



**Análisis para determinar el sistema ACS solar más
óptimo para una residencia estándar en la Isla de
Margarita, Venezuela**

MEMORIA

Autor: José Daniel Rodríguez

Director: Ivette Rodríguez

Convocatoria: 2015-2016

Màster en Enginyeria de l'Energia





Màster en Enginyeria de l'Energia

Sol·licitudd'acceptació de presentació del Treball Final de Màster i sol·licitud de defensa pública.

Alumne: José Daniel Rodríguez

DNI: Y3678714Q

Títol:Análisis del sistema de ACS solar optimo para una residencia común en la
Isla de Margarita, Venezuela.

Director: Rodríguez Ivette

Acceptació de la presentació del Treball:

Confirmo l'acceptació de la presentació del Treball Final de Màster.

Per a que consti,

Rodríguez Ivette

Sol·licito:

La defensa pública del meuTreball Final de Màster.

Per a que consti,

Rodríguez, Jose D

Barcelona,de de



Agradecimientos

En primer lugar a Dios por mantenerme con vida y permitirme disfrutar de es este logro, y a la Virgen del valle por iluminar mi camino y darme la fortaleza para superar los obstáculos.

A mis padres, como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación profesional. Porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme, de igual manera, extendo estos agradecimientos a mis hermanas y el resto de mi familia, quienes han estado conmigo y me han aportado su apoyo y cariño incondicional, a lo largo de esta carrera.

Gratifico mi respeto a la Universidad Politécnica de Cataluña por abrirme sus puertas y a los profesores quienes me dieron clases y contribuyeron en forjar en mí la personalidad de un ingeniero, capaz de resolver cualquier problema. A mi tutora, Ivette Rodríguez por su dedicación y esmero en brindarme sus conocimientos.

No es fácil llegar, se necesita ahínco, lucha y deseo, pero sobre todo apoyo como el que he recibido durante estos dos años en Barcelona. Ahora más que nunca se acredita mi cariño, admiración y respeto, a todos mis amigos.

Resumen

Actualmente, muchos investigadores se encuentran estudiando las energías limpias y de la misma manera, su óptimo aprovechamiento. Por su parte, la energía solar desempeña un papel importante, debido a que es una fuente inagotable y de gran alcance en todo el mundo, es por ello que este proyecto busca beneficiarse de ella, empleándola para calentar el sistema de ACS de una vivienda promedio en la Isla de Margarita, Venezuela.

En el mercado existen gran variedad de configuraciones para los sistemas de ACS solar, por lo tanto, el propósito de esta investigación es encontrar la opción más adecuada. De una amplia gama, 4 sistemas han sido seleccionados, de los cuales, se evaluó su rendimiento variando el área de los colectores, el volumen del tanque de acumulación y el modelo del captador; para así, basado en los resultados, seleccionar el sistema más adecuado. El experimento reveló que los sistemas con calentadores de flujo continuo y tanques de acumulación para precalentar el agua, fueron los más eficientes con mejores valores de fracción solar y COP.

Posterior a ello, y como parte de esta investigación, se compararon estos sistemas con los resultados que tendrían, si operaran en la ciudad de Barcelona, con el fin de apreciar como la ubicación afecta el desempeño. Por último, se realizó el análisis económico de los sistemas, donde se garantizó su competitividad en el mercado, pues el tiempo para recuperar la inversión inicial se proyecta entre 5-8 años posteriores a su instalación.

Abstract

Researchers are constantly looking for natural, clear, and new ways of energy. Also, there is a popular concern for the better utilization of these energies. That is, solar energy has becoming an interesting research topic since it provides a not ending energy source which is available wide world. This project is based on utilizing solar energy to generate hot water for domestic's uses in an average house located in Margarita Island, Venezuela.

Currently there are many configurations for hot water systems using solar energy. The goal of this research is to select the best configuration for our case of study .Four systems have been selected, and evaluated. The experiment used to determine the best option includes variation in the collector area, the volume of the accumulator pool, and the captor model. Based in the result it has been determined that the DHW system with continuous electric heater and a storage tanks are the most efficient options.

Besides in this research, In order to validate this result, we established a comparison based on results that would be obtained if the installation would have been done in Barcelona, Spain. The comparison was done to check how the localization of the installation affects the performance of the technique. Also, in this research, we have done an economic analysis of the above studied systems to verify how competitive they are in the current market.

Indices

Agradecimientos	III
Resumen.....	IV
Abstract	V
Indices	VI
1. Introducción.....	9
2. Objetivos	15
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3. Descripción del edificio	17
3.1 Locación.....	17
3.2 Condiciones climáticas en Santa Ana.....	19
3.3 Demanda de energía.....	20
4. Sistemas de aguas calientes sanitarias	23
4.1 Sistemas de ACS solares	24
4.2 Componentes de los sistemas termo solares	25
4.2.1 El colector.....	25
4.3 Factor social en el desempeño técnico de los colectores.....	28
5. Sistemas de ASC solares propuestos	29
5.1 Sistema de ACS sin aporte solar.....	30
5.2 Sistema de ACS Solar con interacumulador	31
5.3 Sistema con acumulador e intercambiador de calor externo.....	32
5.4 Sistema con acumulador, intercambiador de calor interno y calentador eléctrico continuo.	33
5.5 Sistema con acumulador y calentador eléctrico continuo	34
6. Simulación.....	37

6.1	Modelos Matemáticos	37
6.1.1	Condiciones meteorológicas	37
6.1.2	Colectores.....	38
6.1.3	Acumuladores.....	39
6.1.4	Tuberías	39
6.1.5	Intercambiadores	40
6.1.6	Calentadores eléctricos	40
6.1.7	Controladores	41
6.2	Parámetros y datos de entrada.....	41
6.2.1	Parámetros variables.....	42
6.2.2	Parámetros Comunes.....	42
6.3	Variables a estudiar	44
6.4	Balances Energéticos.....	46
6.4.1	Tanques:	46
6.4.2	Colector solar	46
6.4.3	Tuberías	47
7.	Resultados.....	49
7.1	Resultados variando el área de los colectores.....	49
7.2	Resultados variando el volumen de acumulación de los tanques.....	53
7.3	Selección del sistema con mejor rendimiento para la instalación	56
7.4	Estudio diferentes modelos de captadores	57
7.5	Resultados en una locación diferente.....	59
7.6	Evaluar el comportamiento del sistema para un día específico durante al año	
	62	
7.6.1	Días de verano	62
7.6.2	Días de invierno.....	64

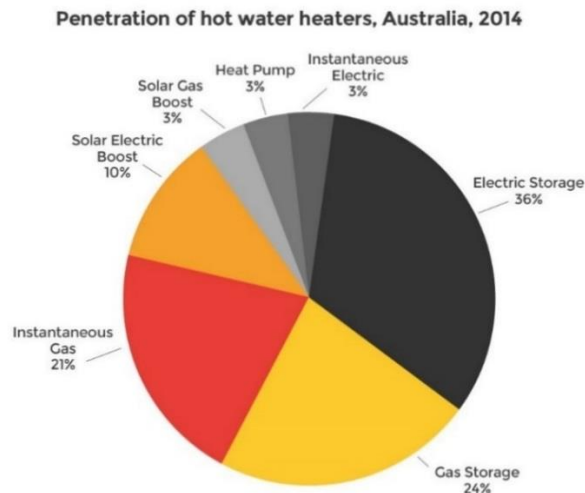
7.6.3	Análisis del funcionamiento de los días característicos	65
8.	Análisis Económico.....	67
8.1	Presupuesto.....	67
8.2	Viabilidad económica	68
8.2.1	Inversión inicial.....	69
8.2.2	Ahorro de combustible.....	69
8.2.3	Coste de mantenimiento.....	71
8.2.4	Incremento del precio de la electricidad	71
8.2.5	La tasa de interés	72
8.2.6	Inflación	72
8.2.7	Resultados	72
9.	Conclusiones	75
	Bibliografía	79
	Anexos.....	84

1. Introducción

Los sistemas de agua caliente sanitaria están destinados a suministrar agua caliente para usos domésticos (baños, duchas, etc.) y para otros usos de limpieza (fregado de platos, lavadora, lavavajillas, fregado de suelos). Típicamente estos sistemas emplean calderas de gas y calentadores eléctricos para calentar el agua hasta la temperatura deseada. (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2012). Las calderas emplean directamente el combustible para generar calor; con una eficiencia aproximada del 70% (Serrano Yuste, Certificados Energéticos, 2013), el principal recurso energético empleado para alimentar las calderas es de origen fósil, lo cual genera gran cantidad de emisiones de CO₂.

Asimismo, los calentadores por resistencia eléctrica aunque no generan emisiones directamente y tienen una eficiencia de casi el 100%, dependen del sistema eléctrico del país donde estén instaladas; la infraestructura eléctrica mundial tiene asociado un sin número de ineficiencias en la generación y distribución de la energía, lo que resultaría en un mal aprovechamiento de los recursos y altas emisiones de contaminantes; aproximadamente el 9% de la generación se pierde en la distribución y a esto se le debe sumar las pérdidas en la generación que están alrededor del 60% (Agencia Internacional de la Energía (AIE) , 2013). En base a esto, los ACS solares surgen como una solución para mitigar los problemas asociados a las técnicas convencionales, sacando ventaja del gran potencial de la energía solar.

Grafico 1. Popularidad de las diferentes formas de calentamiento de agua en Australia (BIS Shrapnel , 2014).



El gráfico 1 muestra el origen de la energía empleada para calentar agua de una residencia común en Australia. En la gráfica se observa que sólo un 13% proviene de energías renovables, siendo representada por el consumo de "solar electric boost" y "solar gas boost" con un 10% y 3% respectivamente, esta situación muestra el largo camino que aún falta por recorrer para que esta tecnología logre reemplazar los métodos convencionales, principalmente por el costo inicial de inversión que puede alcanzar la suma de \$7000, mientras que, el método convencional tiene un precio equivalente a \$1000.

Considerando que actualmente, y sobre todo para lugares con climas fríos los sistemas de agua caliente se vuelven indispensables en términos de comodidad, en la mayoría de las estructuras domésticas y de alojamiento los sistemas ACS representan el 25% del consumo energético de una residencia, ver figura 1; El cubrir esta demanda con energías alternativas repercutiría positivamente en el consumo eléctrico o de combustible. Lo que conllevaría directamente a menos emisiones de carbono y a una reducción de gastos energéticos para cada uno de los propietarios de la residencia. Estos datos se basan en una casa promedio en Australia.

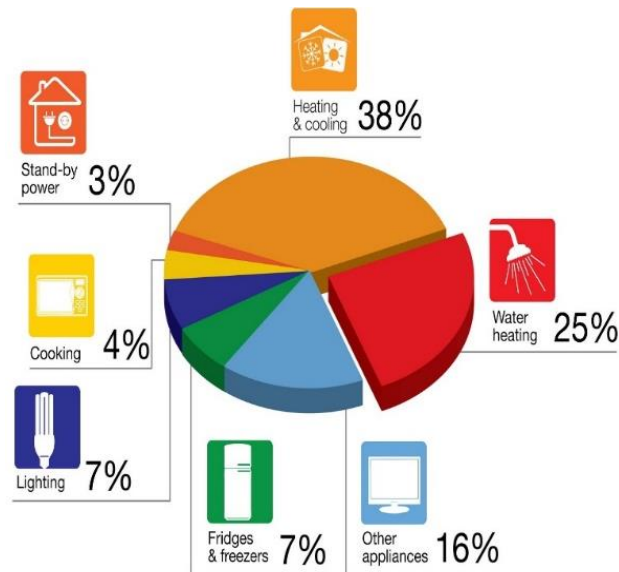


Figura 1. Consumo de agua en una casa promedio en Australia (Australian Government, 2005).

Lo antes descrito, sugiere que investigadores se preocupen por encontrar soluciones óptimas para los sistemas de agua caliente, mediante el desarrollo de las energías renovables, cuyo aprovechamiento no agota la fuente de la que se obtiene, es decir, son inagotables y por eso su uso no reduce los recursos existentes en las mismas” (BIS Shrapnel , 2014)

Entre las energías renovables, la energía solar ha abierto paso en lo que concierne al calentamiento del agua, mediante la conversión de la radiación solar en calor (Australian Government, 2005). Actualmente, por lo efectivo de este proceso, es la aplicación más usada en el mundo, acentuando su uso en el sector doméstico por su fácil implementación.

La historia de aplicaciones de energía solar térmica remonta un largo camino, datando por lo meros usos de Arquímedes con un espejo cóncavo para calentar el agua en el 214 A.C. La expresión, “energía solar térmica” abarca todos los usos de este tipo de energía y representa un número de opciones tecnológicas diferentes. Actualmente, se emplea en otro ámbitos, como por ejemplo, generación eléctrica mediante plantas termo solares; donde según las proyecciones recogidas en el informe Energía Solar Termoeléctrica, Perspectiva Mundial 2016 elaborado por Greenpeace Internacional,

Solar Paces y Estela (Asociación Europea de la Industria Solar Termoeléctrica) (Roca, 2016), estas plantas podrían suministrar el 6% de la demanda de electricidad global en 2030 y alcanzar el 12% en 2050, si se dan las condiciones adecuadas.

Un ejemplo de ellas, es planta Ivanpah en Estados Unidos capaz de generar 392 MW; La energía termo solar también puede ser empleada para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío. Siguiendo el mismo orden de ideas, los sistemas de calentamiento de agua mediante energía solar han sido adoptados ampliamente en países como Alemania y China, los cuales han tenido el desarrollo más grande en los últimos años en este tipo de tecnología, con la instalación de alrededor de 40 GW con capacidad para agua caliente por calentamiento solar, durante el año 2013 (Lindsay, 2013). En la siguiente gráfica se muestra el gran desarrollo de la tecnología en China.

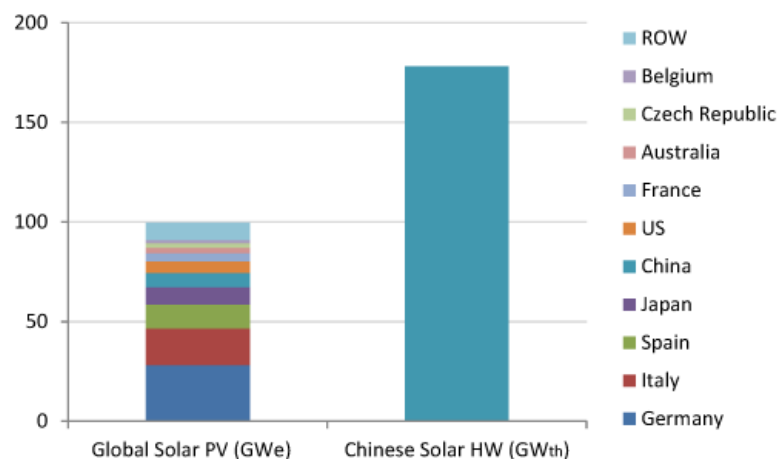


Figura 2. Capacidad de ACS solar en comparación con la capacidad global (Global Statut Report, 2013)

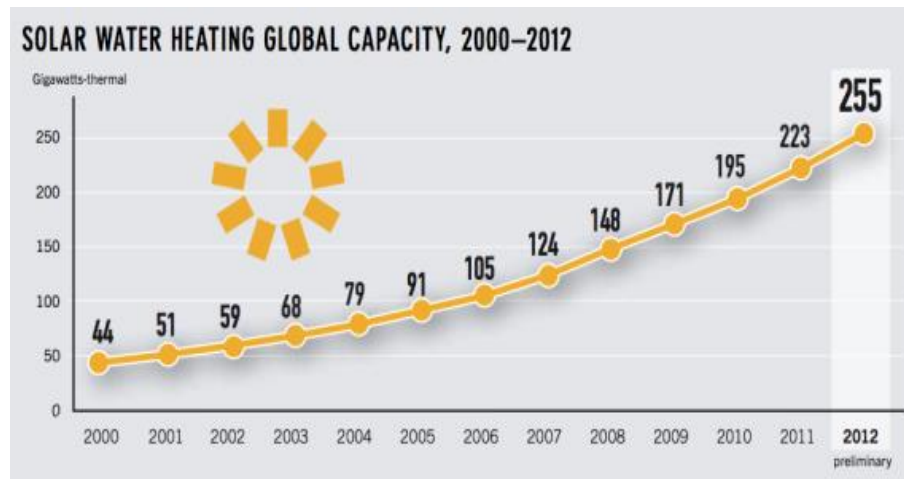
El calentamiento de agua mediante energía solar para aplicaciones domésticas se ha venido incrementando mundialmente recientemente; ver figura 2, debido un sin número de beneficios en contraposición con su predecesor basado en energías no renovables, entre los que destacan (Bioenergy):

Es un recurso inagotable y completamente renovable.

- No contamina.

- Permite un mayor ahorro tanto en agua como en electricidad.
- No disminuye ni utiliza la calidad del aire o de los suelos en donde se encuentre disponible.
- Genera un aumento en el mercado del valor de la vivienda debido a su practicidad.
- Contribuye al respeto y cuidado del medio ambiente concientizando a mayores y niños.
- Es un sistema de fácil instalación e integración en la vivienda y apenas necesita mantenimiento.

Grafico 2. Capacidad global de calentamiento de agua con luz solar (Shahan, 2013).



En tal sentido, este trabajo de investigación propone continuar desarrollando los sistemas ASC solares y validar su funcionamiento bajo diferentes parámetros y condiciones climáticas. Por lo que se propondrán 4 sistemas de ACS solares y se determinará cuál es el más eficiente para la instalación definida. Para ello, se evaluarán las variables de los diferentes sistemas por medio de simulaciones, haciendo uso del programa POLYSUN. En base a los resultados arrojados, se determinará el comportamiento de la fracción solar y el COP del sistema para diferentes áreas de los colectores y volúmenes del tanque de almacenamiento y a su vez, se establecerá el sistema más adecuado para la instalación escogida.

La ubicación se llevará a cabo en Venezuela, país suramericano que por su condición geográfica cerca de la línea ecuatorial hará más interesante el estudio. El mismo cuenta con un clima tropical y ausencia de estaciones, el país registra temperatura caliente constante y con pocas fluctuaciones, se destacan dos periodos anuales, temporada lluviosa y seca. Estas características permiten evaluar el desempeño de los sistemas ASC en climas cálidos para los cuales se han registrados pocas investigaciones. De manera de tener una idea sobre el impacto de las condiciones climáticas en el sistema, se simularan variando la ubicación hipotéticamente a la ciudad de Barcelona, España.

Adicionalmente, Venezuela al poseer grandes recursos hídricos y combustibles fósiles posee un sistema eléctrico centralizado y dependiente. Lo que actualmente ha generado un frágil sistema eléctrico, siendo mediante calentadores eléctricos, la principal forma de calentar el agua. Éste proyecta verificar la aplicación de la tecnología ACS para las condiciones de Venezuela y simultáneamente, ser la puerta de entrada de esta tecnología, considerando la gran disponibilidad de energía solar que posee esta nación.

