



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Evaluación del potencial solar térmico para obtención de
agua caliente sanitaria (ACS) en el distrito de Piura**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

Stalin Germán Campos Farfán

Asesor(es):
Dr. Ing. Víctor Manuel Lizana Bobadilla

Piura, agosto de 2023





Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final


Yo, Stalin Germán Campos Farfán, egresado del Programa Académico de Ingeniería Mecánico – Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 71726597.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Evaluación del potencial solar térmico para obtención de agua caliente sanitaria (ACS) en el distrito de Piura"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional² de Ingeniero Mecánico Eléctrico.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto. _____, identificado con DNI N° Escribir número
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Dr. Ing. Víctor Manuel Lizana Bobadilla _____, identificado con DNI N° 02833984
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 08/08/2023


.....
Firma del autor optante³

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título de profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Idéntica a DNI, no se admite digital salvo certificado.



Dedicatoria

A mi madre Blanca, mi padre Campos y mi novia Paola, por estar a mi lado en cada paso de mi vida y por su incondicional apoyo.





Resumen

El objetivo de esta tesis es estimar el potencial de aprovechamiento de la energía solar térmica para agua caliente sanitaria en el distrito de Piura, específicamente en el sector comercial y residencial, que incluye viviendas, unidades prestadoras de servicios de salud, hoteles, colegios, universidades, gimnasios, lavanderías, restaurantes y piscinas. El análisis abarcará un horizonte temporal hasta el año 2030.

Utilizando la metodología del Centro de Estudios de la Energía Solar (CENSOLAR), se han realizado cálculos para determinar la demanda energética, el aporte solar considerando las condiciones climáticas, y el número de captadores solares requeridos para el distrito de Piura.

Según los cálculos realizados, se determinó que para satisfacer las necesidades energéticas de Piura se requieren 68,621 (2023) y 79,896 (2030) captadores solares TopSon F3-1, es decir, que respecto a 2023, en 2030 se tendrá un incremento del 16.5%. Además, se estableció que el aporte solar es de un 92%, por lo que el sistema auxiliar solo debe cubrir el 8% de las necesidades energéticas durante todo el año.

Finalmente, se determinó que el ahorro anualmente usando esta tecnología asciende a 85.5 millones de soles al año.

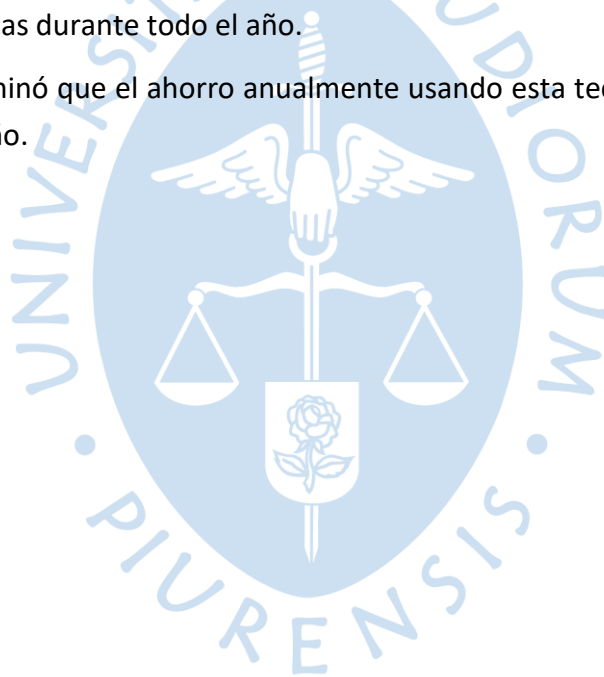




Tabla de contenido

Introducción	17
Capítulo 1 Marco teórico	19
1.1 Energías renovables	21
1.1.1 Energía hidráulica.....	21
1.1.2 Energía Eólica	22
1.1.3 Energía de la biomasa	22
1.1.4 Energía solar fotovoltaica.....	22
1.1.5 Energía solar térmica.....	22
1.2 Radiación solar	23
1.2.1 Tipos de radiación solar.....	23
1.2.2 Movimiento del sol.....	23
1.2.3 Clima	25
1.3 Aplicaciones y ventajas de la energía solar térmica	26
1.4 Sistemas solares térmicos.....	26
1.4.1 Principios de aprovechamiento.....	28
1.4.2 Captador solar de placa plana.....	29
1.4.3 Captador de tubo de vacío	32
1.4.4 Fluido caloportador	33
1.4.5 Acumuladores de ACS	33
1.4.6 Intercambiadores	35
1.4.7 Bombas circuladoras	37
1.4.8 Tuberías.....	37
1.4.9 Vasos de expansión	37
1.4.10 Válvulas	37
1.4.11 Accesorios.....	38
1.5 Clasificación de sistemas solares térmicos	38
1.5.1 Según el sistema de circulación del fluido primario	38
1.5.2 Según la forma de intercambio de calor entre circuito primario y secundario	39
1.6 Principios básicos para el óptimo aprovechamiento de la energía solar térmica	39

1.6.1	Primer principio: Captar el máximo posible de energía solar.....	40
1.6.2	Segundo principio: Consumir prioritariamente la energía solar.....	40
1.6.3	Tercer principio: Asegurar la correcta complementariedad entre la energía solar y la convencional	40
1.6.4	Cuarto principio: No calentar la acumulación solar con el sistema auxiliar	40
Capítulo 2 Definición, estudio y análisis de usuario potenciales.....		43
2.1	Usuarios y unidades de consumo.....	43
2.2	Viviendas unifamiliares y multifamiliares	44
2.3	Unidades productoras de servicios de salud.....	45
2.4	Hoteles.....	47
2.5	Colegios	48
2.6	Universidades	49
2.7	Gimnasios	51
2.8	Lavanderías.....	52
2.9	Restaurantes.....	53
2.10	Piscinas	54
Capítulo 3 Cálculo de superficies captadora.....		57
3.1	Cálculo del consumo energético.....	57
3.2	Cálculo de la energía disponible.....	58
3.2.1	Energía teórica aprovechable.....	58
3.3	Cálculo de la irradiación útil.....	59
3.4	Cálculo de rendimiento del captador.....	60
3.5	Energía útil y determinación de la superficie necesaria	60
3.5.1	Cálculo de la aportación solar por m ²	60
3.5.2	Cálculo de la energía neta por m ² de captador disponible para el consumo	60
3.6	Metodología CENSOLAR.....	61
3.7	Cálculo para piscinas	65
3.8	Resultados	70
3.9	Impacto económico y medioambiental	76
Conclusiones		77

Referencias.....	79
Apéndices.....	83
Apéndice A Cálculo de área de captación para las distintas entidades.....	85
Apéndice A.1 Datos comunes de entidades	85
Apéndice A.2 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para Viviendas (2023)	86
Apéndice A.3 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para Viviendas (2030)	87
Apéndice A.4 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para UPS.....	88
Apéndice A.5 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para hoteles (2023).....	89
Apéndice A.6 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para hoteles (2030).....	90
Apéndice A.7 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para colegios (2023).....	91
Apéndice A.8 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para colegios (2030).....	92
Apéndice A.9 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para universidades (2023) .	93
Apéndice A.10 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para universidades (2030)	94
Apéndice A.11 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para gimnasios	95
Apéndice A.12 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para lavanderías.....	96
Apéndice A.13 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para restaurantes (2023) .	97
Apéndice A.14 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para restaurantes (2030) .	98
Anexos.....	99
Anexo A Metodología para obtención de datos ambientales mensuales.....	101
Anexo A.1 Datos de temperatura ambiente promedio y radiación solar para el 1 de enero del 2018.....	101
Anexo A.2 Temperatura ambiente, energía solar diaria, velocidad del viento y humedad relativa promedios para los meses del año.....	104
Anexo B Valores del factor de inclinación k para una latitud de 5° Sur	104
Anexo C Ficha técnica del captador solar TopSon F3-1	105



Lista de tablas

Tabla 1 Elementos principales que componen un sistema solar térmico	27
Tabla 2 Unidades de consumo seleccionado según usuario	43
Tabla 3 Unidades de consumo seleccionado según usuario	44
Tabla 4 Número de camas en UPS con internamiento	46
Tabla 5 Número de unidades dentales en clínicas de Piura	46
Tabla 6 Número de unidades dentales en clínicas de Piura	47
Tabla 7 Número de habitaciones por año en hoteles de Piura	47
Tabla 8 Número total de personas por año en colegios de Piura	49
Tabla 9 Número total de personas por año en universidades de Piura	50
Tabla 10 Área de zona de ejercicios en gimnasios	52
Tabla 11 Capacidad diaria de lavanderías en Piura	52
Tabla 12 Área de comedores en restaurantes de Piura	53
Tabla 13 Área de restaurantes por año	54
Tabla 14 Áreas de las principales piscinas en Piura	55
Tabla 15 Número medio de horas útiles diarias de sol para captadores orientados aproximadamente hacia el ecuador e inclinados con un ángulo igual a la latitud ($\pm 20^\circ$)	59
Tabla 16 Cálculo de la superficie total de captación para ACS (parte I)	61
Tabla 17 Cálculo de la superficie total de captación para ACS (parte II)	62
Tabla 18 Cálculo de la superficie total de captación para ACS (parte III)	63
Tabla 19 Cálculo de la superficie total de captación para ACS (parte IV)	64
Tabla 20 Pérdidas por radiación	66
Tabla 21 Pérdidas por convección (MJ/m^2)	66
Tabla 22 Pérdidas por evaporación	68
Tabla 23 Cálculo de la superficie total de captación para piscinas (parte I)	69
Tabla 24 Cálculo de la superficie total de captación para piscinas (parte II)	69
Tabla 25 Resultados de las estimaciones para entidades en el año 2023	71
Tabla 26 Resultados para entidades al horizonte del año 2030	71
Tabla 27 Consolidado de parámetros para los años 2023 y 2030	75



Lista de figuras

Figura 1 Producción mundial de energía primaria y consumo mundial en el año 2015	19
Figura 2 Estructura de la producción de energía primaria en el Perú y el consumo final de energías por fuentes, en el año 2019.....	20
Figura 3 Balanza comercial de energía primaria en el año 2016	20
Figura 4 Emisiones de CO ₂ Generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio	21
Figura 5 Dibujo explicativo del movimiento de traslación de la tierra alrededor del sol	24
Figura 6 Coordenadas horizontales o altacimutales que describen la ubicación del sol.....	25
Figura 7 Sistema solar térmico 1, accionado por efecto de termosifón	27
Figura 8 Sistema solar térmico 2	28
Figura 9 Sistema solar térmico 3	28
Figura 10 Componentes principales de un captador de placa plana	29
Figura 11 Sistema de tuberías formado de una parrilla de tubos y dos colectores	31
Figura 12 Componentes principales de un captador de placa plana	31
Figura 13 Curva característica aproximada de un c.p.p.....	32
Figura 14 Manhole situada en la parte inferior de un acumulador con la tapa retirada	34
Figura 15 Efecto de estratificación presente en un acumulador	35
Figura 16 Esquema básico de un intercambiador de color	36
Figura 17 Circulación del fluido por el captador por efecto termosifón.....	39
Figura 18 Línea de tendencia de habitantes de Piura	45
Figura 19 Línea de tendencia del número de habitaciones por año en hoteles de Piura	48
Figura 20 Línea de tendencia del número de personas por año en colegios	49
Figura 21 Línea de tendencia del número de personas por año en la UDEP, UCV y ULADECH	51
Figura 22 Línea de tendencia del número de restaurantes por año.....	54
Figura 23 Necesidad energética anual (%) por entidad (2023).....	70
Figura 24 Comparación de necesidad mensual energética y energía solar mensual (TJ)	72
Figura 25 Aporte solar mensual (%)	72
Figura 26 Rendimiento promedio mensual del captador	73

Figura 27 Necesidad energética mensual según entidad (%)	73
Figura 28 Número de captadores según entidad.....	74
Figura 29 Consumo diario de ACS (L) según entidad	74
Figura 30 Incremento del 2023 al 2030 del consumo diario de ACS, necesidad energética anual y N° de captadores	75



Introducción

Actualmente existen muchas investigaciones relacionadas al uso de sistemas solares, en su mayoría centradas en sistemas fotovoltaicos; esta tesis se enfoca en el aprovechamiento de la energía solar con aplicación en sistemas térmicos para calentamiento de agua. En el Perú el confort y la comodidad son temas de reciente importancia; aunque existen zonas con alta radiación solar, la tecnología para el aprovechamiento de este recurso no es muy común.

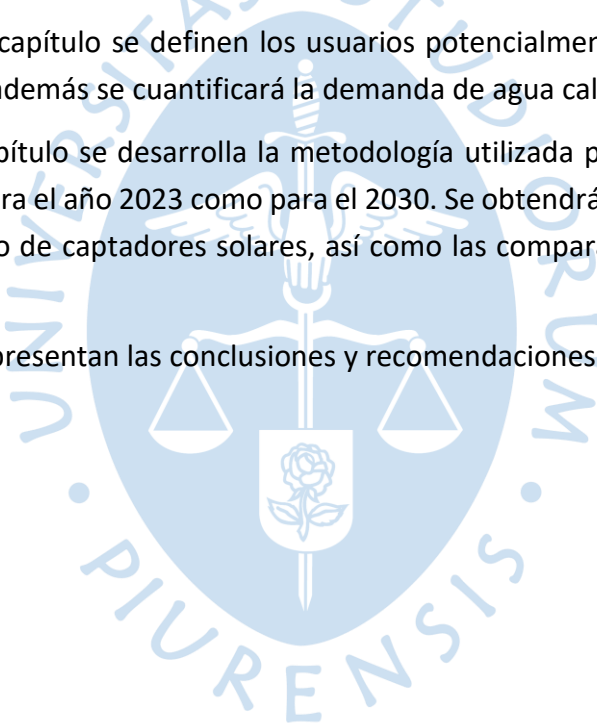
En esta investigación se realizará un estudio del potencial solar térmico que tiene específicamente el distrito de Piura, en los sectores residenciales y parte del sector de servicios para definir cuantitativamente cuánta energía se podría obtener utilizando sistemas solares térmicos.

En el primer capítulo, se muestran los conceptos y principios básicos relacionados con los sistemas solares térmicos, además se describen los distintos componentes utilizados.

En el segundo capítulo se definen los usuarios potencialmente beneficiarios de este tipo de energía solar, además se cuantificará la demanda de agua caliente sanitaria.

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología utilizada para estimar el potencial solar térmico, tanto para el año 2023 como para el 2030. Se obtendrán los resultados del área de captación y número de captadores solares, así como las comparativas entre las distintas entidades evaluadas.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.





Capítulo 1

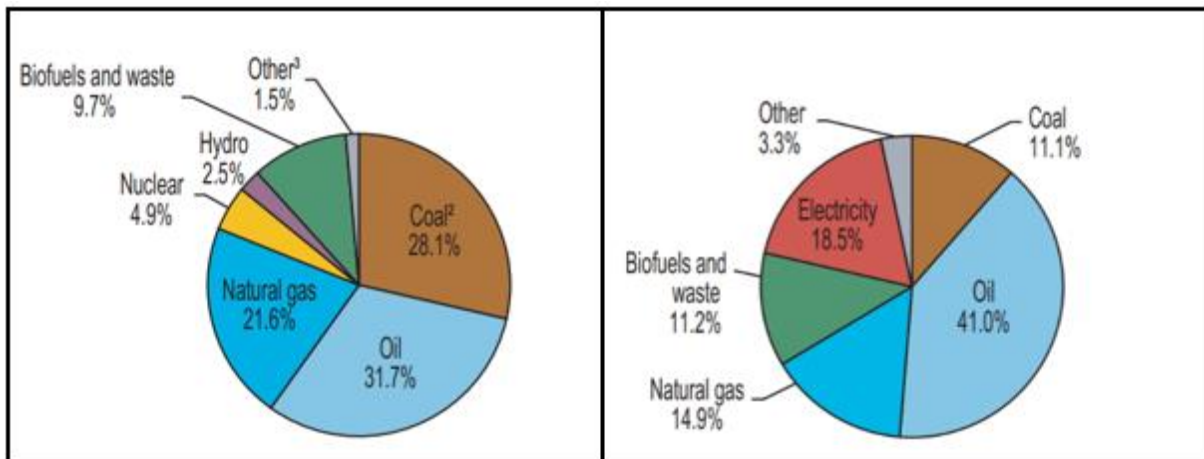
Marco teórico

El crecimiento de la población y la necesidad de satisfacer su demanda y requerimientos, para su desarrollo, implica un proceso energético basado en los siguientes pilares: recursos, tecnologías y políticas. A escala local, regional, nacional y mundial el modelo energético actual se caracteriza por:

- Alta dependencia de recursos de origen fósil (hidrocarburos) tal como se indica en la figura 1.

Figura 1

Producción mundial de energía primaria y consumo mundial en el año 2015



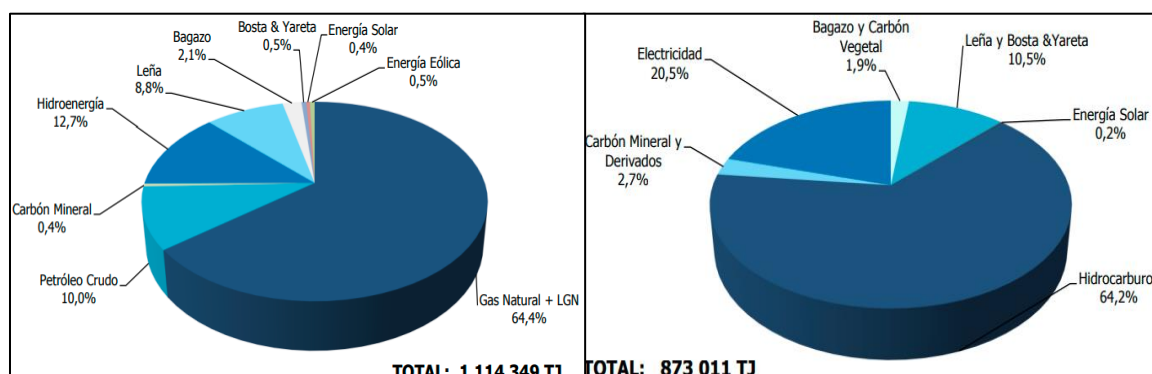
Nota. Tomado de International Energy Agency (2017)

En el 2019, el Perú, tuvo una producción de energía primaria de 1 114 349 TJ, se caracterizó por el predominio del gas natural (64.4%) y crudo (10%). El consumo fue de 873 011 TJ¹, mayoritariamente, hidrocarburos (64.2%) (ver figura 2).

¹ La diferencia entre la producción de energía primaria y la energía consumida se debe a las pérdidas por transformación, distribución, consumo propio, entre otros factores.

Figura 2

Estructura de la producción de energía primaria en el Perú y el consumo final de energías por fuentes, en el año 2019

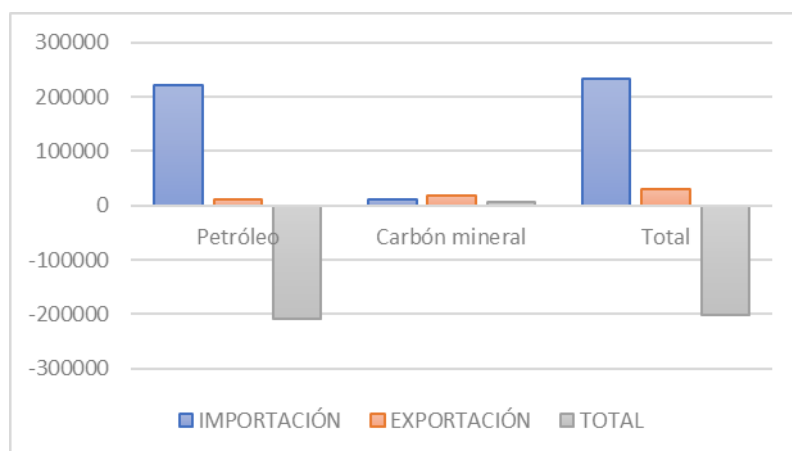


Nota. Tomado de Balance Nacional de Energía (2019)

- La alta dependencia del exterior; tal como se indica en la gráfica de la figura 3 se da por la gran demanda de hidrocarburos y también por la limitada capacidad de refinación en la industria.

Figura 3

Balanza comercial de energía primaria en el año 2016

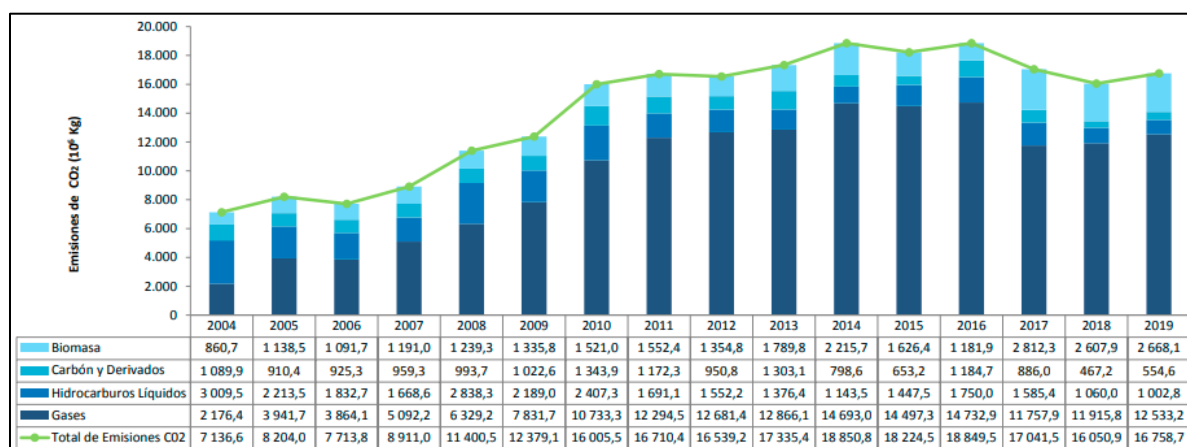


Nota. Tomado de Balance Nacional de Energía (2019)

- Las implicancias medio ambientales y socioeconómicas que significa el uso de estos recursos. Así, por ejemplo, en la figura 4 se reporta la gráfica de emisiones de CO₂.

Figura 4

Emisiones de CO₂ Generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio



Nota. Tomado de Balance Nacional de Energía (2019)

1.1 Energías renovables

Son aquellos recursos energéticos que se producen de manera continua y, a escala humana, son inagotables; tienen la posibilidad de complementarse entre sí.

Se les considera respetuosas con el medioambiente, debido a que su impacto ambiental es menor al que producen las energías convencionales.

Entre sus principales ventajas:

- Su uso representa un menor número de emisiones respecto a los de origen fósil.
- El uso de la mayoría de este tipo de recursos no genera residuos sólidos.
- Disminuyen la dependencia del exterior (importación) contribuyendo a la garantía de suministro y a la seguridad energética.
- Pueden ser utilizadas tanto en zonas rurales y/o alejadas, así como también en las urbanas.

1.1.1 Energía hidráulica

La energía hidráulica se obtiene a partir de la energía potencial relacionada a los saltos de agua y a la diferencia de alturas que existen entre dos puntos en el curso en un río.

Las centrales hidroeléctricas transforman la energía mecánica del agua en energía eléctrica mediante turbinas acopladas a generadores eléctricos.

Las centrales hidroeléctricas se pueden dividir en 3 tipos, de acuerdo con la potencia que suministran (Méndez Muniz & Cuervo García, 2008).

- Grandes centrales hidroeléctricas: aportan una potencia mayor a 10 MW

- Centrales minihidráulicas o minicentrales: aportan una potencia menor a 10 MW.
- Centrales microhidráulicas de muy pequeña potencia.

1.1.2 Energía Eólica

Su desarrollo se basa en el aprovechamiento de la energía cinética del viento, utilizando como dispositivo de transformación, de energía mecánica en energía eléctrica, el aerogenerador, el cual está compuesto por unas palas que tienen forma de molinos antiguos, y además tiene acoplado un generador eléctrico; es de funcionamiento simple: el viento golpea las palas, estas giran y mueven a su vez un eje que está acoplado al generador eléctrico, y de esta forma se obtiene la energía eléctrica.

Una de sus grandes ventajas es su bajo costo, además la tecnología necesaria para instalarla es sencilla; sin embargo, tiene el inconveniente de generar interferencias en los medios de comunicación y ruido.

1.1.3 Energía de la biomasa

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) la biomasa se define como:

“Material orgánico no fosilizado y biodegradable originario de plantas, animales y microorganismos”.

La energía de la biomasa es la obtenida a partir de las plantas, los desechos animales (estiércoles y cadáveres) o la interacción de ambos, incluyendo solamente especies biológicas vivas y/o muertas “recientemente”. El término “recientemente” excluye al material orgánico que se ha mantenido por millones de años en formaciones geológicas y que se ha convertido en combustible fósil. (Arrieta Palacios, 2016)

Con la biomasa se pueden obtener distintos tipos de gases, por ejemplo, sustitutos del diésel o biodiesel, sustitutivo de la gasolina, combustible para calefacción, entre otros.

