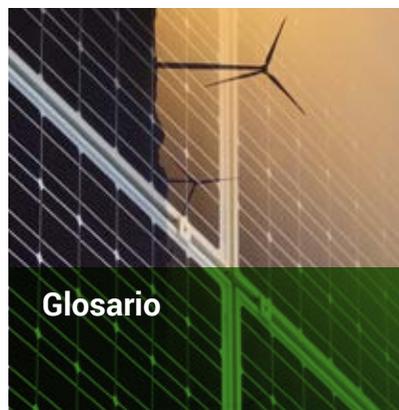


Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

Tipo de Proyecto

Calentamiento de Agua con Energía Solar



Glosario



Tabla de conversiones



1. Presentación



2- Aplicabilidad



3- Introducción



4- Descripción de la tecnología



5- Descripción del proyecto



6- Requerimiento de inversión



7. Análisis de riesgos ambientales y sociales



8- Criterios de elegibilidad



9- Monitoreo, reporte y verificación del proyecto



10- Caso de estudio



11- Referencia



Glosario

ACS: hace referencia al agua caliente sanitaria, es el agua destinada al consumo humano (potable) que ha sido previamente calentada.

Dióxido de carbono (CO₂): es el principal gas de efecto invernadero, emitido principalmente a través del uso del transporte, la industria, la producción de energía eléctrica, la agricultura y la deforestación.

Captador: es un dispositivo que sirve para aprovechar la energía de la radiación solar, transformándola en energía térmica de baja temperatura para usos domésticos comerciales, calefacción, agua caliente y climatización de piscinas.

Calor específico: cantidad de calor que se requiere para aumentar la temperatura de un kilogramo de sustancia en un grado centígrado.

Factor de emisión: promedio de un gran número de mediciones de emisiones de contaminantes atmosféricos que son representativas de un tipo de fuentes de emisión, por ejemplo, el factor de emisión del Sistema Interconectado Eléctrico de Colombia es 0,37 kg de CO₂ /kWh (EIA, 2012); esto quiere decir que por cada 100 kWh consumidos se emiten 37 kg de CO₂.

Gases de efecto invernadero (GEI): los gases de efecto invernadero son la principal causa del calentamiento global. La mayoría de estos gases como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), los óxidos nitrosos(NO_x), entre otros, son liberados a la atmosfera por la actividad humana.

Irradiancia solar: potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en kW/m².

Irradiación solar: energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia solar durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se mide en kWh/m²/día.



Glosario

kWh: es una unidad utilizada para medir la energía eléctrica consumida o utilizada en determinado periodo de tiempo. Se utiliza comúnmente como una unidad de energía eléctrica en la ingeniería y en aplicaciones comerciales.

Líneas de financiamiento “verde”: líneas de financiamiento que buscan el desarrollo de proyectos que promuevan la protección y conservación del medio ambiente, como proyectos de eficiencia energética, energía renovable o producción más limpia. Dichos proyectos deben contar con la revisión y verificación de los beneficios ambientales que se van a obtener después de la inversión.

Pérdidas por orientación: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador como consecuencia de no tener la orientación óptima.

Pérdidas por inclinación: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador como consecuencia de no tener la inclinación óptima.

Pérdidas por sombras: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador como consecuencia de sombras sobre el mismo en algún momento del día.

Periodo de retorno simple: tiempo que tarda una inversión en pagarse basado en el flujo de caja del proyecto. . Por ejemplo, el período de retorno simple de una inversión de 300 USD con ahorros anuales de 100 USD tiene un periodo de retorno simple de 3 años.

Poder calorífico: cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen que se libera al producirse una reacción química de oxidación de manera completa.

Radiación solar: es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Valor exante: valor medido antes del cambio tecnológico en proyectos de eficiencia energética.

Valor expost: valor medido después del cambio tecnológico en proyectos de eficiencia energética.