El estudio se realizará en una casa ubicada en la Isla de Margarita, estado Nueva Esparta. El área de estudio cuenta con un sistema estructurado por 2 calentadores eléctricos de flujo continuo que abastecen sus requerimientos. Estos dispositivos termodinámicos se aprovechan de la siguiente manera: uno para el uso de las duchas, y el otro se dispone para el área de lavandería y cocina. Las deficiencias de este procedimiento se reflejan en el uso de un tanque de almacenamiento térmico, el cual será el punto de partida para la distribución del agua caliente.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Estudiar el comportamiento de diferentes configuraciones de sistemas de ACS para una casa específica, ubicada en el pueblo de Las Gamboas, Isla de Margarita, Venezuela, mediante el software POLYSUN.

2.2 Objetivos específicos

1. Establecer las condiciones meteorológicas para la ubicación de la vivienda seleccionada.
2. Definir la demanda energética de la vivienda seleccionada.
3. Proponer diferentes configuraciones de sistemas de ACS solar, para la instalación escogida
4. Simular las diferentes configuraciones por medio de POLYSUN, variando el área de captación, volumen de acumulación térmica para escoger la mejor opción desde un punto de vista técnico para la residencia propuesta.
5. Recalcular el sistema de ACS solar escogido con diferentes modelos de captadores para escoger el que posea mejor respuesta dentro de la gama disponible en el catálogo.
6. Evaluar el desempeño de la instalación con mejor rendimiento en una ubicación diferente para evaluar como esto afecta el desempeño.
7. Evaluar el comportamiento del sistema para un día específico durante al año.
8. Realizar un estudio económico que permita evaluar la rentabilidad del sistema.

Esta residencia dispone de bastante espacio en el tejado e inclusive en el patio, por lo que se puede aprovechar este espacio para la instalación de los paneles con orientación sur, de manera de conseguir un aporte solar significativo, en concordancia con la inversión realizada y la eficiencia energética, no se aconseja colocar colectores solares planos en las vertientes norte, este u oeste, ver figura 4. (Solar Web, 2015)



Figura 4. Vista satelital de la ubicación de la Quinta doña Julia (Google , 2016).

El domicilio cuenta aproximadamente con unos 800 metros cuadrados de construcción lo cual son dimensiones normales para una casa residencial en la zona. La misma dispone de 3 habitaciones y 4 baños. El sistema de ACS dentro de la vivienda se está dividido y se condiciona de la siguiente manera, una zona donde se encuentra las habitaciones y 3 baños, y otra, para el área de cocina, lavandería y el baño del comedor. Ver plano de la casa en el anexo.

El servicio de agua caliente funciona por medio de dos calentadores eléctricos que cubren la demanda de toda la casa. Estos calentadores poseen una potencia de 2.2 kW cada uno. En la siguiente imagen, se muestra una configuración típica para este tipo de calentadores, ver figura 5.

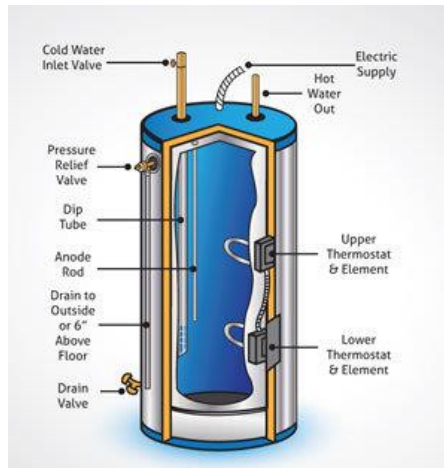


Figura 5. Descripción gráfica de un calentador de (Laws Plumbing, 2016).

3.2 Condiciones climáticas en Santa Ana.

La siguiente tabla muestra los datos meteorológicos para cada mes del año, además de un promedio anual para la ubicación, esto valores son obtenidos mediante la base de dato que posee POLYSUN, Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones meteorológicas Quinta doña Julia

Data Climática														
Mes		Anual	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura Ambiente	°C	28	27	27	27	28	29	28	28	29	29	29	28	27
Valor mínimo	°C	21	22	22	22	23	25	23	23	25	24	24	23	21
Valor máximo	°C	35	32	32	33	34	34	33	35	34	35	34	34	33
Global irradiación	MJ/m ²	6729	525	520	615	602	626	553	598	591	576	560	482	483
Valor mínimo	W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	W/m ²	1100	963	1100	1054	1095	1064	996	1023	1096	1070	1080	998	972
Normal directa	MJ/m ²	5349	466	482	461	452	430	378	483	470	457	439	408	424
Valor mínimo	W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	W/m ²	989	979	979	908	918	899	846	922	935	910	905	978	989
Irradiación difusa	MJ/m ²	3157	235	195	291	279	321	293	275	271	261	274	235	226
Valor mínimo	W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	W/m ²	531	427	472	517	531	504	508	502	523	518	466	440	422
Irradiación longitud de onda larga	MJ/m ²	13094	1107	1002	1104	1070	1122	1081	1104	1120	1091	1117	1075	1103
Valor mínimo	W/m ²	367	370	367	369	381	385	384	385	380	389	390	381	374

Valor máximo	W/m ²	465	445	447	452	450	457	462	453	460	454	458	465	449
Velocidad del viento	m/s	6	6	7	8	8	7	7	6	5	5	5	6	6
Valor mínimo	m/s	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	m/s	24	20	20	23	24	21	22	20	18	19	18	18	20
Humedad del aire	%	79	81	80	78	78	78	81	79	78	79	79	80	80
Valor mínimo	%	53	59	54	56	57	57	58	53	55	54	56	56	60
Valor máximo	%	100	100	99	98	99	100	98	100	99	100	99	100	100

En el apartado 7 se muestran las condiciones meteorológicas para la ubicación de Barcelona, estos serán utilizados en el apartado 7.2 para analizar como la ubicación afecta el funcionamiento de los sistemas de ACS termo solares.

3.3 Demanda de energía.

El consumo de ACS de un domicilio viene dado principalmente por el uso en las duchas, el lavado de platos mediante lavavajillas y la lavandería, entre otros, los cuales se recogen dentro de las estadísticas. Adicionalmente, se resalta que hoy en día la mayoría de los lavadores poseen calentadores de agua interno (LG Electronics, 2016); sin embargo, para este estudio se considera que el agua caliente empleada en el lavado se toma de las líneas de suministro. Este aspecto resulta positivo, porque, se aumentaría el uso de energía renovable en la casa disminuyendo el consumo eléctrico.

Venezuela es uno de los países que consume más agua por habitante del continente, sin embargo, a consecuencia de que éste siempre ha contado con grandes recursos hídricos, existe muy poca consideración en el uso adecuado del agua, como un recurso valioso. El venezolano promedio consume 250 litros de agua por día, de los cuales unos 50 litros son los requeridos para los sistemas ACS a 60 °C (Rico, 2014).

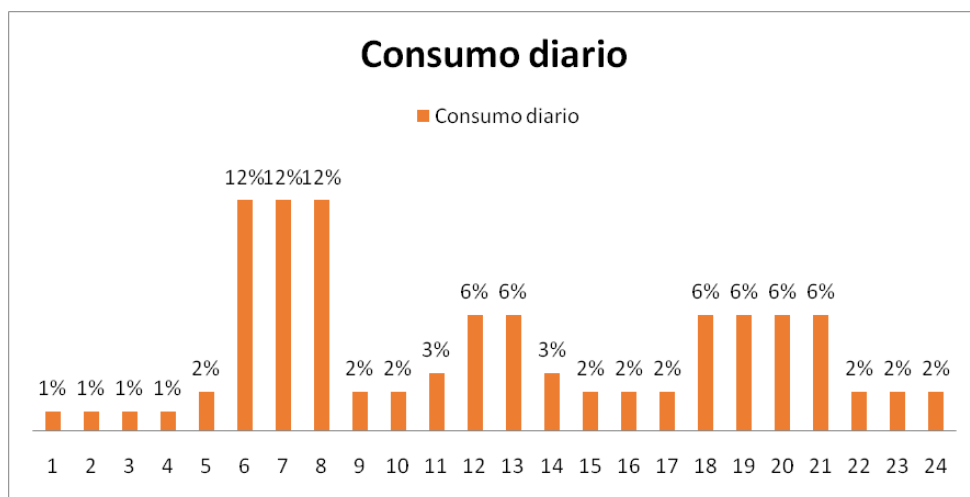
Para definir los perfiles de demanda de ACS, se consideran algunos valores:

- Cantidad de casas: 1
- Consumo de agua: 50 litros/persona/día (de 30 a 60°C)
- Consumo diario (5 personas): 250 litros/día
- Temperatura del consumo de agua: 60 °C

Es importante decir que la demanda de ACS se ha elegido por medio de comparación de varios estudios estadísticos y normativas (Serrano Yuste, Certificados Energeticos, 2015). Considerando las condiciones meteorológicas de Venezuela y que este país no consta de estaciones, la temperatura necesaria se mantiene constante durante todo el año. Adicionalmente, se considera que la casa se encuentra habitada durante éste periodo, por lo que no existe ningún periodo sin demanda.

En este sentido para definir el consumo diario de la casa se ha considerado la rutina de una casa promedio en Venezuela. Se ha estimado que el mayor porcentaje de utilización ocurre en las horas de la mañana que es cuando la mayoría de las personas se preparan para empezar la jornada laboral o estudiantil; para Venezuela esta jornada empieza alrededor de las 6:00 am y en las horas de la tarde cuando las personas regresan a casa; que es cuando se prepara la cena, lavan los platos entre otras actividades. Este perfil se ha elaborado en base a un análisis personal y el resultado se muestra en la gráfica3.

Grafico 3. Perfil de consumo de agua caliente semanal.



Una vez definido el perfil diario de consumo de ACS de la casa el programa permite estimar la temperatura del agua demandada mensualmente, en base a los datos meteorológicos. Esta estimación se basa en el consumo diario propuesto, además del

máximo caudal de demanda. Esta temperatura del agua caliente estimada se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Perfil de consumo de agua caliente mensual.

Demanda de agua caliente														
Mes		Anual	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura	°C	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Valor mínimo	°C	47	48	47	48	47	48	47	48	47	49	48	48	48
Valor máximo	°C	63	62	63	62	62	63	63	62	63	62	62	63	62
Caudal	m ³ /s	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Temperatura definida	°C	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Consumo diario	m ³ /d	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

4. Sistemas de aguas calientes sanitarias

Los sistemas de Agua Caliente Sanitaria son aquellos que distribuyen agua de consumo, siendo ésta sometida previamente a un tratamiento de calentamiento. Los elementos que constituyen un sistema de ACS son:

- **Acometida de Agua Fría de Consumo Humano:** conjunto de tuberías que transportan el agua fría de suministro.

- **Bombas:** es el equipo encargado de hacer circular el fluido dentro del sistema solar y el sistema de ACS, según sea el caso de aplicación (Ingemecánica). La absorción de energía por la bomba representa en sí mismo un cierto porcentaje de la energía solar obtenida. En sistemas grandes bien planificados el consumo de energía por la bomba es inferior al 1% de la energía solar obtenida (velasolaris, Polysun User Manual, 2016)

- **Generador de calor:** es el elemento o grupo de elementos destinados a elevar la temperatura del agua fría. Existen diversas posibilidades para elevar la temperatura de la misma. En algunas instalaciones, típicamente las de menor tamaño, se utilizan calderas o calentadores. No obstante, en las instalaciones de mayor tamaño se usan intercambiadores de calor, diferenciándose el circuito de ACS del circuito de agua de la caldera.

- **Red de suministro:** conjunto de tuberías que transportan el agua a la temperatura deseada hasta elementos terminales.

- **Acumulador:** depósito o depósitos que almacenan el agua caliente, incrementando la inercia térmica del sistema y permitiendo la utilización de generadores de calor de potencia inferior a la demanda máxima puntual del sistema.

Los depósitos de acumulación de ACS pueden ser de dos tipos: interacumuladores o acumuladores, según contengan o no en su interior al intercambiador de calor.

La característica más importante para su selección es el material con el que están fabricados, existiendo tres tipos fundamentales:

- Acero Inoxidable.
- Acero con tratamientos especiales, los más habituales con resinas epoxi.
- Acero con esmalte vitrificado, generalmente para pequeños volúmenes.

Otros aspectos básicos para su selección son la presión y la temperatura de trabajo (Asociación Técnica Española de Climatización, 2010).

- **Elementos terminales:** grifos, duchas que nos permiten el uso y disfrute del ACS.

- **Circuito de retorno:** red de tuberías que transportan el agua de vuelta desde los puntos más alejados de la red de suministro hasta el acumulador. Su objeto es mantener un nivel aceptable de temperatura del agua caliente en toda la red de suministro, aun cuando los elementos terminales no demanden consumo durante largos periodos de tiempo (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2012).

4.1 Sistemas de ACS solares

Estos sistemas tienen el mismo funcionamiento que los sistemas convencionales con la diferencia que el elemento generador de calor para elevar la temperatura del agua usa energía renovable, específicamente la energía solar.

En realidad es sólo en los últimos 30 años que son comercialmente interesantes los sistemas de energía solar. Antes de la década de 1970 había sólo un pequeño mercado de aplicaciones solares térmicas. En donde el calentamiento de agua, piscinas y aire acondicionado, eran las pocas áreas donde los productos termo solares eran competitivos (Osborn, 1993).

Es hasta ahora, que éstos han incrementado su auge a consecuencia de la crisis petrolera en la década de 1970, dinero y esfuerzo se invirtió en investigación, dando como resultado el desarrollo de sistemas de colectores solares térmicos, así como también, sistemas de conversión fotovoltaica, logrando convertir en sistemas competitivos para aplicaciones de baja y alta temperatura (BOSTRÖM, 2006).

4.2 Componentes de los sistemas termo solares

Los Principales componentes de los sistemas termo solares son el colector solar, el tanque de acumulación, bombas de circulación, sistema auxiliar de energía, intercambiador de calor y el bucle de ASC. En la figura 6 se muestra un esquema de un sistema ASC termo solar.

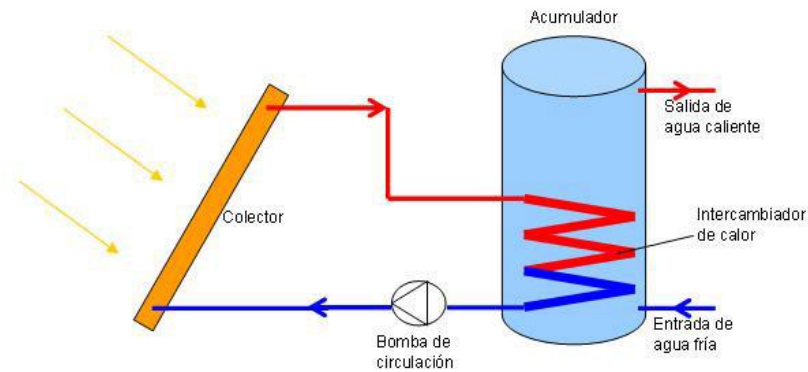


Figura 6. . Esquema de un sistema ASC termo solar [14]

4.2.1 El colector

Actualmente existen tres tipos de colectores que dominan el mercado: el captador plano protegido, captador plano descubierta y captador de tubos al vacío. El colector más popular es el plato plano con protección de vidrio, ilustrado en figura 7. La parte más importante es el absorbedor, que es el elemento que capta el calor utilizando PHOTO-THERMAL conversión.

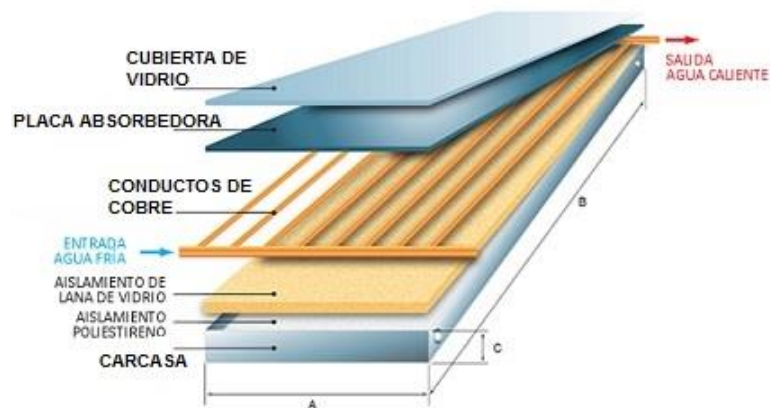


Figura 7. Colector de plato plano con cobertura de vidrio (ingemecánica)

El calor obtenido es transferido hacia el líquido o gas intermedio que fluye a través de la tubería que está conectada al absorbente. El calor puede ser perdido por radiación, conducción y convección. Las pérdidas en la convección son reducidas al cubrir los absorbentes con un cristal transparente, mientras que las pérdidas en la conducción se disminuyen aislando la caja del colector. Por otra parte, la reducción de la radiación se puede establecer manipulando la superficie del absorbente. El colector con tubos al vacío trabaja de manera similar al colector plano, pero en lugar de tener fibra de vidrio como aislante, el absorbente está al vacío, acortando considerablemente las pérdidas en comparación al colector plano y volviéndolos más de un 50% eficiente en comparación a los colectores plano (Kovacs & Pettersson, 2002).

Los colectores de vacío son los más eficientes para climas fríos y con bajos niveles de radiación difusa (Lasierra, 2014). Sin embargo, debido a que las técnicas basadas en vacíos son más costosas, estos colectores son aproximadamente el doble de caros que el colector de plato plano en términos de apertura de área de absorción. Los Colectores de piscina son muy simples y no-aislado. Estos solo trabajan en el verano y manejan temperaturas más bajas que las que podrían obtenerse captadores planos y de tubos al vacío.

Algunos de los aspectos más comunes de los colectores antes mencionados son descritos a continuación. Los datos económicos presentados fueron obtenidos mediante un estudio propio de diferentes proveedores de colectores solares en el mercado español. Mientras que los datos de desempeño son calculados para el clima de Barcelona España.

- Los colectores solares de plato plano tienen valores máximos de aproximadamente 42 420 kWh/m², en una temperatura promedio de 50 C; Los colectores de plato plano cuestan un estimado de 150 eu/m² y abastecen alrededor del 90% del mercado español.

- Colectores de tuberías de evacuación tienen un máximo valor de aproximadamente 650 kWh/m² en una temperatura promedio de 50 C; Los colectores cuestan un estimado de 270 eu/m².
- Colectores de estanque tienen un máximo valor de aproximadamente 450 kWh/m² en una temperatura promedio de 25 C; Los colectores cuestan un estimado de 40 eu/m².