1.1.4 Energía solar fotovoltaica

Las células fotovoltaicas son dispositivos electrónicos que permiten transformar la radiación solar en energía eléctrica que se puede utilizar de manera directa o ser almacenada en acumuladores.

1.1.5 Energía solar térmica

Uso de radiación proveniente del Sol, para calentar un fluido que circula por el interior de captadores solares, el cual se puede utilizar para servicios de ACS (agua caliente sanitaria), calefacción, climatización de piscinas y recintos, así como en procesos de secado y sistemas de deshidratación.

1.2 Radiación solar

Las estrellas son potentes emisores de energía, la cual es atenuada conforme va viajando a lo largo del universo, por ende, debido a la gran distancia entre la Tierra y las estrellas, los efectos que estas producen sobre la Tierra son muy pequeños.

Sin embargo, el Sol, por su proximidad a la Tierra (aproximadamente 500 millones de kilómetros) ha establecido las condiciones físicas en el planeta, incluidas aquellas que permiten el desarrollo de la vida.

El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura aproximada de 5 500 °C, la radiación que emite es de 63 millones W/m^2 , de la cual 1.4 kW/m^2 llega a la atmósfera de la Tierra; el 70% de toda esta radiación cae en el mar y el resto en la superficie terrestre.

1.2.1 Tipos de radiación solar

Los rayos solares pueden incidir en la Tierra de 3 maneras:

- Radiación Directa: es la radiación que no ha sido desviada, es decir no ha sufrido cambios en su dirección. Se tiene en gran cantidad en días sin nubes.
- Radiación Difusa: debido a la reflexión y difusión en la atmósfera, la radiación sufre cambios en su dirección.
- Radiación Albedo: es la radiación tanto directa como difusa que se refleja en el suelo u otras superficies.

Para las aplicaciones de energía solar interesa solo la radiación directa.

Para cuantificar la radiación solar incidente, se utiliza el concepto de irradiación, magnitud que representa la razón a la cual la energía de radiación incide sobre una superficie por unidad de área de esta última (W/m^2) (Cengel, 2007).

1.2.2 Movimiento del sol

Debido a la inclinación del eje de rotación de la Tierra con respecto al plano de su órbita alrededor del Sol y a su forma esférica, un punto específico de la Tierra recibe los rayos con una inclinación variable a lo largo del año, incluso en un mismo día, por este hecho la energía que incide en un metro cuadrado de superficie horizontal varía considerablemente.

Los rayos del Sol en los meses de invierno inciden con un ángulo pequeño respecto a la horizontal; en verano el ángulo es mayor, alcanzando la perpendicular en las zonas cercanas al ecuador y en los momentos centrales del día. Por esta razón la energía total es considerablemente mayor en verano que invierno, y diariamente, esta es mayor en las horas cercanas al mediodía.

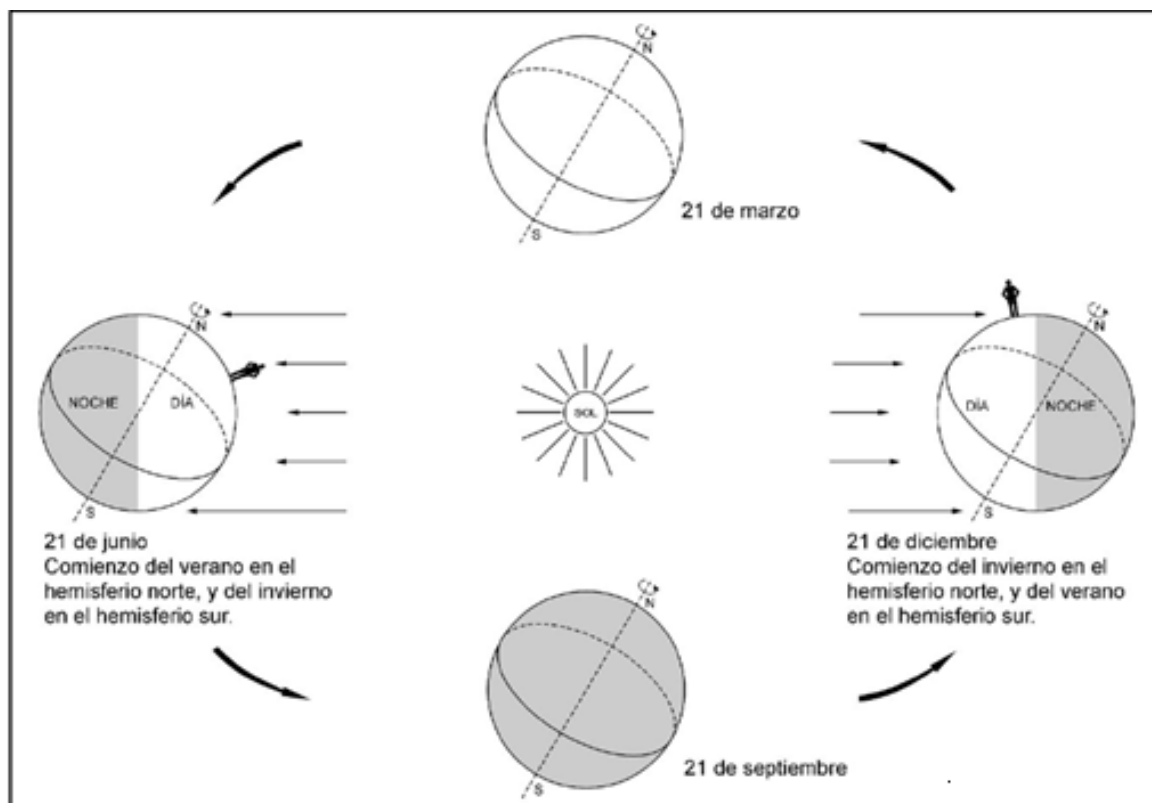
A efectos prácticos y didácticos resulta útil considerar que el Sol gira alrededor de la Tierra, describiendo una órbita aproximadamente circular (realmente es una elipse muy poco pronunciada).

En primavera y verano, los puntos del horizonte por donde sale y se oculta el Sol están más alejados entre sí, por lo que la trayectoria es más larga y elevada, y el tiempo que transcurre entre el amanecer y la puesta de Sol es mayor, es decir la cantidad de horas Sol es mayor; lo contrario sucede en los meses de invierno y otoño.

En la figura 5 se puede observar una persona de pie situada en un lugar cuya latitud aproximada es de unos 50° Norte, se aprecia cómo los rayos al mediodía en junio inciden sobre su cabeza con gran perpendicularidad, mientras que en diciembre lo hacen con un ángulo mucho menor. Lo contrario sucedería si la persona estuviese en el hemisferio sur.

Figura 5

Dibujo explicativo del movimiento de traslación de la tierra alrededor del sol



Nota. Tomado de La energía solar. Aplicaciones prácticas (Promotora general de estudios, S.A., 2009)

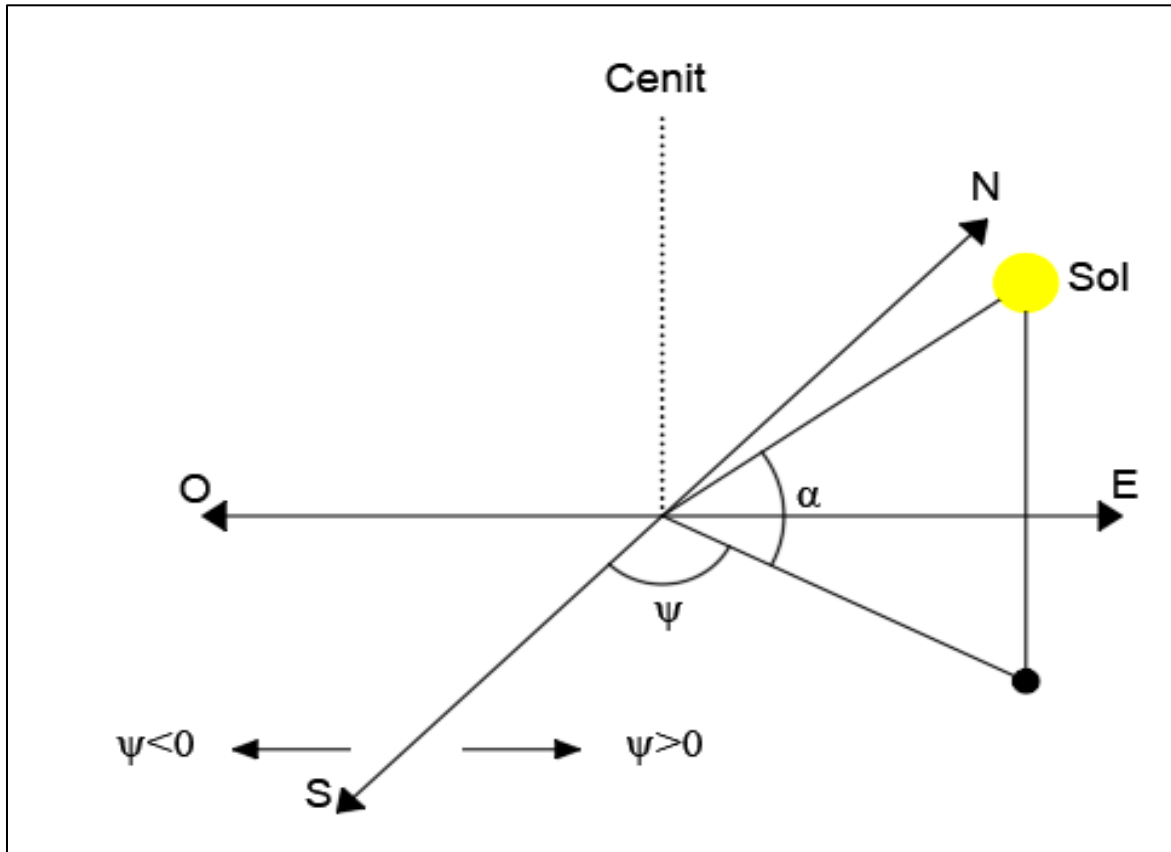
Para describir la posición del sol es usual usar un sistema de coordenadas con dos ángulos (ver figura 6).

- Altura solar (α): es el ángulo formado por la posición aparente del Sol en el cielo con el horizonte del lugar.

- Azimut solar (ψ): es el ángulo formado por la posición del Sol y la dirección del verdadero sur.

Figura 6

Coordenadas horizontales o altacimutales que describen la ubicación del sol



Nota. Tomado de La energía solar (Promotora general de estudios, S.A., 2009).

1.2.3 Clima

Otro factor importante que determina la cantidad de energía que llega a la superficie es el grado de nubosidad que hay en la zona. Las nubes absorben la mayor parte de energía solar, reflejándola en su cara superior y devolviéndola al espacio; es decir, si se tiene gran cantidad de nubes, por lo general la energía solar que se puede aprovechar es menor a la que se podría aprovechar si no existiese esta nubosidad; normalmente en un día nublado, la energía aprovechable es insuficiente para que los sistemas de aprovechamiento de energía solar (con la posible excepción de los que se basan en el efecto fotovoltaico) puedan ser operativos.

En ciudades de alta nubosidad, las posibilidades de conseguir sistemas solares rentables son escasas.

Otros factores importantes, son la temperatura media del aire y la velocidad del viento, sobre todo en los captadores planos destinados a calentar agua, puesto que, si la temperatura es muy baja o la velocidad del viento es muy alta, el captador tendrá altas pérdidas.

Las regiones con baja nubosidad, de temperaturas no tan frías y cuya velocidad del viento no sea tan alta, son ideales para obtener el máximo rendimiento considerando el uso de los sistemas solares térmicos.

1.3 Aplicaciones y ventajas de la energía solar térmica

Una de las formas más rentables y simples de aprovechar la energía solar, es convertir su energía en calor, para luego obtener agua caliente, y poder aplicarlo en calefacción, climatización de piscinas, producir frío u otra aplicación en la cual sea necesario elevar la temperatura de algún fluido.

Aplicaciones:

- Producción de agua caliente sanitaria: es la aplicación en la que se centra el presente estudio, básicamente consiste en utilizar el agua caliente en viviendas, gimnasios, hoteles, etc.
- Climatización de piscinas.
- Calefacción por suelo radiante: está constituido por una red de tuberías enterrada debajo del pavimento, por el cual circula agua caliente, debido a que necesita temperaturas relativamente bajas, de 35 a 45°C, se adapta perfectamente a los sistemas solares térmicos (soliclíma, s.f.).
- Producción de frío: es interesante poder disminuir la temperatura de un ambiente cerrado con calor, esto se puede realizar gracias a los ciclos de absorción.
- Procesos industriales: aquellas aplicaciones donde se necesite agua caliente a temperaturas no excesivas, o también se puede utilizar el calor para precalentar un fluido antes de llevarlo a la temperatura de trabajo final.

1.4 Sistemas solares térmicos

Un sistema térmico se puede definir como el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que es capaz de captar la energía solar disponible y transformarla en calor para ser utilizada en distintas aplicaciones.

En la tabla 1 se puede observar los elementos principales que se pueden tener en un sistema solar térmico medianamente complejo.

Tabla 1

Elementos principales que componen un sistema solar térmico

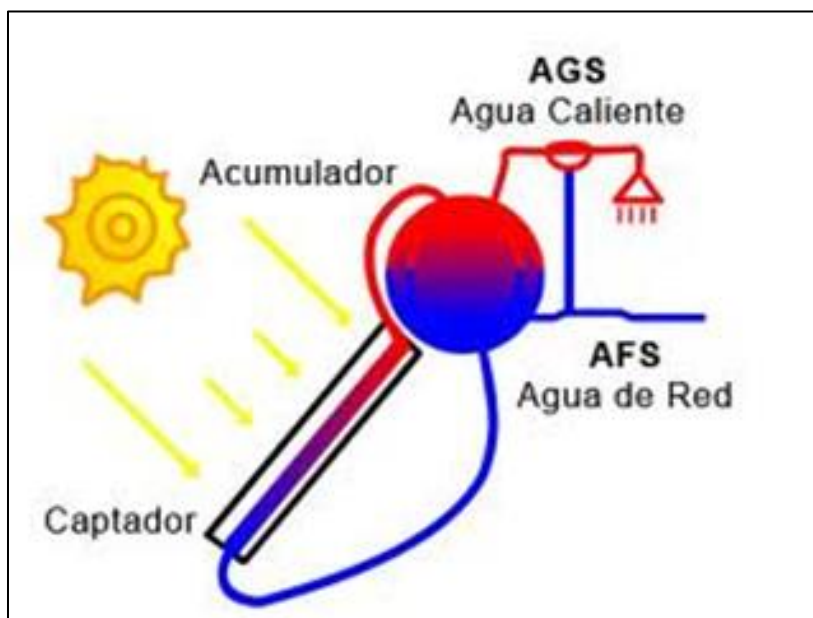
Sistema de captación	de	Encargado de captar y convertir la radiación solar en energía térmica aumentando la temperatura del fluido de trabajo.
Intercambiador de calor	de	Permite transferir el calor del fluido de trabajo que circula por un circuito primario al agua que hay en el circuito secundario ²
Sistema de acumulación	de	Almacena la energía térmica producida en forma de agua para utilizarla en períodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción.
Sistema de control		Encargado del correcto funcionamiento de la instalación dando las órdenes necesarias a las bombas y válvulas para que funcionen según los valores aportados por las diferentes sondas.
Sistema hidráulico		Permite la circulación de los fluidos por los diferentes circuitos de la instalación.
Sistema de energía convencional		En general, el sistema solar va a permitir sustituir una parte de la energía convencional consumida por la instalación, pero no toda ella, por eso normalmente siempre existe este sistema

Nota. Adaptado de Energía solar térmica (Méndez Muniz & Cuervo García, 2008).

En las figuras 7, 8 y 9 se muestran los esquemas típicos de aprovechamiento de energía solar térmica para obtención de ACS.

Figura 7

Sistema solar térmico 1, accionado por efecto de termosifón³



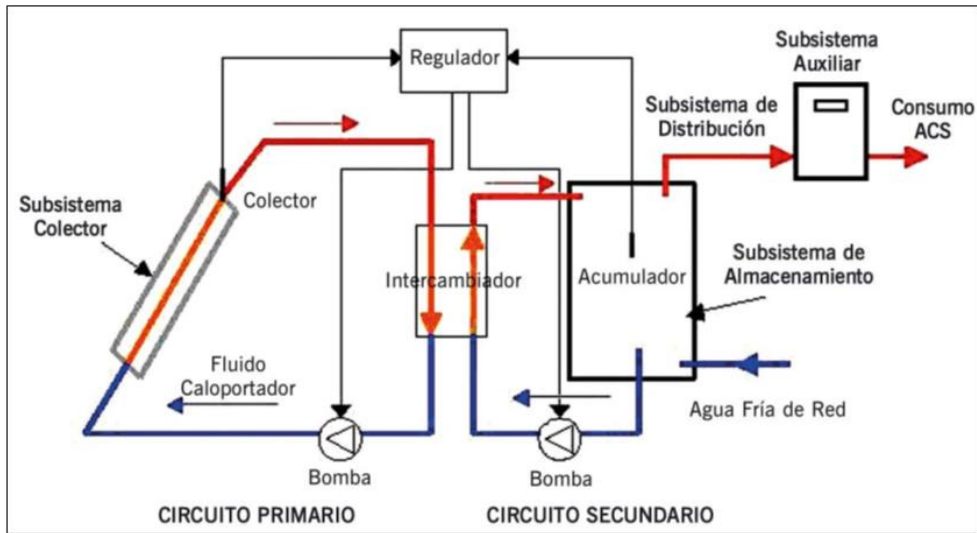
Nota. Tomado de Energía solar térmica (Méndez Muniz & Cuervo García, 2008).

² Ver apartado 1.5.2

³ Ver apartado 1.5.1

Figura 8

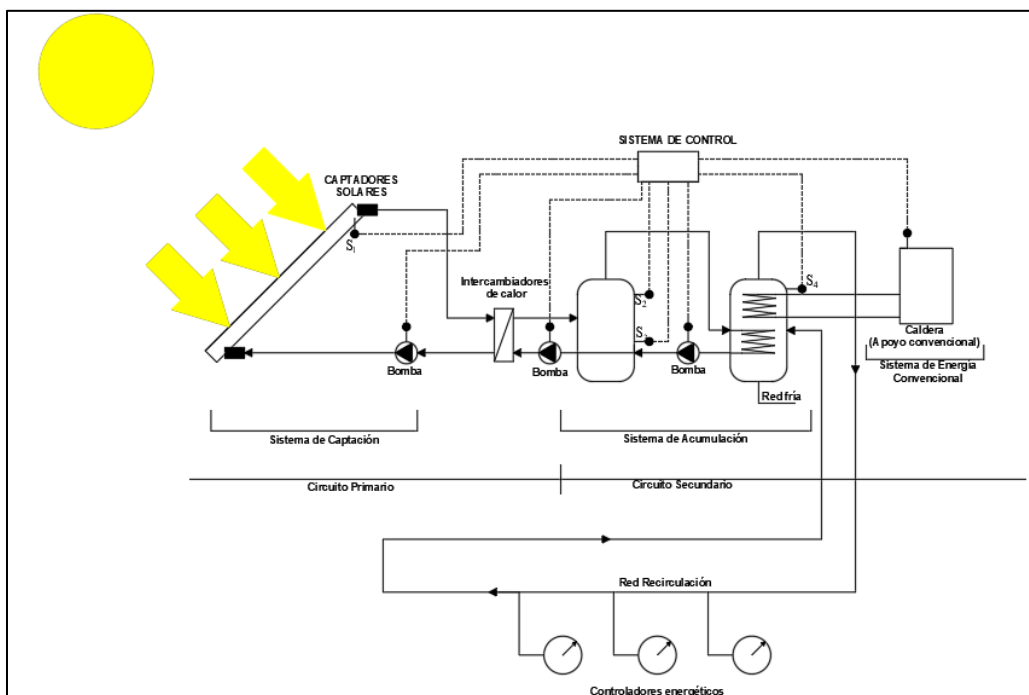
Sistema solar térmico 2



Nota. Adaptado de energía solar térmica (Méndez Muniz & Cuervo García, 2008)

Figura 9

Sistema solar térmico 3



Nota. Adaptado de energía solar térmica (Méndez Muniz & Cuervo García, 2008)

1.4.1 Principios de aprovechamiento

Un cuerpo puede absorber total o parcialmente, reflejar o ser atravesado por la radiación electromagnética, esto depende de la longitud de onda de la radiación, por ejemplo,

el vidrio es transparente para longitudes de onda entre 0.3 y 3 μm mientras que para el resto se comporta como un cuerpo opaco⁴, lo cual es interesante ya que la mayor parte del espectro de la radiación solar está comprendido entre 0.3 y 2.4 μm , de esta manera es capaz de atravesar el vidrio sin ningún problema.

Este hecho da lugar al fenómeno conocido como efecto invernadero que es la base del principio de funcionamiento de los captadores solares, y se manifiesta cuando la radiación solar atraviesa una placa de vidrio y calienta una placa metálica, esta al calentarse emitirá radiación, pero dicha radiación tendrá una longitud de onda para la cual el vidrio es no transparente u opaco, logrando de esta manera que la radiación emitida por la placa metálica no escape por el vidrio.

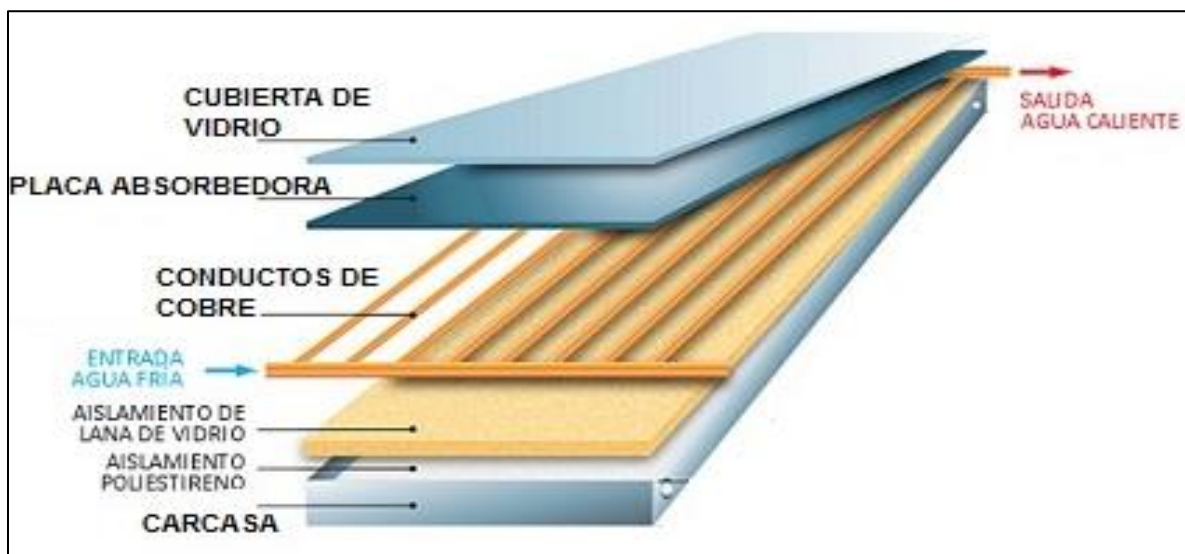
1.4.2 Captador solar de placa plana

El captador solar se define como un dispositivo capaz de aprovechar la radiación solar, para de esta forma hacer circular un fluido por él, y calentarlo.

Un captador de placa plana (C.P.P) está formado por los siguientes componentes (ver figura 10):

Figura 10

Componentes principales de un captador de placa plana



Nota. Tomado de Sopelia (2017)

⁴ Un cuerpo opaco es aquel en el que la radiación es un fenómeno superficial, es decir, la radiación emitida por las regiones interiores nunca puede llegar hasta la superficie y la que incide sobre este cuerpo es absorbida dentro de unas cuantas micras de la superficie. (Cengel, 2007)

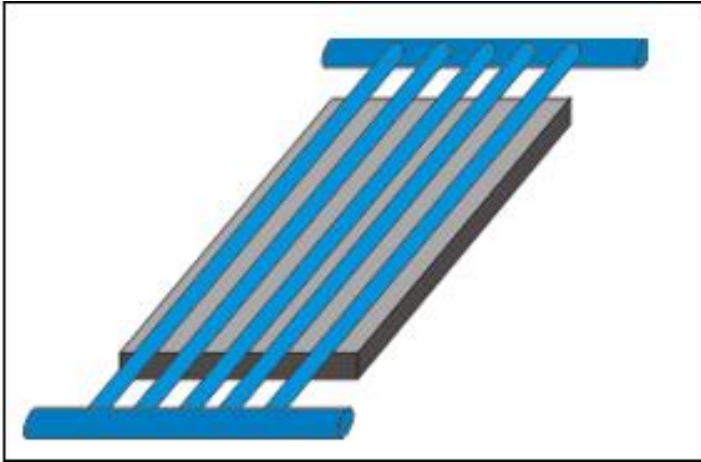
- **Carcasa:** este componente tiene dos funciones: proteger y soportar los diversos elementos que constituyen el captador y poder adaptarse al edificio o al soporte que contenga la instalación. Además, debe cumplir esta función por lo menos durante los primeros 15 años, que es la vida normal de un captador. Para esto, debe tener rigidez, resistencia a los cambios de temperatura, resistencia a la corrosión y a la inestabilidad química, facilidad de anclaje, y de aireación del interior del colector a fin de evitar condensaciones internas. Normalmente también se diseñan para permitir el desmonte de la cubierta para las tareas de mantenimiento y reparación.
- **Cubierta transparente:** la cubierta transparente debe tener las siguientes características principales: provocar el efecto invernadero, reducir las pérdidas térmicas por convección y asegurar la estanqueidad del colector al agua y aire.