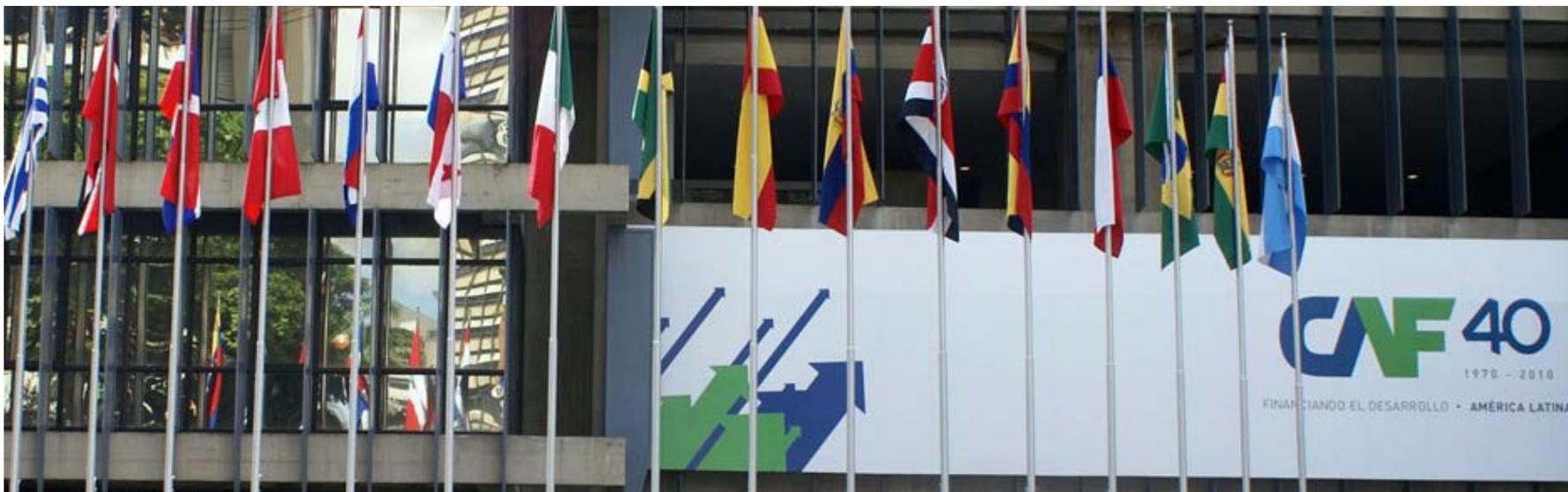
Tabla de conversiones

En la tabla 1 se presentan las unidades utilizadas en este manual que sirven como referencia para las diferentes conversiones de unidades que se encuentran a lo largo del documento.

Tabla 1. Tabla de conversión de unidades.

Potencia	kilowatt (kW)	HP	BTU/h
kilowatt (kW)	1	1.341	3.412,14
HP	0,754	1	2.544.43
BTU/h	0,00293	0,0003928	1

Energía	Kilowatt-hora (kWh)	Jules	GigaJules	PetaJules	BTU
kilowatt-hora (kWh)	1	3.600.000	0,0036	3,6e-9	3.412,14
Jules	0,000000278	1	1e-9	1e-15	0,0009478
GigaJules	277,7	1e+9	1	1e-6	947817
PetaJules	2,77e+8	1e+15	1e+6	1	9,47e+11



1. Presentación

CAF -Banco de desarrollo de América Latina-, tiene como misión impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores público y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados. Constituido en 1970 y conformado en la actualidad por 19 países 17 de América Latina y el Caribe, junto a España y Portugal y 13 bancos privados, es una de las principales fuentes de financiamiento multilateral y un importante generador de conocimiento para la región.

CAF adelanta el desarrollo del Programa de Eficiencia energética desde la demanda (EE) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF), cuyo objetivo es fomentar una mayor inversión de empresas Latinoamericanas en NV y EE. Para lograrlo contarán con financiamiento de CAF a través de las líneas de crédito que mantiene con IF's, asistencia técnica y fortalecimiento de mercados en NV y de EE.

En este contexto, esta guía, dirigida a las Instituciones Financieras, tiene

como objetivo fortalecer los programas ambientales y sociales de las IF's y mejorar sus capacidades, las de sus clientes y las de sus recursos de *outsourcing*, para identificar, evaluar y financiar proyectos de EE; asimismo, gestionar los riesgos ambientales y sociales asociados con la financiación este tipo de proyectos.

Incluye aspectos técnicos y de inversión, criterios de elegibilidad de proyectos para ser financiados por las IF's, y los mecanismos de monitoreo, reporte y verificación de los beneficios ambientales generados por las inversiones realizadas.

Esta guía es parte de un conjunto de documentos que comprende los sectores y tecnologías con mayor potencial de fomentar las inversiones en eficiencia energética. En la tabla 2 se presenta el conjunto de documentos elaborados para el Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's) de acuerdo con el tipo de proyecto y el sector.

Tabla 2. Manuales por sector y guías por tipo de proyecto

		Manuales Por Sector									
		Alimentos y bebidas	Textiles	Cemento	Pulpa y papel	Siderurgia y metal mecánica	Agroindustria	Hoteles y hospitales	Alumbrado público	Grandes superficies	Transporte
Guías Por Tipo De Proyecto	Motores de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	Cogeneración de energía	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
	Sustitución de combustibles	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
	Iluminación de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	Calderas y sistemas de vapor	✓	✓		✓		✓	✓			
	Aire acondicionado							✓			✓
	Refrigeración	✓								✓	
	Calentamiento de agua con energía solar							✓			
	Hornos			✓		✓					
	Aire comprimido	✓	✓	✓	✓	✓					
	Energía solar fotovoltaica							✓	✓	✓	
	Automatización de procesos							✓	✓	✓	

Así por ejemplo, se desarrolló la guía de para proyectos calentamiento de agua con energía solar que es aplicable al sector de hoteles y hospitales.



2. Aplicabilidad

Esta guía presenta los aspectos técnicos, financieros y ambientales, relacionados con el desarrollo de proyectos de inversión en sistemas solares para calentamiento de agua. El calentamiento de agua consume una cantidad importante de energía térmica en los comerciales como hoteles y hospitales, y la sustitución por calentamiento solar tiene beneficios económicos y ambientales importantes.

Sectores con mayor potencial para desarrollar proyectos de calentamiento de agua con energía solar.



Hoteles



Hospitales

Para este sector también se ha desarrollado un manual donde se explican las diferentes oportunidades de eficiencia energética.

Esta guía debe usarse teniendo en cuenta que los sistemas solares térmicos hacen parte de sistemas mayores, con lo cual, los ahorros energéticos y económicos generados dependen de las condiciones de operación de estos sistemas.