Un cuarto tipo de colector, conocido como el colector de concentración usan reflectores o lentes para focalizar la radiación solar hasta un foco o área muy pequeña, así se consigue altas temperaturas (Santalla, 2013).

Consisten principalmente en una altamente reflectora parabólica conformados por un reflector no direccional que concentra la radiación solar recibida dentro del absorbedor. Entre las principales razones para usar colectores de concentración, se evidencia que éste es menos costoso en términos de unidad por área, gracias a el material reflector no direccional, usualmente el aluminio es menos costoso que el absorbedor selectivo. Además, es posible concentrar o reflejar radiación proveniente de un ángulo seleccionado, provocando que sea factible utilizar el bajo sol del norte en una extensión más grande y por otra parte evitar problemas de sobrecalentamiento en el verano. Un ejemplo de un colector de concentración es presentado en figura 8.



Figura 8. Colector de concentración [17].

4.3 Factor social en el desempeño técnico de los colectores

Es importante destacar que las personas que usan los sistemas solares son altamente importantes para mejorar la eficiencia del mismo. Si bien, los sistemas se diseñan para cubrir las necesidades básicas el uso adecuado permite que estos operen de manera más eficiente.

La forma de como un sistema técnico es utilizado puede ser muy importante en relación a su correcto funcionamiento. La fracción solar de un sistema termo solar puede, por ejemplo, ser afectada por el perfil de consumo de agua caliente de los usuarios finales. Una mayor fracción solar puede ser obtenida si el usuario concentra el consumo de agua caliente durante horas de la tarde en lugar de la mañana. Es importante en tal sentido que el usuario obtenga un manual fácil de entender sobre la parte técnica del colector. Tener un buen entendimiento del sistema termo solar hace fácil que el usuario chequee si el sistema está trabajando adecuadamente y puede hacer ajustes en caso de que sea necesario, de esta manera la fracción solar y la energía almacenada alcanzan los niveles más altos posibles.

Las personas que diseñan el sistema técnico antes que lo usuarios finales son igualmente importantes. El vendedor del colector termo solar está obligado a brindar al beneficiario información correcta y ofrecer un sistema que funcione apropiadamente. El proveedor debe considerar las condiciones de los consumidores, por ejemplo, la ubicación del colector y la demanda de agua caliente del cliente, información que influye en el tamaño del colector y del tanque de almacenamiento. Además, el instalador del colector solar debe tomar las medidas correctas para que el sistema funcione de la manera más óptima.

5. Sistemas de ASC solares propuestos

Los ACS se vuelven más competitivos en el mercado, motivado a la rápida evolución de las técnicas de regulación automática, de los distintos sistemas de aislamiento e intercambiadores, los cuales han permitido desarrollar una gran variedad de sistemas para obtener el mejor rendimiento de acuerdo a las necesidades. Por la forma de producción del ACS se distinguen dos tipos de instalaciones, con o sin acumulación, sin embargo, en referencia a las distribuciones todas las instalaciones son similares.

La característica más destacable de los sistemas de producción instantánea es que el diseño de los intercambiadores está condicionado al momento de mayor solicitud, pues en ellos, el agua de las calderas calienta el agua de consumo, simultáneamente al momento en que se requiere. Como elementos auxiliares estos sistemas requieren de bombas en el circuito primario, encargadas de hacer circular el agua de los colectores de las calderas a los intercambiadores. Mientras, que para reducir la potencia necesaria durante la producción y al mismo tiempo conseguir funcionamientos más uniformes se utilizan los sistemas con acumulación en depósitos, en los que se mantiene el agua caliente hasta el momento de su uso, de manera tal, que en las puntas de demanda del edificio, se utiliza el agua acumulada, asumiendo una potencia inferior a la del sistema de producción (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2012).

Actualmente, existe diversidad de sistemas solares, sin embargo, para efecto de esta investigación, se han elegido 4 modelos de estudios, siendo éstos los más comúnmente utilizados en el mercado mundial, y además adaptándose ampliamente a las necesidades de la instalación escogida. A continuación se describen cada uno de ellos:

5.1 Sistema de ACS sin aporte solar

Se ha considerado este sistema para tener como referencia la energía consumida por un sistema alimentado únicamente por energía eléctrica. Es un sistema de flujo continuo con una caldera eléctrica de 12 kW de potencia, ver figura 9. Los calentadores eléctricos instantáneos, son ideales para su instalación en: comercios y tiendas, bares y cafeterías, aseos y duchas de estaciones de servicio, habitaciones de hoteles y apartamentos y en todos aquellos casos que no se pueda, requiera o merezca la pena un sistema centralizado de agua caliente sanitaria, (Tehsa).

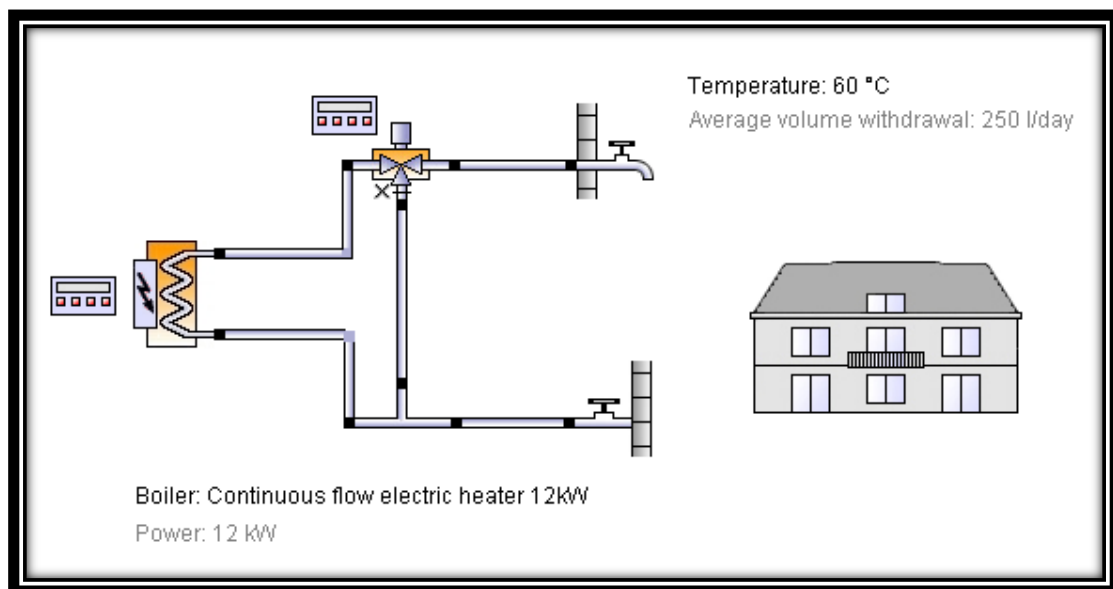


Figura 9. Sistema de ACS convencional con calentador eléctrico de flujo continuo.

Saber la energía empleada por un sistema alimentado con calentadores eléctricos instantáneos es importante en este estudio, debido a que el software POLYSUN calcula la fracción solar, considerando la energía entregada por el colector y no por el tanque, lo cual hace que en realidad este valor sea más alto que el calculado, de acuerdo a la literatura. Puesto que no toma en cuenta las pérdidas de calor en el tramo de la salida de los colectores y la salida del tanque las cuales son considerables (Hasting & Wall, 2007).

De ahí que para los fines de esta tesis y obtener la mejor relación entre la fracción solar y el área de la instalación, se calcule la misma como la energía aportada por el sistema solar en comparación con un sistema convencional entre la energía final demandada:

$$F = E (\text{energía aportada por el sistema solar}) / E_{\text{load}} (\text{energía final demandada})$$

5.2 Sistema de ACS Solar con interacumulador

Este sistema está formado por dos circuitos, el circuito solar y el circuito de agua caliente. El calor es transferido de un sistema al otro mediante un intercambiador de calor que se encuentra interno en el tanque. Ambos sistemas emplean agua como fluido de trabajo, debido a que por las condiciones meteorológicas no se consiguen temperaturas por debajo de cero grados centígrados.

El sistema solar o primario está formado por los captadores, el intercambiador de calor y una bomba de flujo que regula el flujo dependiendo de la demanda de agua caliente.

El sistema de ACS o sistema secundario está formado por la línea de agua fría el tanque de acumulación y una válvula motorizada de tres vías encargada de regular la temperatura del agua que viene del tanque mezclándola con agua fría; por razones de higiene, el agua del tanque se almacena a una temperatura mayor a los 70 °C, evitando así, el crecimiento de bacterias.

El uso de estos sistemas queda supeditado a sistemas pequeños, ya que el área del intercambiador es directamente proporcional a la potencia del mismo. Adicionalmente, el hecho de que el intercambiador está dentro del tanque de acumulación reduce la eficiencia de la estratificación dentro del tanque lo que hace que el COP sea menor (Perez & Rodriguez, 1999) y aunado a ello, obstaculizar el mantenimiento (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2012). Lo antes descrito se refleja en la figura. Ver figura 10.

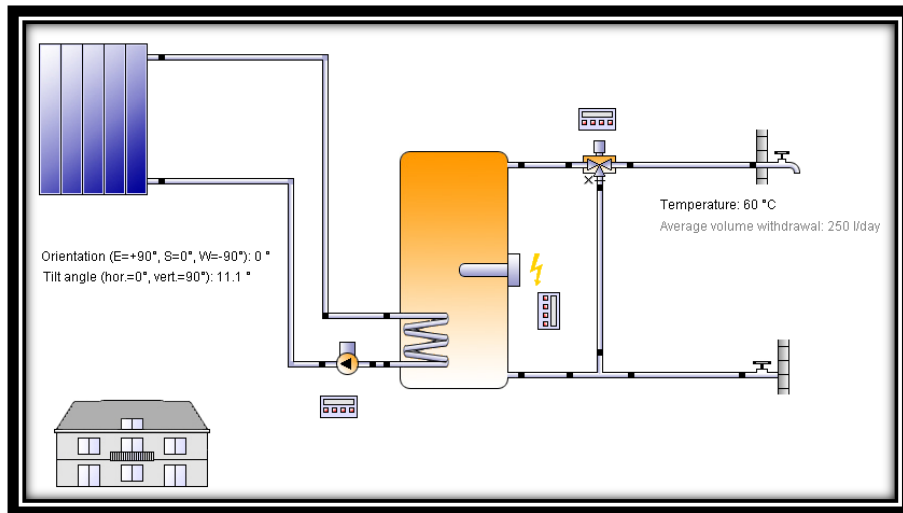


Figura 10. Sistema de ACS Solar con interacumulador.

5.3 Sistema con acumulador e intercambiador de calor externo.

Este sistema al igual que el sistema anterior está formado por dos circuitos, el primario y secundario, ambos utilizan agua como fluido de trabajo. La diferencia radica en que este método posee un intercambiador de calor externo, esto favorece a la estratificación del fluido en el circuito dos dentro del tanque. Una mejor estratificación se traduce en una repercusión positiva directa sobre el COP del sistema (Perez & Rodriguez, 1999), ver figura 11.

Adicionalmente, el intercambiador externo permite que el sistema esté disponible para instalaciones más grandes por el hecho de poder emplear intercambiadores más potentes. El mismo consta de una segunda bomba en el circuito secundario, que mueve el agua entre los depósitos y los intercambiadores.

El esquema, al contar con un intercambiador externo, un regulador para introducir el agua caliente en el taque que favorezca la estratificación y una segunda bomba, sería más costosos que el propio sistema 5.2; esto se verificara en el apartado 8.

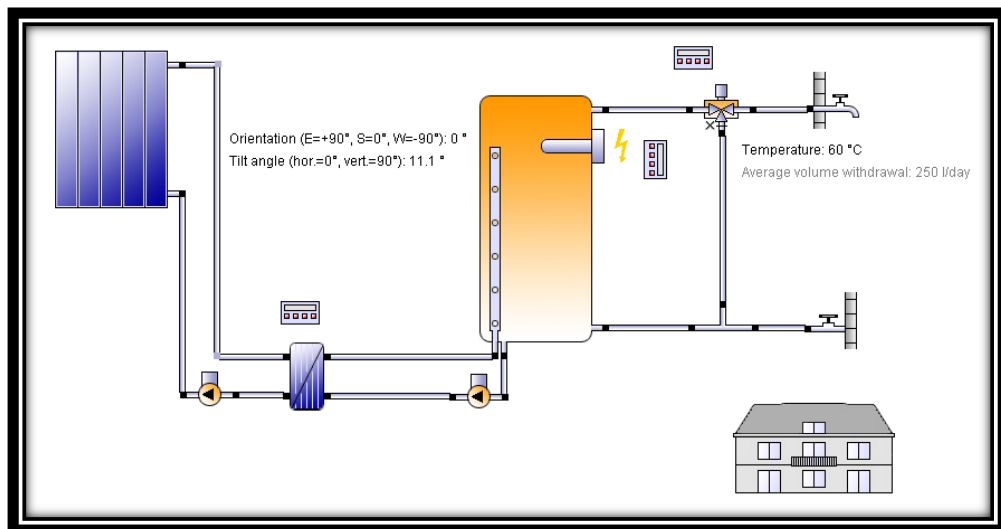


Figura 11. Sistema de ACS Solar con intercambiador de calor externo y resistencia eléctrica.

5.4 Sistema con acumulador, intercambiador de calor interno y calentador eléctrico continuo.

El procedimiento planteado se basa en el sistema 5.2, con la adición en el mismo de un calentador eléctrico de flujo continuo.

El empleo se ha difundido para conjuntos residenciales con un sistema de agua caliente sanitaria centralizado. Para estos casos el tanque se utiliza para precalentar el ACS. Luego que el agua es precalentada lo máximo posible mediante la energía solar se distribuye a cada casa, donde el calentador eléctrico continuo la lleva a la temperatura deseada (Mugniera & Ramos, 2015)

Se ha considerado este tipo, puesto que la casa es grande y consta de calentadores de flujo continuo, por lo que se pueden aprovechar y con la adaptación del sistema solar disminuir el consumo de los mismos.

Esta ventaja económica, es de gran peso considerando las condiciones meteorológicas de Venezuela, las cuales radican en temperaturas altas durante todo el año y el consumo de ACS no representa el consumo energético más importante de una casa, como si lo vendría siendo el consumo asociado a la refrigeración de la misma. Ver figure 12.

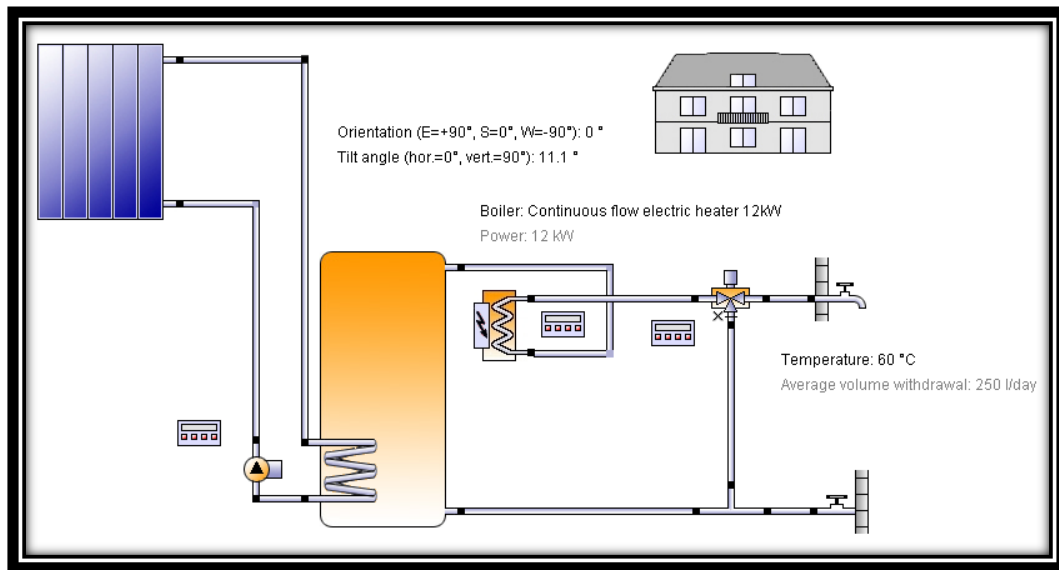


Figura 12. Sistema de ACS Solar con interacumulador y calentador eléctrico de flujo continuo.

5.5 Sistema con acumulador y calentador eléctrico continuo

Está formado por un solo circuito que emplea agua como fluido de trabajo. En cuanto al equipamiento, éste solo posee una diferencia con el sistema anteriormente mencionado, la cual es, que no posee ningún intercambiador de calor, pero esta modificación cambia completamente el funcionamiento del mismo y su aplicación, ver figura 13.

La principal ventaja del diseño del sistema CESCO es que no existe ningún lazo de ACS, como consecuencia, los riesgos de legionela son reducidos, aparte, se suprimen las regulaciones específica de la máxima y mínima temperatura del bucle ACS y las pérdidas térmicas del bucle ACS, que representa disipan una gran parte de la energía solar obtenida. Estas pueden alcanzar valores de hasta el 50% y 100% de las cargas de ACS (Zhang, Gudmundsson, Thorsen, Li, & Svendsen, 2014).

Otra ventaja es que el volumen de almacenamiento de ACS es significativamente limitando, evitando el riesgo de sobrecalentamiento a causa de las altas temperaturas que caracterizan el clima de la Isla Margarita (Papillona, Paulusa, Chèzea, & Lefrançois,

2014)y a su vez, toma ventaja de la temperatura promedio del agua en la red de suministro.

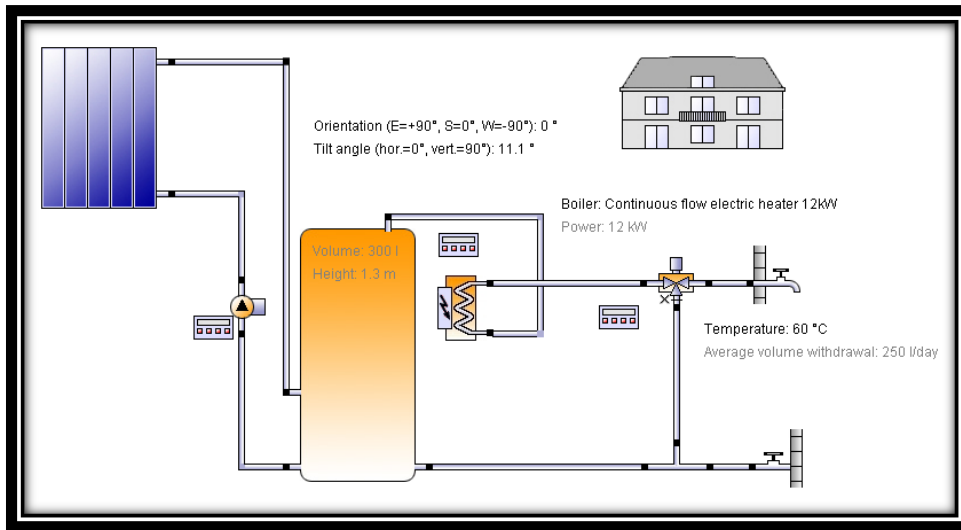


Figura 13. Sistema de ACS Solar con calentador eléctrico de flujo continuo.