Se debe utilizar material que, además, de producir el efecto invernadero, tenga un coeficiente de conductividad térmica bajo, para minimizar las pérdidas; un coeficiente de dilatación pequeño, debido a que la cara interior de la cubierta se mantendrá siempre más caliente que la exterior y, por ende, se va a dilatar más, lo que podría provocar la rotura o deformación, además de esto el material debe tener una buena resistencia mecánica para el viento, granizo y la nieve. Los de mayor uso son el vidrio y el plástico.

- **Absorbedor:** Es una placa metálica que cumple la función de recibir la radiación solar, transformarla en calor y transmitirla al fluido calorportador que circula a través de tubos que están soldados o embutidos a ella. Es necesario que el absorbedor esté cubierto de un revestimiento especial, llamado superficie selectiva, esta superficie le permite absorber los rayos solares y emitir poca radiación a fin de no tener pérdidas sensibles.
- **Aislamiento posterior:** en la parte posterior del absorbedor se encuentra un aislamiento que permite proteger al absorbedor de las pérdidas térmicas. Existen diversos tipos de materiales para el aislamiento, para la selección del material se debe tener en cuenta que, por ejemplo, en los meses de verano el captador puede adquirir temperaturas del orden de 150 °C y debe resistirlas, además debe resistir el agua por posibles condensaciones en el captador.
- **Tuberías:** pueden ser de dos tipos, el primero está formado por una parrilla de tubos y dos colectores que constituyen los conductos de distribución (ver figura 11), y el segundo formadas por un serpentín (ver figura 12). En general se utiliza tubos de cobre.

Figura 11

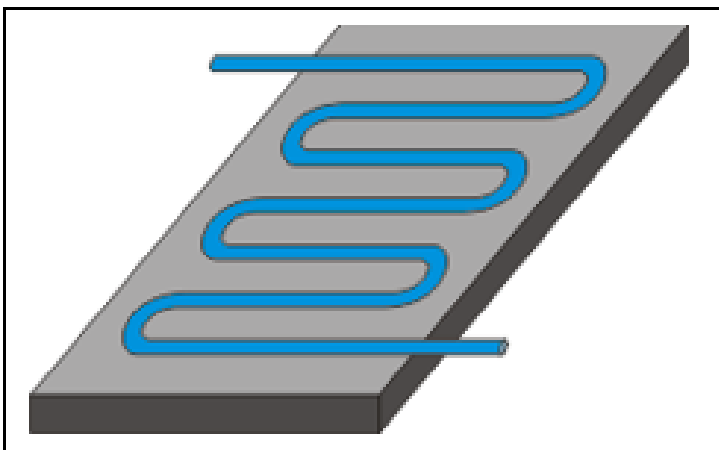
Sistema de tuberías formado de una parrilla de tubos y dos colectores



Nota. Tomado de Textoscientificos (s.f.)

Figura 12

Componentes principales de un captador de placa plana



Nota. Tomado de SOPELIA (2017).

La ecuación (1.1) representa la ecuación característica de un c.p.p.

$$\eta = F(\tau\alpha)_N - FU \left[\frac{T_m - T_a}{I} \right] \quad (1.1)$$

Donde:

η = Rendimiento del captador.

F = Factor de eficacia o coeficiente de transporte de calor.

τ = Transmitancia de la cubierta transparente.

α = Absortancia de la placa absorbente.

U = Coeficiente global de pérdidas [$W/(m^2\text{°C})$].

T_m = Temperatura media de la placa absorbente [°C].

T_a = Temperatura ambiente [°C].

I = Radiación incidente total sobre el captador por unidad de superficie [W/m^2], es decir, intensidad radiante.

El producto $(\tau\alpha)_N$ representa la radiación directa con incidencia normal, además al producto $F(\tau\alpha)_N$ se le conoce como rendimiento óptico del captador.

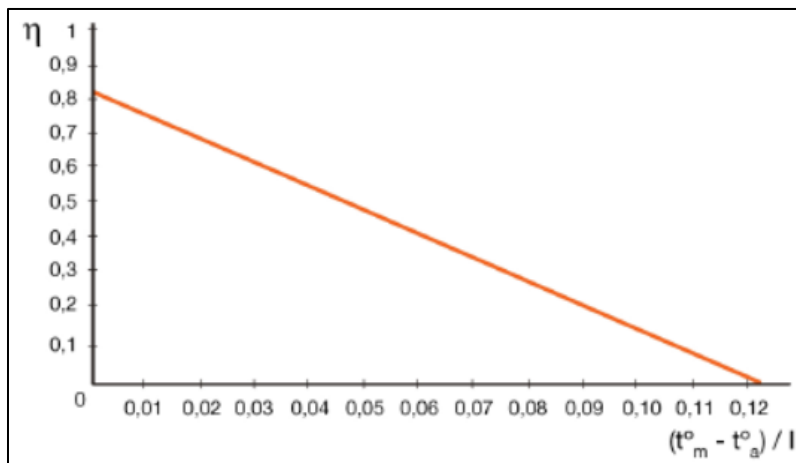
El factor F , mayoritariamente, está en función del caudal del fluido y de las características de la placa (material, espesor, distancia entre tubos, etc.).

La temperatura media de la placa absorbente se puede calcular como la semisuma de la temperatura de entrada a la placa (t_e°) y la temperatura de salida (t_s°).

Para fines prácticos se puede tomar los valores de F , U y el producto $(\tau\alpha)_N$ como constantes, de esta forma se aproxima, con bastante precisión, la curva del rendimiento del captador al de una recta (ver figura 13)

Figura 13

Curva característica aproximada de un c.p.p.



Nota. Tomado de Certificación energética (2015)

1.4.3 Captador de tubo de vacío

Al transformar la energía solar en energía térmica se presentan pérdidas por radiación, conducción y convección; para disminuirlas cuando se usan captadores de placa plana, normalmente se opta por una cubierta de vidrio (simple o doble), juntamente con un tratamiento selectivo de la placa y la evacuación del aire en el interior del colector; otra manera, es utilizar captadores de tubo de vacío, debido a sus menores coeficientes de pérdidas respecto a los de placa plana.

El vacío, además de disminuir las pérdidas, permite que la influencia de las condiciones climáticas del ambiente sobre los materiales empleados disminuya, mejorando así la durabilidad del sistema y su rendimiento global.

Cuando se aplica un vacío en torno a 0.001 atmósferas, se puede conseguir la eliminación de las pérdidas por convección; si se desea eliminar también las pérdidas por conducción se necesitará aplicar un vacío inferior a 10^{-6} atmósferas, obtener estas condiciones de vacío en placas planas es muy complicado, sin embargo, la técnica de vacío utilizada por los fabricantes de tubos fluorescentes permite obtener dichas condiciones, por lo cual mediante esta tecnología se ha podido construir los colectores solares de vacío que se comercializan en la actualidad (Méndez Muniz & Cuervo García, 2008).

1.4.4 Fluido caloportador

El fluido calorportador es el que circula por el circuito primario, normalmente es una mezcla de agua con anticongelante, pero es posible utilizar solo agua sin aditivos si se toman las medidas que garanticen la total ausencia de riesgo de congelación.

1.4.5 Acumuladores de ACS

Es poco común que en las aplicaciones de ACS la potencia instantánea generada por los captadores solares pueda satisfacer la demanda energética, por lo cual es fundamental contar con un sistema de acumulación de agua caliente.

Una ventaja interesante de tener este sistema es disponer de energía térmica incluso en momentos del día en los cuales se cuente con poca o nula radiación solar.

El almacenamiento de energía solar mediante agua caliente presenta diversas ventajas, debido a que el agua es económica, fácil de manejar, tiene una alta capacidad calorífica y al mismo tiempo es el fluido utilizado para el consumo.

Los materiales para los acumuladores por lo general son el acero, acero inoxidable, aluminio y la fibra de vidrio reforzada. El acero inoxidable es el mejor material para estas aplicaciones, la única desventaja es su alto costo.

Para acumuladores con capacidad mayor o igual a 750 L, es necesario que dispongan de un manhole, el cual es una gran abertura circular, cerrada herméticamente mediante una tapa empernada, la cual puede ser retirada para las labores de mantenimiento figura 14.

Figura 14

Manhole situada en la parte inferior de un acumulador con la tapa retirada



Nota. Tomado de Guldager electrolisis (2015)

Existen 2 tipos de acumuladores según la ubicación del intercambiador de calor:

- Depósito acumulador: el intercambiador de calor se encuentra en el exterior del acumulador.
- Depósito interacumulador: en este tipo de acumulador el intercambiador de calor se encuentra dentro de él.

El empleo de uno u otro depende del tamaño de la instalación solar, por lo general si la instalación es pequeña se hace uso de interacumuladores, en caso contrario, se utilizan sistemas de intercambio externo.

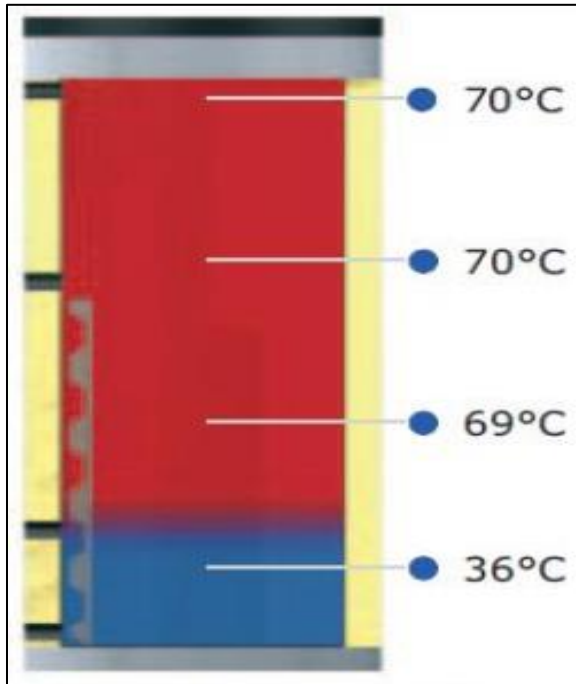
Existe un efecto conocido como efecto de estratificación que consiste en la división del contenido de agua dentro del acumulador debido a la diferencia de densidades, que a su vez se debe a la diferencia de temperaturas. El agua fría se concentra en la parte inferior del acumulador, y el agua caliente en la superior (ver figura 15).

El efecto de estratificación es importante por dos motivos:

- Se necesita que el agua que interactúe con los captadores solares sea lo más fría posible (agua de la parte inferior del acumulador), para poder obtener el mayor rendimiento de los captadores.
- Se necesita que el agua de la parte superior sea lo más caliente posible (agua de la parte superior del acumulador), debido a que será la utilizada para atender las demandas energéticas de la instalación.

Figura 15

Efecto de estratificación presente en un acumulador



Nota. Tomado de Solarweb (s.f.)

1.4.6 Intercambiadores

Cuando se mezclan dos fluidos, que se encuentran a distintas temperaturas, la mezcla final, después de cierto tiempo, alcanza una temperatura intermedia, un intercambiador tiene el objetivo de realizar esto, pero sin mezclar los fluidos.

El intercambio de energía entre estos dos fluidos es directamente proporcional a la superficie de intercambio y a la diferencia de temperaturas entre ambas caras.

Además, en el intercambio también influye el coeficiente de transmisión K del material de la pared y su espesor, de esta manera se puede plantear la ecuación (1.2).

$$Q = K \cdot \frac{S \cdot (T_C - T_F)}{e} \quad (1.2)$$

Donde:

Q = Potencia del intercambiador.

K = Coeficiente de transmisión.

S = Superficie de intercambio.

T_C = Temperatura cara más caliente.

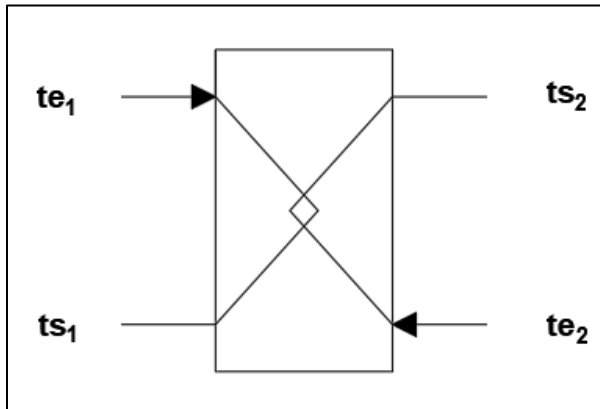
T_F = Temperatura cara más fría.

e = espesor.

En un intercambiador de calor se cuenta con dos circuitos. El circuito primario, que contiene al fluido más caliente del sistema; y el secundario, que cuenta con la parte más fría y por ende absorbe el calor del primario (ver figura 16).

Figura 16

Esquema básico de un intercambiador de calor



Nota. Tomado de Energía solar térmica (Méndez Muniz & Cuervo García, 2008).

Donde:

te_1 = temperatura de entrada del fluido del circuito primario.

ts_1 = temperatura de salida del fluido del circuito primario.

te_2 = temperatura de entrada del fluido del circuito secundario.

ts_2 = temperatura de salida del fluido del circuito secundario.

La cantidad de calor transmitido entre ambos fluidos se puede escribir, de manera ideal, según la ecuación (1.3).

$$Q = F_1 \cdot Ce_1 \cdot (te_1 - ts_1) = F_2 \cdot Ce_2 \cdot (ts_2 - te_2) \quad (1.3)$$

Donde:

F_1 = Flujo másico del circuito primario.

F_2 = Flujo másico del circuito secundario.

Ce_1 = Calor específico del fluido del circuito primario.

Ce_2 = Calor específico del fluido del circuito secundario.

Para obtener mejores resultados, los sistemas de intercambio adoptan formas de manera tal que se obtienen las máximas superficies posibles respecto al volumen contenido.

Existe infinidad de tipos de intercambiadores, pero los más utilizados debido a su sencillez son:

Intercambiadores de tubos concéntricos.

Intercambiadores de haz tubular y serpentín.

Intercambiadores de doble pared.

Intercambiadores de placas.

1.4.7 Bombas circuladoras

Para poder vencer las pérdidas de carga, en accesorios y tuberías del circuito hidráulico, es necesario el uso de circuladores. Solo en aquellos sistemas que funcionen por el principio de termosifón (ver apartado 1.5.1) los circuladores no son necesarios.

Las bombas que se utilizan en los sistemas térmicos son bombas centrífugas.

1.4.8 Tuberías

Los conductos o tuberías tienen el objetivo de transportar el fluido y, también, de conectar los elementos principales de la instalación.

Los materiales utilizados para los conductos del circuito primario son el cobre y el acero inoxidable, mientras que para el secundario se suele utilizar el cobre, acero inoxidable y materiales plásticos que soporten las temperaturas máximas del sistema de ACS.

Para la unión entre los conductos se hace uso de uniones roscadas, soladas o embreadas, las cuales deben contar con una pintura de protección anticorrosiva.

Las pérdidas térmicas más importantes en los conductos son las pérdidas por convección, por lo cual es necesario utilizar aislamiento en los conductos y accesorios, solo se dejarán descubiertos aquellos elementos en los que sea imprescindible esto para su buen funcionamiento.

1.4.9 Vasos de expansión

En los sistemas de ACS se tienen fluidos cuyas temperaturas están en constante variación, esto genera cambios de volumen en los fluidos, para poder absorber la dilatación provocada por estos cambios es necesario un sistema de expansión.

Los sistemas de expansión pueden ser:

Abiertos: se utilizan en instalaciones en circuito abierto a la atmósfera.

Cerrados: se utilizan cuando la instalación es un circuito cerrado a la atmósfera, por lo cual la presión puede ser mayor a la atmosférica.

1.4.10 Válvulas

Son aquellos elementos que permiten regular e interrumpir el paso de agua en el sistema, entre las principales se tienen:

Válvulas de seguridad: limitan la presión dentro del circuito hidráulico.

Para asegurar que la válvula de seguridad está trabajando correctamente, es conveniente usar el embudo de desagüe, el cual recoge el fluido que la válvula libera.

Válvulas de retención o antirretorno: se emplean para asegurar que el fluido recorra el circuito hidráulico en un solo sentido.

Válvulas de equilibrado: modifican automáticamente las pérdidas de carga en un circuito hidráulico para mantener los caudales constantes, con lo que se consigue un equilibrio hidráulico.

Válvulas termostáticas: según el CTE (Código Técnico de la Edificación de España), para evitar quemaduras en los usuarios, es necesario la instalación de un sistema automático de mezcla u otro sistema que evite que se sobrepase los 60 °C; es en estos casos donde se utilizan las válvulas termostáticas.

1.4.11 Accesorios

Además de los elementos ya mencionados, se tienen distintos accesorios, entre los cuales se destacan:

Purgadores y desaireadores.

Separador de burbujas.

Manómetros e hidrómetros.

Termómetros.

Reductores de presión.

1.5 Clasificación de sistemas solares térmicos

Analizando el funcionamiento de las instalaciones solares térmicas, se pueden establecer distintos criterios para clasificarlas, de las cuales se han seleccionado dos.

1.5.1 Según el sistema de circulación del fluido primario

La circulación del fluido se puede realizar de las siguientes formas:

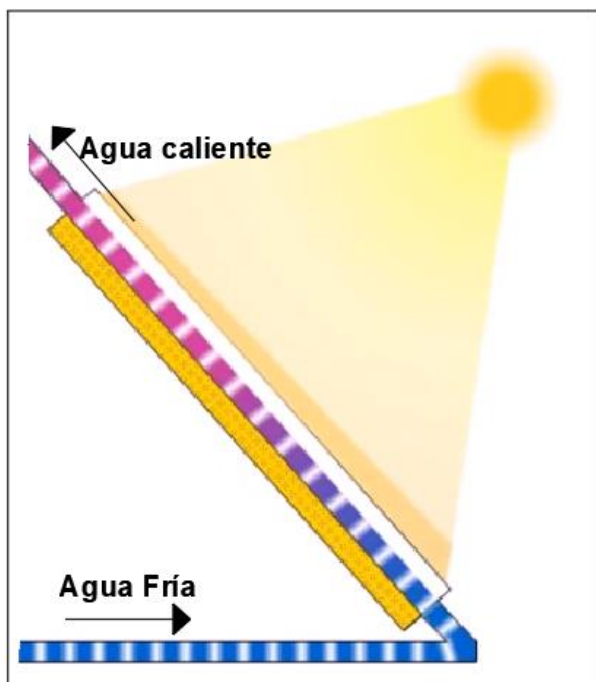
Con el empleo de bombas o circuladores; es decir, un sistema de circulación forzada.

Utilizando un sistema natural por termosifón: debido a los cambios de densidad provocados por la variación de la temperatura, el agua fría que ingresa por la parte inferior del captador (ver figura 17) asciende de manera natural. Una característica de este sistema es que es necesario ubicar el depósito acumulador por encima de los captadores.

Cuando se trabaja con sistemas térmicos utilizando el efecto termosifón, las demandas de agua caliente suelen no ser tan grandes, por ejemplo, se podría utilizar en una vivienda unifamiliar o en algún pequeño negocio, en aplicaciones cuyas demandas son más grandes se debe optar por utilizar sistemas con circulación forzada en el circuito primario.

Figura 17

Circulación del fluido por el captador por efecto termosifón



Nota. Tomado de energía solar térmica (Youtube,2012)

1.5.2 Según la forma de intercambio de calor entre circuito primario y secundario

Las instalaciones pueden ser con intercambio directo o indirecto.

Directa: este tipo de sistemas, constan de un único circuito entre los colectores y el agua de consumo, es decir, el agua que circula por las captadores será la utilizada por los consumidores, por lo cual, dicha agua no tendrá ningún tipo de anticongelante.

Indirecto: se hace uso de dos circuitos independientes, por el primario circula el fluido calorportador que no será apto para el consumo, y por el secundario el agua utilizada en el sistema de ACS.

Existe, también, las siguientes: según el sistema de apoyo empleado en la producción de ACS y según el sistema de energía convencional que se adopte.

1.6 Principios básicos para el óptimo aprovechamiento de la energía solar térmica

Se proponen cuatro principios o normas fundamentales para poder prevenir muchos de los síntomas más frecuentemente observados en los sistemas solares de ACS, éstos deben constituir una “filosofía solar” que permita obtener diseños correctos (Méndez Muniz & Cuervo García, 2008), (Promotora general de estudios, S.A., 2007).

1.6.1 Primer principio: Captar el máximo posible de energía solar

Se puede presuponer que para cumplir este principio solamente se debe tener una buena orientación e inclinación de los captadores solares, y haber realizado un buen dimensionamiento, tal y como se estudiará en el capítulo 3, pero, además el sistema debe regular la captación de la energía solar para que se convierta en energía útil.

Esta regulación se consigue midiendo y comparando continuamente los niveles de temperatura en los captadores y en el almacenamiento, para esto se deberá utilizar la regulación diferencial. Según el CTE, el sistema de control no activará las bombas de circulación entre el circuito primario y secundario, si la diferencia de temperatura es menor a 2 °C, y no estarán paradas cuando la diferencia sea mayor a 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor a 2 °C.

Los sistemas que solo dispongan de un simple termostato que prefija una determinada temperatura en el captador o en el almacenamiento, utilizándola como el único parámetro de funcionamiento, deben ser excluidos.

1.6.2 Segundo principio: Consumir prioritariamente la energía solar

Debido a que la energía solar es gratis a diferencia de la convencional, en un escenario ideal sería conveniente solo hacer uso de la energía solar, haciendo uso de la segunda solo cuando la energía solar se encontrase agotada. Esto solo se conseguiría adaptando la demanda a la captación que se tenga con el sistema, lo cual no es viable.

En cualquier caso, para cumplir con este principio resulta imprescindible separar la acumulación solar de la convencional.

1.6.3 Tercer principio: Asegurar la correcta complementariedad entre la energía solar y la convencional

Este principio es consecuencia de los anteriores, estos principios llevan a precalentar toda el agua que se consumirá.

Normalmente, la temperatura obtenida por el sistema solar térmico es inferior a la de consumo, por lo cual, la complementariedad ideal consistiría en obtener la temperatura de consumo final añadiendo la mínima energía auxiliar necesaria.

Esto se puede obtener, situando el generador instantáneo de energía de apoyo a la salida del acumulador solar, este sistema de apoyo debe aportar la energía necesaria, variable en función de la temperatura obtenida en el precalentamiento.

1.6.4 Cuarto principio: No calentar la acumulación solar con el sistema auxiliar

Si se han respetado los tres principios anteriores, en la mayoría de los casos es posible cumplir con este último principio.

Para respetar este principio, los depósitos de la acumulación solar y de la convencional deben estar separados.

Aparte de la coexistencia de estos dos depósitos, existen otros factores que pueden destruir la separación térmica de un sistema, como son:

Efectos parásitos por termosifón, lo cual puede evitarse utilizando válvulas antirretornos, o si es posible situando la acumulación solar a una altura menor a la de apoyo.

Circuitos de recirculación para retorno de ACS mal concebidos.

Errores diversos en el diseño de la regulación





Capítulo 2

Definición, estudio y análisis de usuario potenciales

Este capítulo tiene por objetivo definir a todos los usuarios potenciales escogidos para el estudio, además se mencionan las aplicaciones específicas de ACS.

Se define el concepto de unidades de consumo (U.C.) según usuario y se cuantifican utilizando información pública y levantamiento de información campo. Esto permite estimar el número actual de U.C. y, mediante el método de regresión lineal, estimar su evolución para el año 2030. El objetivo principal es planificar a largo plazo, identificar oportunidades de mercado y promover el uso de energías renovables, todo ello en línea con las metas de sostenibilidad energética y medioambiental.

Esta propuesta tiene como área de estudio el distrito de Piura; y la metodología utilizada puede replicarse en cualquier otro distrito, provincia o departamento del Perú.

2.1 Usuarios y unidades de consumo

Una unidad de consumo se define como el elemento de medida utilizado para calcular la demanda de agua caliente de cada usuario, por ejemplo, una U.C. en un hospital es una cama y en un gimnasio un m². Para el cálculo del consumo de los usuarios se trabajará con los valores de la tabla 2.

