necesidades de des-humectación en el aire ambiente como consecuencia de la evaporación de agua.

La evaporación en el agua será proporcional a la ocupación de la piscina, y en particular al número de bañistas, porque la mayor interacción entre agua y aire en flujo turbulento se crea como consecuencia del chapoteo, favoreciendo la evaporación.

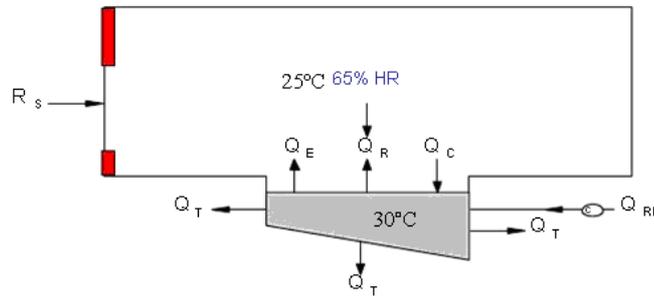


Figura 2. Modelo representativo para evaluar las pérdidas.

Para evaluar la cantidad de agua evaporada se ha utilizado la fórmula de Bernier:

$$Me = S * [(16 + 133n) * (We - Ga * Was)] + 1 * N \quad (1)$$

Dónde:

Me = masa de agua evaporada (Kg/h)

S = superficie de piscina (m²)

We = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua (Kg agua /Kg aire)

Was = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior (Kg agua /Kg aire)

Ga = grado de saturación

n = número de nadadores por m² de superficie de lámina de agua

N = número total de ocupantes (espectadores)

Aplicando la fórmula 1, la masa evaporada del agua en reposo es de 70 Kg/h, por efecto de los ocupantes 55,86 Kg/h resultando un total de 125.86 Kg/h.

b) Necesidades por pérdidas de calor en el agua de la piscina

Los factores que influyen para que se den las pérdidas de calor en el agua son, la temperatura del agua y del ambiente, la humedad, el número de ocupantes y las características constructivas de la piscina; los que ocasionan pérdidas: por evaporación, radiación, convección, transmisión y renovación. En la tabla 3 se indican la estimación de las pérdidas de calor de la piscina.

Perdidas en la Piscina	Perdidas por evaporación	Perdidas por convección	Perdidas por radiación	Perdidas por transmisión	Perdidas por renovación
[KJ]	306.292	6.007	-----	36,45	2.088.000

Tabla 3. Pérdidas por hora en la piscina.

DEMANDA MENSUAL

La demanda de energía se muestra en la tabla 4.

Mes	Días	Q [KJ] mensual	Mes	Días	Q [KJ] mensual
Enero	31	234.728.476	Julio	31	234.728.476
Febrero	28	212.012.817	Agosto	31	234.728.476
Marzo	31	234.728.476	Septiembre	30	227.156.590
Abril	30	227.156.590	Octubre	31	234.728.476
Mayo	31	234.728.476	Noviembre	30	227.156.590
Junio	30	227.156.590	Diciembre	31	234.728.476

Tabla 4. Demanda mensual de energía.

SELECCIÓN DEL COLECTOR SOLAR

Tomado en cuenta las características climáticas de la zona del proyecto, se evidencia que hay precipitaciones fuertes de granizo lo que conlleva a realizar el estudio con paneles de placa plana que son más resistentes a este fenómeno.

A continuación se presenta un cuadro comparativo con las características de tres los colectores disponibles en el mercado:

Características	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Superficie Total (m ²)	2,27	2,03	2,09
Superficie Útil (m ²)	2	1,78	1,78
Dimensiones (m)	2,13 x 1,065	2,009 x 1,009	1,986 x 1,05
Factor de Eficiencia Óptica	0,65	0,62	0,63
FR*UL:	6,18 W/m ² K	3,96 W/m ² K	3,19 W/m ² K
Litros agua acumulador / m ² colector	1,5	1,3	1,37
Precio (USD)	835,78	864,6	733,6

Tabla 5. Características Técnicas de los Colectores provistas por los fabricantes.

DISPOSICION DE LA DISTANCIA ENTRE COLECTORES EN LA SUPERFICIE ÚTIL

Angulo Óptimo

Se obtiene con la finalidad de conocer la inclinación óptima de la superficie colectora para aprovechar de mejor manera el recurso solar durante todo el año, en la ciudad de Quito. El ángulo escogido es de 20° N, el cual garantiza cumplir con lo expuesto, incluso hasta en los meses críticos Julio, Diciembre y Enero; además con esta inclinación existe una limpieza de la cubierta por condiciones del medio.