Este sistema al igual que el 5.4 está previsto para conjuntos residenciales, ver figura 14. Estos sistemas consisten en un campo de colector común para el edificio y un almacenamiento de agua bivalente para cada apartamento. El almacenamiento térmico es similar a los utilizados para los sistemas de ACS para casas de familia, el cual es alimentado una parte por el flujo de agua caliente del campo solar y por otra, por su propio sistema auxiliar que bien puede ser un calentador eléctrico o una caldera a gas entre otros (Mugniera & Ramos, 2015).

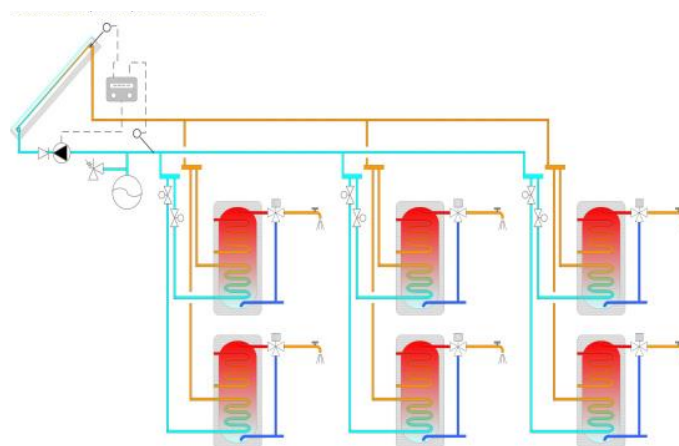


Figura 14. Modelo centralizado de ACS

6. Simulación

La simulación por computadora permite calcular los flujos de energía dentro del sistema, en base a los modelos matemáticos considerados.

Para la simulación de las diferentes variables involucradas, se ha empleado el software Polysun, este paquete es utilizado por ingenieros e instaladores para el diseño y la optimización de sistemas energéticos descentralizados. Polysun cubre los sectores del solar térmico, del fotovoltaico, de las bombas de calor y de la geotermia.

Polysun, posee una interface bastante amigable en comparación con otro software disponible en el mercado, lo que lo convierte en la solución ideal para estudios en aplicaciones pequeñas y en los que a nivel de detalle, no sea extremadamente alto.

Claramente esta versatilidad y facilidad de utilización conlleva una serie de limitaciones, como son el caso de no poder variar el modelo matemático empleado en el cálculo de los colectores (velasolaris, Optimización del autoconsumo fotovoltaico y bombas de calor, 2013), el cual ya viene predeterminado. Asimismo, el modelo matemático empleado para el cálculo de los balances de los tanques de almacenamiento está establecido.

6.1 Modelos Matemáticos

6.1.1 Condiciones meteorológicas

El software dispone de las condiciones meteorológicas de más de 8000 locaciones alrededor del mundo. Igualmente, es posible cargar la data meteorológica por medios propios.

Se ha decidido emplear la base de datos Meteonorm del programa (velasolaris, Polysun User Manual, 2016, p. 37). La misma está basada en 18 años de experiencia en el desarrollo de bases de datos meteorológicas para aplicaciones de energía (Ducoy).

En base a estos datos meteorológicos, el programa calcula la radiación sobre superficies inclinadas mediante el modelo de Pérez (1991) (Duffie & Beckman, 2013)

(Meteonorm, 2015). Que estima los valores de emisión solar ante cielo despejado, mediante el uso de un modelo simplificado, y que determina un índice de nubosidad tomado a partir de las imágenes visibles, mediante el cual se modifican los valores calculados para obtener los valores definitivos de radiación. (Borrajero, Lavastida, Lourdes, & Pelaez, Juan)

6.1.2 Colectores

La respuesta óptica y térmica instantánea de los termo colectores solares es descrita por la ley de conservación de energía representada en la ecuación 2.1, donde q_{util} es el calor útil por unidad de área de apertura del colector.

$$q_{util} = F'(\tau\alpha)K_b(\theta)G_b + F'(\tau\alpha)K_d(\theta)G_d - F'UL_1\Delta t - F'UL_2\Delta t^2 - (mC_p)_c \frac{dT_f}{dt}$$

Los subíndices b y d identifican la radiación directa y difusa, y G es la radiación recibida. La media del factor de eficiencia F depende de la eficiencia del absorbedor para transferir calor de la aleta al fluido en el tubo. El factor $(\tau\alpha)$, toma en consideración la transmitancia del cristal, la absorción del plato y varias reflexiones entre el plato absorbedor y el cristal (Rico, 2014).

El producto de F y $(\tau\alpha)$ es también conocido como eficiencia con cero pérdidas y expresa la eficiencia óptica del colector cuando este opera a temperatura ambiente. UL_1 y UL_2 son los coeficientes de pérdida de primer y segundo orden y el término $(mC_p)_c \frac{dT_f}{dt}$ describe la inercia térmica del colector.

La diferencia de temperatura entre la temperatura promedio del fluido y la temperatura ambiente se denota como t. El factor modificador del ángulo de incidencia de la radiación directa K_b es modelado con la ecuación estándar 2.2 donde b_0 es un coeficiente modificador del ángulo de incidencia específica de colector y es el ángulo de incidencia (velasolaris, Polysun User Manual, 2016).

$$K_b = 1 - b_0 \left(\frac{1}{\cos\theta} - 1 \right)$$

El modificador del ángulo de incidencia de la radiación difusa K_d está basado en la ecuación 2.2 pero integrado en todas las direcciones.

El software no permite modificar este modelo, viene predeterminado.

6.1.3 Acumuladores

Polysun dispone de una gran variedad de tanques en su data y permite realizar una amplia variedad de configuraciones de los elementos que conforman el tanque. Dando como resultado, el ajuste exacto de los requerimientos del sistema seleccionado.

El modelo es unidimensional y prevé la estratificación con un modelo de varios nodos que subdivide el interior del tanque en doce capas térmicas, cada capa posee una temperatura uniforme de mezcla. El número de volúmenes de control en el que es dividido el tanque es fijo el programa no permite variarlo.

El flujo de líquido se agrega de la capa inferior a la superior, para que los volúmenes relativos sean mayores con respecto a los nodos de la capa dos a la once. Estos representan los caudales de entrada y salida del volumen de control. En la zona fronteriza hay transmisión de calor mediante conducción, no se considera una mezcla convectiva.

Adicionalmente, el modelo empleado por el software permite considerar la posibilidad de colocar resistencias eléctricas en los nodos.

6.1.4 Tuberías

El transporte de fluido entre los componentes se resuelve con una técnica de flujo de pistón explícita. El cual divide el flujo de la tubería en segmentos de fluidos, de tamaño variable y realiza un balance de masa y energía para cada uno de los segmentos. Este modelo no considera la conducción entre los elementos adyacentes. (The National Science Foundation , 2010)

6.1.5 Intercambiadores

Son los elementos que separan el agua de las calderas, del agua de consumo, teniendo como primordial fin conservar las características sanitarias. Para todos los intercambiadores de calor, los principales parámetros a introducir son: la capacidad de transmisión (UA), la longitud, la altura, la anchura y el número de placas. Teniendo la anchura y la altura el mismo valor, éstas se calculan a través del área y del número de placas del intercambiador. Estos se basan en el método NTU o “The Effectiveness method” ver la siguiente ecuación (Perez-Segarra, Castro, Rigola, & Oliet, 2015):

$$Q = \epsilon(mC_p)_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})$$

Donde

ϵ = efectividad del intercambiador

$(mC_p)_{min}$ = Relación del flujo másico y capacidad calorífica mínima de ambos fluidos.

$T_{h,i}$ = Temperatura de entrada del flujo caliente

$T_{c,i}$ = Temperatura de entrada del flujo frío

Los valores que definen a los intercambiadores vienen predeterminados con la selección del intercambiador escogido, por lo que, no se pueden variar individualmente, sin embargo, la base de datos del programa contiene una amplia variedad de intercambiadores permitiendo ajustar los requerimientos deseados.

6.1.6 Calentadores eléctricos

El calor suministrado por los calentadores eléctricos se basa en la ecuación de la energía. Donde se considera el volumen a calentar por unidad de tiempo, la capacidad calorífica del fluido, la diferencia de temperatura entre la temperatura de entrada al

calentador y la salida a la temperatura deseada, siendo todo éstos multiplicado por la eficiencia del calentador (velasolaris, Polysun User Manual, 2016)

$$Q = \frac{mC_p(T_2 - T_1)}{\eta}$$

Donde

η = Eficiencia del calentador

mC_p = Relación del flujo másico y capacidad calorífica del fluido

T_2 = Temperatura de salida del calentador

T_1 = Temperatura de entrada del flujo

6.1.7 Controladores

El control de las bombas se realiza mediante la medición de la diferencia de temperatura entre la salida de los captadores y la temperatura de la parte inferior del tanque. En el caso de un intercambiador externo la bomba de los captadores se regula mediante la radiación solar incidente.

6.2 Parámetros y datos de entrada

En este apartado se presentan los parámetros que alimentan la simulación. Para elegir los parámetros recomendables de funcionamiento de las diversas instalaciones de ACS, se han dividido en parámetros comunes y fijos por cada simulación ver tabla 4. Y otros, que variaran por igual, en cada simulación en todos los sistemas ver tabla 5. Esto permitirá observar en los resultados como afectan los parámetros principales de diseño en el rendimiento de la instalación.

6.2.1 Parámetros variables.

Son los parámetros que afectan en mayor medida el rendimiento de la instalación, por lo que, es importante evaluar de qué manera la afligen.

Para el área de estudio se ha decidido apreciar 4 puntos entre 3m^2 y 20m^2 , siendo esta área sugerida por el software. De igual manera, para la selección de los volúmenes estudiados, se utilizan igualmente 4 puntos, pero estando entre el rango de 150m^3 y 800m^3 .

Para analizar el comportamiento del sistema con diferentes colectores se ha utilizado el catálogo de colectores que posee el software en su base de datos. Para ello, se han escogido cuatro colectores teóricamente definidos por la marca del software de fabricación desconocida y clasificado de acuerdo a su desempeño y otro, de una marca comercial con un fabricante conocido. Las especificaciones técnicas de cada colector se encuentran en los anexos.

Tabla 4. Parámetros que se varían en el estudio de la instalación

Todos los sistemas					
Área de captadores (m^2)	2	4	10	16	-
Volumen del acumulador(m^3)	0,150	0.300	0.450	-	-
Tipo de captadores	Colector calidad optima	Colector calidad buena	Colector calidad normal	Colector de tubos al vacío	Colector marca 2zk
Locación	Margarita	Barcelona	-	-	-

6.2.2 Parámetros Comunes.

Estos parámetros se consideran comunes para todos los sistemas.

Tabla 5. Parámetros comunes de las instalaciones

Datos Meteorológicos	
Ciudad	Las Gamboas
Latitud	11,08 N
Radiación solar	Ver tabla 2
Temperatura ambiente	Ver tabla 2
Datos del colector	
Inclinación	Latitud
Orientación (azimut)	Sur
Fluido	Agua
Densidad del fluido	1000 kg/m ³
Calor específico	4480 J/kg °C
Tanque acumulador	
Numero de nodos	12
Material aislante	Poliuretano
Calor específico	4480 J/kg °C
Densidad del fluido	998 kg/m ³
Grosor del aislante	80 mm
Tuberías	
Diámetro interior	0,020m
Espesor del aislamiento	0,020m
Conductividad térmica	0.045 W/m/K
Bombas	
Caudal	3,05x 10 ⁻⁶ kg/h/m ²
Perdidas en la bomba	30%
Datos de consumo	
Caudal	2,89 x 10 ⁻⁵ m ³ /s
Temperatura de la red fría	Tabla 3

El fluido empleado en el circuito solar es agua, debido a que en Venezuela no se presentan temperaturas por debajo de cero, razón principal para emplear una mezcla

de agua y propylene en Europa. Adicionalmente, el agua posee un poder calorífico mayor lo que impacta positivamente la fracción solar del sistema. Las altas temperaturas en el colector también pueden ser un problema bajo condiciones de no circulación, alta radiación y temperatura ambiente alta. Estas condiciones se pueden esperar que se produzca, por ejemplo, cuando los ocupantes de una residencia lejos de casa en el verano. Varios factores pueden mitigar este problema un ejemplo de ellos es emplear sistemas que funcionan a presión.

La temperatura de la red de suministro es estimada mediante un algoritmo interno que posee el programa. Este algoritmo se basa en la temperatura ambiente de la locación para estimar la temperatura del agua de la red.

El caudal de la bomba es el necesario para manejar el flujo máximo requerido por el sistema, esto considera el peor escenario que se pudiera presentar. El encendido y apagado de la bomba dependerá de la demanda de agua caliente de la casa y este será determinado por el controlador.

El diámetro y espesor de las paredes de la tubería se dan por medio de un catálogo de tuberías comercialmente usadas (cobre y acero). En tuberías de cobre la especificación 22 x 1 indica un diámetro exterior de 0,022 m y un espesor de 0.001 m de pared. La longitud de las tuberías se ha considerado constante para todos los casos y son valores estimados no reales, ya que el dimensionamiento exacto del sistema está fuera del alcance de la tesis.

6.3 Variables a estudiar

Una vez definidas las instalaciones y los parámetros de entrada, se simuló el comportamiento de las mismas durante el periodo de un año.

El programa permite obtener una gran cantidad de parámetros y variables de forma detallada. Pero para el objeto de este estudio las variables y ecuaciones consideradas se muestran en la tabla 6 y 7, a continuación:

Tabla 6. Variables estudiadas, unidades integradas durante todo el año.

Nombre de la variable	Unidad	Descripción
COP	%	Rendimiento de la instalación solar
F	%	Fracción solar
ES	MJ	Energía aportada exclusivamente por el sistema solar
IG	MJ	Radiación solar sobre el plano de los captadores
Qtank	MJ	Calor entregado por el tanque de acumulación
Qaux	-	Calor entregada por el sistema de apoyo
Qload	MJ	Calor final entregada por el sistema
Quse	MJ	Calor entregado por los colectores menos las pérdidas de calor en el tramo hasta el tanque
Ltank	MJ	Perdidas en los tanques
Lpipe	MJ	Perdidas en las tuberías
Lcolec	MJ	Perdidas En los colectores
ΔH	MJ	Variación de la entalpia del fluido en la tubería
Qacu	MJ	Energía contenida en el tanque

Así mismo las principales magnitudes computadas son las siguientes:

Tabla 7. Tabla de Ecuaciones

Ecuaciones	Numero
$ES = Q_{aux-nosolar} - Q_{aux-solar}$	(1)
$COP = ES / IG$	(2)
$F = ES / Q_{load}$	(3)

Donde $Q_{aux-nosolar}$ indica la energía que consumiría un sistema equivalente sin aporte solar).

6.4 Balances Energéticos

En este apartado se indican brevemente los principales balances térmicos globales de los componentes más relevantes de los sistemas estudiados.

6.4.1 Tanques:

En la siguiente imagen se muestra los principales flujos de calor en el tanque de almacenamiento, ver figura 16. Es importante decir que polysun no muestra como variable el calor entregado por el tanque. No obstante, éste se puede calcular debido a que el Qload y las pérdidas en cada tramo de los sistemas son conocidas.

$$\int_{t_1}^{t_2} (Q_{use} + Q_{aux} - L_{tank} - Q_{tank}) dt = Q_{acu}$$

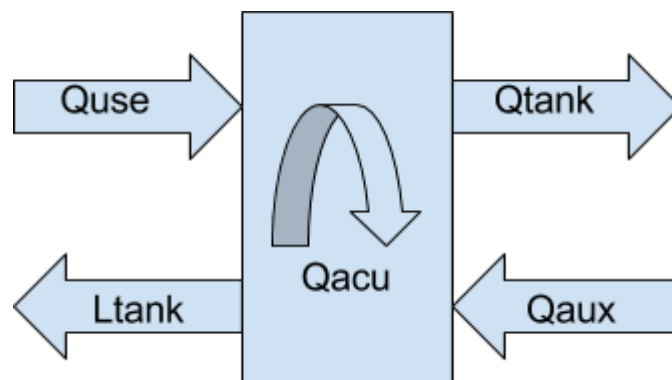


Figure 16. Principales flujos de calor en el tanque de almacenamiento.

6.4.2 Colector solar

En la siguiente figure 17 se representan los principales flujos de calor presentes en el colector solar. Esta información es útil para calcular la eficiencia del colector y posteriormente compararla con la que tendría el mismo colector en Europa. Esto permitirá tener una mejor visión de cómo se comportan individualmente los componentes del sistema.

$$\int_{t_1}^{t_2} (IG - L_{cole} - Q_{cole}) dt = 0$$

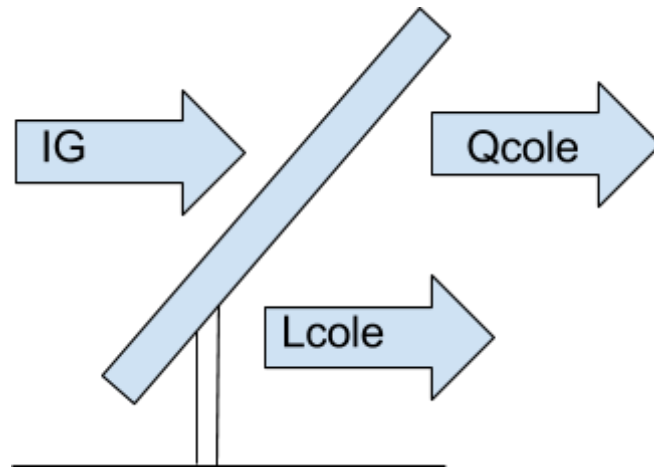


Figura17. Flujos de calor presentes en el colector solar.