Tabla 2

Unidades de consumo seleccionado según usuario

Usuario	Unidades de consumo (U.C.)	Consumo diario unitario o CDU (l/U.C. día)
Vivienda	N° de personas	30 ⁵
Hospitales y clínicas con hospitalización	N° de camas	250
Consultorios médicos	N° de consultorios	130
Clínicas dentales	N° de unidades dentales	100
Hoteles	N° de habitaciones	150
Colegios	N° de personas (alumnos y personal residente)	3
Universidades	N° de personas (alumnos y personal residente)	3 ⁵
Gimnasios	N° de m ² útiles	10 ⁵
Lavanderías	kg de ropa	4 ⁵
Restaurantes	N° de m ² útiles	15

Nota. Adaptado de (Ayuntamiento de Madrid, 2003), (Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, 2006).

⁵ Valor brindado por el Ayuntamiento de Madrid (Ayuntamiento de Madrid, 2003)

En restaurantes, según la norma peruana, se establecen diferentes valores para la cantidad de litros de agua necesarios según el tamaño del local. Para áreas menores a 40 m², se requiere un mínimo de 900 litros. En el rango de 41 a 100 m², se consideran 15 litros por metro cuadrado. Para restaurantes con más de 100 m², se estipulan 12 litros por metro cuadrado. No obstante, debido a que se llevó a cabo un muestreo y con el objetivo de simplificar el proceso, se ha decidido tomar un valor intermedio de 15 litros por m para cualquier tamaño de restaurante. Esto permitirá no tener que considerar el tamaño puntual de cada local.

2.2 Viviendas unifamiliares y multifamiliares

Las viviendas unifamiliares se definen como edificios en los cuales vive únicamente una familia, mientras que en las multifamiliares conviven dos o más familias. Se utilizarán proyecciones de habitantes a nivel distrital brindadas por el INEI (véase tabla 3).

Tabla 3

Unidades de consumo seleccionado según usuario

Proyecciones poblacionales al 2015 por distrito				
Año	Proyecciones*	Proyecciones	Censo	N° Habitantes
2005	247943	121187	-	121186
2006	263113	128601	-	128601
2007	267338	130666	260363	127257
2008	271519	132710	-	132710
2009	275707	134757	-	134756
2010	279927	136820	-	136819
2011	284198	138907	-	138907
2012	288489	141004	-	141004
2013	292784	143104	-	143103
2014	297062	145195	-	145194
2015	301311	147271	-	147271
2017	-	-	158495	158495
2018	-	169213	-	169213
2019	-	173672	-	173672
2020	-	177748	-	177748
2021	-	181371	-	181371
2022	-	184732	-	184732
2023	-	-	-	185007
2030	-	-	-	210748

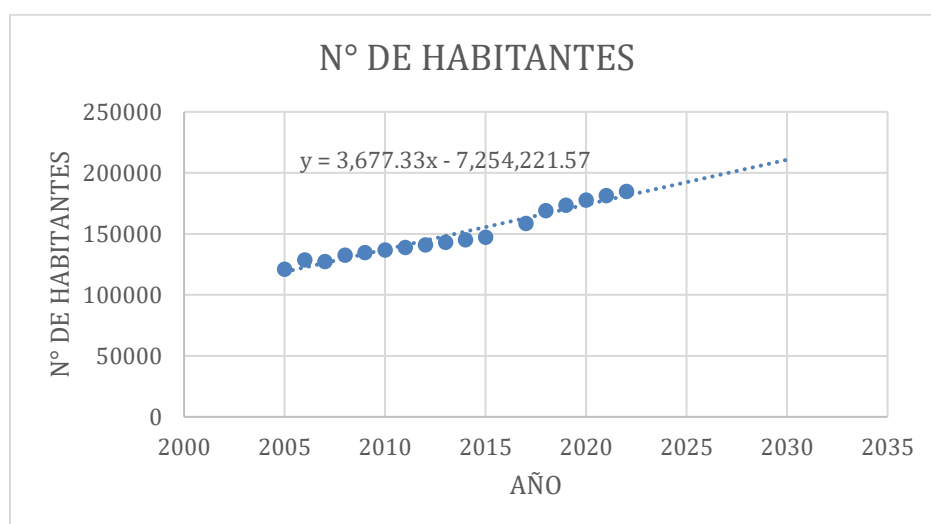
Nota. Adaptado de Instituto Nacional de Estadística (2007), (2010), (2018), (2022)

El INEI presentó proyecciones (2010) para el período 2005-2015 del distrito de Piura (Columna Proyecciones*), sin embargo, en el 2013, Piura fue dividido en 02 distritos, Veintiséis de Octubre y Piura (Universidad de Piura, 2013). De acuerdo con el censo del 2017, Piura contaba con 158495 habitantes (equivalente a 49%) mientras que Veintiséis de Octubre con 165779; de un total de 324274 habitantes (51%), el porcentaje indicado se utilizó para recalcular las proyecciones del INEI para el período 2005-2015 (Columna Proyecciones). Para el período 2018-2022, el INEI también presentó proyecciones (2022).

Usando las proyecciones del INEI del 2005-2015, 2018-2022 y el censo del 2017, se ha utilizado el método de regresión lineal para estimar el número de habitantes para el 2023 y 2030 (ver tabla 3 y figura 18).

Figura 18

Línea de tendencia de habitantes de Piura



Nota. Elaboración propia a partir de INEI (2007), (2010), (2018), (2022)

2.3 Unidades productoras de servicios de salud

Una Unidad Productora de Servicios de salud (UPS) se define como:

“La unidad básica funcional del establecimiento de salud constituida por el conjunto de recursos humanos y tecnológicos en salud (infraestructura, equipamiento, medicamentos, procedimientos clínicos, entre otros) organizada para desarrollar funciones homogéneas y producir determinados servicios, en relación directa con su nivel de complejidad”. (MINSa, 2011).

En la Norma Técnica I.S 010 Instalación Sanitaria para edificaciones que rige en Perú, se menciona las UPS con el título “Hospitales, clínicas y similares”, dicha norma divide a las UPS, para temas de agua caliente sanitaria, en: Hospitales y clínicas con hospitalización, consultorios médicos y clínicas dentales.

Esta clasificación no coincide exactamente con la brindada por la Norma Técnica de Salud, pero para efectos de cálculo y a fin de evitar complicaciones, se considera que es una clasificación aceptable y se utilizará.

La SUSALUD (Superintendencia Nacional de Salud), en su página web (SUSALUD, 2023) ofrece información de libre acceso al Registro Nacional de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (RENIPRESS), gracias a ello se puede tener información de todas las UPS del Perú. Piura cuenta con 409 UPS entre establecimientos públicos y privados, de los cuales 85 son centros odontológicos⁶, además existen establecimientos sin esta clasificación⁷ pero que desarrollan actividades similares, que son 32, obteniéndose un total de 117 clínicas dentales; 16 son clínicas y hospitales con internamiento, el resto, 276 UPS, son centros médicos especializados, postas, centros ópticos, entre otros, sin embargo, con la intención de incluir también a estas UPS, se las agrupará⁸ junto con los consultorios médicos, es decir, se contemplarán 276 centros médicos.

Se visitaron 13 de las 16 clínicas y hospitales que, según indica la SUSALUD, cuentan con internamiento, sin embargo, aproximadamente la mitad de ellos mencionaron que no cuentan con este servicio. Respecto a las clínicas dentales, se visitaron 14 establecimientos. Los datos definitivos del número de camas con internamiento se pueden observar en la tabla 4; a su vez en la tabla 5 se puede ver los datos obtenidos de las clínicas dentales. Finalmente se consolidan los datos de UPS en la tabla 6.

Tabla 4

Número de camas en UPS con internamiento

Nombre	Número de camas
UPS 1	10
UPS 2	50
UPS 3	12
UPS 4	75
UPS 5	5
UPS 6	8
Total	160

Tabla 5

Número de unidades dentales en clínicas de Piura

Nombre	Unidades dentales	Nombre	Unidades dentales
Clínica dental 1	3	Clínica dental 8	4
Clínica dental 2	2	Clínica dental 9	2
Clínica dental 3	1	Clínica dental 10	5

⁶ Ingresan en la categoría de clínicas dentales para el cálculo de la demanda de ACS.

⁷ Su clasificación es la de consultorio médicos y de otros profesionales de la salud.

⁸ Debido a que realizan actividades similares, y no cuentan con unidades dentales ni servicios de internamiento.

Clínica dental 4	8	Clínica dental 11	5
Clínica dental 5	3	Clínica dental 12	3
Clínica dental 6	1	Clínica dental 13	3
Clínica dental 7	1	Clínica dental 14	3
		Total	44

Tabla 6

Número de unidades dentales en clínicas de Piura

Tipo de UPS	U.C.
Hospitales y clínicas con hospitalización	160
Clínicas dentales ⁹	115
Consultorios Médicos	276

2.4 Hoteles

Los hoteles son establecimientos de hospedaje que cuenta con diversas habitaciones, además ofrecen otros servicios, por ejemplo: lavandería, servicios de comida, gimnasios, piscinas, etc.

Los hoteles se categorizan de una a cinco estrellas y deben cumplir con los requisitos establecidos por el MINCETUR (Ministerio de Comercio exterior y Turismo).

La información disponible de hoteles corresponde a los años comprendidos entre 2004 y 2018 (ver tabla 7), para calcular las demandas se ha utilizado el método de regresión lineal (ver figura 19).

Tabla 7

Número de habitaciones por año en hoteles de Piura

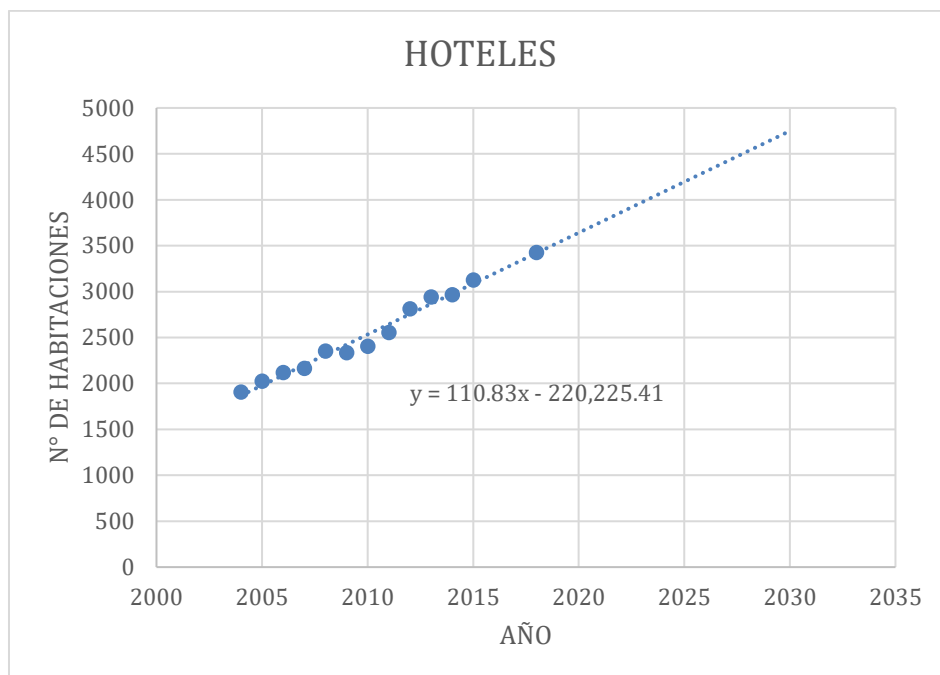
Año	Número de habitaciones	Año	Número de habitaciones
2004	1908	2011	2556
2005	2025	2012	2814
2006	2119	2013	2942
2007	2165	2014	2968
2008	2355	2015	3128
2009	2337	2018	3426
2010	2406	2023	3973
		2030	4749

Nota. Elaboración propia a partir de Municipalidad Provincial de Piura (2013), (2015), (2016), (2018)

⁹ Los 71 establecimientos no considerados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se asumirán que cuentan con 1 sola unidad dental, obteniéndose en total 115 unidades dentales.

Figura 19

Línea de tendencia del número de habitaciones por año en hoteles de Piura



Nota. Elaboración propia a partir de Municipalidad Provincial de Piura (2013), (2015), (2016), (2018)

2.5 Colegios

Según el Ministerio de Educación (2005), los colegios se definen como instituciones destinadas a la enseñanza inicial, primaria y secundaria.

- Nivel de Educación Inicial: se ofrece a niños menores de 6 años y se desarrolla de forma escolarizada y no escolarizada. Contribuye al desarrollo integral de los niños, tomando en cuenta su crecimiento social, afectivo a expresión oral y artística, la psicomotricidad y el respeto de sus derechos.
- Nivel de Educación Primaria: constituye el segundo nivel de la Educación básica en el Perú, tiene una duración de seis años y su finalidad, al igual que los otros niveles, es la de educar íntegramente a niños.
- Nivel de Educación Secundaria: constituye el tercer nivel de la Educación básica en el Perú, y tiene una duración de cinco años. Ofrece una educación integral a los estudiantes mediante una formación científica, humanista y técnica.

Los colegios a su vez pueden ser públicos (la propiedad del colegio pertenece al estado) o privados (institución con fines de lucro).

En el Perú los colegios están bajo la jurisdicción del MINEDU (Ministerio de Educación).

Los datos obtenidos corresponden a los años comprendidos entre 2014-2022 (ver tabla 8), además se ha usado el método de regresión lineal para calcular el número de personas del 2023 y 2030 (ver figura 20).

Tabla 8

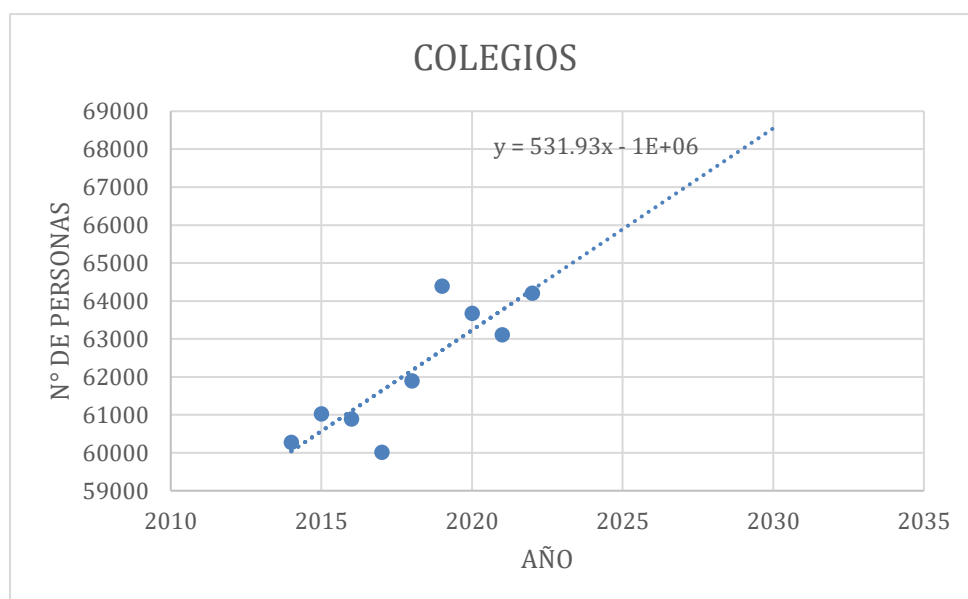
Número total de personas¹⁰ por año en colegios de Piura

Año	Personas	Año	Personas
2014	60276	2019	64390
2015	61030	2020	63678
2016	60894	2021	63113
2017	60019	2022	64208
2018	61897	2023	64826
		2030	68550

Nota. Elaboración propia a partir de Ministerio de educación (2023)

Figura 20

Línea de tendencia del número de personas por año en colegios



Nota. Elaboración propia a partir de Ministerio de educación (2023)

2.6 Universidades

Las universidades son instituciones orientadas a la investigación y a la docencia, tienen el fin de brindar una formación humanista, científica y tecnológica con una clara conciencia de nuestro país como realidad multicultural. Se encuentran formadas por docentes, estudiantes y graduados. (Ministerio de Educación, 2014).

Al igual que los colegios, las universidades pueden ser públicas o privadas.

¹⁰ Considerando alumnos, docentes y personal no docente del segundo ciclo regular de cada año.

Piura cuenta con 4 universidades:

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote (ULADECH).

Universidad César Vallejo (UCV).

Universidad de Piura (UDEP).

Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO).

Universidad Tecnológica del Perú (UTP)

En este trabajo de investigación no se considera a la Universidad Privada Antenor Orrego ni a la Universidad Tecnológica del Perú, debido a que el INEI no cuenta con información de estas entidades. Además, dado que el año 2020 fue el inicio de la pandemia del Coronavirus, no se utilizarán estos datos para realizar las proyecciones.

Para la ULADECH se usará el período del 2017-2020 para las proyecciones, del 2016 no existe data. El consolidado de la información y proyecciones se observa en la tabla 8 y figura 21.

Tabla 9

Número total de personas¹¹ por año en universidades de Piura

Año	UDEP	UCV	ULADECH
1997	4099	-	-
1998	4162	-	-
1999	4455	-	-
2000	4168	-	-
2001	4987	-	-
2002	5546	-	-
2003	5631	-	-
2004	6338	-	-
2005	5878	-	-
2006	5635	4514	-
2007	5867	4647	-
2008	6080	4864	-
2009	6261	5211	-
2010	6418	5719	-
2011	6328	5632	-
2012	6330	3846	-
2013	6458	5091	-
2014	7007	5091	-
2015	7877	5236	6037*
2016	8130	4980	-
2017	8790	7013	7424

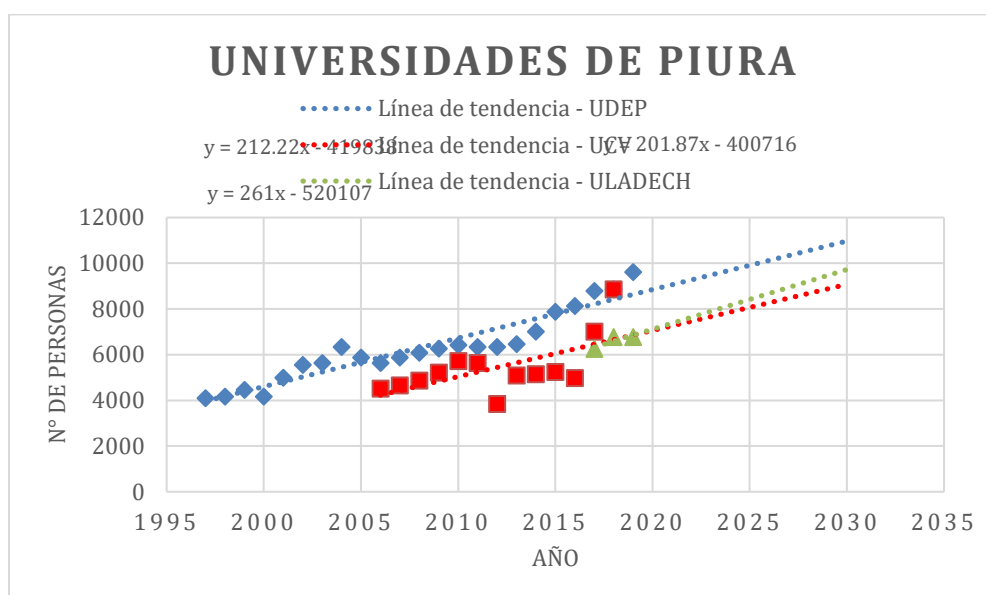
¹¹ Considerando alumnos, docentes y personal no docente de la segunda mitad del año, es decir, el segundo ciclo regular de cada año.

2018	8858	8860	6763	
2019	9616	-	6766	
2020	6694*	-	-	
2023	9484	7662	7896	Total
2030	10969	9075	9723	25042
2018	8858	8860	6763	26392

Nota. *Valores que no se usarán en las proyecciones. Elaboración propia a partir de Municipalidad de Piura (2013), (2015), (2016), (2018), (2023).

Figura 21

Línea de tendencia del número de personas por año en la UDEP, UCV y ULADECH



Nota. Elaboración propia a partir de Municipalidad de Piura (2013), (2015), (2016), (2018), (2023).

2.7 Gimnasios

Los gimnasios son establecimientos en los cuales los usuarios realizan algún tipo de actividad física; además, la infraestructura suele contar con diversos tipos de elementos que ayudan a este fin, tales como, pesas, cintas para correr, máquinas y SSHH.

Las personas que asisten a un gimnasio después de terminar su rutina de ejercicios por lo general toman una ducha, el servicio de agua caliente en este caso es muy importante, debido a que bañarse con agua caliente tiene diversos beneficios, por ejemplo: favorecer la dilatación de vasos sanguíneos lo que permite una mejor recuperación muscular, aumentar el flujo sanguíneo y brindar síntomas de relajación (Rosas Maldonado, 2013).

Se visitaron y midieron 6 gimnasios, cuyas dimensiones se observan en la tabla 10.

Tabla 10*Área de zona de ejercicios en gimnasios*

Nombre	Área (m ²)
Gimnasio 1	365.5
Gimnasio 2	46.5
Gimnasio 3	246.9
Gimnasio 4	249.2
Gimnasio 5	201.8
Gimnasio 6	180.4
Promedio	215

Para el 2018 existían 18 gimnasios en Piura (Municipalidad provincial de Piura, 2018), teniendo un promedio de 215 m² por gimnasio y considerando constante la cantidad de gimnasios en el tiempo, se obtiene un área de 3870 m².

2.8 Lavanderías

Las lavanderías son edificios, o espacios dentro de edificios, donde se llevan a cabo procesos de limpieza, secado y planchado de las prendas de vestir, la ropa de cama, etc. Dentro de estos locales se puede encontrar personal que realiza el trabajo o en algunos casos son los propios clientes los encargados de realizarlo.

La mayoría de las sábanas, edredones, toallas y ciertas prendas de vestir necesitan agua caliente para ser lavadas, debido a que de esta forma se tiene la ventaja de obtener un desmugre seguro, mejor tratamiento de las telas y una desinfección implacable; normalmente se utiliza energía eléctrica para calentar el agua, lo cual resulta poco económico. Según el museo Smithsonian estadounidense, el 75 % de la energía eléctrica se suele utilizar para calentar el agua (24horas, 2015), si se contara con un sistema de energía solar térmica, este valor podría disminuir considerablemente.

Se realizó un mapeo del distrito y se identificaron 5 lavanderías, cuya información se muestra en la tabla 11.

Tabla 11*Capacidad diaria de lavanderías en Piura*

Nombre	Información	Capacidad instalada (kg/hora)	Capacidad diaria (kg)
Lavandería 1	4 lavadoras de 6kg	24	201.6
Lavandería 2	6 lavadoras de 10 kg	90	756
Lavandería 3	4 lavadoras de 15 kg	60	504
Lavandería 4	3 lavadoras de 6kg + 2 lavadora de 20kg	58	487.2
Lavandería 5	1 lavadora 50 kg + 4 de 10 kg	90	756
		Total	2704.8

Se consideró que las lavanderías trabajan 12 horas diarias con una capacidad de utilización de 70 % (Porras, 2008), obteniendo finalmente 2704.8 kg de ropa diariamente, debido a que no se cuenta con información, se considerará este valor constante en el tiempo.

2.9 Restaurantes

Los restaurantes son establecimiento que expenden bebidas y comidas al público, las cuales son preparadas en dicho local. Su funcionamiento se rige bajo las condiciones señaladas por el MINCETUR en el DECRETO SUPREMO N° 025-2014.

El uso de agua caliente en estos establecimientos supone un ahorro económico, debido a que es viable realizar un precalentamiento (llevar la temperatura del agua a 60 °C), y posteriormente un calentamiento final con la cocina, lo que se genera un ahorro de gas o electricidad.

Además, lavar los utensilios de cocina y la vajilla con agua caliente, reduce el tiempo de lavado, permitiendo ahorrar agua y tener más tiempo para cocinar.

Según la Municipalidad de Piura (2018) existen 273 restaurantes en Piura, considerando un nivel de confianza del 90% y un margen de error de 10%, se requiere una muestra de 55 restaurantes (surveymonkey, s.f.), los cuales se visualizan en la tabla 12.

Tabla 12

Área de comedores en restaurantes de Piura

Restaurante	Área (m ²)	Restaurante	Área (m ²)	Restaurante	Área (m ²)
Restaurante 1	26.6	Restaurante 18	42.7	Restaurante 35	197.5
Restaurante 2	19.9	Restaurante 19	39.9	Restaurante 36	30.9
Restaurante 3	55.5	Restaurante 20	39.9	Restaurante 37	11.4
Restaurante 4	29.9	Restaurante 21	19.0	Restaurante 38	103.0
Restaurante 5	17.1	Restaurante 22	179.4	Restaurante 39	76.9
Restaurante 6	26.6	Restaurante 23	28.5	Restaurante 40	129.1
Restaurante 7	126.3	Restaurante 24	38.0	Restaurante 41	250.7
Restaurante 8	61.7	Restaurante 25	36.6	Restaurante 42	266.3
Restaurante 9	36.6	Restaurante 26	25.6	Restaurante 43	88.8
Restaurante 10	37.0	Restaurante 27	47.5	Restaurante 44	28.5
Restaurante 11	144.3	Restaurante 28	45.6	Restaurante 45	73.1
Restaurante 12	16.6	Restaurante 29	45.6	Restaurante 46	132.9
Restaurante 13	93.0	Restaurante 30	47.0	Restaurante 47	125.3
Restaurante 14	47.0	Restaurante 31	123.4	Restaurante 48	93.0
Restaurante 15	271.5	Restaurante 32	38.0	Restaurante 49	68.4
Restaurante 16	38.0	Restaurante 33	19.9	Restaurante 50	28.5
Restaurante 17	52.2	Restaurante 34	52.2	Restaurantes 51-55	1456.4

Con los datos de la tabla 12 se calcula el área promedio de un restaurante que es 100.5 m².