3. Introducción

La energía solar térmica sigue siendo aún una tecnología con un aporte discreto al consumo energético mundial, a pesar de algunos factores que deberían estar motivando el dinamismo de esta solución energética, como son los incentivos que se dan en algunos países y la reducción de los precios de los captadores solares, especialmente en países fabricantes como China y Japón. Dentro de las aplicaciones de la energía solar térmica, la solución de baja temperatura que corresponde a la producción de agua caliente sanitaria es la más habitual, y constituye una tecnología completamente madura y rentable con una experiencia práctica superior a 50 años.

Los países con mayor índice de crecimiento en el uso de energía solar para calentamiento de agua son China, Japón, Turquía, Alemania e Israel. La superficie instalada a nivel mundial es de aproximadamente 279 millones de m².¹

En Latinoamérica, el país con mayor implementación de aplicaciones de

baja temperatura es Brasil. En 2014 el parque de energía solar térmica en este país llegó a una superficie total de 11,24 millones de m² de colectores instalados; según la IEA (International Energy Agency) Brasil es el cuarto país en capacidad instalada en el ranking mundial y el número 32 per cápita entre 57 países.

En gran parte de los países de Latinoamérica se han establecido políticas enfocadas en incentivar el uso e incremento de energías renovables y así lograr sacar del rezago a la región en el uso de este tipo de tecnologías, en donde llama la atención países como Chile, México, Panamá y Uruguay, que han desarrollado programas exclusivos para el uso de energía solar térmica.

En la tabla 3 se presenta un resumen de las diferentes políticas e incentivos que han establecido los gobiernos Latinoamericanos para promover las inversiones en ER y EE.

¹ *Solar Heat Worldwide - Markets and Contribution to Energy Supply 2010 (2012).*

Tabla 3. Políticas de apoyo energías renovables en América Latina.²

		Argentina	Belize	Bolivia	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Guyana	Honduras	México	Nicaragua	Panamá	Paraguay	Perú	Surinam	Uruguay	Venezuela	
Política nacional	Objetivo de energías renovables																					
	Estrategia/ley de energías renovables																					
	Ley/programa de energía solar térmica																					
	Ley/programa de energía solar																					
Incentivos fiscales	Exención de IVA																					
	Exención del impuesto de la renta																					
	Beneficios fiscales importación/exportación																					
	Exención racional de impuestos locales																					
	Impuesto sobre el carbono																					
	Depreciación acelerada																					
	Otros beneficios fiscales																					

- Activo
- Expirado, sustituido o inactivo

El sector doméstico y de servicios, especialmente hoteles y hospitales, presentan una alta demanda de agua caliente. Alrededor del 50% del consumo total de combustibles en hoteles y hospitales se usa para el calentamiento de agua usando calderas, calderines y calentadores, que operan principalmente con gas natural, gas propano, gas butano o diésel. Cuando el calentamiento se hace usando energía eléctrica, aproximadamente el 20% del consumo de la instalación corresponde al calentamiento de agua.

² *Energías Renovables en América Latina 2015. Sumario de Políticas. IRENA (2015).*

4. Descripción de la tecnología

4.1. Energía solar térmica.

Se consideran sistemas solares de baja temperatura a los sistemas solares en donde el fluido, generalmente agua con aditivos, alcanza temperaturas inferiores a los 90°C. Las tecnologías de captadores para estos requerimientos de temperatura son los captadores de tipo no vidriado (temperaturas del fluido inferior a 30°C, que son usados para climatización de piscinas), los captadores solares de tubo de vacío y los captadores solares de placa plana como los que se observan en la figura 1.

Los sistemas solares de baja temperatura se aplican principalmente en soluciones como la climatización de piscinas, usos industriales con necesidades de agua caliente no mayor a 65°C, calefacción de baja temperatura (sistemas que utilizan aporte de agua a menos de 60°C), sistemas de aire acondicionado usando máquinas de absorción y la producción de agua caliente sanitaria (ACS) para el sector doméstico y de servicios, siendo esta última la aplicación más extendida comercialmente entre los sistemas solares térmicos.