Distancia (María Laura Berros y A.L Miguel Ángel Lara 2012)

Con la finalidad de evitar pérdidas por sombreado, es necesario determinar la distancia mínima de separación entre filas de colectores y con los bordes de la terraza.

En el cálculo de la distancia entre captadores, se debe conocer la altura mínima (H_{\min}) la misma que se obtiene con la siguiente formula:

$$\begin{aligned} H_{\min} &= 90 - \text{latitud} - 23,27 & (2) \\ \text{Latitud del Ecuador: } &2^\circ \\ H_{\min} &= 64,73^\circ \end{aligned}$$

La distancia mínima (d_1) 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:

$$d_1 = H_{\text{cap}} / \text{tg } H_{\min} \quad (3)$$

Siendo:

H_{captador} : altura del captador

L: longitud del captador.

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

$$H_{\text{captador}} = h_{\text{cap}} = L * \text{sen} \beta \quad (4)$$

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.

$$d_2 = L * \text{cos} \beta \quad (5)$$

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

$$d = d1 + d2 \quad (6)$$

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

$$d_{\text{frente}} = h \times k \quad (7)$$

$$d_{\text{frente}} = 0.765 \text{ (m)}$$

Considerando las distancias de separación entre colectores y conociendo la superficie disponible de 543 m², se calcula la superficie útil 529 m² y el número de paneles máximos que se podrían instalar, como se indica en la siguiente tabla:

	Hcap (m)	d1 (m)	d2 (m)	d (m)	Área necesaria por cada colector	Número de colectores
Opción 1	0,73	0,34	2,00	2,35	4,77	111
Opción 2	0,69	0,32	2,00	2,33	4,37	121
Opción 3	0,68	0,32	1,87	2,19	4,38	121

Tabla 6. Distancia y áreas disponibles Características de los Colectores, elaboración propia.

CALCULO DE LA FRACCION SOLAR (f) (ENERGIA APROVECHABLE)

Con la disponibilidad estadística y la aleatoriedad de datos, el método más apropiado para el análisis es el F- chart (*Hugo Grossi Gallegos 1982*). Este método es el producto de la correlación de los resultados obtenidos en una gran cantidad de simulaciones numéricas de sistemas solares para calentamiento de ambientes y/o agua para uso sanitario.

$$X = (Fr. UL) \cdot (Fr/Fr) \cdot (100 - Ta) \times \Delta t \cdot A \cdot K4 / QL \quad (1)$$

X representa la relación entre las pérdidas térmicas de los colectores y la carga térmicas

$$Y = (Fr. r \alpha) \cdot (Fr/Fr) \cdot (\zeta \alpha) / \zeta \alpha \cdot n \cdot HT \cdot A \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot N / QL \quad (2)$$

Y representa la relación entre la energía solar captada y la carga térmica

$$f = 1.029 Y - 0.065 X - 0.245 Y^2 + 0.0018 X^2 + 0.0215 Y^3 \quad (3)$$

f es la fracción solar

A continuación se detallan los valores de la fracción solar por m² y por mes de cada uno de los colectores analizados.