Usando los datos del período 2015-2018, realizando una extrapolación lineal y usando el promedio de 100.5 m²/restaurante, se estima el área de restaurantes para el 2023 y 2030. (ver tabla 13 y figura 22).

Tabla 13

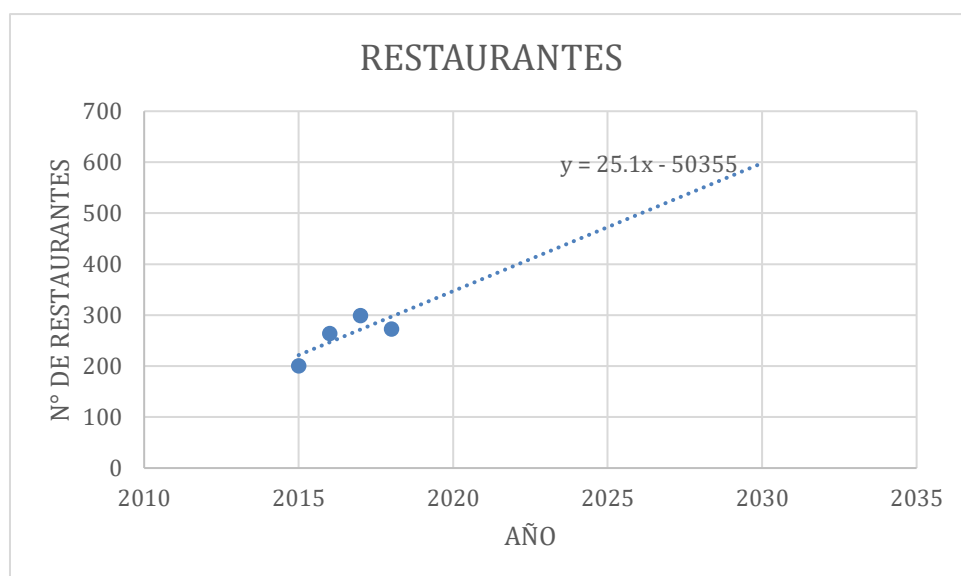
Área de restaurantes por año

Año	N° de restaurantes	U.C. (m ²)
2015	201	20200.5
2016	264	26532
2017	299	30049.5
2018	273	27436.5
2023	422	42411
2030	598	60099

Nota. Elaboración propia a partir de Municipalidad de Piura (2015), (2016), (2018).

Figura 22

Línea de tendencia del número de restaurantes por año



Nota. Elaboración propia a partir de Municipalidad de Piura (2015), (2016), (2018).

2.10 Piscinas

Las piscinas son construcciones o recipientes de grandes dimensiones, que se utilizan para nadar o practicar deportes acuáticos.

La necesidad de climatizar el agua en piscinas es para ofrecer confort térmico a las personas, sin embargo, si la fuente de calor es eléctrica el gasto de energía eléctrica es mayor al de otra fuente.

Aunque Piura es un distrito de clima caluroso, en los últimos años, se han registrado temperaturas fuera de lo habitual en los meses de otoño e invierno, muestra de ello son los 14.8 °C registrados el 29 de junio del 2022, según Estación meteorológica de UDEP, por lo cual es necesario la incorporación de sistemas para climatización de piscinas.

Para junio del 2023, Piura cuenta con 28 piscinas (MINSA, 2023), se han seleccionado únicamente 10 piscinas debido a que se ubican exclusivamente en zonas de esparcimiento y no en un restaurante u hotel (piscinas pequeñas). En total se obtiene un área como U.C. de 2861.2 m² (ver tabla 14) que se considerará constante en el tiempo. Cabe destacar que las piscinas en viviendas no serán consideradas.

Tabla 14

Áreas de las principales piscinas en Piura

Establecimiento	Área de piscina (m ²)	Fuente
Berendson Natación SRL	417.5	Encuesta
CONAFOVICER	312.5	Google earth
Club Revilla Nadadores	350.0	Google earth
Country club de Piura	300.0	Google earth
Club Grau	600.0	Google earth
Colegio de Ingenieros	150.0	Google earth
Casino Militar	431.2	MINSA
Revilla Swimming	300	MINSA
Sol y Arena	240	Google earth
Casa de Javier	100	Google earth
Total	2861.2	

Nota. Elaboración propia a partir de MINSA (2023)



Capítulo 3

Cálculo de superficies captadora

El objetivo de este capítulo es explicar la metodología desarrollada por el Centro de Estudios de la Energía (CENSOLAR) utilizada para calcular el consumo energético anual, la energía anual disponible y el número de captadores, además se presentará el cálculo de una entidad puntual (Hoteles) que permitirá mostrar todos los resultados del estudio.

El criterio seleccionado para este estudio establece que la aportación solar total en el período en el que la instalación está activa (todo el año), es igual al consumo, en otras palabras, se cumple que la fracción Aportación/Consumo del mes medio es igual a la unidad. El mes medio es aquel cuya relación Aportación/Consumo es igual al cociente entre la aportación solar total y el consumo total en el período en el cual la instalación permanece activa, dicho mes medio no debe coincidir obligatoriamente con alguno de los 12 meses naturales.

Según el criterio, para calcular la superficie de captadores solares, se necesitan dos magnitudes: el consumo energético anual y la energía anual disponible por metro cuadrado, el cociente de estos dos valores permitirá calcular la superficie captadora.

3.1 Cálculo del consumo energético

El consumo mensual de A.C.S., en m³, se calcula utilizando la ecuación (3.1).

$$\text{Consumo mensual de ACS} = \text{CDU} * \text{N}^\circ \text{ U. C} * \text{N}^\circ \text{ de días del mes} \quad (3.1)$$

Donde el CDU está expresado en m³.

El agua se calentará hasta 60 °C (Temperatura de referencia), tal como se mencionó en el capítulo 2, por lo que el salto térmico se define como la diferencia entre la temperatura del agua de la red y la temperatura de referencia (ver ecuación (3.2)).

$$\Delta T = T - T_{\text{RED}} \quad (3.2)$$

Se calcula la necesidad energética mensual, utilizando la ecuación (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), y se considera que el agua tiene una densidad de $1 \frac{\text{tonelada}}{\text{m}^3}$ ¹² y un calor específico (C_e) de $1 \frac{\text{termia}}{\text{tonelada} \cdot ^\circ\text{C}}$.

$$Q_{\text{mensual}} = m * C_e * \Delta T \quad (3.3)$$

Donde:

m = consumo mensual de ACS expresado en toneladas.

C_e= calor específico del agua, el cual varía conforme varía la temperatura, pero para efectos de cálculo se considerará constante.

¹² Debido a lo cual, el consumo mensual de ACS en m³ tendrá el mismo valor numérico que en toneladas.

Q= calor necesario para calentar la masa de agua hasta 60 °C

El valor de Q está expresado en termias, es necesario expresarlo en MJ, por lo que se usa un factor de conversión de $4.184 \frac{\text{MJ}}{\text{Termia}}$.

3.2 Cálculo de la energía disponible

Para el cálculo de la energía disponible, se deben evaluar dos aspectos: la energía solar que incide sobre los captadores (E: energía teórica aprovechable), y la energía que finalmente entrega el sistema al agua sanitaria (energía diaria disponible).

3.2.1 Energía teórica aprovechable

La energía teórica aprovechable E, es la energía en un día medio de cada mes que incidirá por m² de superficie captadora.

Para iniciar con el cálculo, se debe conocer la energía solar H que es aquella que incide sobre un m² de superficie horizontal en el día medio de cada mes (ver tabla 43 - anexo 1), dicho valor se debe multiplicar por un factor de corrección (F1):

Si la zona es montañosa o presenta atmósfera limpia el valor de F1 es 1.05.

Si la zona es polucionada el valor de F1 es 0.95.

La Universidad de Piura, en mayo del 2017, realizó un muestreo para evaluar la calidad de aire en Piura, en el que se registró 402,592 microgramos/m³, de partículas sólidas o polvo, cenizas, hollín, cemento, polen dispersas en la atmósfera, cuando el límite máximo es de 150 microgramos/m³ (2017), debido a estos resultados se considera F1 igual a 0.95.

Al obtener el producto de H y F1, que se conocerá como H corregida, se debe multiplicar dicho valor por dos factores: un factor K, que dependerá de la inclinación de los captadores y de la latitud del lugar, y un factor de corrección 2 (F2) que se debe a que la intensidad solar es menor al valor umbral en ciertos momentos del día.

El factor k depende de la latitud del lugar, para Piura -5.2° (Antípodas, s.f.), hemisferio sur, y la inclinación de los captadores. Se cuenta con información para una latitud +5° (hemisferio norte), sin embargo, si se desplazan estos valores 6 meses se tendrá la información para una latitud de -5°, además se recomienda una inclinación +10° respecto a la latitud del lugar, en este caso +15° hacia el norte (Promotora general de estudios, S.A., 2007).

Los sistemas térmicos de energía solar solo entran en funcionamiento cuando la temperatura del fluido calorportador supera un cierto valor. En las primeras horas del día o las últimas de la tarde, la energía que aporta el Sol a los captadores no es útil, debido a que no permite superar las pérdidas por radiación, convección y conducción, por esta razón es preferible que en esos momentos del día el sistema no funcione.

Se definirá el valor umbral como el valor por debajo del cual no es favorable que el sistema funcione, debido a que no habrá ningún aprovechamiento de la energía solar, es más,

podrían presentarse pérdidas en el acumulador, este valor, de acuerdo con la experiencia, se puede aproximar a 200 w/m^2

Empíricamente, se ha comprobado, que la energía que no se aprovecha debido a estas horas de sol que no son útiles para el sistema es aproximadamente 6% de la energía total diaria E , sin apreciable variación a lo largo del año. Por lo ya mencionado es preciso multiplicar la cantidad E antes calculada por F_2 igual a 0.94.

De esta manera, se obtiene la ecuación (3.4) que permite calcular la energía teórica aprovechable diaria por m^2 .

$$E = 0.94 * K * H_{\text{Corregido}} \quad (3.4)$$

3.3 Cálculo de la irradiación útil

La irradiación sobre los captadores no permanece constante a lo largo del día; para efectos de cálculo, se puede considerar una irradiación media (I), definida por el cociente entre la energía E , que incide en los captadores a lo largo del día, y el número de horas sol, que se han determinado empíricamente para cada mes, y se utilizarán los valores correspondientes a la zona ecuatorial (ver tabla 15).

Tabla 15

Número medio de horas útiles diarias de sol para captadores orientados aproximadamente hacia el ecuador e inclinados con un ángulo igual a la latitud ($\pm 20^\circ$)

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
De $+25^\circ$ a $+45^\circ$ (hemisferio norte)	8	9	9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9	9	8	7.5
De -25° a $+25^\circ$ (zona ecuatorial)	8.75	9.25	9.5	9.25	8.75	8.5	8.75	9.25	9.5	9.25	8.75	8.5
De -25° a -45° (hemisferio sur)	9.5	9.5	9	9	8	7.5	8	9	9	9.5	9.5	9.5

Nota. Adaptado de Promotora general de estudios (2007)

Para introducir I dentro de la ecuación del rendimiento del captador, esta debe expresarse en unidades del SI (W/m^2) y, a su vez el tiempo y la energía deben expresarse en segundo y julios respectivamente, por ejemplo, si se quiere determinar I del mes de enero, se debe calcular el cociente de E (expresado en julios) y el producto de 8.75 y 3600 (tiempo útil en segundos).

3.4 Cálculo de rendimiento del captador

El rendimiento teórico del captador está representado por la ecuación (3.5) dada por el fabricante (ver anexo 3). Se selecciona el captador de la marca Wolf modelo TopSon F3-1 debido a su relación costo – rendimiento (Osorio & Vásquez, 2023).

$$\eta = 0.804 - 3.235 \left[\frac{T_m - T_a}{I} \right] - 0.0117 \left[\frac{(T_m - T_a)^2}{I} \right] \quad (3.5)$$

Como todas las variables, el rendimiento del captador también será calculado mes a mes.

Se realizarán las siguientes correcciones:

En el cálculo del rendimiento teórico del captador se supone que los rayos inciden perpendicularmente al captador, lo cual no es cierto, debido a que forma un ángulo variable a lo largo del día, para incluir este efecto se multiplica el rendimiento óptico del captador, es decir 0.804, por 0.97 (experimental).

Se debe considerar el efecto de la suciedad y envejecimiento de la cubierta transparente, en caso de existir ésta, dicho efecto deba considerarse un factor igual a 0.97.

En conclusión, se deberá multiplicar el rendimiento óptico por el factor de corrección 3 (F3) igual a $0.97 \times 0.97 \approx 0.94$.

La temperatura T_m , solamente podría ser medida experimentalmente, pero empíricamente se sabe que se aproxima al valor medio de la temperatura en el acumulador, lo cual tiene mucho sentido, debido a que en condiciones estacionarias la temperatura del agua en el acumulador debe coincidir con la temperatura del fluido calor portador, el cual está en contacto directo con el captador solar.

En el caso de un sistema de ACS, que tenga por objetivo calentar el agua hasta 60°C, T_m será levemente menor, para efectos de cálculo se tomarán como valores iguales, de esta manera se corrige la ecuación (3.5) y se obtiene la (3.6) que será la que finalmente se utilizará.

$$\eta = 0.75576 - 3.235 \left[\frac{T - T_a}{I} \right] - 0.0117 \left[\frac{(T - T_a)^2}{I} \right] \quad (3.6)$$

3.5 Energía útil y determinación de la superficie necesaria

3.5.1 Cálculo de la aportación solar por m^2

Para calcular la aportación solar por m^2 en cada mes, se halla el producto ηE .

3.5.2 Cálculo de la energía neta por m^2 de captador disponible para el consumo

La energía que diariamente aporta el sistema captador no coincide exactamente con la disponible para el consumo, debido a todas las pérdidas, principalmente en el acumulador.

Si se carece de datos, se recomienda considerar unas pérdidas globales del 15%, por lo cual la energía acumulada disponible será igual a 0.85 por la aportación solar.

Se recomienda aumentar a 20% las pérdidas globales, en los casos de depósitos con un aislamiento deficiente o expuestos a la intemperie, de igual forma en el caso donde el consumo se realice en 2 o 3 días a la semana. En los casos favorables, por ejemplo, cuando el consumo se realice en las últimas horas del día o cuando el acumulador se ubique en un recinto con calefacción, las pérdidas pueden reducirse al 10%.

Otra manera de considerar las pérdidas es disminuyendo en 2 o 3 grados la temperatura exigida.

Al factor de pérdidas globales se le llamará factor de corrección 4 (F4), y debido a que se carece de datos, se considerará igual a 0.85.

3.6 Metodología CENSOLAR

En este apartado se ha considerado la explicación de esta metodología usando como usuario el sector hotelero. Los resultados de aplicar esta metodología en los demás sectores se muestran en el apéndice a.

La proyección del número de habitaciones de hotel para el 2030 en Piura es de 4749 (ver 2.4), se calculará el número de captadores solares necesarios para esta entidad.

Tabla 16

Cálculo de la superficie total de captación para ACS (parte I)

1	2	3	4	5	6
Mes	Número de días	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Ta (°C)	T.RED (°C)
Enero	31	100	22082.85	27.9	25.9
Febrero	28	100	19945.80	29.1	27.1
Marzo	31	100	22082.85	28.5	26.5
Abril	30	100	21370.50	27.8	25.8
Mayo	31	100	22082.85	24.8	22.8
Junio	30	100	21370.50	22.5	20.5
Julio	31	100	22082.85	22.1	20.1
Agosto	31	100	22082.85	22.8	20.8
Setiembre	30	100	21370.50	23.4	21.4
Octubre	31	100	22082.85	23.5	21.5
Noviembre	30	100	21370.50	24.9	22.9
Diciembre	31	100	22082.85	26.9	24.9

El procedimiento de cálculo, solo se realizará al mes de enero para mostrar cómo se realiza paso a paso, sin embargo, los resultados se mostrarán en tablas, para todos los meses del año.

Columnas 1 y 2. Indican el mes al que se le está realizando el análisis y su número de días calendarios.

Columna 3. Índice o porcentaje de ocupación: en algunos casos, no todas las unidades de consumo son ocupadas a plenitud, por ende, según la experiencia y la información del requerimiento por parte del cliente, se considera una cantidad que indique realmente qué porcentaje de las unidades de consumo (UC) son utilizadas.

Se considerará un porcentaje de ocupación igual al 100 % para este caso.

Columna 4. Consumo Mensual: se utiliza la tabla 2 y la ecuación (3.1).

$$\text{Consumo mensual} = \frac{31 * 150 * 4749}{10^3} = 22082.85 \text{ m}^3$$

Columna 5. Temperatura ambiente durante las horas de Sol (T_a): ver Tabla 43.

Columna 6. Temperatura de la Red: datos de la temperatura promedio mensual de la red de agua. Al no contar con registros de la temperatura de la red, se tomará 2 °C menor a la temperatura ambiente promedio del día (Osorio & Vásquez, 2023).

$$T. \text{red} = 27.9 - 2 = 25.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tabla 17

Cálculo de la superficie total de captación para ACS (parte II)

7	8	9	10	11	12
Salto térmico	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	H (Tablas) (MJ/m ² .día)	H1 (Corregido) (MJ/m ² .día)
34.1	753746	3153672	101731	23.24	22.08
32.9	656743	2747811	98136	20.98	19.93
33.5	738881	3091478	99725	22.52	21.39
34.2	730702	3057259	101909	22.18	21.07
37.2	821049	3435270	110815	19.52	18.55
39.5	844060	3531547	117718	17.65	16.77
39.9	881795	3689429	119014	15.96	15.16
39.2	865465	3621104	116810	19.78	18.79
38.6	824205	3448474	114949	21.94	20.84
38.5	850484	3558424	114788	20.32	19.30
37.1	793287	3319114	110637	20.06	19.06
35.1	775668	3245395	104690	20.46	19.43

Columna 7. Salto térmico: se utiliza la ecuación (3.2).

$$\Delta T = 60 - 25.9 = 34.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Columna 8. Necesidad energética mensual en termias: Se utiliza la ecuación (3.3).

$$Q_{\text{mensual}} = 22082.85 \times 34.1 = 753746 \text{ termias}$$

Columna 9. Necesidad energética mensual en MJ: se obtiene multiplicando la columna 8 por 4.184.

$$Q_{\text{mensual}} = 753746 \times 4.184 = 3153672 \text{ MJ}$$

Columna 10. Necesidad energética diaria: se calcula dividiendo la necesidad energética mensual en MJ (columna 9), entre la cantidad de días del mes (columna 2).

$$Q_{\text{diaria}} = \frac{3153672}{31} = 101731 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

Columna 11. Energía solar H: ver Tabla 43.

Columna 12. Energía solar H corregida (H₁): se obtiene al multiplicar los valores de la columna 10 por F1.

$$H_1 = 23.24 \times 0.95 = 22.08 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

Tabla 18

Cálculo de la superficie total de captación para ACS (parte III)

13	14	15	16	17	18
K Latitud Ángulo Inclinación	E (MJ/m ²)	Número de horas sol	I Irradiación (W/m ²)	Rendimiento η	Aporte solar por (MJ/m ²) m ²
0.9	18.68	8.75	593.02	56.01	10.46
0.94	17.61	9.25	528.83	54.54	9.60
0.99	19.91	9.5	582.17	56.11	11.17
1.04	20.60	9.25	618.62	56.78	11.70
1.07	18.66	8.75	592.39	53.92	10.06
1.07	16.86	8.5	550.98	50.58	8.53
1.06	15.10	8.75	479.37	46.47	7.02
1.03	18.19	9.25	546.25	50.59	9.20
0.99	19.40	9.5	567.26	51.96	10.08
0.94	17.05	9.25	512.02	49.46	8.43
0.9	16.12	8.75	511.75	50.55	8.15
0.89	16.26	8.5	531.38	52.99	8.62

Columna 13. Factor k de inclinación: valores para una inclinación de 15° (ver anexo 2).

Columna 14. Energía total teórica E: se obtiene al multiplicar la irradiación horizontal corregida por el factor k de inclinación y por F2.

$$E = 22.08 \times 0.9 \times 0.94 = 18.68 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

Columna 15. Número de horas de Sol útiles: se usarán los datos de la Tabla 15 correspondientes a la zona ecuatorial.

Columna 16. Irradiación útil I: se calcula dividiendo la energía total teórica (columna 13) entre el número de horas de Sol útiles (columna 14), además es necesario multiplicar dicho resultado por el factor 277.78 para obtener el resultado en W/m².

$$\text{Factor} = \frac{10^6}{3600} = 277.78 \frac{\text{J} \cdot \text{h}}{\text{s} \cdot \text{MJ}}$$

$$I = \frac{18.68 \times 277.78}{8.75} = 593.02 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Columna 17. Rendimiento real del captador: se utiliza la ecuación (3.6).

$$\eta = 0.75576 - 3.235 \left[\frac{60 - 25.9}{566.67} \right] - 0.0117 \left[\frac{(60 - 25.9)^2}{566.67} \right] = 53.01\%$$

Columna 18. Aportación solar por m²: se obtiene al multiplicar el rendimiento real del captador (columna 17) por la energía total teórica (columna 14).

$$\eta \times E = \frac{56.01 \times 17.85}{100} = 10.46 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

Tabla 19

Cálculo de la superficie total de captación para ACS (parte IV)

19	20	21	22	23	19
Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)
8.89	275.69	3765955	100	0	8.89
8.16	228.59	3122587	100	0	8.16
9.50	294.35	4020761	100	0	9.50
9.94	298.27	4074420	100	0	9.94
8.55	265.12	3621512	100	0	8.55
7.25	217.44	2970196	84	561351	7.25
5.96	184.88	2525514	68	1163915	5.96
7.82	242.47	3312140	91	308964	7.82
8.57	257.07	3511519	100	0	8.57
7.17	222.21	3035344	85	523080	7.17
6.93	207.81	2838683	86	480432	6.93
7.32	227.05	3101512	96	143883	7.32

Columna 19. Energía diaria disponible por m²: se obtiene al multiplicar el aporte solar (columna 18) por F4

$$10.46 \times 0.85 = 8.89 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

Columna 20. Energía mensual disponible por m²: se obtiene al multiplicar la energía diaria disponible por m² (columna 19) por el número de días del mes (columna 1).

En este punto ya es posible calcular el área de captación necesaria, se divide la suma de la columna de necesidad energética mensual (Columna 9) entre la suma de la columna de energía neta mensual disponible por m² (columna 21).

$$\text{Área de captación} = \frac{\sum \text{Energía mensual disponible por m}^2}{\sum \text{Necesidad mensual energética}}$$

$$\text{Área de captación} = \frac{39898977}{2920.95} = 13660 \text{ m}^2$$

Además, se puede calcular el número de colectores solares necesarios para dicha área de captación, este resultado debe ser redondeado por exceso a las unidades.

$$\text{N}^\circ \text{ de colectores solares} = \frac{13660}{2} = 6830 \text{ colectores}$$

$$\text{Área de captación real} = 6830 * 2 = 13660 \text{ m}^2$$

Columna 21. Energía solar total mensual: se obtiene al multiplicar la energía mensual disponible (columna 20) por el área de captación real.

$$275.69 * 13660 = 3765955 \text{ MJ}$$

Columna 22. Porcentaje de aporte solar: es el porcentaje de la necesidad energética mensual que cubre la energía solar, se obtiene al multiplicar por 100 el cociente entre la energía solar total mensual (columna 21) y la necesidad energética mensual en MJ (columna 9).

Si el porcentaje supera el 100%, se colocará como máximo el valor de 100%.

$$\frac{3765955}{3153672} * 100 = 130\% \rightarrow 100\%$$

Columna 23. Déficit energético: se obtiene al restar la necesidad energética mensual (columna 8) y la energía solar total (columna 23), en el caso donde el porcentaje de aporte solar sea igual o mayor a 100, el déficit energético tomará el valor cero, tal es el caso del mes de enero.

3.7 Cálculo para piscinas

Para el caso de piscinas se realiza un cálculo similar, sin embargo, se necesita considerar las pérdidas existentes:

Pérdidas por radiación: el agua pierde calor por radiación hacia la atmósfera, estas pérdidas son mayores en las noches, al ser la temperatura ambiente de la noche menor. Este fenómeno depende únicamente de la temperatura ambiente.

Pérdidas por evaporación: se debe al fenómeno de evaporación que se presenta en el agua de la piscina. Para pasar del estado líquido al gaseoso, se necesita energía, la cual se

obtiene del agua que no se evapora. Este fenómeno depende de la humedad atmosférica, la temperatura del aire y la velocidad del viento.