6.4.3 Tuberías

Los principales flujos de calor en las tuberías del sistema vienen representados en la, figura 18.

$$\int_{t_1}^{t_2} (\Delta H - L_{tube}) dt = Q_{acut}$$

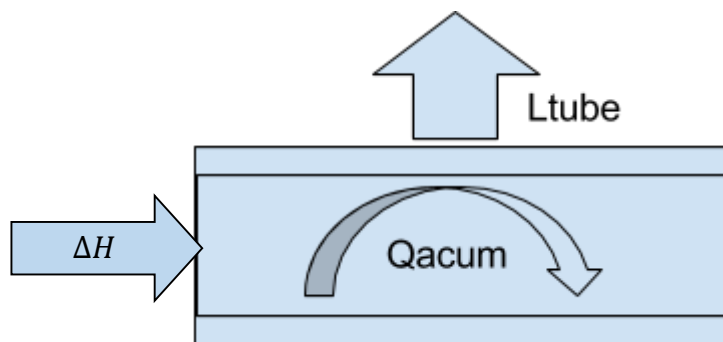


Figura 18. Flujo de calor principal en las tuberías

7. Resultados

Una vez definidos los diferentes sistemas a estudiar, los parámetros de entradas y las variables a analizar, se han obtenido mediante una simulación numérica los resultados de desempeño de cada instalación.

En este capítulo se presentan los resultados de las simulaciones de cada sistema. Analizando cómo afecta el rendimiento de los sistemas la variación del área de los colectores, el volumen del tanque de almacenamiento y la ubicación del sistema.

Puesto que el interés del presente estudio es hacer una valoración general de los sistemas, el modelo simplificado de Polysun se consideró suficientemente preciso (Yves Haller, Haberl, Carbonell, Philippen, & Frank, 2014).

7.1 Resultados variando el área de los colectores

El área en sistemas termo solar de baja temperatura es un factor importante de diseño, porque, si bien es mayor el área de captación, mayor es la fracción solar, y a su vez, mayor serán las pérdidas de calor en el entorno, produciéndose así, una rápida disminución de la eficiencia del sistema (Rodríguez, 2014)

Los resultados se condensan en la tabla 8:

Tabla 8. Resultados obtenidos variando el área de los colectores.

m ²	Sin solar	Interacumulador (5.2)		acumulador (5.3)		Inteacumulador continuo (5.4)		Acumulador continuo (5.5)	
	Qaux	Qaux	IG	Qaux	IG	Qaux	IG	Qaux	IG
3	11913	4385	18382	3492	18382	4052	18382	3996	18382
4	11913	2937	24509	1867	24509	2088	24509	2126	24509
5	11913	2129	30633	1011	30633	1004	30633	1071	30633
6	11913	1641	36764	556	36764	424	36764	558	36764
10	11913	1000	61273	156	61273	0	61273	0	61273
16	11913	614	98034	78	98034	0	98034	0	98034
20	11913	471	122540	66	122540	0	122540	0	122540

En base a estos datos se han calculado los factores escogidos para evaluar el desempeño de los sistemas como son la solar fracción y el COP. Su comportamiento se describe en las siguientes gráficas, Ver grafica 4, 5, 6, 7:

Grafico 4. Sistema clásico con intercambiador interno

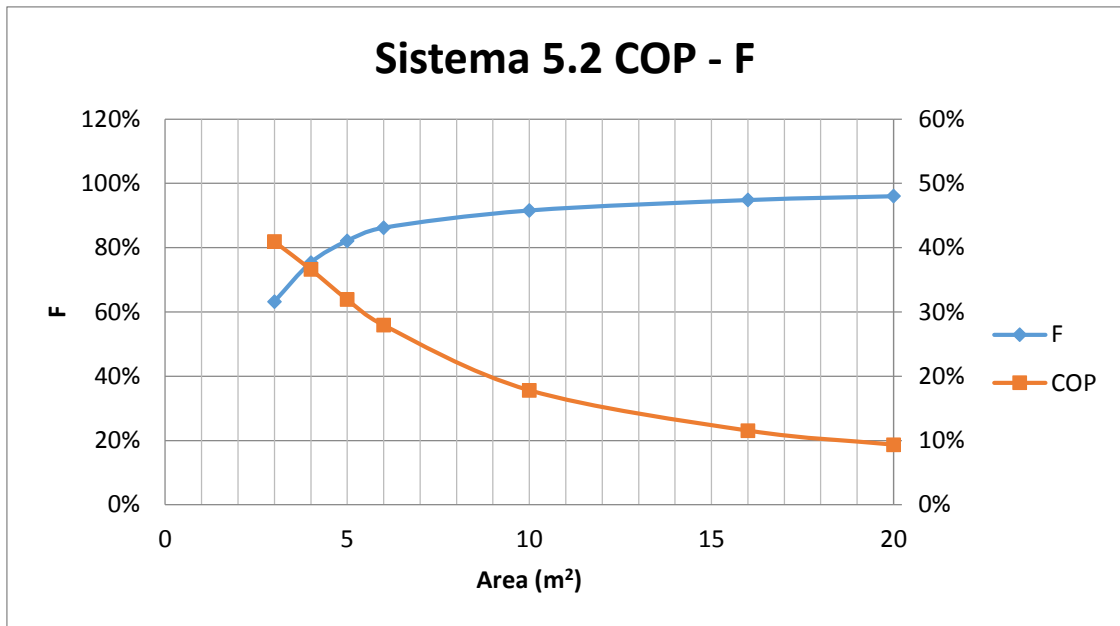


Grafico 5. Sistema clásico con intercambiador externo

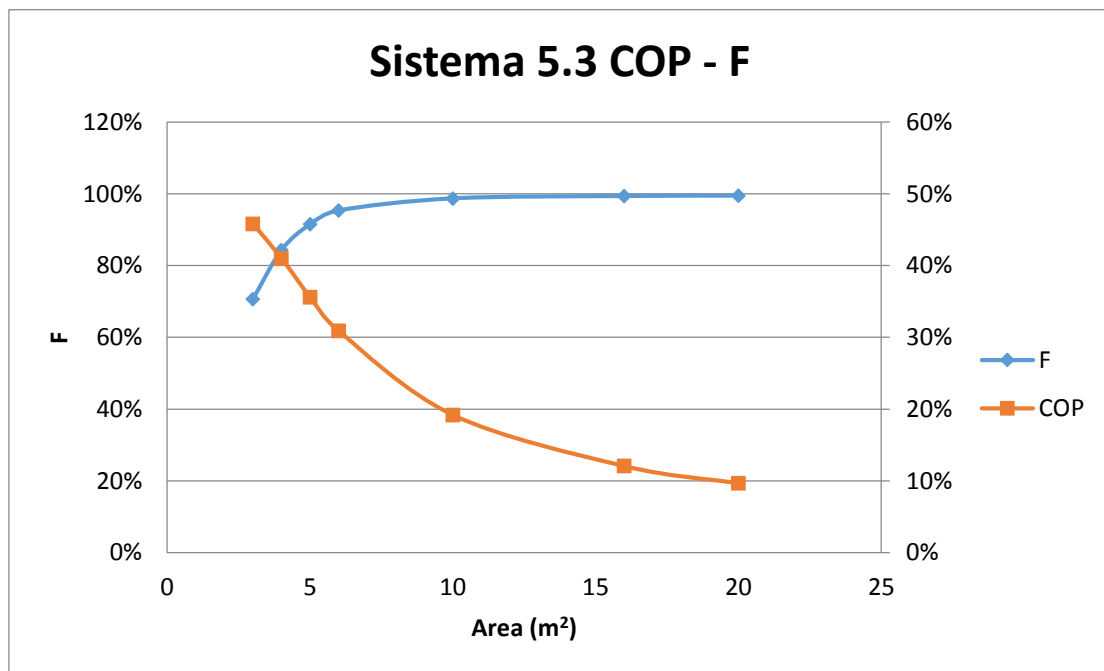


Grafico 6.

Grafico 6. Sistema de flujo continuo con intercambiador

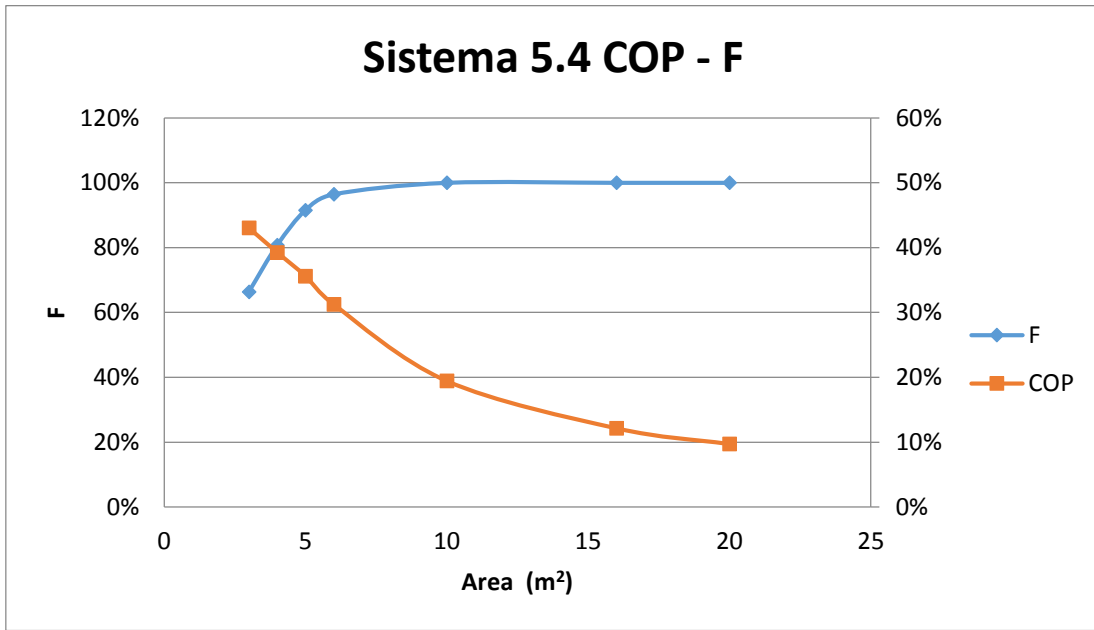
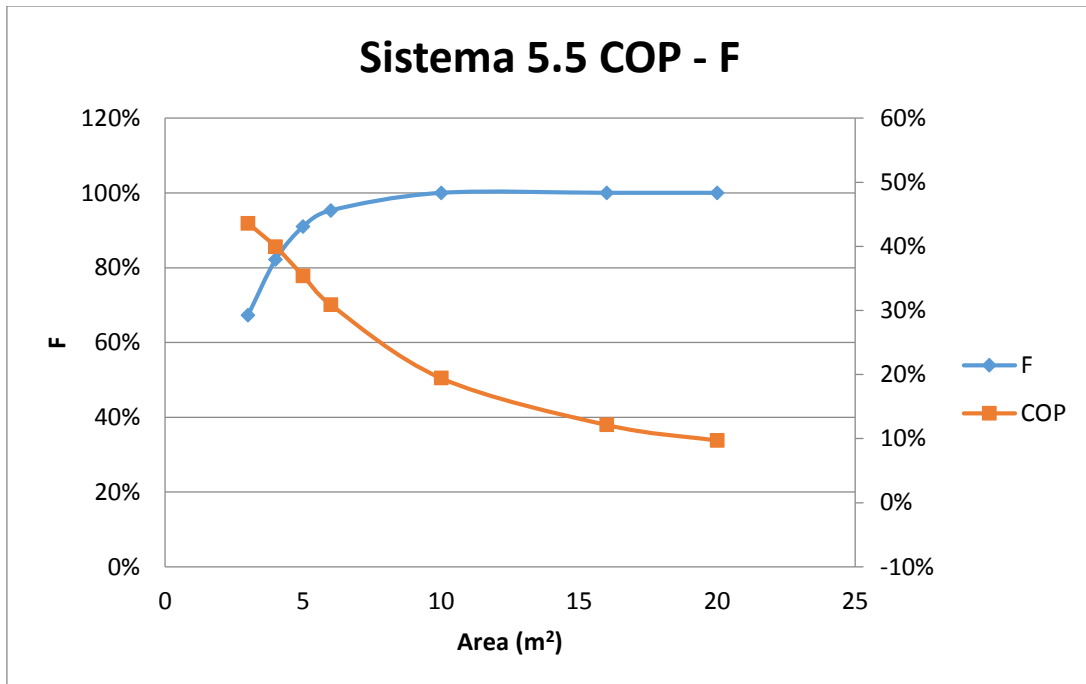


Grafico 7. Sistema de flujo continuo sin intercambiador



Analizando la tendencia de las curvas de la fracción solar y el COP en las gráficas, es claro que a medida que se eleva el área solar, la fracción aumenta, lo cual es acorde a lo esperado, pues, este factor compara el aporte de la energía solar en comparación

con un sistema sin aporte solar. Mientras más área, más energía solar es aportada para cubrir la demanda. Contrariamente, el COP disminuye lo que indica que el sistema se vuelve más ineficiente. Bien es cierto que, mientras haya más área involucrada se obtendrá más energía solar, y que también aumenta en mayor medida las pérdidas del sistema, volviéndolo menos eficiente.

Se ha partido de un área de tres metros debido a que para áreas menores en sistemas pequeños como los planteados, estos se vuelven ineficientes. En sistemas pequeños, el calor obtenido por aporte solar se disipa por las propias pérdidas de calor del sistema. Satisfaciendo la demanda por los sistemas auxiliares, reflejado claramente en la siguiente imagen con un diagrama de flujo de la energía del sistema 5.2 para un área de colector de 1 m²:

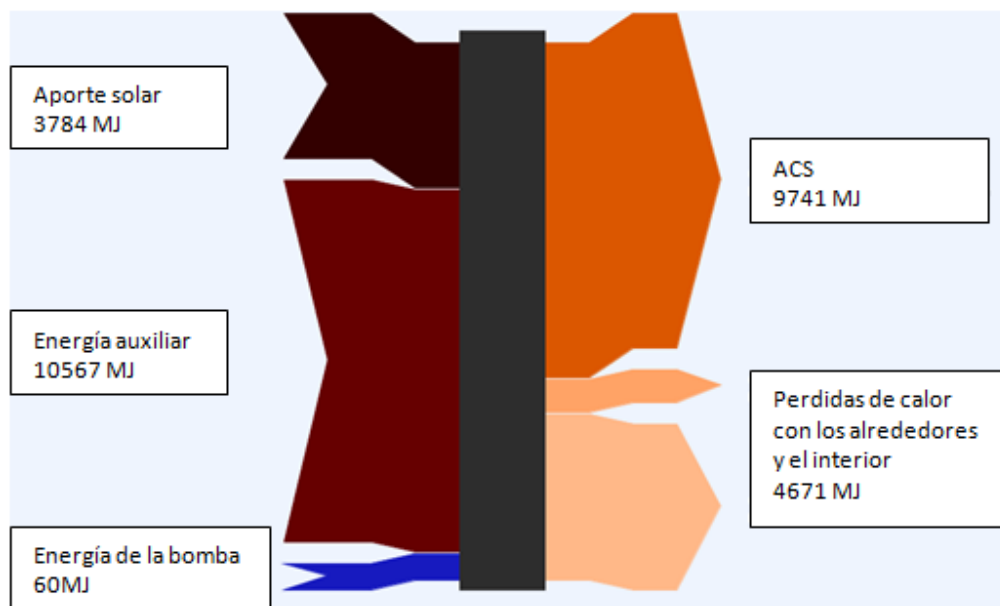


Figura 15. Diagrama del flujo energético para la instalación 5.2 con un área de colector de 1 m².

En base a estos resultados y considerando lo antes mencionado se ha decidido que el área óptima de los colectores es 4 m². En este punto se obtienen valores razonables de F y COP.

A partir de un área de colector mayor a los 4 m² la fracción solar aumenta pero éste no es un aumento significativo, mientras que el COP disminuye drásticamente. En base a este comportamiento, se ha escogido 4 m² como el valor más recomendable en cuanto a área se refiere para la operación del sistema.

7.2 Resultados variando el volumen de acumulación de los tanques

Los resultados de la simulación variando el volumen del tanque de almacenamiento térmico se refleja en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados variando el volumen del tanque de acumulación.

Volumen m ³	Sin solar	Interacumulador (5.2)		acumulador (5.3)		Inteacumulador continuo (5.4)		Acumulador continuo (5.5)	
	Qaux	Qaux	IG	Qaux	IG	Qaux	IG	Qaux	IG
0,150	1191 3	3349	24509	189 7	2450 9	2701	24509	265 0	2450 9
0.300	1191 3	2937	24509	186 7	2450 9	2088	24509	212 6	2450 9
0.400	1191 3	3193	24509	190 9	2450 9	2119	24509	218 7	2450 9

Para una mejor interpretación de los resultados se ha graficado el COP y la solar fracción en función del volumen del tanque, ver graficas 8, 9, 10, 11.