	Opción 1			Opción 2			Opción 3		
	f	f	f	f	f	f	f	f	f
Area captación (m2) \mes	120	200	260	120	200	260	120	200	260
enero	107,280,375	161,661,531	194,566,221	109,921,583	166,286,298	200,757,802	111,546,307	168,868,095	204,000,604
febrero	109,020,122	162,123,508	193,146,057	111,308,002	166,218,957	198,695,551	112,797,706	168,567,789	201,630,760
marzo	135,161,529	198,002,118	233,193,042	137,595,011	202,477,605	239,339,956	139,272,008	205,097,275	242,594,564
abril	127,667,677	187,670,317	221,608,030	130,040,282	192,006,839	227,546,445	131,656,202	194,536,527	230,693,426
mayo	128,578,723	189,667,354	224,562,050	131,058,339	194,169,478	230,707,001	132,723,719	196,782,357	233,961,955
junio	124,688,180	183,873,451	217,652,283	127,090,080	188,235,817	223,607,290	128,703,707	190,767,110	226,760,306
julio	137,103,051	200,420,969	235,660,185	139,531,791	204,903,331	241,826,409	141,215,235	207,529,717	245,086,821
agosto	139,217,124	203,077,233	238,396,528	141,606,122	207,511,609	244,513,808	143,283,816	210,124,842	247,754,722
septiembre	126,114,627	185,708,002	219,581,093	128,489,946	190,037,720	225,502,544	130,100,098	192,560,950	228,643,478
octubre	128,682,941	189,804,776	224,710,115	131,157,565	194,299,602	230,846,410	132,821,575	196,910,109	234,098,235
noviembre	118,350,327	175,710,411	209,069,689	120,794,241	180,096,771	215,021,524	122,394,752	182,617,876	218,170,064
diciembre	105,266,001	158,937,034	191,576,140	107,919,176	163,569,415	197,767,803	109,538,267	166,145,071	201,005,240
TOTAL	1,487,130,678	2,196,656,704	2,603,721,433	1,516,512,138	2,249,813,442	2,676,132,541	1,536,053,392	2,280,507,717	2,714,400,176
f	0.54	0.79	0.94	0.55	0.81	0.97	0.56	0.83	0.98

Tabla 7. Fracción Solar por cada opción de colector.

Se compara la fracción Solar de cada una de las opciones

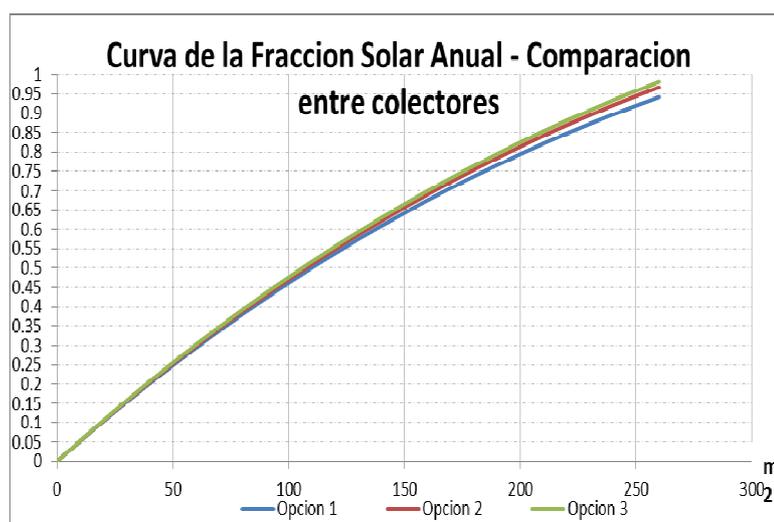


Figura 3. Curvas de Fracción Solar, elaboración propia

BALANCE ENERGETICO

Se realizan los balances energéticos (tabla 7) por m² de superficie de los colectores anteriormente identificados; con la participación en la disponibilidad de: la energía generada por combustión térmica y la energía a partir del aprovechamiento del recurso solar y la demanda.

Área captación (m ²)	Opción 1		Opción 2		Opción 3		Q [kJ] anual
	Consumo de gal-diésel en [KJ]	Disponibilidad Solar [kJ]	Consumo de gal-diésel en [KJ]	Disponibilidad Solar [kJ]	Consumo de gal-diésel en [KJ]	Disponibilidad Solar [kJ]	
120	1.276.607.835	1.487.130.678	1.247.226.374	1.516.512.138	1.227.685.120	1.536.053.392	2.763.738.513
200	567.081.808	2.196.656.704	513.925.071	2.249.813.442	483.230.795	2.280.507.717	2.763.738.513
260	160.017.080	2.603.721.433	87.605.971	2.676.132.541	49.338.336	2.714.400.176	2.763.738.513

Tabla 8. Balance Energético por tipo de colector, elaboración propia

ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO

La evaluación económica del proyecto se realiza aplicando las directrices del Estado (*Normas para la inclusión de Programas y Proyectos en los Planes de Inversión Pública – Secretaria Nacional de Planificación e Inversión, SENPLADES*).