Figura 1. Captadores de placa plana.³

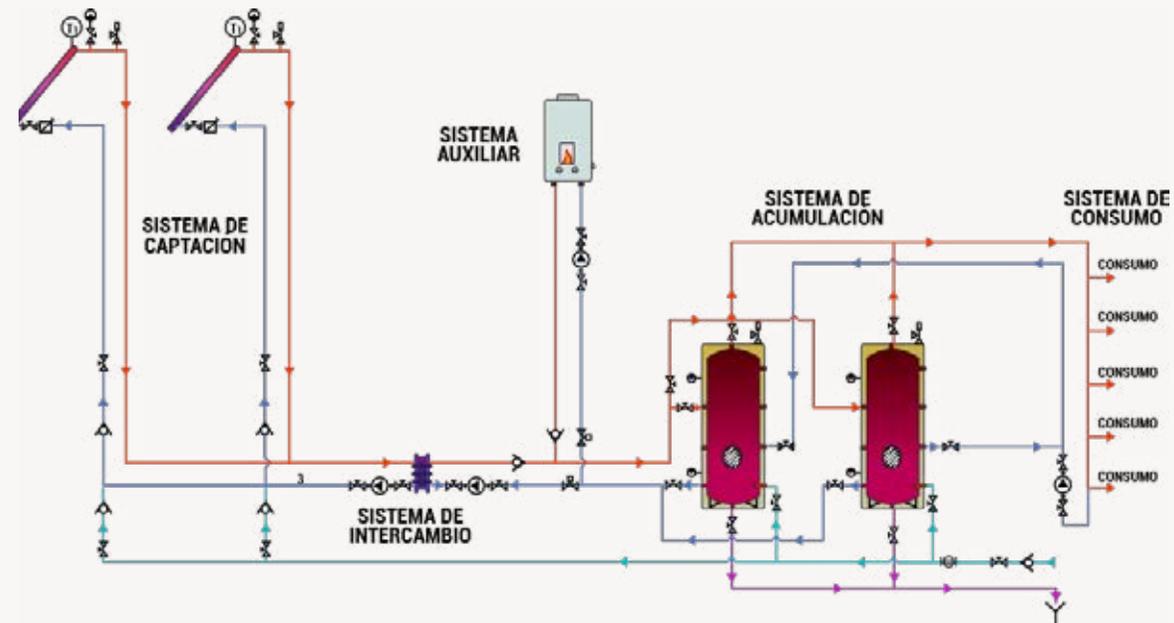


³ <http://www.sateca.es/>

4.1. Energía solar térmica.

El agua caliente sanitaria se usa a una temperatura de 45°C, pero si existe acumulación, se requiere una temperatura mínima de 60°C para evitar la generación de legionela. Las instalaciones solares para esta aplicación tienen una configuración básica compuesta por los siguientes sistemas: sistema de captación, sistema de intercambio de calor, sistema de acumulación, sistema auxiliar o de apoyo, sistema de consumo, sistema de control y sistema de circuitos hidráulicos. En la figura 2 se presenta un esquema de una instalación de producción de agua caliente con energía solar.

Figura 2. Esquema básico sistema de producción de ACS con energía solar.⁴



Sistema de captación: es el conformado por el grupo de captadores y es el encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica aumentando la temperatura del fluido de trabajo o calor portador. Los captadores más usados son los de placa plana y los de tubo de vacío.

Los captadores solares de placa plana se componen de un vidrio antirreflexivo, un material absorbedor que capta la energía solar y la transmite al fluido, una superficie selectiva de energía solar que puede ser Óxido de Cromo o TiNOx que aumenta la eficiencia, y una armazón rectangular que recoge los elementos anteriores y que sirve de protección, soporte y de aislante frente a las condiciones exteriores.

⁴ Fuente: *Elaboración propia*

Los captadores de tubos al vacío tienen el mismo principio de funcionamiento que los captadores de placa plana, la diferencia consiste en que el absorbedor está formado por tubos en los cuales se ha hecho vacío para disminuir las pérdidas de calor y dentro del tubo van colocadas las secciones del plato absorbedor. Algunos modelos están formados por tubos sencillos de vidrio, los cuales tienen en su interior una placa que hace la función de absorbedor acoplada a un tubo por donde fluye el líquido. En otros modelos, el absorbedor suele ser un tubo interior con tratamiento óptico selectivo, lo que mejora todavía más la eficiencia del colector. Entre el tubo interior y el exterior, ambos concéntricos, existe vacío.

Las ventajas de los captadores de tubo de vacío sobre los de placa plana son básicamente las siguientes:



Permiten alcanzar altas temperaturas incluso en zonas de baja radiación.



Mejor captación en días nublados.



Mantenimiento sencillo debido a que los tubos pueden ser cambiados sin vaciar el circuito.



Mayor rendimiento con igual superficie respecto a paneles planos.

No obstante, este tipo de captadores tiene las siguientes desventajas:



Precio de 2 a 3 veces superior que un captador plano lo que hace más largo el retorno de la inversión.



Delicada manipulación del tubo de vacío, por lo que presentan mayor riesgo de rotura; además, los tubos necesitan mayor mantenimiento.



Su vida útil es menor que los captadores planos, por las pérdidas del vacío.

De acuerdo a lo anterior, aunque los captadores de tubos de vacío presenten mejor eficiencia y mayor temperatura del fluido de trabajo, los captadores de placa plana siguen siendo más competitivos si se evalúa la relación costo beneficio por lo que todavía es la tecnología más habitual y de mayor difusión en los sistemas solares de baja temperatura.



Sistema de intercambio de calor: realiza la transferencia de calor a través de un intercambiador entre el fluido de trabajo que circula por los captadores (circuito primario) y el agua de consumo.

Sistema de acumulación: es el encargado de acumular la energía térmica del agua de consumo en un tanque presurizado hasta ser utilizada. Normalmente se emplean acumuladores con todos los requerimientos sanitarios para almacenar agua de consumo.

Sistema de apoyo o auxiliar: es el encargado de respaldar el sistema solar cuando este no puede aportar la energía suficiente para cubrir la demanda de ACS, ya sea por variaciones climáticas, por eventualidades en el aumento de la demanda atípica en los puntos de consumo o porque simplemente el sistema solar no ha sido diseñado para cubrir toda la demanda de la instalación. Este respaldo se hace habitualmente con equipos como calentadores, calderas y resistencias eléctricas, siendo estas últimas las menos utilizadas por su alto costo.