Grafico 8. Sistema clásico con intercambiador interno

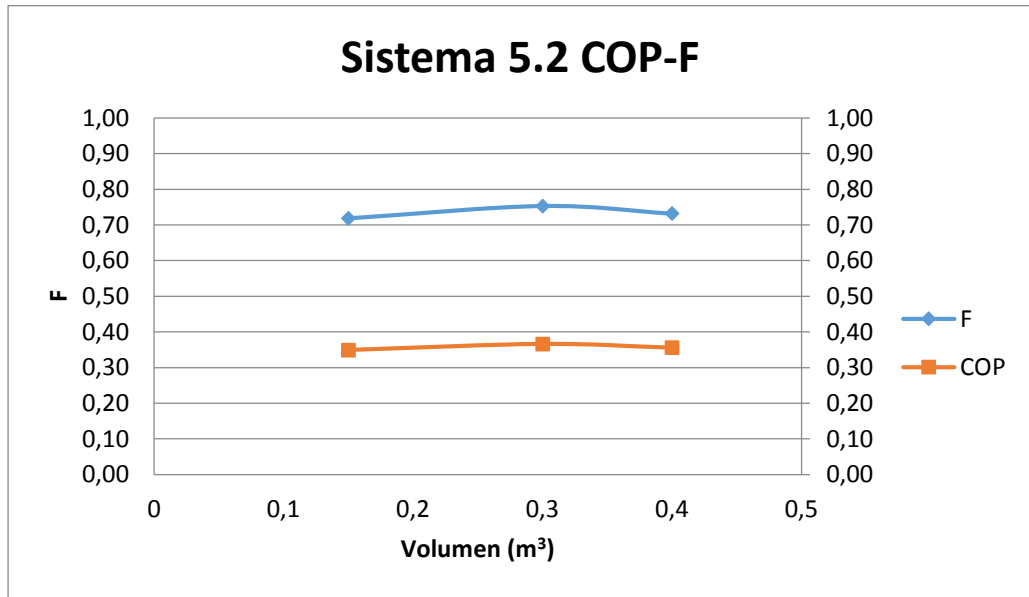


Grafico 9. Sistema clásico con intercambiador externo

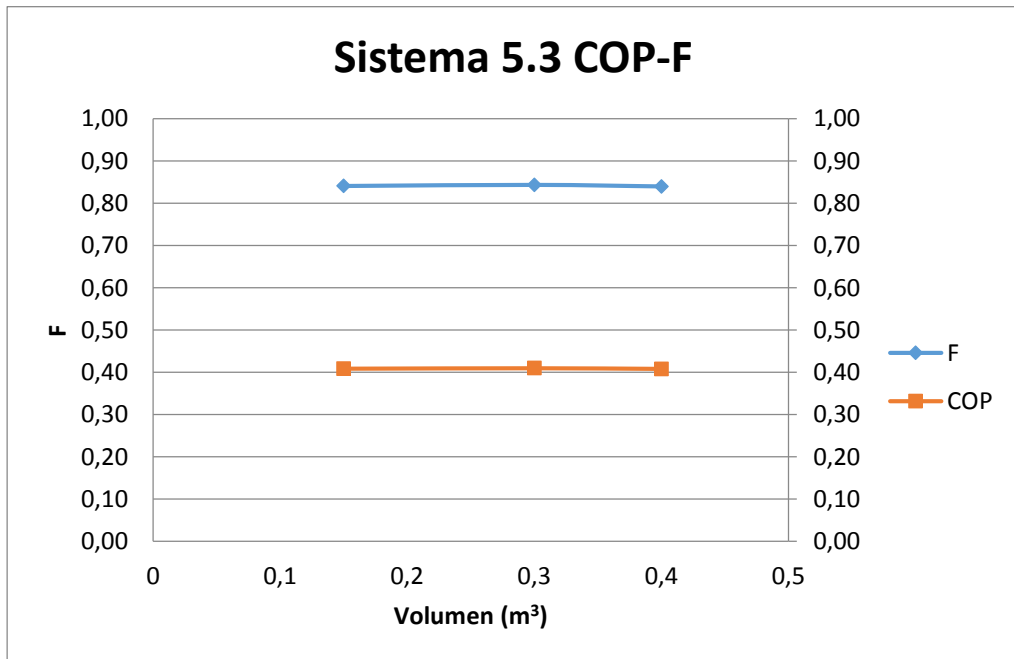


Grafico 10. Sistema de flujo continuo con intercambiador

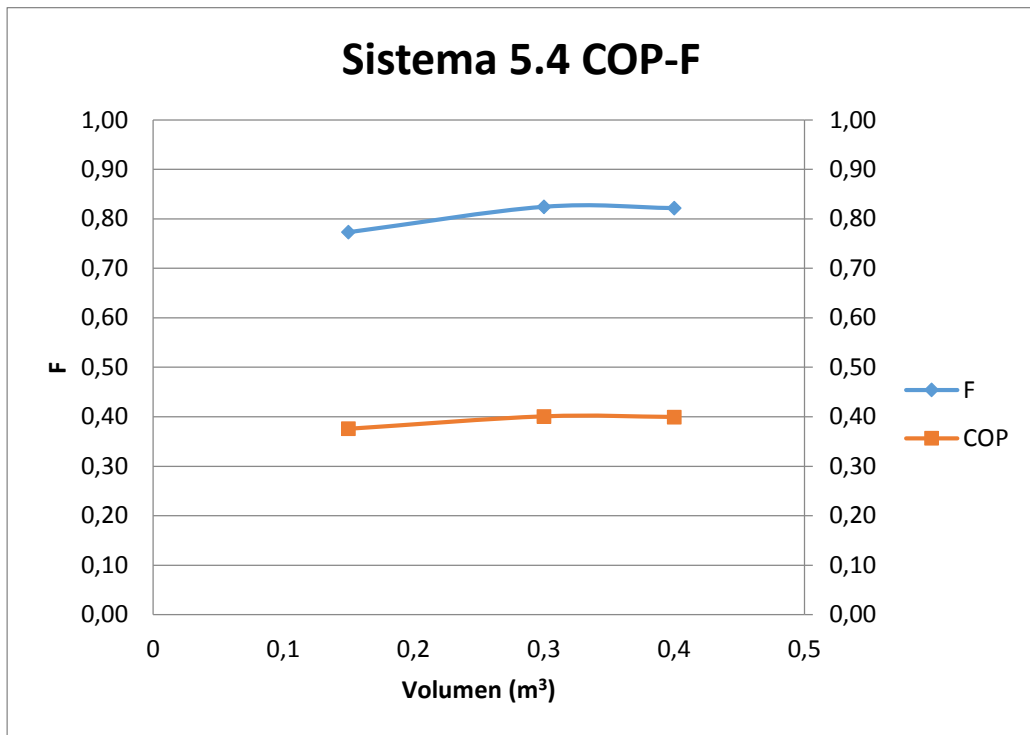
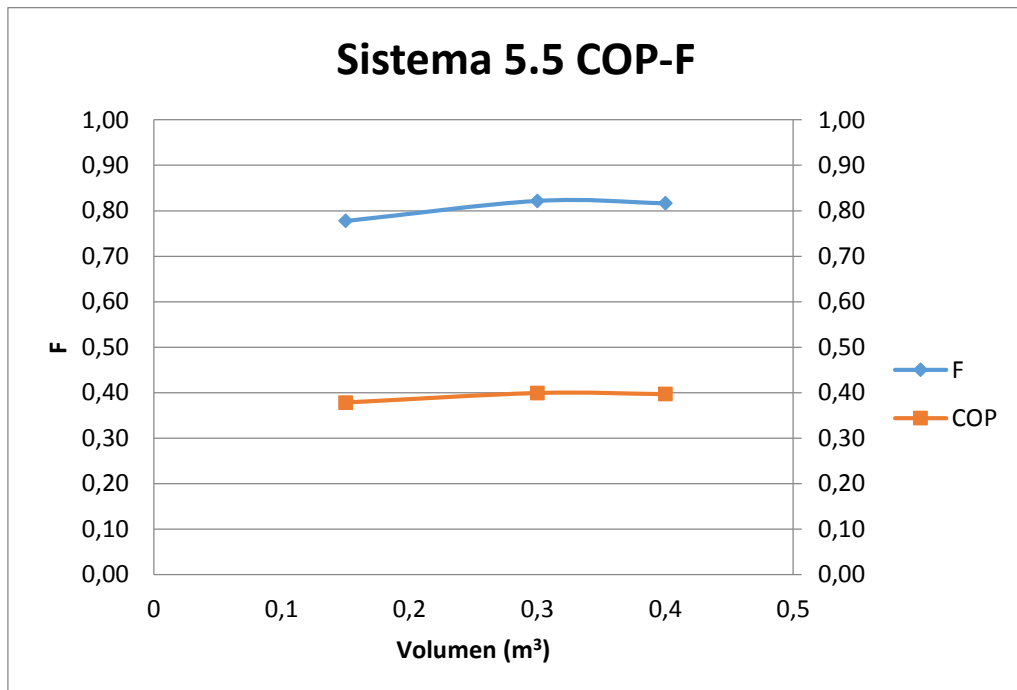


Grafico 11. Sistema de flujo continuo sin intercambiador



Variando el volumen de los tanques de los diferentes sistemas escogidos, se ha podido determinar según el estudio de las gráficas, que los mismos responden de

manera muy similar entre ellos al variar el volumen de los tanques. Presentan una variación muy pequeña del rendimiento en base de la variación del volumen de acumulación.

En todos los sistemas, con el volumen de 300 litros se obtiene ligeramente el mejor desempeño. Por lo que, se ha escogido el volumen de 300 litros como el volumen mas conveniente para la instalación, considerando que al utilizar un tanque de 300 litros en lugar de uno de 400 litros, el consumo de energía auxiliar es menor, provocando que las pérdidas térmicas sean menores también, a la vez que, la energía suministrada es mayor. Sin embargo, no sería propicio utilizar un tanque aún menor, debido a que, la temperatura del agua almacenada aumentaría por encima de niveles tolerables (típicamente 80°C), lo cual afectaría la vida útil de algunos componentes del sistema, entre otros factores (Caldas, 2010).

7.3 Selección del sistema con mejor rendimiento para la instalación

Mediante los resultados obtenidos en los apartados 7.1 y 7.2, en base a criterio propio, se ha escogido el sistema 5.5 como el que presenta el mejor desempeño para la vivienda con un área de captación de 4 m² y un tanque de acumulación térmica de 0.3 m³, ver tabla 9.

Tabla 9. Sistema seleccionado desde el punto de vista técnico

Sistema ACS	Sistema 5.5 acumulado continuo
Área	4 m ²
Volumen de acumulación	0,300 m ³
Tipo de Colector	Captador SFG estándar

Esta configuración posee ventajas de rendimiento sobre las demás planteadas

- Posee un solo circuito lo que lo hace más simple y con menos equipos.

- Permite la posibilidad de una expansión con la obtención de otras calderas eléctricas continuas.
- El área escogida posee buenos valores de F y COP para áreas mayores, el F seguiría aumentado y el COP disminuyendo lo que no lo convertiría en una buena inversión.
- El volumen de 300 litros, posee el mejor desempeño

7.4 Estudio diferentes modelos de captadores

Una vez escogido un el sistemas con mejor relación entre la fracción solar y rendimiento de la instalación solar desde un punto de vista técnico se ha procedido a evaluar cómo afecta el desempeño de diferentes captadores el sistema.

Polysun, dispone de un gran catálogo de captadores de diferentes fabricantes. En este apartado se pretende simular el sistema seleccionado para la instalación y escoger el que resulte más adecuado, tabla 10.

Tabla 10. Resultado con diferentes modelos de captadores solares.

	Sistema con acumulador continuo		
	Qaux	Quse	IG
Captador SPF de tubo	8877	10609	24509
Captador SPF normal	3344	10613	24509
Captador SPF Premium	2130	10523	24509
Captador SPF estándar	1275	10966	24509
Captador SPF de vacío	3870	10997	24509
Captador HPC2 estándar	3815	10884	24509

Grafico 12. Resultados de la fracción solar en función del modelo del captador solar

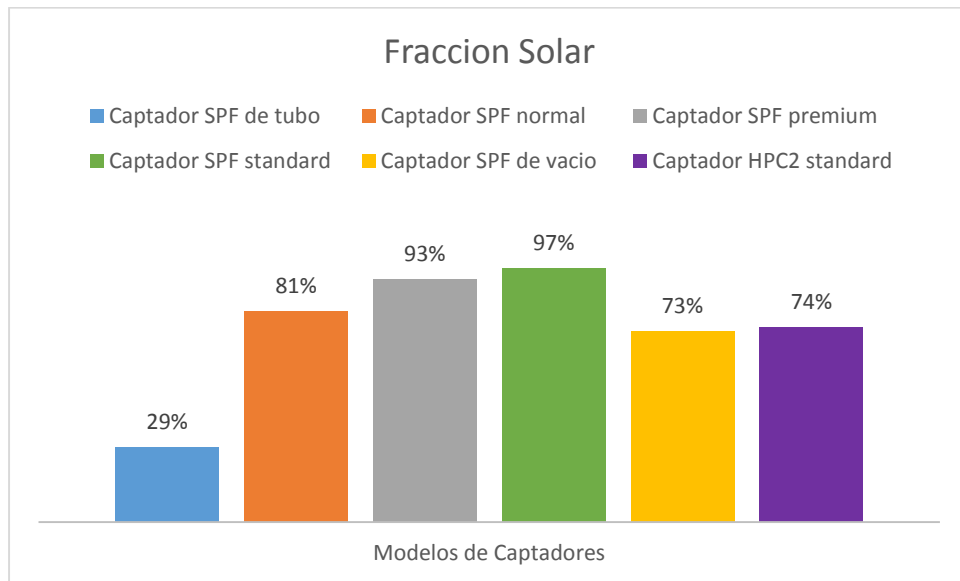
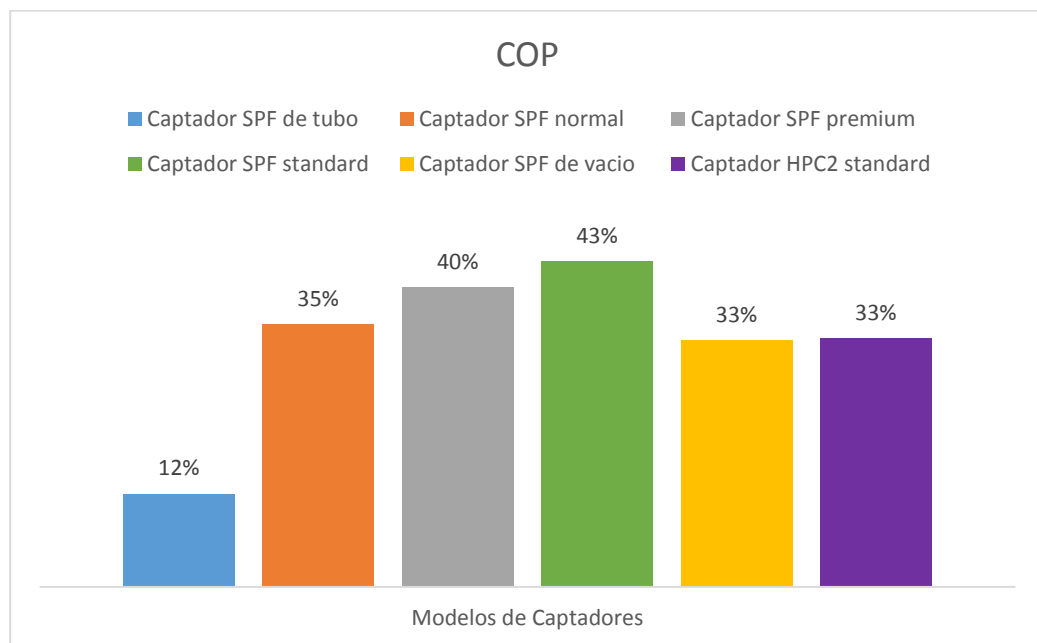


Grafico 13. Resultados de la fracción solar en función del modelo del captador solar



De los resultados, se infiere que la fracción solar y el COP del sistema como se muestran en las gráficas 12 y 13, dependen directamente de la eficiencia del captador seleccionado. Mientras, más eficiente el captador mejor el rendimiento general del sistema. Así mismo, mientras más eficiente sea el captador más caro será el precio del

mismo. Así que, evaluando que la variación de rendimiento no es tan grande se ha escogido un colector de gama media, lo cual hace más amigable la inversión inicial.

De la misma manera, es importante resaltar que más importante que el área del colector neta, lo es el área de apertura del colector. Ya que esta, es la área realmente efectiva expuesta a la radiación solar.

7.5 Resultados en una locación diferente

Para poder realizar una validación de cómo el clima afecta los sistemas termo solar, se ha simulado el sistema seleccionado para el caso de que hipotéticamente se encontrara en la ciudad de Barcelona España ver tabla 11.

Tabla 11. Ubicación geográfica de la Quinta Doña Julia

Barcelona	
Longitud	2° N
Latitud	41° E
Elevación	54 m

Para la simulación se ha modificado la ubicación de la inclinación del captador, de manera, que ésta coincida con la latitud y obtener el mejor rendimiento.

Es importante destacar que el sistema con acumulador y calentador eléctrico continuo, sólo usa agua como fluido de trabajo en todo el sistema, lo cual influiría en una localidad como Barcelona donde es posible conseguir temperaturas por debajo de cero. Pero igual se realizara la comparación porque permitirá tener una idea del desempeño del sistema a climas más fríos.

Obteniendo los siguientes resultados, ver tabla 12, 13:

Tabla 12. Resultados del sistema 5.5 con un area 4 m³, volumen de acumulación 300L en Barcelona

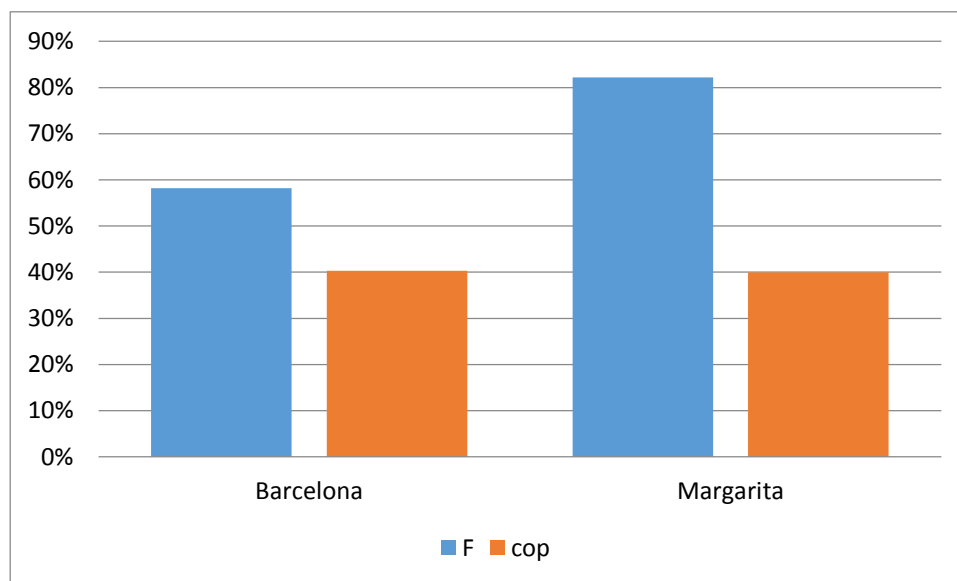
Sistema 5.5 con acumulador continuo		
Locación	Qaux	IG
Margarita	7052	24333
Barcelona	2126	24509

Tabla 13. Resultados del F y COP del sistema 5.5 con un área 4 m³, volumen de acumulación 300L en Barcelona

Locación	E	F	Cop
Margarita	9815	58%	40%
Barcelona	9787	82%	40%

Analizando los resultados se observa, que la energía necesaria para obtener temperatura deseada para el ASC en Barcelona es mayor que en la Isla de Margarita, lo cual, es lógico porque Barcelona posee temperaturas ambientales más bajas, ver graficas 14.

Grafico 14. Resultados del F y COP del sistema 5.5 con un área 4 m³, volumen de acumulación 300L en Barcelona



La gráfica 14 muestra, que la fracción solar para Barcelona es menor que en la zona de estudio, porque, al necesitarse más energía para calentar el agua, el sistema solar permanecería con la misma área, y la energía auxiliar aumentaría disminuyendo la fracción solar.

Sin embargo, el sistema posee el mismo COP ya que la radiación sobre el colector es similar y la temperatura entregada por el sistema en la Isla de Margarita y Barcelona es igualmente parecida. Aunque, profundizando el análisis si se deseara aumentar la fracción del sistema en Barcelona con los resultados obtenidos en Margarita sería necesario aumentar el área de captación, lo cual produciría una disminución del COP por el aumento en las pérdidas solares.