Pérdidas por convección: se deben a la interacción que existe entre la superficie de la piscina y el viento, estas pérdidas pueden ser negativas si la temperatura ambiente es mayor a la de referencia. Estas pérdidas dependen de la velocidad del viento y la humedad relativa.

Existen, además, pérdidas por las paredes y el fondo de la piscina, que son despreciables comparadas con las pérdidas ya mencionadas; en conclusión, las pérdidas en la piscina serán solo superficiales.

Se utilizará un método semiempírico, que consta del uso de las tablas 20, 21 y 22 que han sido comprobadas por CENSOLAR, cada casilla de estas tablas contiene 2 números, el superior corresponde al valor de las pérdidas cuando no se utiliza manta térmica, y el inferior cuando sí se utiliza. Es aconsejable el uso de mantas térmicas, debido a que eliminan las pérdidas por evaporación y disminuyen considerablemente las pérdidas por radiación y convección.

Tabla 20

Pérdidas por radiación

Ta (°C)	Pérdidas (MJ/m ²)	Ta (°C)	Pérdidas (MJ/m ²)	Ta (°C)	Pérdidas (MJ/m ²)
15	14.6	21	11.4	27	7.9
	9.6		7.5		5.1
16	14.1	22	10.8	28	7.3
	9.2		7.1		4.7
17	13.5	23	10.3	29	6.7
	8.9		6.7		4.2
18	13	24	9.7	30	6
	8.5		6.3		3.8
19	12.5	25	9.1	31	5.4
	8.2		5.9		3.4
20	12	26	8.5	32	4.7
	7.8		5.5		2.9

Nota. Adaptado de Promotora general de estudios (2007)

Tabla 21

Pérdidas por convección (MJ/m²)

Ta (°C)	Viento predominante			
	Nulo o muy débil	Flojo	Moderado	Moderadamente Fuerte
15	11.3	16.3	20	25.1
	6.2	8.9	11	13.7
16	10.5	15.2	18.7	23.3

	5.7	8.2	10.1	12.6
17	9.7	14	17.3	21.6
	5.2	7.5	9.2	11.5
18	8.9	12.9	15.9	19.9
	4.7	6.8	8.3	10.4
19	8.2	11.8	14.5	18.1
	4.2	6	7.4	9.3
20	7.4	10.7	13.1	16.4
	3.7	5.3	6.5	8.2
21	6.6	9.5	11.8	14.7
	3.2	4.6	5.7	7.1
22	5.8	8.4	10.4	13
	2.7	3.9	4.8	6
23	5.1	7.3	9	11.2
	2.2	3.2	3.9	4.9
24	4.3	6.2	7.6	9.5
	1.7	2.4	3	3.7
25	3.5	5.1	6.2	7.8
	1.2	1.7	2.1	2.6
26	2.7	3.9	4.8	6
	0.7	1	1.2	1.5
27	1.9	2.8	3.5	4.3
	0.2	0.3	0.3	0.4
28	1.2	1.7	2.1	2.6
	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7
29	0.4	0.6	0.7	0.9
	-0.8	-1.2	-1.4	-1.8
30	-0.4	-0.6	-0.7	-0.9
	-1.3	-1.9	-2.3	-2.9
31	-1.2	-1.7	-2.1	-2.6
	-1.8	-2.6	-3.2	-4
32	-1.9	-2.8	-3.5	-4.3
	-2.3	-3.3	-4.1	-5.1

Nota. Adaptado de Promotora general de estudios (2007)

Tabla 22*Pérdidas por evaporación*

Grado de humedad	Viento predominante			
	Nulo o muy débil	Flojo	Moderado	Moderadamente fuerte
Muy seco	7.3	9.1	15.1	21.2
	4.4	5.4	9.1	12.7
Seco	6.5	7.8	12.5	17.3
	3.9	4.7	7.5	10.4
Medio	5.6	6.5	9.9	13.4
	3.4	3.9	6	8
Húmedo	4.8	5.2	7.3	9.5
	2.9	3.1	4.4	5.7
Muy húmedo	3.8	3.9	4.8	5.6
	2.3	2.3	2.9	3.4

Nota. Adaptado de Promotora general de estudios (2007)

Para definir el grado de humedad del mes, se utiliza como parámetro la humedad relativa:

- Entre 35-45 % se considera muy seco.
- Entre 45-55 % se considera seco.
- Entre 55-65 % se considera medio.
- Entre 65-75 % se considera húmedo.
- Mayor al 75 % se considera muy húmeda.

En el caso del viento, se clasifica según su velocidad media:

- Menor a 3 m/s se considera viento muy débil.
- Entre 3 y 5 se considera viento flojo.
- Entre 5 y 7 m/s se considera viento moderado.
- Entre 7 y 10 m/s se considera viento moderadamente fuerte.

La cantidad de captadores se selecciona basándose en el mes con mayor demanda energética, debido a que no se contará con un sistema de apoyo, además se considera una temperatura de 27°C (Promotora general de estudios, S.A., 2007) como la adecuada para el confort de los usuarios.

Se evaluará las pérdidas cuando se usan mantas térmicas.

Tabla 23*Cálculo de la superficie total de captación para piscinas (parte I)*

1	2	3	4	5	6
Mes	Número de días	Viento (m/2)	Viento	Ta (°C)	Humedad relativa
Enero	31	1.6	Nulo o muy débil	27.9	68%
Febrero	28	1.2	Nulo o muy débil	29.1	65%
Marzo	31	1.3	Nulo o muy débil	28.5	66%
Abril	30	1.3	Nulo o muy débil	27.8	67%
Mayo	31	1.6	Nulo o muy débil	24.8	74%
Junio	30	1.4	Nulo o muy débil	22.5	78%
Julio	31	1.3	Nulo o muy débil	22.1	78%
Agosto	31	1.4	Nulo o muy débil	22.8	76%
Setiembre	30	1.4	Nulo o muy débil	23.4	75%
Octubre	31	1.3	Nulo o muy débil	23.5	74%
Noviembre	30	1.4	Nulo o muy débil	24.9	74%
Diciembre	31	1.1	Nulo o muy débil	26.9	71%

Tabla 24*Cálculo de la superficie total de captación para piscinas (parte II)*

8	9	10	11	12	13
Pérdidas por radiación (MJ/m ²)	Pérdidas por convección (MJ/m ²)	Pérdidas por evaporación (MJ/m ²)	Pérdidas totales (MJ/m ²)	Aporte solar por agua de piscina (MJ/m ²)	Necesidad energética (MJ/m ²)
4.75	-0.23	2.9	7.4	19.75	-12.33
4.17	-0.84	2.9	6.2	17.84	-11.60
4.43	-0.57	2.9	6.8	19.14	-12.38
4.78	-0.20	2.9	7.5	18.86	-11.38
5.97	1.29	2.9	10.2	16.60	-6.43
6.90	2.45	2.3	11.6	15.00	-3.35
7.07	2.67	2.3	12.0	13.56	-1.53
6.78	2.30	2.3	11.4	16.81	-5.44
6.53	1.98	2.9	11.4	18.65	-7.24
6.51	1.96	2.9	11.4	17.27	-5.91
5.95	1.26	2.9	10.1	17.05	-6.94
5.15	0.26	2.9	8.3	17.39	-9.08

El agua de la piscina actúa como un gran captador solar, la energía se puede calcular mediante el producto de H y un factor igual a 0.85 (columna 12) que corresponde a las pérdidas por reflexión, a las sombras causadas por los bordes de la piscina, y otras pérdidas.

La metodología consiste en calcular las pérdidas por radiación, convección y evaporación, al sumarlas encontrar las totales (columna 11), se calcula la energía captada por el agua de la piscina (columna 12), mediante la diferencia de las pérdidas y la energía captada por la piscina se obtiene la necesidad energética (columna 13).

Si se considera el mes de julio, las pérdidas totales son 12 MJ/m^2 y el aporte solar por agua de piscinas es 13.56 MJ/m^2 , es decir, mayor a las pérdidas totales, esto se presenta a lo largo de todo el año. Se concluye que para las piscinas no es necesario el uso de captadores solares, solo el de mantas térmicas.

3.8 Resultados

Con la información de las U.C. para cada entidad (ver capítulo 2) y con los resultados del apéndice a, se obtienen las tablas 25 y 26, que muestran los resultados del estudio para el 2023 y 2030, es importante destacar que los valores de las U.C. de UPS, gimnasios y lavanderías se mantienen constantes en el tiempo debido a la falta de datos para realizar las proyecciones, sin embargo, estos valores no tienen un impacto significativo en los resultados generales, ya que representan menos del 3% de la necesidad energética anual (ver figura 23).

Figura 23

Necesidad energética anual (%) por entidad (2023)

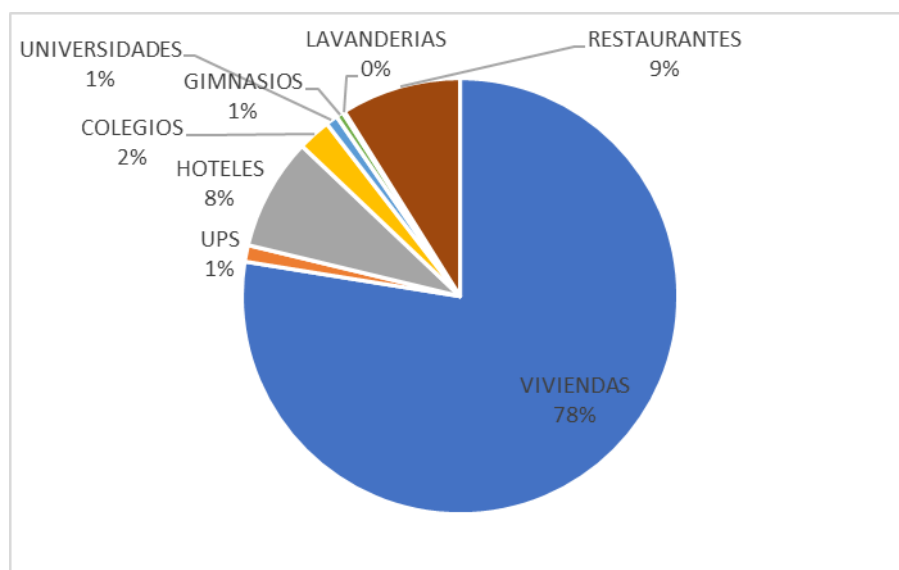


Tabla 25*Resultados de las estimaciones para entidades en el año 2023*

Usuario	U.C. estimadas	Consumo diario unitario o CDU (L/U.C.día)	Consumo total (L/día)	Área de captación	N° de captadores	Necesidad energética anual (TJ)	Aporte solar (TJ)	Aporte solar (%)	Déficit energético (TJ)
Viviendas	185,007	30	5,550,212	106,428	53,214	310.87	286.08	92	24.79
UPS	-	-	87,380	1,676	838	4.89	4.50	92	0.39
Hoteles	3,973	150	595,950	11,428	5,714	33.38	30.72	92	2.66
Colegios	64,826	3	194,478	3,344	1,672	9.76	8.26	85	1.50
Universidades	25,042	3	75,126	1,214	607	3.54	2.82	80	0.72
Gimnasios	3,871	10	38,709	744	372	2.17	2.00	92	0.17
Lavanderías	2,705	4	10,819	208	104	0.61	0.56	92	0.05
Restaurantes	42,411	15	636,165	12,200	6,100	35.63	32.79	92	2.84

Tabla 26*Resultados para entidades al horizonte del año 2030*

Usuario	U.C. estimadas	Consumo diario unitario o CDU (L/U.C.día)	Consumo total (L/día)	Área de captación	N° de captadores	Necesidad energética anual (TJ)	Aporte solar (TJ)	Aporte solar (%)	Déficit energético (TJ)
Viviendas	210,748	30	6,322,451	121,236	60,618	354.12	325.88	92	28.24
UPS	-	-	87,380	1,676	838	4.89	4.50	92	0.39
Hoteles	4,749	150	712,350	13,660	6,830	39.90	36.72	92	3.18
Colegios	68,550	3	205,650	3,536	1,768	10.33	8.74	85	1.59
Universidades	29,767	3	89,301	1,444	722	4.21	3.36	80	0.86
Gimnasios	3,871	10	38,709	744	372	2.17	2.00	92	0.17
Lavanderías	2,705	4	10,819	208	104	0.61	0.56	92	0.05
Restaurantes	60,099	15	901,485	17,288	8,644	50.49	46.47	92	4.02

El aporte solar de los colegios y universidades difiere del resto (92%) debido a que se ha considerado un porcentaje de ocupación mensual (ver apéndice a).

En la figura 24 se observa que los meses que presentan déficit son 6, de junio a agosto y de octubre a diciembre, en el resto de los meses se tiene un superávit de aporte solar (ver figura 25), llegando a un máximo de 133% en abril, todo esto se obtiene con las eficiencias promedio mensuales del captador (ver figura 26), es decir, con una eficiencia en el rango del 46 al 57% a lo largo del año, se obtiene un superávit de aporte solar.

Figura 24

Comparación de necesidad mensual energética y energía solar mensual (TJ)

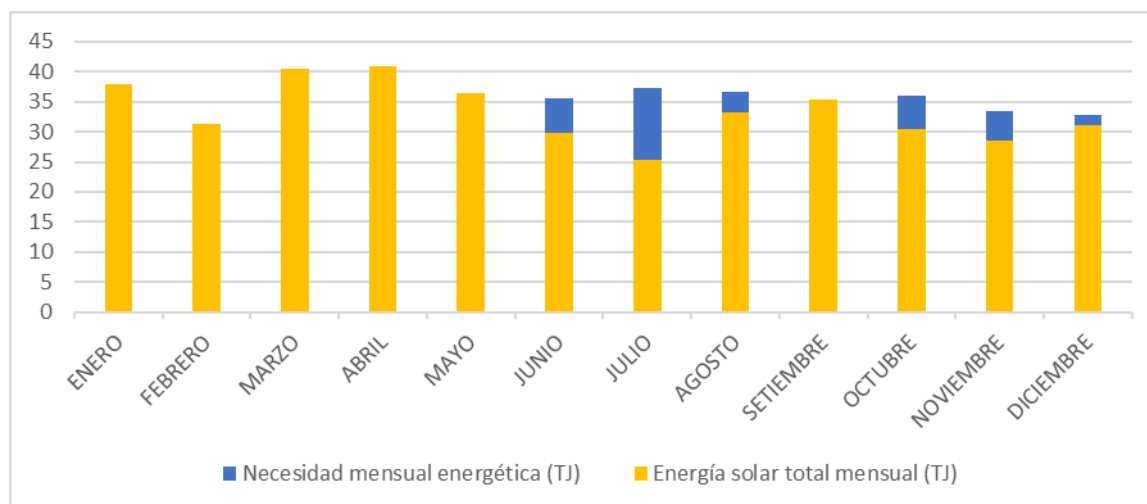


Figura 25

Aporte solar mensual (%)

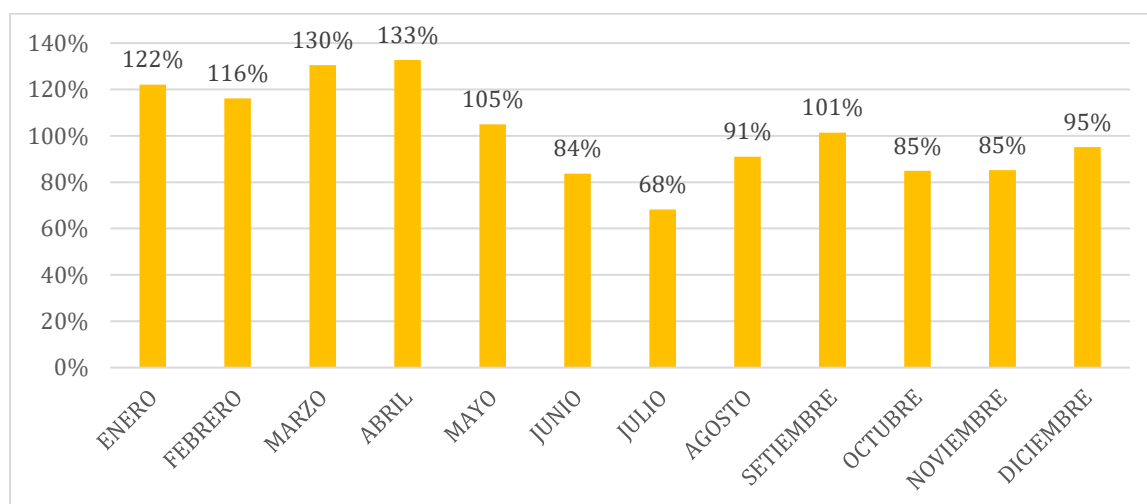
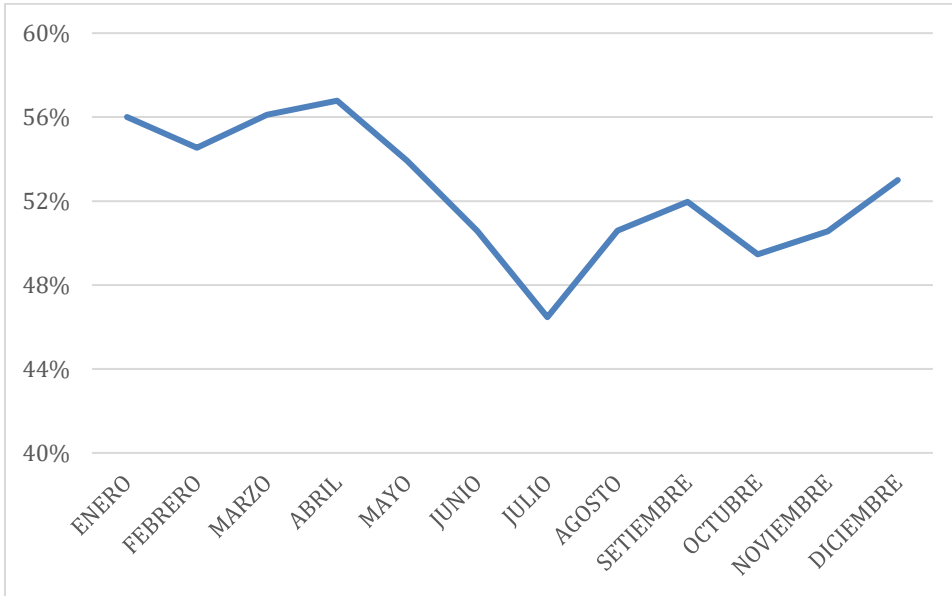


Figura 26

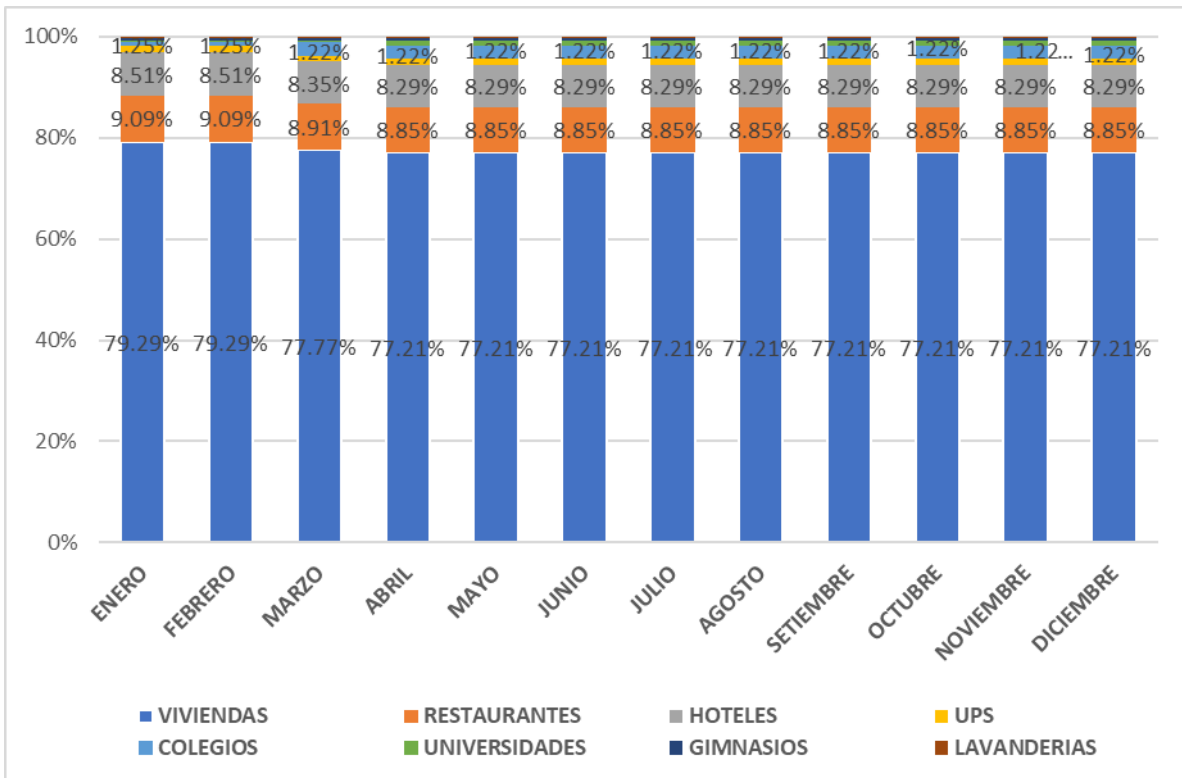
Rendimiento promedio mensual del captador



Respecto a la necesidad energética, se observa en la figura 23 que la entidad que más requiere del recurso solar térmico es el sector vivienda (78%), seguido por los restaurantes (9%) y hoteles (8%), esta tendencia se mantiene aproximadamente constante a lo largo del año (ver figura 27).

Figura 27

Necesidad energética mensual según entidad (%)



Para el caso de número de captadores solares y demanda en litros de ACS, se mantiene la tendencia (ver figuras 28 y 29), siendo el sector vivienda el primer lugar en estos apartados con 53 214 captadores y 5 550 212 litros de agua, seguido del sector restaurantes con 6100 captadores y 636 165 litros, y en tercer lugar el sector hotelero con 5714 captadores y 595 950 litros; el resto de las entidades suman 3593 captadores y 406 512 litros de demanda.

Figura 28

Número de captadores según entidad

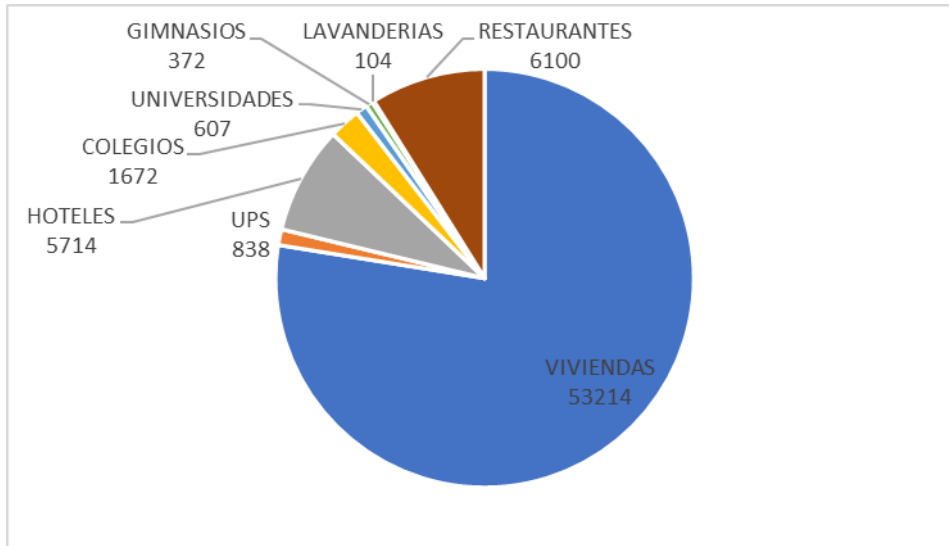
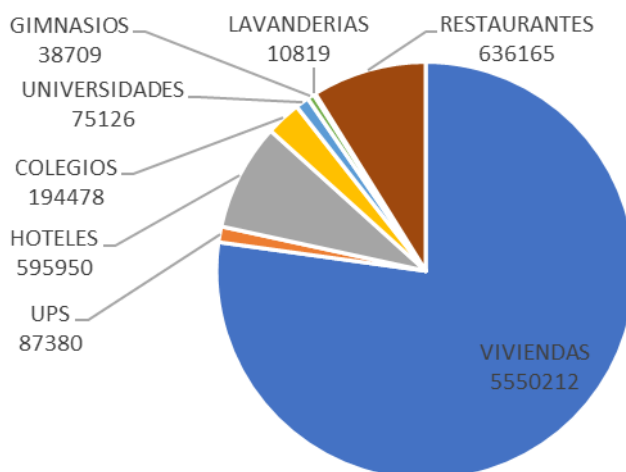


Figura 29

Consumo diario de ACS (L) según entidad



La tendencia de los resultados del 2030 es muy similar a los del 2023, siendo las gráficas de rendimiento y aporte solar (%) totalmente iguales.