Sistema de consumo: conformado por los puntos en donde se da la demanda de ACS, como grifería, aparatos sanitarios, etc.

Sistema de interconexión: constituido por todos los circuitos hidráulicos que son el conjunto de tuberías, accesorios, bombas, válvulas, etc. Dentro de los circuitos principales del sistema solar se pueden mencionar tres tipos:

Circuito primario: circuito del que forman parte los captadores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

Circuito secundario: circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

Circuito de consumo: circuito por el que circula agua de consumo.

Sistema de control: controla el sistema solar de acuerdo a variables de temperatura, presión y las estrategias de funcionamiento de las bombas, electro válvulas y sistema de apoyo o auxiliar.



5. Descripción del proyecto

Un proyecto de calentamiento de agua con energía solar, consiste en sustituir o combinar el sistema de calentamiento actual por una instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de ACS, y desplazar parcial o totalmente el consumo de combustibles o energía eléctrica dedicado para este fin. Un aspecto de importancia es que la edificación cuente con áreas disponibles para la instalación del sistema de captación, idealmente cubiertas planas y transitables, con una óptima orientación y libre de sombras para disminuir en la medida de lo posible las pérdidas.

5.1. Línea base energética del proyecto.

La línea base energética se determina teniendo en cuenta la demanda de ACS diaria de la instalación, la eficiencia de los equipos de generación de agua caliente actual, la temperatura de agua de red y la temperatura final del agua caliente; obteniendo así el consumo energético de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Demanda ACS} \left(\frac{\text{litros}}{\text{día}} \right) * (T_{\text{agua final}} - T_{\text{agua red}}) (^{\circ}\text{C}) * C_p \text{ agua} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \right) * 365 \left(\frac{\text{día}}{\text{año}} \right)}{\text{Eficiencia sistema actual} (\%) * 3.600 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kWh}} \right)}$$

La información para establecer la línea base se puede obtener como se explica a continuación:

- > La demanda de agua caliente sanitaria diaria actual (ACS) se puede determinar a partir de los medidores fijos de agua que tenga el sistema o una medición realizada por algún instrumento no invasivo (medidor de caudal por ultrasonido); si no se cuenta con ninguna de las dos anteriores opciones, se puede recurrir a índices de consumo como los que se muestran en la tabla 4 y al factor de ocupación promedio de la edificación.

Tabla 4. Demanda de referencia a 60°C.⁵

Instalación	Índice de consumo (Litros/día-persona)
Hospitales y clínicas.	55
Ambulatorios y centros de salud.	41
Hotel cinco estrellas.	69
Hotel cuatro estrellas.	55
Hotel tres estrellas.	41
Hotel/hostal dos estrellas.	34
Hostal/pensión una estrella.	28

- > La diferencia de temperatura corresponde a la diferencia de la temperatura de acumulación del agua caliente y la temperatura del agua de la red. Dichos valores pueden ser fácilmente medidos por algún tipo de termómetro.
- > El Cp corresponde al calor específico del agua y equivale a 4,18 kJ/kg°C. Es la cantidad de energía que se requiere para calentar un kilogramo de agua un grado centígrado.
- > Para determinar la eficiencia de los equipos de generación actuales se deben hacer algunas mediciones de campo en los equipos actuales (ej. análisis de gases de combustión o mediciones eléctricas según el caso), pero para cálculos iniciales se puede recurrir a valores indicativos de eficiencia de equipos de generación de agua caliente como los que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Valores indicativos eficiencia equipos generación agua caliente.⁶

Equipo	Eficiencia %
Caldera de GN/GLP/diésel.	70-80
Caldera de condensación.	95
Calentador eléctrico.	80

⁵ Código Técnico de la Edificación. BOE 28 de marzo de 2006. Ministerio de Fomento. España.

⁶ Fuente: Elaboración propia

5.2. Potencial de ahorro energético y reducción de emisiones de GEI.

El potencial de ahorro de energía y de reducción de emisiones de un proyecto de calentamiento de agua con energía solar corresponde a la energía desplazada por el sistema solar térmico del consumo de energía actual (línea base).

Para la evaluación energética, económica y ambiental de un proyecto de calentamiento de agua con energía solar, se requiere la información contenida en la siguiente tabla.

Tabla 6. Información mínima requerida para evaluar un proyecto de calentamiento de agua con energía solar.

Parámetro	Unidad	Fuente/Fórmula	Valor
A. Indicador demanda ACS.	Litros/día persona	Medida o estimada mediante la tabla 4.	
B. Ocupación máxima.	Personas	Registros del hotel/hospital.	
C. Porcentaje ocupación promedio.	%	Registros del hotel/hospital.	
D. Demanda ACS promedio.	Litro/día	$A*B*C$	
E. Calor específico agua.	KJ/Kg°C	Propiedad física del agua.	4,18
F. Temperatura inicial agua.	°C	Medición de campo.	
G. Temperatura final agua.	°C	Temperatura acumulación.	60
H. Diferencia de temperatura.	°C	G-F	
I. Pérdidas asumidas del sistema .	%	Criterio de diseño.	10
J. Eficiencia sistema calentamiento actual.	%	Mediciones de campo o valores indicativos tabla 5.	
K. Consumo de energía actual.	kWh/día	$(D*E*H)/((1-I)*3.600)$	
L. Irradiación solar en sitio.	kWh/m ² día	Base de datos climatológicos.	