Igualmente, es interesante comparar la radiación solar sobre los colectores anualmente en ambas localidades, ver tabla 14. Se observa que en Margarita, ésta es constante durante todo el año, permitiendo que la potencia de los equipos auxiliares sea menor que para Barcelona donde los máximos valores de radiación se obtienen en el verano mientras que en el invierno son mucho más bajos.

Tabla 14. Condiciones meteorológicas Quinta doña Julia en Barcelona

Data Climática														
Mes		Anual	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura Ambiente	°C	17	10	10	12	14	18	22	24	25	21	18	13	10
Valor mínimo	°C	1	3	3	5	7	11	15	18	17	16	12	5	1
Valor máximo	°C	32	19	18	21	22	25	30	31	32	30	27	22	18
Global irradiación	MJ/m ²	5698	230	310	471	593	691	709	771	656	492	354	231	190
Valor mínimo	W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	W/m ²	1093	537	636	804	1037	954	1093	999	994	858	721	538	459
Normal directa	MJ/m ²	6492	421	471	578	608	606	662	808	626	552	469	383	309
Valor mínimo	W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	W/m ²	987	953	943	987	978	931	946	943	895	965	958	943	879
Irradiación difusa	MJ/m ²	2223	78	115	167	224	314	270	250	271	196	146	102	93
Valor mínimo	W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	W/m ²	470	225	310	367	426	444	455	470	429	384	318	295	219

Irradiación longitud de onda larga	MJ/m ²	10728	829	730	857	844	923	954	1002	1036	955	950	825	824
Valor mínimo	W/m ²	257	267	265	282	294	310	331	343	333	336	321	278	257
Valor máximo	W/m ²	431	357	344	354	367	376	431	420	427	401	395	358	349
Velocidad del viento	m/s	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4
Valor mínimo	m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	m/s	16	15	13	15	16	15	14	14	13	14	15	15	16
Humedad del aire	%	71	72	70	72	71	72	71	69	71	73	73	72	71
Valor mínimo	%	38	41	38	46	42	44	46	45	50	51	40	43	44
Valor máximo	%	100	99	94	100	96	99	95	95	98	97	100	96	95

7.6 Evaluar el comportamiento del sistema para un día específico durante al año

Para hacer un estudio más detallado de del comportamiento de la instalación escogida y del sistema de control. Se ha seleccionado uno días característicos de los meses de agostos y diciembre que representarían en teoría en el invierno y el verano en el país; Venezuela por estar cerca de la línea ecuatorial en realidad no presenta gran diferencia entre las estaciones.

Para observar cómo evolucionan transitoriamente unas variables características de la instalación.

Las variables elegidas a evaluar son:

- Temperatura del fluido a la salida de los colectores (T1)
- Temperatura de del fluido en la parte inferior del tanque de acumulación (T2).
- Temperatura del fluido a la salida del tanque solar (T3).

7.6.1 Días de verano

El análisis se ha desenvuelto para tres días seguidos del mes de agosto los resultados se muestran gráficamente en las gráficas 15, 16, 17.

Gráfico 15. Radiación sobre el plano dl captador y el calor útil, esquema 5.5

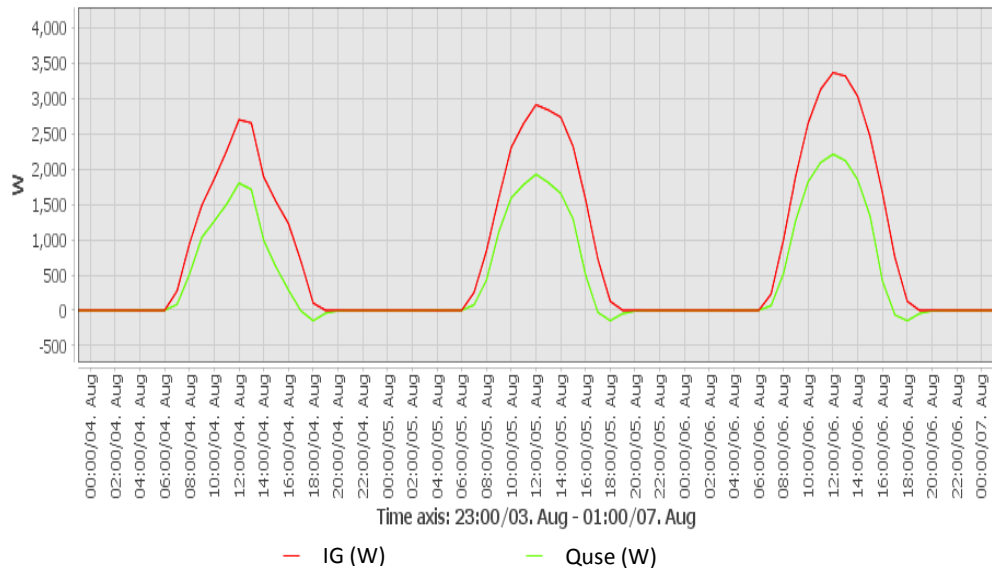


Gráfico 16. Perfil de las principales temperaturas de la instalación 5.5

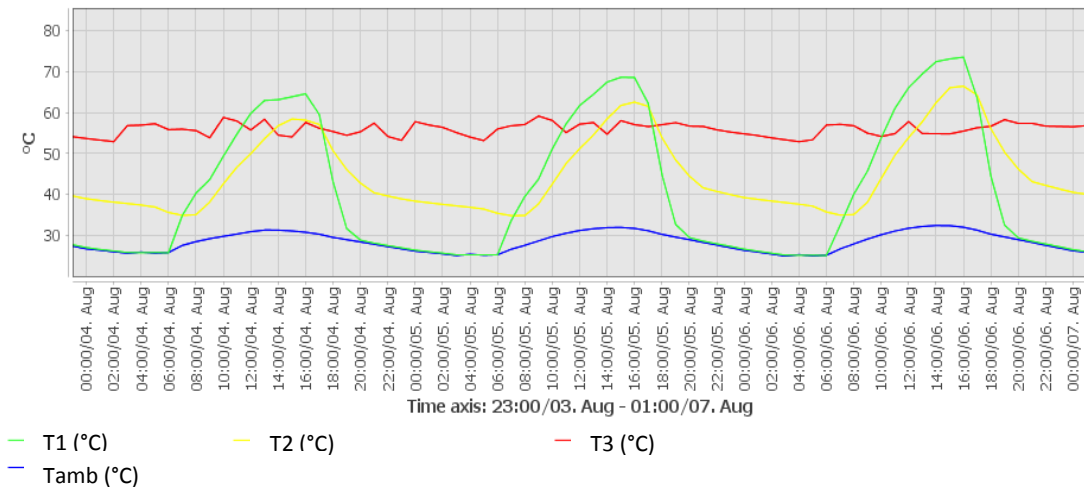
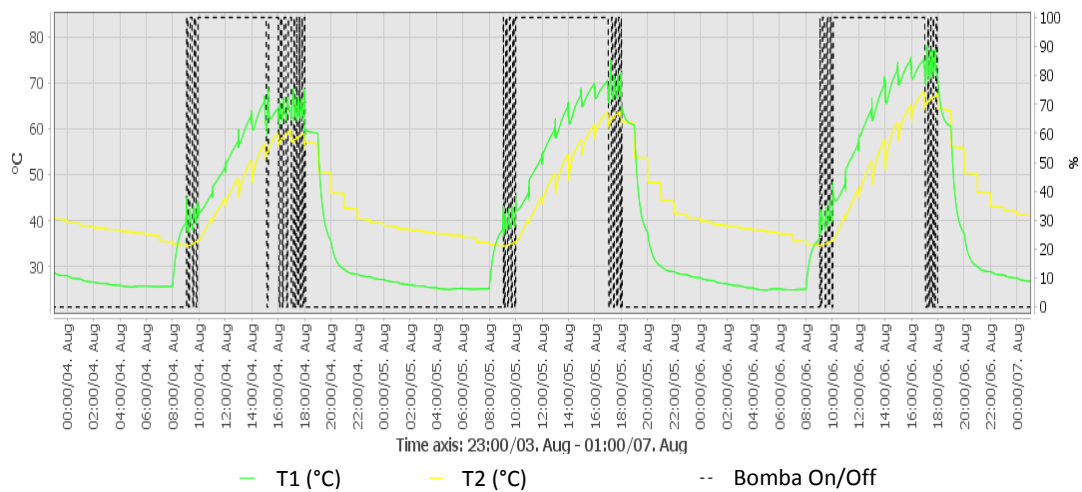


Gráfico 17. Funcionamiento de la bomba sistema 5.5



7.6.2 Días de invierno

Igualmente para el invierno el análisis se ha desarrollado para tres días seguidos del mes de Diciembre los resultados se muestran gráficamente en las gráficas 18, 19, 20.

Gráfico 18. Radiación sobre el plano dl captador y el calor útil, esquema 5.5

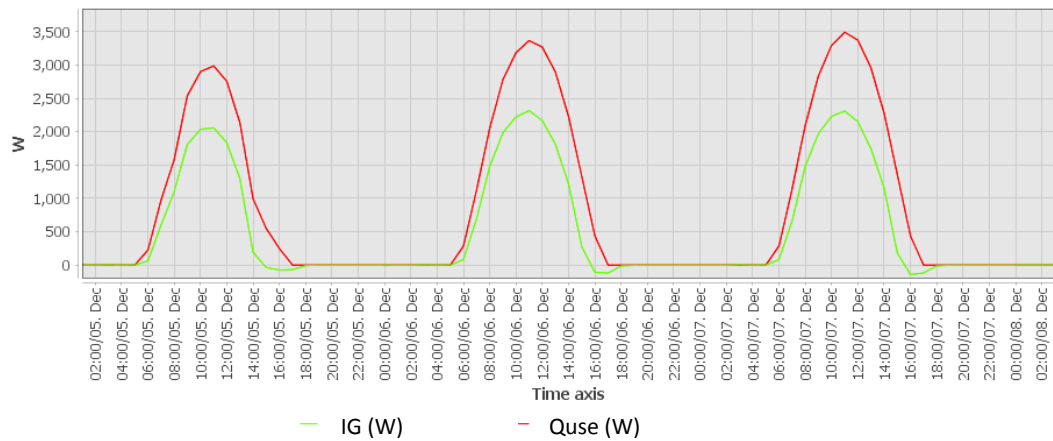


Gráfico 19. Perfil de las principales temperaturas de la instalación 5.5

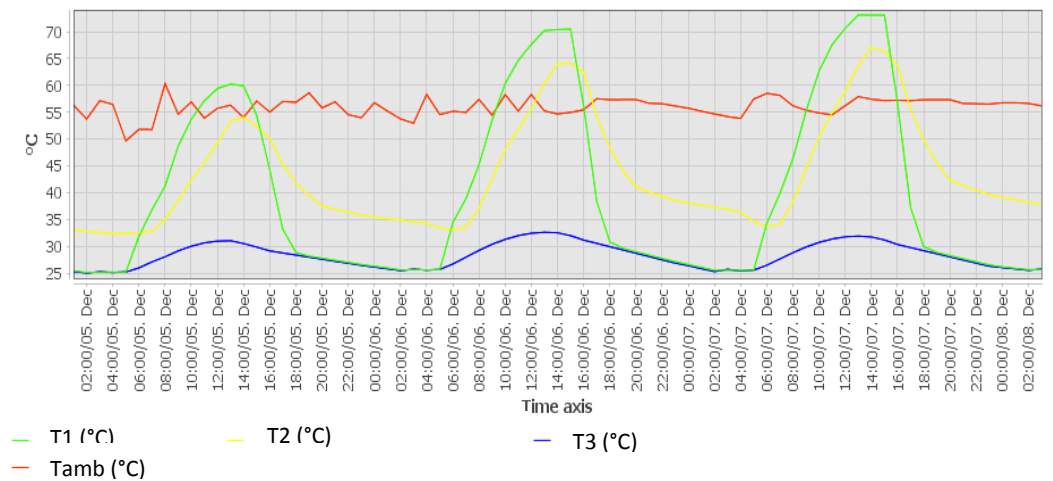
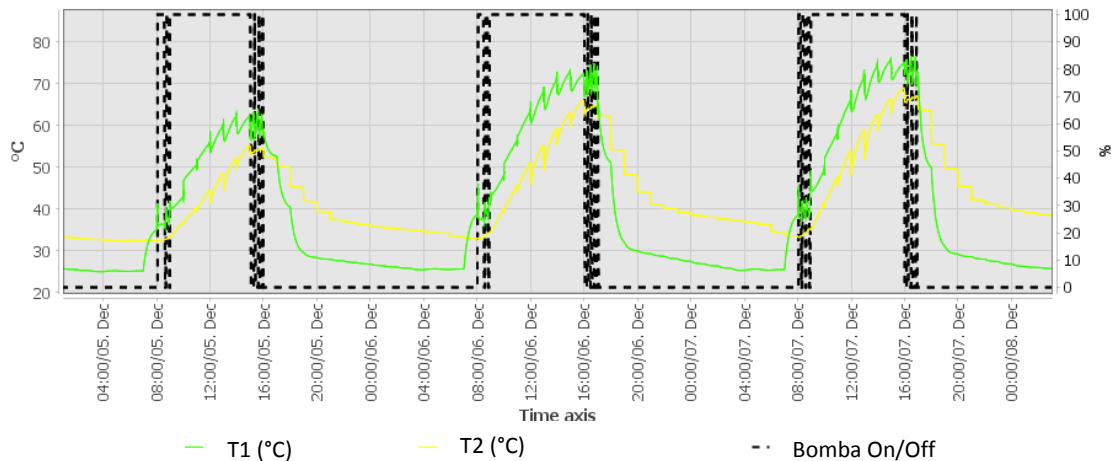


Grafico 20. Funcionamiento de la bomba sistema 5.5



7.6.3 Análisis del funcionamiento de los días característicos

Para los días seleccionados tanto en verano como en invierno se ha estudiado el calor útil, la temperatura de salida de los tanques y el estado de las bombas.

Se observa claramente que él los valores de las variables estudiadas no varían en gran medida en función del verano y el invierno esto por la cercanía de Venezuela de la line ecuatorial. Comparando los valores de radiación en ambos periodos existen valores cercanos a los 3500 W. Situación similar ocurre con las temperaturas que rondan los valores de 70 °C para los colectores.

De las gráficas 15 y 18 se puede apreciar que el calor útil es proporcional a la radiación disponible en los colectores. De las gráficas 16 y 19 se puede observar que el sistema posee un diseño adecuado porque la temperatura de descarga del tanque ronda los 55°C e inclusive en ciertos puntos alcanza los 60 °C. Igualmente la temperatura se mantiene bastante constante para el periodo.

Finalmente de las gráficas 17 y 20 se observa que las bombas poseen un control adecuado donde sus horas de funcionamiento coincide con las horas de luz solar.

8. Análisis Económico

Como en todos los proyectos de ingeniería, un análisis técnico de un sistema o equipo debe estar acompañado de una evaluación que soporte la viabilidad económica de la instalación.

Por este motivo, una vez calculados los parámetros de la instalación y dimensionados los equipos que forman parte de la misma, se procede a realizar un estudio económico para evaluar la competitividad desde el punto de vista económico entre las instalaciones estudiadas y un sistema de ACS convencional.

8.1 Presupuesto

La tabla 15 muestra precios estimados de los equipos que conforman los sistemas ACS, explicados anteriormente. Estos precios están sujetos a variaciones y son el resultado del promedio calculado basado en precios obtenidos por diferentes proveedores [anexo].

Tabla 15. Presupuesto de los diferentes sistemas

Lista de precios en euros					
Sistemas	Convencional	5.2	5.3	5.4	5.5
Captadores	0	600	600	600	600
Bomba1	0	250	250	250	250
Bomba2	0	0	250	0	0
Tanque	0	1800	1800	1600	900
HX	0	0	300	0	0
Válvula	0	150	150	150	150
Tubería	0	300	300	300	300
Calentador Eléctrico	800	0	0	250	250
instalación	600	600	600	600	600
Factor de variación 15%	1400	3700	4250	3750	3050
Total	1610	4255	4887.5	4312.5	3507.5

8.2 Viabilidad económica

Determinar si la instalación es viable desde el punto de vista económico, consiste en determinar si es posible recuperar la inversión inicial antes de que finalice la vida útil de la misma. El estudio de viabilidad se basa en analizar si el ahorro de combustible y/o electricidad que supone la instalación solar frente a otras instalaciones convencionales permite amortizar la instalación (recuperar la inversión inicial) a lo largo de los años en los que la instalación solar se encuentre en funcionamiento. La viabilidad de la instalación solar se realizará con respecto a una instalación convencional.

Venezuela posee un sistema eléctricoregulado en el que el Gobierno establece el precio de la electricidad (Sociedad de Ingeniería de Potencia de Venezuela), estos precios son subsidiados y están muy por debajo del precio de la energía en el resto del mundo. En tal sentido, justificar el proyecto en términos monetarios para Venezuela resulta difícil, la opción convencional siempre será la más económica. Sin embargo, debido a que la situación está empezando a cambiar gracias a la conciencia mundial, ésta está avanzando hacia una dirección amigable para el planeta, por lo que se ha decidido verificar la rentabilidad económica basada en el modelo Eléctrico Español.

Para determinar el momento en el que se recupera el costo de la inversión inicial y la instalación solar comienza a proporcionar beneficios económicos, se calcula el valor actual neto (VAN). El VAN de una inversión o un proyecto de inversión mide la rentabilidad absoluta neta que proporciona el proyecto, es decir, mide en el momento inicial del proyecto, el incremento de valor que proporciona a los propietarios una vez descontada la inversión inicial.

Mediante la siguiente expresión se relacionan los ingresos y los gastos de la inversión en función del tiempo

$$VAN = A \cdot \sum \left[\frac{1+c}{1+i} \right]^t - C_{mto} \cdot \sum \left[\frac{1+f}{1+i} \right]^t - I_{inicial}$$

Donde:

- A: Ahorro de combustible
- c: incremento del precio del combustible
- i: tasa de interés
- C_{mto} : coste de mantenimiento
- f : valor de la inflación
- $I_{inicial}$: inversión inicial

8.2.1 Inversión inicial

Es el valor de la inversión inicial. Se obtiene restando al presupuesto calculado previamente y el valor de la subvención que proporciona la Junta de Andalucía a este tipo de instalación.

$$I_{inicial} = Presupuesto - Subvencion$$

8.2.2 Ahorro de combustible

La cantidad de energía que la instalación demanda y que es atendida con aporte solar. Se traduce en el consumo de combustible evitado gracias a la instalación solar y del precio de éste frente a una instalación convencional

Para calcular el ahorro de combustible se deben considerar los siguientes [48]:

8.2.2.1 Término fijo de potencia.

Es una cantidad que se debe pagar mensualmente a la compañía eléctrica, aunque no haya consumido ningún kWh, ya que lo que se paga es la garantía de poder utilizar la potencia especificada en su contrato siempre que se necesite. La implementación del sistema solar, disminuiría considerablemente la potencia requerida por la casa. Pero para este estudio se considerara constante.