Resulta interesante visualizar el crecimiento del consumo diario de ACS, necesidad energética anual y N° de captadores del 2023 al 2030, los cuales son iguales, esto se puede ver en la figura 30, se observa que el sector que presenta mayor crecimiento de manera

porcentual es el sector de restaurantes (42%), seguido por los hoteles (20%), y en tercer lugar las universidades (19%).

En la tabla 27 se observa que el crecimiento porcentual de los parámetros mencionados en el párrafo anterior es de 16.4% considerando a todas las entidades.

Figura 30

Incremento del 2023 al 2030 del consumo diario de ACS, necesidad energética anual y N° de captadores

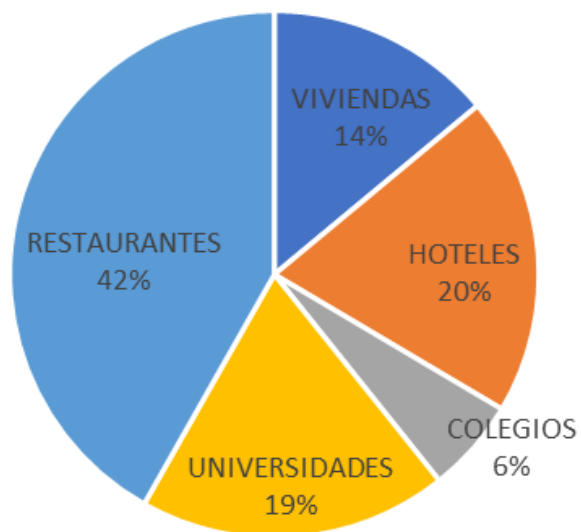


Tabla 27

Consolidado de parámetros para los años 2023 y 2030

Parámetro	Cantidad	UDM	Comentario
N° de colectores	68,621	UND	Año 2023
N° de colectores	79,896	UND	Año 2030
Crecimiento de N° de colectores	11,275	UND	Comparativa
Área de captación	137,242	m2	Año 2023
Área de captación	159,792	m2	Año 2030
Necesidad energética anual	401	TJ	Año 2023
Necesidad energética anual	467	TJ	Año 2030
Crecimiento de necesidad energética anual	66	TJ	Comparativa
Aporte solar anual	368	TJ	Año 2023
Aporte solar anual	428	TJ	Año 2030

Crecimiento de aporte solar	60	TJ	Comparativa
Aporte solar anual (%)	92	%	Año 2023
Aporte solar anual (%)	92	%	Año 2030
Déficit energético anual	33	TJ	Año 2023
Déficit energético anual	39	TJ	Año 2030
Crecimiento porcentual general	16.4	%	Comparativa

3.9 Impacto económico y medioambiental

Para analizar el impacto económico se propone realizar la comparación del uso de energía eléctrica (termas eléctricas) y el aporte solar. Según (Osorio & Vásquez, 2023) para los hogares de Piura de zona urbana (baja tensión, residencial con consumo menor o igual a 100 kWh, BT5B) el costo de la energía eléctrica es 0.7519 soles/kWh y considerando un rendimiento del 90% de las termas eléctricas, se tiene el siguiente ahorro por TJ:

$$1 \text{ TJ} * \frac{2.78 * 10^5 \text{ kWh}}{\text{TJ}} \div 0.9 * 0.7519 \frac{\text{soles}}{\text{kWh}} = 232.25 * 10^3 \text{ soles}$$

Con aportes solares de 368 TJ en 2023 y 428 TJ en 2030 (ver tabla 27), se logra un ahorro económico de 85.5 millones y 99.4 millones, respectivamente.

Con respecto a las emisiones de CO₂ se propone comparar las emisiones que se generarían al usar calderas de GLP en lugar de captadores. Según (Cisterna & Arenas, 2023) se obtiene la ecuación (3.7).

$$E_{\text{co}_2} = \frac{Q * 10^6}{\text{PCS} * \eta_{\text{caldera}}} * C_{\text{co}_2} \quad (3.7)$$

Donde:

E_{co_2} : Emisiones anuales de CO₂ del sistema con GLP [t de CO₂].

Q: Necesidad energética [TJ].

PCS: Poder calorífico superior del GLP = $103 \frac{\text{MJ}}{\text{gal}}$.

η_{caldera} : Rendimiento de la caldera = 95%.

C_{co_2} : Coeficiente promedio de emisiones del CO₂ del GLP = $0.2357 \frac{\text{t de CO}_2}{42 \text{ galones}}$.

Con los datos mencionados se obtiene la ecuación (3.8).

$$E_{\text{co}_2} = 56.85 * Q \quad (3.8)$$

Con aportes solares de 368 TJ en 2023 y 428 TJ en 2030 (ver tabla 27), se logra una disminución de las emisiones de 20 920.8 y 24 331.8 t de CO₂, respectivamente

Conclusiones

Tanto la metodología utilizada en esta tesis, que analiza y procesa información obtenida de entidades públicas disponibles en todos los distritos del Perú, junto con información de parámetros ambientales como temperatura, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, como el procedimiento de cálculo permiten replicar fácilmente esta propuesta para estimar y proyectar el aprovechamiento de la energía solar térmica en otras ciudades y ampliar en diversos sectores de bienes y servicios.

El aporte solar para las prestaciones de agua caliente sanitaria (ACS) en el caso de estudio es del 92%, lo que implica que solo se necesitaría un sistema auxiliar para cubrir el 8% restante de la demanda total. Este déficit se presenta en los meses de junio-agosto y de octubre-diciembre.

El distrito de Piura cuenta con ventajas climatológicas que permitirían mejorar la prestación de servicios; por ejemplo, en el sector hotelero y en instalaciones deportivas, se puede aprovechar la energía solar para climatización (a bajo costo) de piscinas tan solo implementando la instalación de sistemas con mantas térmicas; esto debido a que la energía por el aporte solar por agua de piscina anualmente es 208 MJ/m^2 , mientras que las pérdidas totales son 114 MJ/m^2 , por lo cual se descarta el uso de captadores solares para el calentamiento de piscinas.

Respecto a la actualidad, se proyecta que para el 2030, para el aprovechamiento de la energía solar térmica, el área de captación requerida aumentará de $137,242 \text{ m}^2$ en 2023 a $159,792 \text{ m}^2$, lo que representa una diferencia de $22,550 \text{ m}^2$. Además, se estima que el aporte solar será 60 TJ mayor que en 2023, lo que equivale a un aumento porcentual del 16.4%.

Se estima que se necesitan 68,621 colectores solares para cubrir la demanda energética de los sectores evaluados para el año 2023. A medida que se avanza hacia el horizonte del 2030, se proyecta un aumento en esta cifra, llegando a 79,896 colectores.

El sector vivienda presenta la mayor demanda energética, alcanzando los 310 TJ, lo que representa el 78% de la necesidad de todos los sectores analizados. En este contexto, la implementación de energía solar térmica se vislumbra como una alternativa prometedora para impulsar el crecimiento económico y fomentar la innovación tecnológica, esto se debe a la gran cantidad de colectores, 53214 unidades, que podrían ser comercializados y a la necesidad de investigar nuevos materiales y diseños de colectores adaptados a las condiciones particulares de Piura.

Se estima un ahorro de 85.4 millones de soles al año si la necesidad energética es suplida por captadores solares en lugar del suministro eléctrico, y para el 2030 un ahorro de 99.5 millones de soles al año.

Respecto a las emisiones anuales, se pueden reducir en 20,920.8 y 24,331.8 t de CO_2 para el 2023 y 2030 respectivamente.

Se recomienda realizar investigaciones sobre materiales aislantes para captadores planos, con el fin de reducir los costos. Teniendo en cuenta que el aporte solar supera las necesidades durante 6 meses y solo se requiere un 8% de energía auxiliar en el resto del tiempo, no es necesario que la eficiencia sea alta, esto se basa en el hecho de que la radiación y la temperatura en Piura se mantienen aproximadamente constantes a lo largo del año.

Se recomienda investigar la implementación de esta tecnología en el sector de restaurantes, dado que su uso directo en el negocio puede reducir tanto el gasto de gas de cocina como el tiempo requerido para el lavado de utensilios. Este sector se proyecta como el de mayor crecimiento para el año 2030, con un aumento estimado del 42%. Además, actualmente ocupa el segundo lugar en términos de necesidad energética, con un consumo de 35.63 TJ, y se espera que esta cifra aumente a 50.49 TJ en el futuro.



Referencias

- 24horas. (1 de Junio de 2015). 24 horas. Obtenido de <http://www.24horas.cl/tendencias/espectaculosycultura/por-que-es-mejor-lavar-la-ropa-con-agua-fria-1679277>
- ACAE. (s.f.). WWW.ACAE.ES. Recuperado el 05 de Julio de 2023, de ACAE: <https://www.acae.es/catalogos/wolf/fiebdc/TopSon-F3-1Q-F3-1-y-CFK-1-ficha-tecnica.pdf>
- Antípodas. (s.f.). www.antipodas.net. Recuperado el 11 de Julio de 2023, de www.antipodas.net: <https://www.antipodas.net/coordenadaspais/peru/piura.php>
- Arrieta Palacios, W. (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado. Piura.
- Ayuntamiento de Madrid. (2003). Ordenanza sobre Captación de Energía Solar para Usos Térmicos. Madrid.
- Cengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa. México D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- Certificación energética. (14 de Junio de 2015). Certificación energética. Recuperado el 29 de Junio de 2023, de <https://certificacionenergetica.info/curva-de-un-cpp-rendimiento-instantaneo/>
- Certificación Energética. (s.f.). Certificación Energética. Recuperado el 24 de Junio de 2023, de https://certificacionenergetica.info/ist/pdf/Tabla_9_Factor_de_correccion_k_para_superficies_inclinadas.pdf
- Google Earth. (2023). Google eart. Recuperado el 1 de Julio de 2023, de <https://earth.google.com/web>
- GULDAGER ELECTROLISIS. (30 de Mayo de 2015). fempa. Recuperado el 15 de Junio de 2023, de https://www.fempa.es/index.php?menu=noticias&submenu=ver_noticia&id_noticia=3974
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). INEI.GOB. Obtenido de <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Total y Edades Quinquenales, según Departamento, Provincia y Distrito, 2005-2015. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (ABRIL de 2022). PERÚ: Proyecciones de población total según departamento, provincia y distrito, 2008-2022. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3624028/Per%C3%BA%3A%20Proy>

ecciones%20de%20Poblaci%C3%B3n%20Total%20seg%C3%BA%20Departamento%2C%20Provincia%20y%20Distrito%2C%202018-2022.pdf?v=1663081335

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (OCTUBRE de 2018). Resultados definitivos censo 2017. Obtenido de INEI.GOB: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1553/20TOMO_01.pdf

International Energy Agency. (2017). IEA. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>

Méndez Muniz, J. M., & Cuervo García, R. (s.f.). Energía solar térmica. Madrid: GRAFICAS MARCAR, S.A.

Ministerio de educación. (2014). LEY UNIVERSITARIA - Ley N.º 30220. Lima. Obtenido de http://www.minedu.gob.pe/reforma-universitaria/pdf/ley_universitaria.pdf

Ministerio de educación. (2023). escale.minedu. Recuperado el 29 de Junio de 2023, de <http://escale.minedu.gob.pe/magnitudes;jsessionid=cb64364c9cf2d7108b47c42ecb81>

Ministerio de Educación. (Noviembre de 2005). MINEDU. Lima. Recuperado el 29 de Junio de 2023, de <http://www.minedu.gob.pe/normatividad/reglamentos/DisenoCurricularNacional.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2019). Balance Nacional de Energía 2019.

Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento. (2006). Norma técnica I.S. 010 instalaciones sanitaria para edificaciones.

MINSa. (14 de 06 de 2023). veranosaludable. Obtenido de <http://veranosaludable.minsa.gob.pe/>

MINSa. (2011). Categorías de establecimientos del sector salud. Resolución ministerial N° 546-2011/MINSa. Obtenido de https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/NTS%202021-MINSa-DGSP-V.03%20E2%80%9CCATEGOR%C3%8DAS%20DE%20ESTABLECIMIENTOS%20DEL%20SECTOR%20SALUD%20E2%80%9D%20-%20RM%20546-2011MINSa.pdf

Municipalidad provincial de Piura. (2013). Municipalidad provincial de Piura 2012. Piura.

Municipalidad provincial de Piura. (2015). Municipalidad provincial de Piura 2014. Piura.

Municipalidad provincial de Piura. (2016). Municipalidad provincial de Piura 2015. Piura.

Municipalidad provincial de Piura. (2018). Compendio estadístico provincial de Piura 2018. Recuperado el 11 de junio de 2023, de Plataforma digital única del Estado Peruano:

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3261394/COMPENDIO_ESTADISTICO_PROVINCIAL_2018.pdf?v=1655333995

Osorio, G., & Vásquez, H. (2023). Comparación energético-económica del sistema de obtención de agua caliente, con energía solar, en Chiclayo y Piura. Piura.

Porras, K. (2008). Estudio de pre-factibilidad para la creación de una lavandería comercial con un sistema ecológico, en lima metropolitana. Lima.

Promotora general de estudios, S.A. (2007). Instalaciones de energía solar. Tomo 4: Sistemas de aprovechamiento térmico II. Sevilla: Artes Gráficas Gala, S.L.

Promotora general de estudios, S.A. (2009). La energía solar. Aplicaciones prácticas. Sevilla: Artes Gráficas Gala, S.L.

Rosas Maldonado, C. E. (12 de Junio de 2013). mipielsana. Obtenido de mipielsana: <https://www.mipielsana.com/banarte-con-agua-fria-o-caliente-despues-de-entrenar/>

solarweb. (s.f.). solarweb. Recuperado el 15 de Junio de 2023, de <https://www.solarweb.net/forosolar/attachments/solar-termica/5877-conexiones-acumulador-estratificado-deposito-estratificado-froeling.jpg>

soliclima. (s.f.).oliclima. Recuperado el 29 de Junio de 2023, de http://www.soliclima.com/Suelo_radiante.htm

SOPELIA. (2 de Mayo de 2017). energiasolar. Recuperado el 09 de Julio de 2023, de <http://www.energiasolar.lat/colector-solar-plano/>

surveymonkey. (s.f.). surveymonkey. Recuperado el 27 de Junio de 2023, de <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>

SUSALUD. (11 de junio de 2023). Listado de establecimientos registrados en el RENIPRESS. Obtenido de <http://app20.susalud.gob.pe:8080/registro-renipress-webapp/listadoEstablecimientosRegistrados.htm?action=mostrarBuscar#no-back-button>

textoscientíficos. (s.f.). textoscientíficos. Recuperado el 17 de Junio de 2023, de <https://www.textoscientificos.com/energia/solar/calentadores>

Universidad de Piura. (16 de septiembre de 2013). UDEP.EDU.PE. Obtenido de UDEP.EDU.PE: <https://www.udep.edu.pe/hoy/2013/09/el-distrito-26-de-octubre/#:~:text=metropolitana%20de%20Piura.-,Tras%20un%20largo%20camino%20iniciado%20en%201984%2C%20el%20distrito%2026,demarcaciones%20territoriales%20de%20la%20provincia.>

Universidad de Piura. (17 de Mayo de 2017). udep.edu.pe. Recuperado el 01 de Julio de 2023, de <http://udep.edu.pe/hoy/2017/udep-evalua-la-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-piura/>

WIKIPEDIA. (23 de Julio de 2018). WIKIPEDIA. Recuperado el 19 de Junio de 2023, de https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Piura

Youtube. (24 de Mayo de 2012). Recuperado el 19 de Junio de 2023, de <https://www.youtube.com/watch?v=2BC04Q9DufU>



Apéndices





Apéndice A Cálculo de área de captación para las distintas entidades

Con el fin de evitar la redundancia de información en determinadas columnas, se emplearán los datos de la siguiente tabla para todas las entidades.

Apéndice A.1 Datos comunes de entidades

Col. 1	Col. 2	Col. 5	Col. 6	Col. 11	Col. 12	Col. 13	Col. 14	Col. 15	Col. 16
Mes	Número de días	Ta (°C)	T.RED (°C)	H (MJ/m ² .día)	H1 (Corregido) (MJ/m ² .día)	K Ángulo Inclinación	Latitud E (MJ/m ²)	Número de horas sol	I Irradiación (W/m ²)
Enero	31	27.9	25.9	23.24	22.08	0.9	18.68	8.75	593.02
Febrero	28	29.1	27.1	20.98	19.93	0.94	17.61	9.25	528.83
Marzo	31	28.5	26.5	22.52	21.39	0.99	19.91	9.5	582.17
Abril	30	27.8	25.8	22.18	21.07	1.04	20.60	9.25	618.62
Mayo	31	24.8	22.8	19.52	18.55	1.07	18.66	8.75	592.39
Junio	30	22.5	20.5	17.65	16.77	1.07	16.86	8.5	550.98
Julio	31	22.1	20.1	15.96	15.16	1.06	15.10	8.75	479.37
Agosto	31	22.8	20.8	19.78	18.79	1.03	18.19	9.25	546.25
Setiembre	30	23.4	21.4	21.94	20.84	0.99	19.40	9.5	567.26
Octubre	31	23.5	21.5	20.32	19.30	0.94	17.05	9.25	512.02
Noviembre	30	24.9	22.9	20.06	19.06	0.9	16.12	8.75	511.75
Diciembre	31	26.9	24.9	20.46	19.43	0.89	16.26	8.5	531.38

Apéndice A.2 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para Viviendas (2023)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m² (MJ/m²)	Energía diaria disponible por m² (MJ/m²)	Energía mensual disponible por m² (MJ/m²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	172056.58	34.1	5872743	24571556	792631	56%	10.46	8.89	275.69	29341367	100	0
Febrero	100	155405.94	32.9	5116952	21409325	764619	55%	9.60	8.16	228.59	24328746	100	0
Marzo	100	172056.58	33.5	5756926	24086979	776999	56%	11.17	9.50	294.35	31326611	100	0
Abril	100	166506.37	34.2	5693204	23820366	794012	57%	11.70	9.94	298.27	31744681	100	0
Mayo	100	172056.58	37.2	6397133	26765603	863407	54%	10.06	8.55	265.12	28215976	100	0
Junio	100	166506.37	39.5	6576418	27515735	917191	51%	8.53	7.25	217.44	23141436	84	4374299
Julio	100	172056.58	39.9	6870425	28745859	927286	46%	7.02	5.96	184.88	19676823	68	9069036
Agosto	100	172056.58	39.2	6743192	28213515	910113	51%	9.20	7.82	242.47	25805597	91	2407918
Setiembre	100	166506.37	38.6	6421722	26868485	895616	52%	10.08	8.57	257.07	27359001	100	0
Octubre	100	172056.58	38.5	6626469	27725145	894360	49%	8.43	7.17	222.21	23649016	85	4076129
Noviembre	100	166506.37	37.1	6180829	25860588	862020	51%	8.15	6.93	207.81	22116788	86	3743799
Diciembre	100	172056.58	35.1	6043549	25286209	815684	53%	8.62	7.32	227.05	24164547	96	1121661
				Total=	310,869,364				Total=	2920.95	310870590	92	24,792,842

Apéndice A.3 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para Viviendas (2030)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m3)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	195995.97	34.1	6689857	27990362	902915	56%	10.46	8.89	275.69	33423817	100	0
Febrero	100	177028.62	32.9	5828907	24388148	871005	55%	9.60	8.16	228.59	27713758	100	0
Marzo	100	195995.97	33.5	6557926	27438362	885108	56%	11.17	9.50	294.35	35685280	100	0
Abril	100	189673.52	34.2	6485338	27134653	904488	57%	11.70	9.94	298.27	36161519	100	0
Mayo	100	195995.97	37.2	7287209	30489680	983538	54%	10.06	8.55	265.12	32141843	100	0
Junio	100	189673.52	39.5	7491440	31344184	1044806	51%	8.53	7.25	217.44	26361250	84	4982934
Julio	100	195995.97	39.9	7826354	32745463	1056305	46%	7.02	5.96	184.88	22414584	68	10330879
Agosto	100	195995.97	39.2	7681417	32139050	1036744	51%	9.20	7.82	242.47	29396093	91	2742957
Setiembre	100	189673.52	38.6	7315219	30606878	1020229	52%	10.08	8.57	257.07	31165631	100	0
Octubre	100	195995.97	38.5	7548454	31582731	1018798	49%	8.43	7.17	222.21	26939453	85	4643278
Noviembre	100	189673.52	37.1	7040809	29458745	981958	51%	8.15	6.93	207.81	25194037	86	4264708
Diciembre	100	195995.97	35.1	6884428	28804448	929176	53%	8.62	7.32	227.05	27526713	96	1277735
				Total=	354,122,704			Total=	2920.95	354123979	92	28,242,491	

Apéndice A.4 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para UPS

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	2708.78	34.1	92458	386843	12479	56%	10.46	8.89	275.69	462060	100	0
Febrero	100	2446.64	32.9	80559	337059	12038	55%	9.60	8.16	228.59	383123	100	0
Marzo	100	2708.78	33.5	90634	379214	12233	56%	11.17	9.50	294.35	493323	100	0
Abril	100	2621.40	34.2	89631	375017	12501	57%	11.70	9.94	298.27	499907	100	0
Mayo	100	2708.78	37.2	100714	421385	13593	54%	10.06	8.55	265.12	444338	100	0
Junio	100	2621.40	39.5	103536	433195	14440	51%	8.53	7.25	217.44	364425	84	68770
Julio	100	2708.78	39.9	108165	452562	14599	46%	7.02	5.96	184.88	309865	68	142696
Agosto	100	2708.78	39.2	106162	444181	14328	51%	9.20	7.82	242.47	406380	91	37801
Setiembre	100	2621.40	38.6	101101	423005	14100	52%	10.08	8.57	257.07	430842	100	0
Octubre	100	2708.78	38.5	104324	436492	14080	49%	8.43	7.17	222.21	372418	85	64074
Noviembre	100	2621.40	37.1	97308	407137	13571	51%	8.15	6.93	207.81	348289	86	58848
Diciembre	100	2708.78	35.1	95147	398094	12842	53%	8.62	7.32	227.05	380537	96	17558
				Total=	4,894,185				Total=	2920.95	4895508	92	389,746

Apéndice A.5 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para hoteles (2023)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	18474.45	34.1	630581	2638353	85108	56%	10.46	8.89	275.69	3150610	100	0
Febrero	100	16686.60	32.9	549429	2298811	82100	55%	9.60	8.16	228.59	2612366	100	0
Marzo	100	18474.45	33.5	618146	2586322	83430	56%	11.17	9.50	294.35	3363781	100	0
Abril	100	17878.50	34.2	611304	2557694	85256	57%	11.70	9.94	298.27	3408673	100	0
Mayo	100	18474.45	37.2	686887	2873937	92708	54%	10.06	8.55	265.12	3029768	100	0
Junio	100	17878.50	39.5	706138	2954482	98483	51%	8.53	7.25	217.44	2484875	84	469606
Julio	100	18474.45	39.9	737707	3086566	99567	46%	7.02	5.96	184.88	2112853	68	973712
Agosto	100	18474.45	39.2	724045	3029406	97723	51%	9.20	7.82	242.47	2770947	91	258458
Setiembre	100	17878.50	38.6	689528	2884984	96166	52%	10.08	8.57	257.07	2937748	100	0
Octubre	100	18474.45	38.5	711512	2976967	96031	49%	8.43	7.17	222.21	2539378	85	437589
Noviembre	100	17878.50	37.1	663662	2776762	92559	51%	8.15	6.93	207.81	2374851	86	401911
Diciembre	100	18474.45	35.1	648922	2715088	87583	53%	8.62	7.32	227.05	2594735	96	120353
				Total=	33,379,371				Total=	2920.95	33380587	92	2,661,630

Apéndice A.6 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para hoteles (2030)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	22082.85	34.1	753746	3153672	101731	56%	10.46	8.89	275.69	3765955	100	0
Febrero	100	19945.80	32.9	656743	2747811	98136	55%	9.60	8.16	228.59	3122587	100	0
Marzo	100	22082.85	33.5	738881	3091478	99725	56%	11.17	9.50	294.35	4020761	100	0
Abril	100	21370.50	34.2	730702	3057259	101909	57%	11.70	9.94	298.27	4074420	100	0
Mayo	100	22082.85	37.2	821049	3435270	110815	54%	10.06	8.55	265.12	3621512	100	0
Junio	100	21370.50	39.5	844060	3531547	117718	51%	8.53	7.25	217.44	2970196	84	561351
Julio	100	22082.85	39.9	881795	3689429	119014	46%	7.02	5.96	184.88	2525514	68	1163915
Agosto	100	22082.85	39.2	865465	3621104	116810	51%	9.20	7.82	242.47	3312140	91	308964
Setiembre	100	21370.50	38.6	824205	3448474	114949	52%	10.08	8.57	257.07	3511519	100	0
Octubre	100	22082.85	38.5	850484	3558424	114788	49%	8.43	7.17	222.21	3035344	85	523080
Noviembre	100	21370.50	37.1	793287	3319114	110637	51%	8.15	6.93	207.81	2838683	86	480432
Diciembre	100	22082.85	35.1	775668	3245395	104690	53%	8.62	7.32	227.05	3101512	96	143883
				Total=	39,898,977			Total=	2920.95	2920.95	39900141	92	3,181,624