Parámetro	Unidad	Fuente/Fórmula
M. Eficiencia captador.	%	Ficha técnica captador plano/tubo de vacío.
N. Irradiación solar aprovechable.	kWh/m ² día	L*M
O. Área absorción captador.	m ²	Ficha técnica captador plano/tubo de vacío.
P. Energía por captador.	kWh/día	M*N
Q. Aporte solar deseado para cubrir demanda ACS.	%	Criterio de diseño (Área disponible cubierta, alta variación de la ocupación, etc.).
R. Energía aportada por sistema solar	kWh/día	K*Q
S. Número de captadores.	Unidad	R/P
T. Área de captación aproximada.	m ²	S*O
U. Acumulación.	Litros	D*Q
V. Energía desplazada del sistema actual.	kWh/año	R*365/J
W. Precio del energético actual.	USD/kWh	Datos de operación del hotel/hospital.
X. Ahorro económico	USD/año	V*W
Y. Inversión	USD	Dato de inversión.
Z. Periodo de retorno de inversión.	años	Y/X
AA. Factor de emisión.	Kg CO ₂ /kWh	Dato Agencia Internacional de Energía o red nacional de energía.
BB. Reducción de emisiones anuales.	Kg CO ₂ /año	V*AA

⁷ Si el energético es un combustible, normalmente su costo o valor no se da por unidad de energía sino por unidad de volumen o masa, por lo que es necesario recurrir al poder calorífico del combustible para determinar los ahorros por volumen o masa de combustible desplazado.

La reducción de emisiones de GEI se calcula teniendo en cuenta al factor de emisión de la energía eléctrica o del combustible empleado según el energético requerido por el sistema de calentamiento de agua actual.

Los factores de emisión para la energía eléctrica se pueden obtener de la base de datos de Agencia Internacional de Energía (<http://www.iea.org/statistics/topics/co2emissions/>).

Si se usa energía eléctrica autogenerada o cogenerada, el factor de emisión deberá calcularse para el caso específico. Los factores de emisión de los combustibles se pueden encontrar en la página web de la Unidad de Planeamiento Minero Energético UPME (http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html).





6. Requerimiento de inversión

De acuerdo a los precios recientes del mercado, una inversión de un sistema solar de baja temperatura con tecnología de captadores de placa plana tiene un costo específico aproximado de 750 USD/m² de captación instalado, discriminado como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Requerimientos de inversión en un sistema solar térmico.⁸

Sistema de la instalación solar	Indicador por área de captación (USD/m ²)	Porcentaje (%)
Sistema de captación.	277,5	37%
Sistema de intercambio.	30	4%
Sistema de acumulación.	142,5	19%
Sistema de apoyo.	75	10%
Sistema de interconexión.	135	18%
Sistema de control.	30	4%
Diseño y administración.	60	8%
TOTAL	750	100%

⁸ Fuente: elaboración propia.



7. Análisis de riesgos técnicos, ambientales y sociales

En la siguiente matriz se resumen los potenciales riesgos ambientales y sociales de un proyecto de calentamiento de agua con energía solar.

Tabla 8. Matriz de riesgos técnicos, ambientales, financieros y sociales.

Riesgo	Tipo	Estrategia de mitigación
Eficiencia del sistema.	Técnico	Realizar un diseño adecuado y realizar la implementación con equipos que cuenten con certificación internacional.
Disposición final de residuos del sistema de calentamiento actual	Ambiental	Si el sistema de calentamiento actual es desmantelado entregar los equipos y accesorios que lo conforman a una compañía especializada que certifique su disposición final adecuada.
Ahorros generados por el proyecto.	Financiero/Técnico	Realizar estudio técnico para la estructuración del proyecto.

No se identifican riesgos sociales en este tipo de proyectos.



8. Criterios de elegibilidad

Algunos de los criterios fundamentales para la elegibilidad de un proyecto de calentamiento de agua con energía solar son los siguientes:

- > Hoteles, hospitales y otros edificios que cuenten actualmente con sistemas de calentamiento de agua precarios, de más de 20 años de antigüedad los cuales al estar acercándose al final de su vida útil, tengan una eficiencia energética muy pobre. En estos proyectos, la reducción de consumo energético que se tiene como mínimo un ahorro del consumo energético del 50% con respecto a la línea base.
- > Hoteles, hospitales y otros edificios con amplios espacios disponibles sobre cubiertas u otras áreas de la edificación que permitan la instalación solar térmica. Como referencia se tiene que para una demanda de ACS de 4.000 litros/día se requieren aproximadamente 70 m² de área de captación, que considerando los espacios mínimos entre baterías de captadores para redes hidráulicas y evitar sombreados entre las mismas, se estima un área mínima total para este campo solar de 140 m². Por estas condiciones la eficiencia del sistema solar que se adquiera debe ser superior al 60%.
- > Entre mayor sea la radiación del sitio geográfico de ubicación del sistema solar, el retorno de la inversión de un proyecto solar térmico será menor y se requiere menos área del sistema de captación para suplir la demanda de ACS. Una irradiación puede considerarse óptima si es mayor a 4,5 kWh/m²/día. Los retornos de inversión en estas condiciones son entre 5 y 10 años dependiendo de los costos de los energéticos que se sustituyen.
- > Teniendo en cuenta que los ahorros energéticos que generan los sistemas solares térmicos son superiores al 50% con respecto a la línea base, la reducción de emisiones también deben ser superiores a este valor. Las reducciones serán mayores cuando se sustituyen combustibles fósiles que cuando se sustituye energía eléctrica.
- > Para edificaciones nuevas, la elegibilidad se puede establecer teniendo en cuenta que sí se hace una inversión de un proyecto de calentamiento de agua con energía solar en lugar de un sistema convencional basado en energéticos típicos, el ahorro puede ser de aproximadamente del 50% sobre el consumo de combustibles y 30% sobre el consumo energía eléctrica, dependiendo del energético que se consideraba emplear para el calentamiento del agua.