Se consideran las siguientes perspectivas:

- a) Financiado por el estado ecuatoriano
- b) Diseño, gestión y administración por profesionales del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, y del Ministerio del Deporte, por lo que no se requieren servicios externos
- c) Sin fines de lucro

En el proyecto se cuantifica la viabilidad económica y financiera a través de los indicadores económicos TIR, VAN, Amortización y Relación Beneficio/Costo por m². Los parámetros para el análisis económico son: Costo del captador: Dólares por m², Interés anual: tasa de descuento (12%) referencial en Ecuador, Inflación Anual (2012): 5.10 %, Precio Diésel Internacional USD/galón (2013): 4,058 USD/galón.

En la tabla 9 se indican los valores de los indicadores obtenidos:

	INVERSION		COSTOS O&M			BENEFICIOS		INDICADORES				
	Area captación (m2)	Costo Colector Solar + Instalacion (USD)	Mantenimiento (USD)	Costo Combustible Subsidiado (USD)	Costo Combustible sin Subsidiado (USD)	Ahorro-Combustible Evitado con Subsidio (USD)	Ahorro-Combustible Evitado sin Subsidio (USD)	Anualidad (USD)	Tiempo de la Inversion	VAN PROYECTO	RELACION BENEFICIO COSTO	TIR
Opcion 1	120	60,192	242	9,851	44,382	11,476	51,701	8,058	-	22,457	1.02	2.8%
	200	100,320	403	4,376	19,715	16,951	76,369	13,431	2.3	1,326,966	2.49	52.2%
	260	130,416	524	1,235	5,563	20,093	90,521	17,460	1.9	2,053,069	4.58	61.1%
Opcion 2	120	69,984	281	9,625	43,361	11,703	52,723	9,369	7.7	50,833	1.03	4.9%
	200	116,640	468	3,966	17,867	17,361	78,217	15,616	1.9	1,382,706	2.56	47.3%
	260	151,632	609	676	3,046	20,651	93,038	20,300	1.7	2,132,202	4.76	55.1%
Opcion 3	120	59,328	238	9,474	42,681	11,854	53,402	7,943	5.7	123,856	1.09	11.5%
	200	98,880	397	3,729	16,800	17,598	79,284	13,238	1.6	1,500,631	2.88	59.1%
	260	128,544	516	381	1,715	20,947	94,368	17,209	1.4	2,282,207	6.01	68.3%

Tabla 9. Análisis económico, elaboración propia

SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA

De los resultados de los análisis de: fracción solar, área disponible y viabilidad económica y financiera se considera como la mejor alternativa la Opción 3, que con 200 m² de colectores cubre en promedio anual el 82% de energía necesaria para climatizar la piscina, como se muestra en la figura 4, abastecimiento mensual.

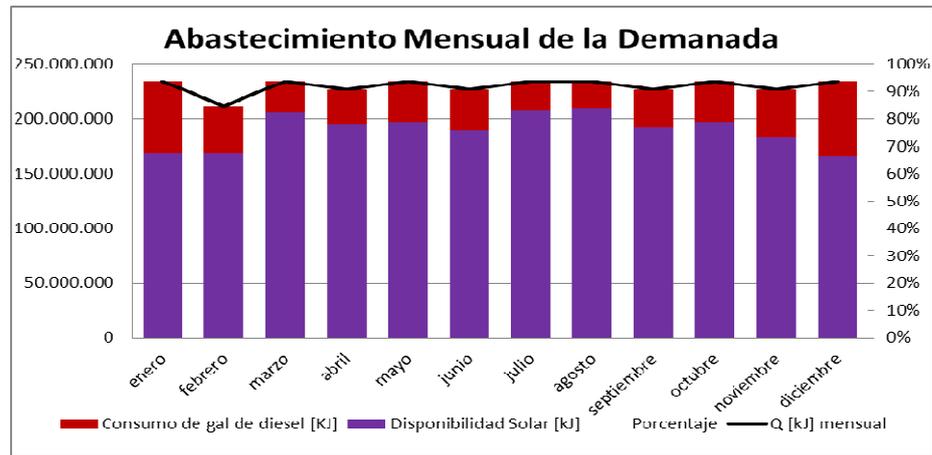


Figura 4. Abastecimiento mensual de la demanda, elaboración propia

En diciembre, el mes más crítico en recurso solar, se cubre el 71% de la demanda y en agosto el más favorable con el 90%. El proyecto es viable, posee una relación beneficio/costo de 2,88 y un TIR del 59,12% recuperando la inversión en 2 años.

Con esta propuesta se evita la emisión de 190 Tn de CO₂ a la atmosfera, al dejar de utilizar 19 500 galones de diesel para mantener climatizada la piscina.

ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

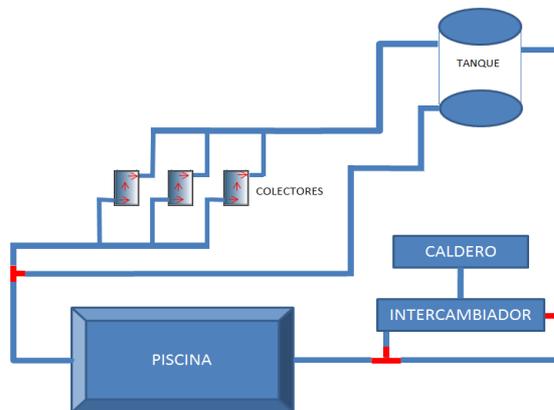


Figura 5. Esquema del funcionamiento del sistema.

El agua de la piscina circula hacia los colectores impulsados por un mecanismo de bombas, cuando el sistema de control censa una temperatura inferior a 27°C el agua fluye por el serpentín de cada colector y se almacenara en el tanque de respaldo, que mediante cañerías se conecta (previo al censo de la temperatura del agua) mediante una válvula que dirigirá el fluido a la piscina o al sistema caldero – intercambiador, en el caso que la temperatura no alcance los 45°C. Mientras no existan necesidades en la piscina, seguirá siendo un circuito cerrado entre el tanque y los colectores. Ver figura 5

CONCLUSIONES

El país no cuenta con estadísticas de Irradiancia e Insolación por lo cual se adoptaron los valores de fuente NASA, y de acuerdo a los datos encontrados respecto a la ubicación geográfica de Quito se evidencia el gran potencial para este tipo de proyectos.

El cálculo de la demanda energética prevé el mantener las condiciones de confort para los usuarios, la puesta en régimen necesariamente contara con el apoyo del sistema caldero – intercambiador. Con el aporte de la energía solar se prevee cubrir la demanda por encima del 70%, como consecuencia de esto se desplazan 19 500 galones de diesel, lo que implica un ahorro 79 283 USD por año al estado y una disminución en emisiones de CO₂ de 190 toneladas.

El proyecto es viable económicamente ya que remplazar la fuente de calentamiento de la piscina por energía solar térmica proyecta indicadores atractivos para su instalación, recuperando la inversión en dos años, con un TIR 59,12% y una relación Beneficio- Costo 2,88.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las autoridades del Ministerio de Deportes que dieron la apertura y facilidad para la realización de este proyecto, en el Centro Activo 1 de la ciudad de Quito.

REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI (2013), Ecuador.
Ministerio de Electricidad y Energía Renovable - *MEER (2011)*, Ecuador, Calentamiento de agua para piscinas mediante sistemas de energía solar Térmica en Instalaciones del Estado.
NASA. Surface meteorology and Solar Energy. Atmospheric Science Data Center (2013) <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>
Hugo Grossi Gallegos 1982, Red Solarimétrica , pag 1-2
Duffie, J. A y Beckman W. A. (2006). Solar Engineering of Thermal Processes. 3 Edition. John Wiley and Sons
María Laura Berros, Miguel Ángel Lara (ASADES 2012), Dimensionamiento de un sistema de Captación de Energía Solar Térmica para la obtención de agua caliente, pag 3-4
Corporación de desarrollo Tecnológico de la cámara Chilena de Construcción (2007) - Manual de diseño para el calentamiento de agua.
Agustín Maillo CIATESA (2005) - Climatización de piscinas cubiertas.
Secretaría Nacional de Planificación e Inversión, SENPLADES (2012), Ecuador, Normas para la inclusión de Programas y Proyectos en los Planes de Inversión Pública, pag 11, 12, 26.

ABSTRACT

The goal was to design a hybrid sun - heat system for heating the pool water "Active Center I" of the city of Quito - Ecuador, which allows reducing fossil fuel consumption, while maintaining quality of service and comfort its users. The scope included sizing the system, economic analysis and sustainability. The methodology used was to evaluate the energy resource, calculate the load plaintiff, select solar collector, calculate the performance and the surface required, estimate the fuel savings and avoided emissions of carbon dioxide. This concluded that it is safe, economical and environmental care, because it uses a renewable energy source, which reduces to 70% of current consumption of diesel.

Keywords: heating water, solar collectors, swimming pool.