Apéndice A.7 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para colegios (2023)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	30	1808.65	34.1	61734	258294	8332	56%	10.46	8.89	275.69	921915	100	0
Febrero	30	1633.62	32.9	53789	225053	8038	55%	9.60	8.16	228.59	764417	100	0
Marzo	100	6028.82	33.5	201721	844001	27226	56%	11.17	9.50	294.35	984292	100	0
Abril	100	5834.34	34.2	199488	834659	27822	57%	11.70	9.94	298.27	997427	100	0
Mayo	100	6028.82	37.2	224154	937860	30254	54%	10.06	8.55	265.12	886555	95	51305
Junio	100	5834.34	39.5	230436	964144	32138	51%	8.53	7.25	217.44	727111	75	237033
Julio	100	6028.82	39.9	240738	1007247	32492	46%	7.02	5.96	184.88	618252	61	388996
Agosto	100	6028.82	39.2	236280	988594	31890	51%	9.20	7.82	242.47	810820	82	177775
Setiembre	100	5834.34	38.6	225015	941465	31382	52%	10.08	8.57	257.07	859628	91	81837
Octubre	100	6028.82	38.5	232190	971482	31338	49%	8.43	7.17	222.21	743059	76	228423
Noviembre	100	5834.34	37.1	216575	906148	30205	51%	8.15	6.93	207.81	694916	77	211232
Diciembre	100	6028.82	35.1	211764	886022	28581	53%	8.62	7.32	227.05	759257	86	126765
				Total=	9,764,971			Total=	2920.95	9767648	85	1,503,365	

Apéndice A.8 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para colegios (2030)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	30	1912.55	34.1	65280	273132	8811	56%	10.46	8.89	275.69	974848	100	0
Febrero	30	1727.46	32.9	56879	237982	8499	55%	9.60	8.16	228.59	808307	100	0
Marzo	100	6375.15	33.5	213309	892486	28790	56%	11.17	9.50	294.35	1040806	100	0
Abril	100	6169.50	34.2	210948	882607	29420	57%	11.70	9.94	298.27	1054696	100	0
Mayo	100	6375.15	37.2	237031	991736	31991	54%	10.06	8.55	265.12	937457	95	54279
Junio	100	6169.50	39.5	243674	1019531	33984	51%	8.53	7.25	217.44	768859	75	250672
Julio	100	6375.15	39.9	254567	1065110	34358	46%	7.02	5.96	184.88	653749	61	411360
Agosto	100	6375.15	39.2	249853	1045385	33722	51%	9.20	7.82	242.47	857374	82	188011
Setiembre	100	6169.50	38.6	237942	995548	33185	52%	10.08	8.57	257.07	908985	91	86563
Octubre	100	6375.15	38.5	245528	1027290	33138	49%	8.43	7.17	222.21	785723	76	241567
Noviembre	100	6169.50	37.1	229016	958203	31940	51%	8.15	6.93	207.81	734816	77	223387
Diciembre	100	6375.15	35.1	223929	936921	30223	53%	8.62	7.32	227.05	802851	86	134070
				Total=	10,325,931			Total=	2920.95	2920.95	10328470	85	1,589,909

Apéndice A.9 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para universidades (2023)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	30	698.67	34.1	23848	99778	3219	56%	10.46	8.89	275.69	334690	100	0
Febrero	30	631.06	32.9	20778	86937	3105	55%	9.60	8.16	228.59	277512	100	0
Marzo	30	698.67	33.5	23377	97810	3155	56%	11.17	9.50	294.35	357336	100	0
Abril	100	2253.78	34.2	77061	322425	10748	57%	11.70	9.94	298.27	362104	100	0
Mayo	100	2328.91	37.2	86590	362291	11687	54%	10.06	8.55	265.12	321853	89	40438
Junio	100	2253.78	39.5	89016	372445	12415	51%	8.53	7.25	217.44	263969	71	108476
Julio	100	2328.91	39.9	92996	389095	12551	46%	7.02	5.96	184.88	224449	58	164646
Agosto	100	2328.91	39.2	91274	381890	12319	51%	9.20	7.82	242.47	294359	77	87531
Setiembre	100	2253.78	38.6	86922	363684	12123	52%	10.08	8.57	257.07	312078	86	51606
Octubre	100	2328.91	38.5	89694	375279	12106	49%	8.43	7.17	222.21	269759	72	105520
Noviembre	100	2253.78	37.1	83662	350041	11668	51%	8.15	6.93	207.81	252281	72	97760
Diciembre	100	2328.91	35.1	81804	342266	11041	53%	8.62	7.32	227.05	275639	81	66627
				Total=	3,543,942				Total=	2920.95	3546030	80	722,604

Apéndice A.10 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para universidades (2030)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	30	830.50	34.1	28347	118604	3826	56%	10.46	8.89	275.69	398100	100	0
Febrero	30	750.13	32.9	24699	103341	3691	55%	9.60	8.16	228.59	330089	100	0
Marzo	30	830.50	33.5	27788	116265	3750	56%	11.17	9.50	294.35	425035	100	0
Abril	100	2679.03	34.2	91602	383261	12775	57%	11.70	9.94	298.27	430707	100	0
Mayo	100	2768.33	37.2	102928	430649	13892	54%	10.06	8.55	265.12	382830	89	47819
Junio	100	2679.03	39.5	105812	442719	14757	51%	8.53	7.25	217.44	313980	71	128739
Julio	100	2768.33	39.9	110543	462511	14920	46%	7.02	5.96	184.88	266972	58	195539
Agosto	100	2768.33	39.2	108496	453946	14643	51%	9.20	7.82	242.47	350127	77	103819
Setiembre	100	2679.03	38.6	103323	432305	14410	52%	10.08	8.57	257.07	371203	86	61102
Octubre	100	2768.33	38.5	106618	446088	14390	49%	8.43	7.17	222.21	320866	72	125222
Noviembre	100	2679.03	37.1	99447	416088	13870	51%	8.15	6.93	207.81	300077	72	116010
Diciembre	100	2768.33	35.1	97239	406846	13124	53%	8.62	7.32	227.05	327861	81	78985
				Total=	4,212,623			Total=	2920.95	4217848	80	857,234	

Apéndice A.11 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para gimnasios

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	1199.97	34.1	40958	171369	5528	56%	10.46	8.89	275.69	205115	100	0
Febrero	100	1083.85	32.9	35687	149315	5333	55%	9.60	8.16	228.59	170074	100	0
Marzo	100	1199.97	33.5	40150	167989	5419	56%	11.17	9.50	294.35	218993	100	0
Abril	100	1161.26	34.2	39706	166130	5538	57%	11.70	9.94	298.27	221916	100	0
Mayo	100	1199.97	37.2	44615	186671	6022	54%	10.06	8.55	265.12	197248	100	0
Junio	100	1161.26	39.5	45866	191903	6397	51%	8.53	7.25	217.44	161773	84	30129
Julio	100	1199.97	39.9	47916	200482	6467	46%	7.02	5.96	184.88	137554	69	62928
Agosto	100	1199.97	39.2	47029	196769	6347	51%	9.20	7.82	242.47	180398	92	16371
Setiembre	100	1161.26	38.6	44787	187388	6246	52%	10.08	8.57	257.07	191257	100	0
Octubre	100	1199.97	38.5	46215	193363	6238	49%	8.43	7.17	222.21	165322	85	28041
Noviembre	100	1161.26	37.1	43107	180359	6012	51%	8.15	6.93	207.81	154611	86	25749
Diciembre	100	1199.97	35.1	42149	176353	5689	53%	8.62	7.32	227.05	168926	96	7427
				Total=	2,168,091				Total=	2920.95	2173185	92	170,646

Apéndice A.12 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para lavanderías

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	335.40	34.1	11448	47898	1545	56%	10.46	8.89	275.69	57344	100	0
Febrero	100	302.94	32.9	9975	41734	1490	55%	9.60	8.16	228.59	47547	100	0
Marzo	100	335.40	33.5	11222	46953	1515	56%	11.17	9.50	294.35	61224	100	0
Abril	100	324.58	34.2	11098	46434	1548	57%	11.70	9.94	298.27	62041	100	0
Mayo	100	335.40	37.2	12470	52175	1683	54%	10.06	8.55	265.12	55145	100	0
Junio	100	324.58	39.5	12820	53637	1788	51%	8.53	7.25	217.44	45227	84	8410
Julio	100	335.40	39.9	13393	56035	1808	46%	7.02	5.96	184.88	38456	69	17579
Agosto	100	335.40	39.2	13145	54997	1774	51%	9.20	7.82	242.47	50434	92	4564
Setiembre	100	324.58	38.6	12518	52376	1746	52%	10.08	8.57	257.07	53470	100	0
Octubre	100	335.40	38.5	12917	54045	1743	49%	8.43	7.17	222.21	46219	86	7826
Noviembre	100	324.58	37.1	12048	50411	1680	51%	8.15	6.93	207.81	43224	86	7186
Diciembre	100	335.40	35.1	11781	49291	1590	53%	8.62	7.32	227.05	47227	96	2065
				Total=	605,987				Total=	2920.95	607557	92	47,631

Apéndice A.13 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para restaurantes (2023)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	19721.12	34.1	673133	2816390	90851	56%	10.46	8.89	275.69	3363445	100	0
Febrero	100	17812.62	32.9	586505	2453936	87641	55%	9.60	8.16	228.59	2788840	100	0
Marzo	100	19721.12	33.5	659859	2760848	89060	56%	11.17	9.50	294.35	3591016	100	0
Abril	100	19084.95	34.2	652555	2730289	91010	57%	11.70	9.94	298.27	3638940	100	0
Mayo	100	19721.12	37.2	733239	3067872	98964	54%	10.06	8.55	265.12	3234439	100	0
Junio	100	19084.95	39.5	753789	3153852	105128	51%	8.53	7.25	217.44	2652737	84	501115
Julio	100	19721.12	39.9	787488	3294849	106285	46%	7.02	5.96	184.88	2255584	68	1039265
Agosto	100	19721.12	39.2	772904	3233831	104317	51%	9.20	7.82	242.47	2958134	91	275697
Setiembre	100	19084.95	38.6	736057	3079664	102655	52%	10.08	8.57	257.07	3136203	100	0
Octubre	100	19721.12	38.5	759525	3177854	102511	49%	8.43	7.17	222.21	2710922	85	466933
Noviembre	100	19084.95	37.1	708446	2964139	98805	51%	8.15	6.93	207.81	2535280	86	428859
Diciembre	100	19721.12	35.1	692711	2898304	93494	53%	8.62	7.32	227.05	2770018	96	128286
				Total=	35,631,828				Total=	2920.95	35635558	92	2,840,154

Apéndice A.14 Cálculo de la superficie total de captación para ACS para restaurantes (2030)

Col. 1	Col. 3	Col. 4	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 17	Col. 18	Col. 19	Col. 20	Col. 21	Col. 22	Col. 23
Mes	% ocupación	Consumo mensual (m ³)	Salto térmico (°C)	Necesidad Energética mensual (termias)	Necesidad mensual Energética (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	Rendimiento η	Aporte solar por m ² (MJ/m ²)	Energía diaria disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía mensual disponible por m ² (MJ/m ²)	Energía solar total mensual (MJ)	% aporte solar	Déficit Energético (MJ)
Enero	100	27946.04	34.1	953872	3990999	128742	56%	10.46	8.89	275.69	4766166	100	0
Febrero	100	25241.58	32.9	831113	3477378	124192	55%	9.60	8.16	228.59	3951924	100	0
Marzo	100	27946.04	33.5	935060	3912292	126203	56%	11.17	9.50	294.35	5088646	100	0
Abril	100	27044.55	34.2	924710	3868988	128966	57%	11.70	9.94	298.27	5156557	100	0
Mayo	100	27946.04	37.2	1039045	4347363	140238	54%	10.06	8.55	265.12	4583360	100	0
Junio	100	27044.55	39.5	1068165	4469202	148973	51%	8.53	7.25	217.44	3759059	84	710143
Julio	100	27946.04	39.9	1115919	4669003	150613	46%	7.02	5.96	184.88	3196273	68	1472731
Agosto	100	27946.04	39.2	1095253	4582538	147824	51%	9.20	7.82	242.47	4191821	91	390717
Setiembre	100	27044.55	38.6	1043039	4364074	145469	52%	10.08	8.57	257.07	4444154	100	0
Octubre	100	27946.04	38.5	1076294	4503216	145265	49%	8.43	7.17	222.21	3841510	85	661706
Noviembre	100	27044.55	37.1	1003912	4200368	140012	51%	8.15	6.93	207.81	3592617	86	607751
Diciembre	100	27946.04	35.1	981614	4107075	132486	53%	8.62	7.32	227.05	3925252	96	181823
				Total=	50,492,495				Total=	2920.95	50497339	92	4,024,871

Anexos





Anexo A Metodología para obtención de datos ambientales mensuales

Gracias al apoyo del Ing. Rodolfo Rodríguez, se logró obtener información climatológica del radar atmosférico (2018) situado en la Universidad de Piura. Los datos que se proporcionaron tienen un período de separación de 10 minutos (ver Anexo A.1.), los concernientes a este estudio, son: temperatura ambiente, radiación solar, viento y humedad.

Se tomó el lapso entre 6:00 – 19:00 de cada día, que son las horas a las cuales amanece y anochece, respectivamente; por ende, para encontrar los datos diarios de Ta se calcula el promedio de todas las temperaturas dentro de ese período, para el caso de H, se calcula la suma. Los valores de viento y humedad relativa promedio mensual se calculan tomando los días completos porque se usará para el cálculo en piscinas; de esta manera se obtiene la Anexo A.2.

Anexo A.1 Datos de temperatura ambiente promedio y radiación solar para el 1 de enero del 2018

Time	Temperatura (°C)	Energía Solar (MJ/m ²)	Velocidad del viento (m/s)	Humedad relativa (%)	Time	Temperatura (°C)	Energía Solar (MJ/m ²)	Velocidad del viento (m/s)	Humedad relativa (%)
00:00	22.7	0	0.4	77	12:00	30.1	0.55	1.3	53
00:10	22.6	0	0.9	78	12:10	30.8	0.57	0.9	52
00:20	22.5	0	0.9	78	12:20	30.7	0.58	1.8	51
00:30	22.4	0	1.3	78	12:30	30.8	0.51	0.9	51
00:40	22.4	0	0.9	77	12:40	31.2	0.59	1.8	50
00:50	22.3	0	0.4	78	12:50	31.3	0.62	1.8	49
01:00	22.3	0	0.9	78	13:00	31.6	0.6	1.8	48
01:10	22.2	0	0	78	13:10	31.3	0.59	2.2	49
01:20	22.1	0	0	78	13:20	31.1	0.47	1.8	50
01:30	22	0	0	79	13:30	31.6	0.56	1.8	49
01:40	21.9	0	0	79	13:40	31.8	0.56	1.3	48
01:50	21.8	0	0	80	13:50	32.1	0.56	1.8	48
02:00	21.7	0	0	80	14:00	32.3	0.56	1.8	48
02:10	21.6	0	0	80	14:10	32.2	0.57	1.8	47
02:20	21.5	0	0	81	14:20	32.3	0.55	1.3	47

02:3 0	21.4	0	0	81	14:3 0	32.6	0.55	0.9	47
02:4 0	21.4	0	0	81	14:4 0	32.8	0.5	0.9	46
02:5 0	21.5	0	0	82	14:5 0	32.7	0.48	2.2	46
03:0 0	21.6	0	0	82	15:0 0	32.8	0.47	1.3	46
03:1 0	21.7	0	0	81	15:1 0	32.8	0.45	2.2	46
03:2 0	21.7	0	0.4	81	15:2 0	33	0.44	1.3	46
03:3 0	21.7	0	0.4	81	15:3 0	33.5	0.4	1.3	45
03:4 0	21.7	0	0	81	15:4 0	32.7	0.34	1.8	47
03:5 0	21.6	0	0	81	15:5 0	31.7	0.36	2.2	49
04:0 0	21.6	0	0	82	16:0 0	31.5	0.34	2.2	50
04:1 0	21.4	0	0	82	16:1 0	31.3	0.29	2.2	50
04:2 0	21.3	0	0	82	16:2 0	30.9	0.27	2.7	51
04:3 0	21.2	0	0	82	16:3 0	30.7	0.26	2.2	51
04:4 0	21.1	0	0	83	16:4 0	30.4	0.23	2.7	52
04:5 0	21.1	0	0	83	16:5 0	30	0.21	2.2	53
05:0 0	21	0	0	83	17:0 0	29.7	0.18	2.2	54
05:1 0	21	0	0	84	17:1 0	29.5	0.16	2.2	54
05:2 0	21	0	0	84	17:2 0	29.2	0.13	2.2	55
05:3 0	20.9	0	0	84	17:3 0	29.1	0.11	1.8	55
05:4 0	20.9	0	0	84	17:4 0	29	0.09	1.3	56
05:5 0	20.8	0	0	84	17:5 0	28.9	0.06	1.8	56
06:0 0	20.7	0	0	84	18:0 0	28.7	0.05	3.6	56
06:1 0	20.6	0	0	84	18:1 0	28.3	0.03	4.5	57
06:2 0	20.6	0	0	84	18:2 0	27.9	0.02	3.6	58
06:3 0	20.6	0.01	0	84	18:3 0	27.5	0.01	3.1	60
06:4 0	20.7	0.01	0	84	18:4 0	27	0	4.5	61
06:5 0	20.8	0.02	0	84	18:5 0	26.7	0	3.6	62
07:0 0	20.9	0.03	0	84	19:0 0	26.4	0	3.6	63

07:1 0	21.1	0.04	0	84	19:1 0	26.3	0	2.7	63
07:2 0	21.4	0.07	0	83	19:2 0	26.1	0	3.1	64
07:3 0	21.8	0.1	0	81	19:3 0	25.8	0	2.7	64
07:4 0	22.2	0.14	0.4	79	19:4 0	25.7	0	3.1	65
07:5 0	22.7	0.17	0.4	77	19:5 0	25.6	0	2.2	66
08:0 0	22.7	0.15	0.9	76	20:0 0	25.3	0	2.2	66
08:1 0	22.8	0.17	0.9	76	20:1 0	25.1	0	2.2	67
08:2 0	23.1	0.19	0.9	74	20:2 0	25	0	2.7	68
08:3 0	23.2	0.25	1.8	73	20:3 0	24.8	0	2.7	68
08:4 0	23.7	0.22	0.9	73	20:4 0	24.8	0	1.8	69
08:5 0	24	0.23	1.3	71	20:5 0	24.6	0	1.8	70
09:0 0	24.1	0.18	1.3	71	21:0 0	24.4	0	2.7	70
09:1 0	24.4	0.22	1.3	69	21:1 0	24.2	0	3.1	72
09:2 0	24.7	0.25	1.3	68	21:2 0	24.1	0	2.7	73
09:3 0	24.9	0.25	1.3	68	21:3 0	24	0	2.2	74
09:4 0	25.4	0.28	1.3	66	21:4 0	23.9	0	1.8	74
09:5 0	25.8	0.29	1.3	65	21:5 0	23.8	0	1.8	75
10:0 0	26	0.32	1.3	64	22:0 0	23.8	0	1.8	75
10:1 0	26.5	0.34	0.9	63	22:1 0	23.8	0	1.3	75
10:2 0	27	0.35	0.9	61	22:2 0	23.7	0	1.3	75
10:3 0	26.9	0.28	1.8	61	22:3 0	23.7	0	1.8	75
10:4 0	27.4	0.37	0.9	60	22:4 0	23.7	0	1.8	75
10:5 0	27.8	0.35	1.8	58	22:5 0	23.7	0	1.3	75
11:0 0	27.8	0.32	1.8	58	23:0 0	23.7	0	1.3	75
11:1 0	28.4	0.38	1.3	57	23:1 0	23.6	0	1.3	75
11:2 0	28.8	0.44	1.8	56	23:2 0	23.6	0	1.3	75
11:3 0	29.3	0.46	1.3	54	23:3 0	23.5	0	1.8	76
11:4 0	29.5	0.45	1.3	54	23:4 0	23.4	0	1.8	76

11:5 0	29.6	0.52	1.8	54	23:5 0	23.3	0	2.2	77
-----------	------	------	-----	----	-----------	------	---	-----	----

Nota. Adaptado de la estación meteorológica de la Universidad de Piura

Anexo A.2 Temperatura ambiente, energía solar diaria, velocidad del viento y humedad relativa promedios para los meses del año

Mes	Ta (°C)	H (MJ/m ²)	Viento (m/s)	Humedad relativa (%)
Enero	27.9	23.2	1.6	67.8
Febrero	29.1	21.0	1.2	65.2
Marzo	28.5	22.5	1.3	66.0
Abril	27.8	22.2	1.3	67.4
Mayo	24.8	19.5	1.6	73.6
Junio	22.5	17.6	1.4	77.8
Julio	22.1	16.0	1.3	78.1
Agosto	22.8	19.8	1.4	76.0
Setiembre	23.4	22.0	1.4	74.6
Octubre	23.5	20.3	1.3	73.8
Noviembre	24.9	20.1	1.4	73.6
Diciembre	26.9	20.5	1.1	71.5

Nota. Adaptado de la estación meteorológica de la Universidad de Piura

Anexo B Valores del factor de inclinación k para una latitud de 5° Sur

Latitud = 5°

Incl	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.02	1	.99	.97	.97	.97	.99	1	1.02	1.03	1.03
10	1.04	1.02	1	.97	.94	.93	.94	.97	1	1.03	1.05	1.05
15	1.06	1.03	.99	.94	.9	.89	.9	.94	.99	1.04	1.07	1.07
20	1.06	1.02	.97	.91	.86	.84	.85	.9	.97	1.03	1.07	1.08
25	1.06	1.01	.95	.87	.81	.78	.8	.86	.95	1.02	1.08	1.08
30	1.05	1	.92	.83	.75	.72	.74	.82	.91	1.01	1.07	1.08
35	1.04	.97	.88	.78	.69	.65	.68	.77	.88	.98	1.06	1.07
40	1.02	.94	.84	.72	.62	.58	.61	.71	.83	.96	1.04	1.05
45	.99	.91	.79	.66	.55	.51	.54	.65	.78	.92	1.01	1.03
50	.96	.87	.74	.6	.48	.43	.47	.58	.73	.88	.98	1
55	.92	.82	.68	.53	.4	.35	.39	.51	.67	.83	.94	.96
60	.87	.77	.62	.46	.33	.27	.31	.44	.61	.78	.89	.92
65	.82	.72	.56	.39	.25	.18	.23	.36	.54	.72	.84	.87
70	.77	.66	.49	.31	.16	.12	.15	.28	.47	.66	.79	.82
75	.71	.59	.42	.23	.12	.11	.1	.21	.4	.59	.72	.76
80	.65	.53	.35	.16	.11	.1	.1	.13	.32	.52	.66	.7
85	.58	.46	.28	.12	.1	.09	.09	.09	.24	.44	.59	.63
90	.51	.39	.2	.11	.1	.09	.08	.08	.16	.37	.52	.56

Nota. Certificación Energética (s.f.)

Anexo C Ficha técnica del captador solar TopSon F3-1

Modelo		TopSon F3-1Q	F3-1	CFK-1
Largo	A mm.	1099	2099	2099
Ancho	B mm.	2099	1099	1099
Profundo	C mm.	110	110	110
Distancia entre conexiones	D mm.	900	1900	1900
Conexiones (junta plana con racor de unión)	G	¾"	¾"	¾"
Ángulo de inclinación		15° a 75°	15° a 75°	15° a 75°
Rendimiento óptico*	%	77	80,4	76,7
Coefficiente lineal de pérdidas k1*	W/(m² K)	3.434	3.235	3.669
Coefficiente global de pérdidas cuadráticas k2*	W/(m² K²)	0,011	0,0117	0,018
Máxima temperatura de estancamiento (en seco)	°C	189	194	196
Factor de corrección del ángulo de incidencia K50° *	%	94	94	95
Capacidad térmica efectiva C*	kJ/(m² K)	5,88	5,85	7,78
Presión de régimen admisible	bar	10	10	10
Superficie bruta del captador	m²	2,3	2,3	2,3
Superficie apertura	m²	2,11	1,99	2,12
Superficie absorción	m²	2	2	2
Capacidad	l.	1,9	1,7	1,1
Peso (vacío)	kg.	41	40	36
Caudal admisible	l/h	30 - 90	30 -90	90
Fluido calorportante		ANRO (sin diluir)	ANRO (sin diluir)	ANRO (sin diluir)
Certificado Solar-Keymark		011-7S2439F	011-7S260F	011-7S591F
Certificado Homologación		NPS-11815	NPS_29414	NPS_26014

* Valores según EN 12975

Nota. ACAE (s.f.)