Criterios de elegibilidad del proyecto para líneas de financiamiento verde:

Reducción del consumo actual de energía superior al

50%.

Eficiencia del sistema térmico solar superior al

60%.

Reducción de emisiones superior al

50%

con respecto a la línea base.

Tiempo de retorno inferior a **10** años.

Ahorros económicos superiores al **50%**





9. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto

El monitoreo de un proyecto de calentamiento de agua con energía solar puede hacerse de dos maneras.

- > Instalando medidores de consumos de combustible o de energía eléctrica de consumo de agua caliente en el equipo de calentamiento actual y determinar consumo y la generación de agua caliente de manera permanente.
- > Realizando mediciones puntuales para determinar la eficiencia del sistema actual, determinar la demanda de ACS de acuerdo a indicadores (tabla 4) y conocer los porcentajes de ocupación de la edificación, para poder así calcular el consumo energético, el cual se valida con los registros de compras o facturas de los energéticos.
- > Tras la instalación del sistema solar, se validan los ahorros con los nuevos registros de compras y facturas de energéticos.

Los indicadores que se pueden utilizar para el reporte son los que se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Indicadores de monitoreo del proyecto.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
Consumo de energía.	kWh/año		
Consumo de combustible.	Unidad/año		
Reducción de emisiones de GEI.	Ton CO ₂ /año		

Si el sistema solar está desplazando el consumo de combustibles, se pueden usar indicadores de consumo no en términos energéticos (p. ej. kWh/año) sino en términos de volumen o masa (p. ej. galones/año, m³/año, etc.). También se puede agregar un indicador de demanda de ACS (litros/año) si se mide de manera continua.

El valor de la reducción de emisiones se calcula teniendo en cuenta el energético remplazado por el sistema de calentamiento de agua con energía solar y su correspondiente factor de emisión.



10. Caso de estudio

Un hotel de 4 estrellas con 70 habitaciones desea renovar su sistema de calentamiento de agua actual el cual se hace a través de calentadores eléctricos. La torre del hotel cuenta con una cubierta plana transitable de más de 300 m² de área disponible, por lo que se plantea el aprovechamiento de este espacio para la instalación de un sistema solar térmico para cubrir parcial o totalmente la demanda de ACS promedio del hotel y así reducir el consumo eléctrico, disminuyendo además el impacto ambiental debido a las emisiones de GEI evitadas.

Según registros del último año, el hotel cuenta con una ocupación promedio del 60% y una relación huésped/habitación de 1,5.

En la tabla 10 se resumen los datos tenidos en cuenta para la evaluación del proyecto, el costo de la energía y el factor de emisión dependen del país, para este caso se toma el factor de emisión de Panamá como ejemplo.

Tabla 10. Información obtenida para el caso de estudio.

Parámetro	Unidad	Fuente/Formula	Valor
A. Indicador demanda ACS.	Litros/día-persona	Medida o estimada mediante la Tabla 4. Demanda de referencia a 60°C.	55
B. Ocupación máxima.	Personas	Registros del hotel/hospital.	105
C. Porcentaje ocupación promedio.	%	Registros del hotel/hospital.	60
D. Demanda ACS promedio.	Litro/día	A*B*C	3.465
E. Calor específico agua.	KJ/Kg°C	Propiedad física del agua.	4,18
F. Temperatura inicial agua.	°C	Medición de campo.	18
G. Temperatura final agua.	°C	Temperatura acumulación.	60
H. Diferencia de temperatura.	°C	G-F	42
I. Pérdidas asumidas del sistema .	%	Criterio de diseño.	10
J. Eficiencia sistema calentamiento actual.	%	Mediciones de campo o valores indicativos tabla 5.	90%

Continuación tabla 10. Información obtenida para el caso de estudio.

Parámetro	Unidad	Fuente/Formula	Valor
K. Energía requerida.	kWh/día	$(D \cdot E \cdot H) / ((1 - I) \cdot 3.600)$	188
L. Irradiación solar en sitio.	kWh/m ² día	Base de datos climatológicos.	4,5
M. Eficiencia captador.	%	Ficha técnica captador plano/tubo de vacío.	60
N. Irradiación solar aprovechable.	kWh/m ² día	L*M	2,7
O. Área de absorción del captador.	m ²	Ficha técnica captador plano/tubo de vacío	2
P. Energía por captador.	kWh/día	N*O	5,4
Q. Aporte solar deseado para cubrir demanda ACS.	%	Criterio de diseño (Área disponible cubierta, alta variación de la ocupación, etc.).	100
R. Energía aportada por el sistema de captación.	kWh/día	K*Q	188
S. Número de captadores.	Unidad	R/P	35
T. Área de captación aproximada.	m ²	S*O	70
U. Acumulación.	Litros	D*O	3.465
V. Energía desplazada del sistema actual.	kWh/año	R/J*365	76.244
W. Precio del energético actual.	USD/kWh	Datos de operación del hotel/hospital.	0,14
X. Ahorro económico	USD/año	V*W	10.674
Y. Inversión	USD	Dato de inversión.	52.500
Z. Periodo de retorno de inversión.	Años	Y/X	4,9
AA. Factor de emisión.	Kg CO ₂ /kWh	Dato Agencia Internacional de Energía o red nacional de energía.	0,461
BB. Reducción de emisiones anuales.	Kg CO ₂ /año	V*AA	35.148

Para este proyecto se puede observar que se alcanzan ahorros anuales de 10.674 USD/año por la instalación del sistema solar, el retorno simple de la inversión es de 4,9 años que para una vida útil de la instalación de 20 años hace el proyecto viable desde el punto financiero. Se obtiene además una reducción de emisiones anuales de 35 Ton CO₂, lo que representa un valor agregado bajo el punto de vista de viabilidad ambiental del proyecto.



Beneficios del proyecto y elegibilidad para ser financiado por líneas verdes:

Se obtienen

2 USD

por cada dólar invertido en el proyecto en un plazo de diez años.

Reducción del

100%.

del consumo de energía eléctrica para el calentamiento de agua.

Eficiencia del nuevo sistema solar térmico del

60%

Reducción de emisiones del

100 %

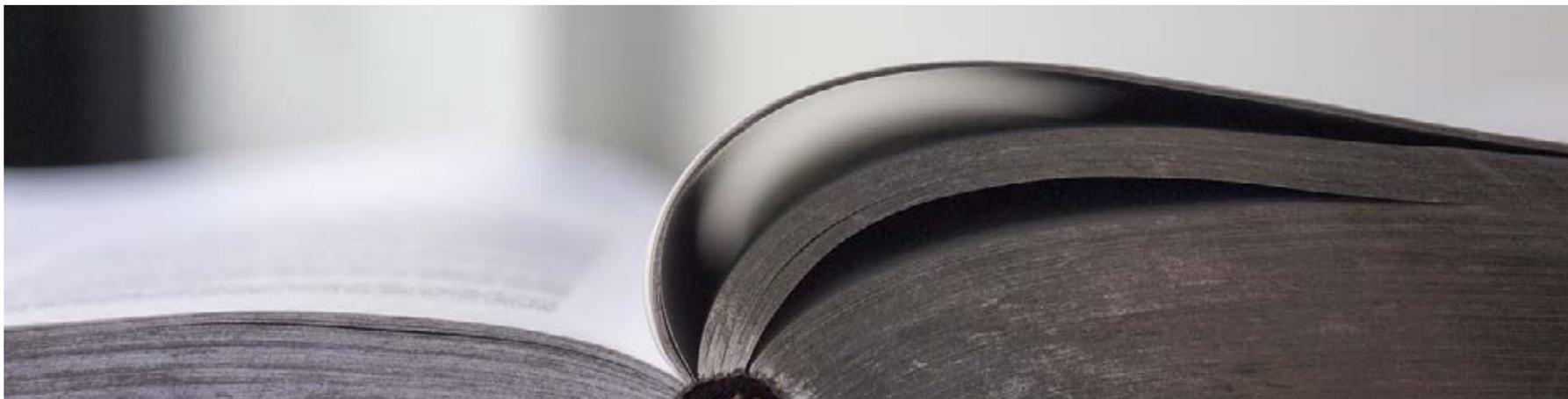
con respecto al sistema tradicional.

Tiempo de retorno inferior a

10 años.

Ahorros económicos superiores al

50 %.



11. Referencias

- > Energía Solar Térmica. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Octubre 2006.
- > Código Técnico de la Edificación. BOE 28 de marzo de 2006. Ministerio de Fomento España.
- > Manual de Eficiencia Energética. Gas Natural Fenosa.
- > Guía Sobre Energía Solar Térmica. Dirección General de Industria y Minas de la Comunidad de Madrid. Junio 2016.
- > Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Julio 2011.
- > Guía Sobre Aplicaciones de la Energía Solar Térmica. Febrero 2013.
- > Solar Heat Worldwide - Markets and Contribution to Energy Supply 2010.
- > Energías Renovables en América Latina 2015. Sumario de Políticas. IRENA. 2015.
- > <http://solar-energia.net/energia-solar-termica>
- > <http://www.iea.org/statistics/topics/co2emissions/>

Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

Editor: CAF

Dirección Corporativa de Ambiente y Cambio Climático (DACC)

Ligia Castro de Doens, directora corporativa

Dirección Sectores Productivo y Financiero Región Norte (VSPF)

Mauricio Salazar, director

Autor:

MGM International

Coordinación y edición general

Camilo Rojas (DACC)

Jaily Gómez (VSPF)

René Gómez García (DACC)

Diseño Gráfico y Diagramación:

Tundra Taller Creativo | tundra.pe

Fotos:

Pixabay.com

Shutterstock