8.2.2.2 Energía consumida.

Es la cantidad de kilovatios que se consume en un periodo concreto, el valor del kilovatio para España está alrededor de 0.133681 Eur/kWh [49].

En base a las hipótesis planteadas el ahorro en el consumo es el único que repercutirá en la factura, debido a que los demás elementos que integran una factura eléctrica en España permanecen constantes con la instalación.

La tabla 16 muestra el costo del consumo por la instalación convencional 5.1.

Tabla 16. Costo anual de electricidad del sistema convencional

Consumo anual	Precio consumo	Costo anual
2848.33 kWh	0.133681 Eur/kWh	380.76 Euros

Con la Fracción solar de cada sistema se calcula el ahorro de electricidad de cada equipo, ver tabla 17.

Tabla 17. Ahorro Solar

Sistema	Fracción solar	Ahorro solar
5.2	0,753462604	336,6
5.3	0,84328045	376,725
5.4	0,824729287	368,4375
5.5	0,821539495	367,0125

8.2.2.3 Impuesto sobre electricidad

El impuesto sobre la electricidad, entra dentro del grupo de impuestos especiales (alcohol, tabaco, etc...). Se aplica al consumo y a la potencia, se calcula de la forma establecida por la legislación, multiplicando el porcentaje 4,864% por 1,05113 y por el total del coste de su consumo más potencia.

8.2.2.4 IVA

El impuesto sobre la electricidad está a su vez gravado con el 21% de IVA según el real decreto Español

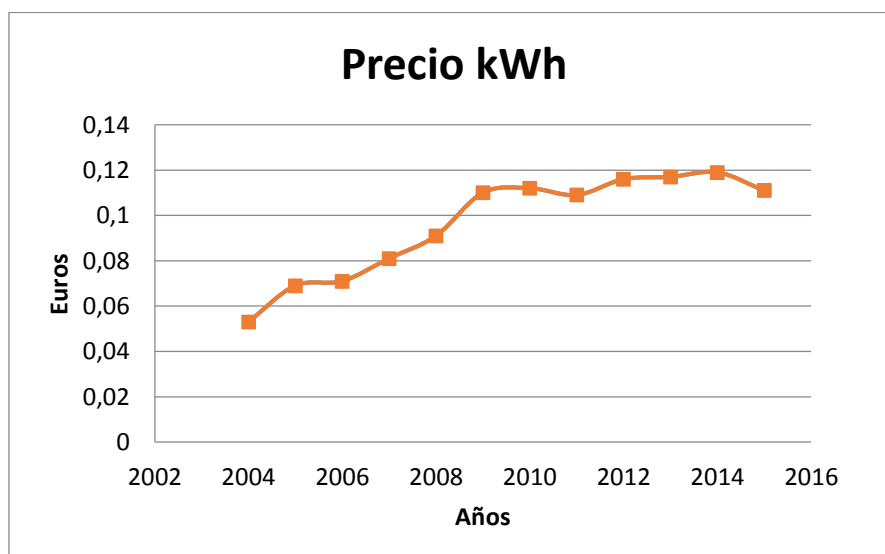
8.2.3 Coste de mantenimiento

La instalación solar tiene asociados un costo de mantenimiento, el cual es necesario para realizar anualmente las labores de mantenimiento, según lo establecido en el plan de vigilancia y en el plan de mantenimiento preventivo. Además, hay que añadir que a medida que pasa el tiempo aumenta la probabilidad de que el deterioro de algún componente requiera cierto tipo de ajuste correctivo con objeto de mantener el rendimiento de la instalación. El precio de mantenimiento se estiman como un 0.5% anual del coste inicial:

8.2.4 Incremento del precio de la electricidad

El precio de la electricidad fluctúa de acuerdo a muchas variables tales como la fuente de la generación, oferta y demanda en la generación y estrategias políticas nacionales. Basado en la evolución del precio de la electricidad en los últimos 5 años, se estima un incremento anual del 7%, ver grafica 20.

Gráfico 21. Evolución del precio de la electricidad en España [50].



La línea en azul representa los precios en España para el período 2004 – 2015 mientras que la línea verde supone la media de los precios en la Europa de los 28. El eje vertical es el precio kWh.

8.2.5 La tasa de interés

El interés bancario es la ganancia que obtiene el banco por prestar capital. En sentido estricto, es el precio de utilización del dinero por unidad de tiempo. La tasa de interés (el tanto por ciento) se rige por la ley de la oferta y la demanda. No obstante, la tasa de interés puede estimarse a partir del Euribor, tipo de interés promedio al que las entidades financieras se prestan dinero en el mercado interbancario del euro, y cuyo valor es muy utilizado como referencia para los préstamos bancarios. La tasa de interés se estima como el Euribor más un 0.5% aproximadamente.

Para la fecha de realización de este proyecto octubre del 2016 esta tasa tiene valores negativos. Pero en base a los historiales y considerando que esta situación podría cambiar en el tiempo se ha escogido un escenario menos optimista y se ha escogido una tasa de interés del 4%

8.2.6 Inflación

La inflación es la situación económica en la que la demanda es superior a la oferta, lo que desencadena un alza generalizada de los precios y una depresión de la moneda. La inflación se mide por el índice de precios al consumo (IPC). A fecha de la realización del análisis económico de este capítulo se estima un valor del 0.4%.

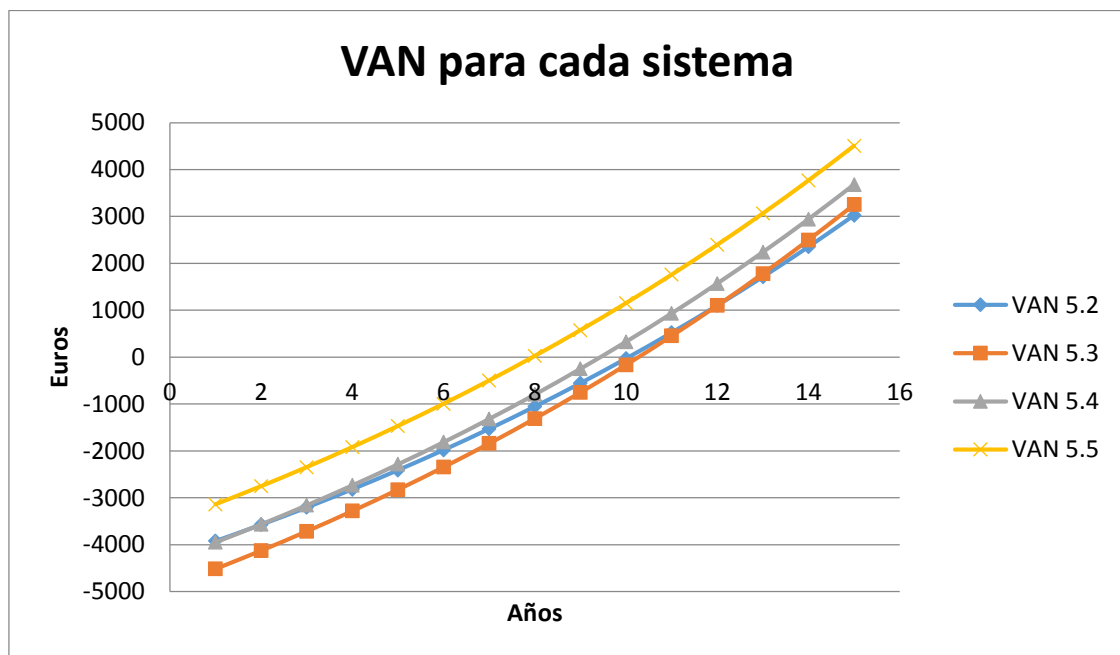
8.2.7 Resultados

Una vez definida las diferentes variables tenemos que el VAN para cada sistema presentado en la siguiente grafica para su mejor interpretación, ver grafica 16.

El cambio de signo en el VAN indica cuando la inversión inicial es recuperada; es decir el retorno completo de la inversión.

LA vida útil de los sistemas termo solares de ACS oscila entre unos 15 y 20 años (Mundo Solar, 2013). Por lo que considerando el peor escenario se ha definido la vida útil de las instalaciones en 15 años.

Grafico 22. Valor actual neto de los diferentes sistemas estudiados



De esta grafica se infiere que el sistema más económicamente rentable es el de Sistema con acumulador y calentador eléctrico continuo, pues tiene el tiempo de retorno de inversión más corto. Esto viene motivado a que el sistema solar cubre una buena parte de la demanda de ACS y adicional posee la menor inversión inicial de los 4 sistemas (HomeAdvisor members) (Renewableenergy).

9. Conclusiones

- La tendencia actual en el mundo es basar el sistema energético mundial en las energías limpias y hacer a un lado la dependencia de los recursos fósiles; de ahí la importancia de este tipo de investigación, cuyo fin se basa, en difundir los conocimientos de las zonas donde este tipo de sistema ya se encuentra desarrollado, a los lugares donde apenas comienzan su camino hacia esta dirección, como es el caso de Venezuela.
- El sol es una gran fuente de energía que los seres humanos han empleado desde tiempos inmemoriales; es por ello, que las actuales tecnologías apoyadas en energía solar, tienen un futuro garantizado en nuestra sociedad actual.
- Polysun, es un programa con una interface bastante accesible y sencilla, el mismo posee un catálogo extenso de equipos y componentes, lo cuales se ajustan convenientemente a cualquier demanda. Sin embargo, a causa de esta simplicidad, tiene asociado una cantidad amplia de limitaciones a nivel de detalles, al momento de diseñar.
- Una de las principales dificultades encontradas en el desarrollo de este proyecto, ha sido la escasa información técnica de los manuales de Polysun.
- La fracción solar y el COP de las instalaciones de ACS solares, depende directamente del área de captación de los colectores solares.
- El área óptima del sistema depende del punto en que aumentando el área no se consigue una mejora considerable de la fracción Solar y en cambio el COP empieza a bajar.

- El volumen del tanque de acumulación no afecta en grandes rasgos, el rendimiento de los sistemas ACS solares.
- El COP de los sistemas de ACS solares depende directamente de la eficiencia de los colectores y del área bruta de captación. En el mercado, existen una gran variedad de modelos, los cuales se ajustan a las necesidades técnicas y económicas de un proyecto cualquiera. En referencia a este estudio, se evaluaron 5 captadores para validar lo antes expuesto.
- Los sistemas que se basan en un tanque de acumulación y una caldera de flujo continuo como los sistemas 5.4 y 5.5 estudiados, mostraron el mejor desempeño para el clima de la isla de Margarita.
- Los sistemas ACS solares en base a los resultados, han validado tener un excelente rendimiento, indiferentemente del lugar donde sean empleados. Por ejemplo, en climas cálidos como el de la isla de Margarita, se ha presentado un F mayor, en comparación a climas más fríos como el de Barcelona, lo cual es lógico, porque, la demanda de agua caliente es menor, no obstante, ha mantenido el mismo COP, lo que confirma una diferencia mínima en eficiencia del aprovechamiento de la energía solar.
- El estudio de días característicos y el estudio de las principales variables del sistema permiten validar la correcta operación del sistema.
- El desempeño de la instalación solar es casi el mismo durante todo el año debido a la estabilidad de las condiciones meteorológicas del país, por su cercanía con la línea ecuatorial.
- Actualmente, la tecnología de ACS solares en Venezuela, no cuenta con el apoyo de ningún tipo de legislación. Esto tendría que cambiar, de manera que las

mismas se puedan implementar en las actividades cotidianas y a su vez, competitivas con los sistemas convencionales.

- Los sistemas solares se caracterizan por una alta inversión inicial y bajo costo de operación.
- El análisis económico permite evaluar la mejor manera de satisfacer la demanda energética de la vivienda con el menor costo posible.
- El sistema escogido para la residencia ha sido el 5.5 por concordar con buenos resultados técnicos y económicos.
- En el estudio se ha garantizado la rentabilidad de estos sistemas en un país desarrollado como España, dónde la mayoría de los mismos, recuperan la inversión inicial en los próximos 5 u 8 años luego de su instalación.

Bibliografía

Agencia Internacional de la Energía (AIE) . (2013). *Banco Mundial*. Obtenido de <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.LOSS.ZS?end=2013&locations=ES&start=1995>

Asociación Técnica Española de Climatización. (2010). *Guía técnica de agua caliente sanitaria central*. Madrid: IDAE.

Australian Government. (2005). *sa.gov.au*. Obtenido de <http://www.sa.gov.au/topics/water-energy-and-environment/saving-energy-at-home/home-energy-use>

Bioenergy. (s.f.). *Bioenergy*. Obtenido de <http://www.bioenergysolar.com/index.php/es/ventajassolartermica.html>

BIS Shrapnel . (2014). *Energy Rating*. Obtenido de <http://www.energyrating.gov.au/products/water-heaters>

Borrajero, I., Lavastida, Lourdes, & Pelaez, Juan. (s.f.). *Openei*. Obtenido de http://en.openei.org/datasets/files/707/pub/solarbysatellitecuba_193.pdf

BOSTRÖM, T. PHD. *Solution-Chemically Derived Spectrally Selective Solar*. Universitatis Upsaliensis, Alemania.

Caldas, M. (2010). *Fing*. Obtenido de http://www.fing.edu.uy/if/solar/proyectos/Caldas-Comportamiento_dinamico_SCS-v0.pdf

Ducoy, J. R. (s.f.). *Bibing*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5145/fichero/ANEXO+I.+METEONORM.pdf>

Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Global Statut Report. (2013). *Shrink tha tfoot print*. Obtenido de <http://shrinkthatfootprint.com/solar-hot-water-china>

Google . (2016). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.es/maps/place/11%C2%B004'40.1%22N+63%C2%B055'39.9%22W/@9.3657855,->

Hasting, R., & Wall, M. (2007). *Books Googles*. Obtenido de https://books.google.es/books?id=0AUZGZO7n54C&pg=PA285&lpg=PA285&dq=solar+fraction+can+be+1?&source=bl&ots=p92MEwGDKv&sig=uG4EWgwenZP9fy75fB41MLb_t5k&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjPuObN7u7NAhUkCsAKHSQfAmoQ6AEILjAC#v=onepage&q=solar%20fraction%20can%20be%201%3F&f

HomeAdvisor members. (s.f.). *homeadvisor*. Obtenido de <http://www.homeadvisor.com/cost/plumbing/install-a-solar-water-heater/>

ingemecánica. (s.f.). *ingemecánica*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut188/fig8tut188.jpg>

Ingemecánica. (s.f.). *Ingemecánica*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html#seccion25>

Kovacs, P., & Pettersson, U. *Solar combi system, a comparison between vacuum tube and flat plate collectors using measurements and simulations*. SP Swedish National Testing and Research Institute.

Lasierra, A. (2014). *diva-portal*. Obtenido de <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:740727/FULLTEXT01.pdf>

Laws Plumbing. (2016). *Laws Plumbing*. Obtenido de <http://lawsplumbing.co.za/geyser-replacement-cape-town/>

LG Electronics. (2016). *LG Life's Good*. Obtenido de <http://www.lg.com/pe/lavadoras/lg-TS1600DPS>

Lindsay, W. (2013). *Shrink that foot print*. Obtenido de <http://shrinkthatfootprint.com/solar-hot-water-china>

Meteonorm. (2015, Julio). *Meteonorm*. Obtenido de http://www.meteonorm.com/images/uploads/downloads/mn71_theory.pdf

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2012, Junio 21). *Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad*. Obtenido de http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/3_leg.pdf

Mugniera, D., & Ramos, L. (2015). Concept and practical results for a solar DHW system in multifamily houses with decentralized storages. *Energy Procedia* .

Mundo Solar. (2013). Recuperado el 2016, de <http://www.dforcesolar.com/energia-solar/cual-es-la-vida-util-de-un-panel-solar/>

Osborn, D. (1993). Selected Papers on Solar Radiation and Solar Thermal Systems. *Optical Engineering Press* .

Papillona, D. P., Paulusa, C., Chèzea, D., & Lefrançoisa, F. (2014). A simplified design tool for solar DHW systems in multi-family. *Energy Procedia* .

Perez, M., & Rodriguez, I. (1999). *Sistema de Supervision Solar-3S*. Terrassa.

Perez-Segarra, C., Castro, J., Rigola, J., & Oliet, C. (2015). *Heat Exchangers*. ETSEIAT, Colom 11, 08222 Terrassa (Barcelona).

Polysun. (s.f.). Manual de Bombas.

Renewableenergy. (s.f.). *renewableenergy*. Obtenido de <https://www.renewableenergyhub.co.uk/how-much-does-solar-thermal-cost.html>

Rico, R. (2014, Julio 4). *Hinterlaces*. Obtenido de <http://www.hinterlaces.com/analisis/estudios/venezuela-mayor-consumidor-aguaenergia-latinoamerica>

Roca, J. A. (2016, Junio 13). *El periódico de la energía*. Obtenido de <http://elperiodicodelaenergia.com/las-10-plantas-termosolares-mas-grandes-del-mundo-eeuu-y-espana-se-reparten-el-90-del-pastel/>

Rodriguez, I. (2014). Solar thermal systems. Evaluation and sizing. *UPC lecture*, (pág. 8). Barcelona.

Santalla, L. (2013, Marzo 28). *Teoría de Construcción*. Obtenido de <http://teoriadeconstruccion.net/blog/captadores-solares-de-concentracion/>

Serrano Yuste, P. (2013). *Certificados Energéticos*. Obtenido de <http://www.certificadosenergeticos.com/eficiencia-de-las-calderas-de-condensacion>

Serrano Yuste, P. (2015). *Certificados Energeticos*. Obtenido de <http://www.certificadosenergeticos.com/consumo-diario-acs-certificado-energetico>

Shahan, Z. (2013, Noviembre 7). *Clean Technica*. Obtenido de <http://cleantechnica.com/2013/11/07/renewable-energy-charts-renewable-energy-facts/>

Sociedad de Ingeniería de Potencia de Venezuela. (s.f.). *ieee*. Obtenido de http://www.ewh.ieee.org/soc/pes/venezuela/sector_elec.html

Solar Web. (2015). *Solar Web*. Obtenido de <http://www.solarweb.net/termica/preguntas-frecuentes-energia-solar-termica.php#p3>

Tehsa. (s.f.). *Tehsa*. Obtenido de <http://www.tehsa.com/producto10f.htm>

The National Science Foundation . (2010, Junio 4). *cs.montana*. Obtenido de <https://www.cs.montana.edu/webworks/projects/stevesbook/contents/chapters/cha-pter008/section002/blue/page004.html>

velasolaris. (2013). Optimización del autoconsumo fotovoltaico y bombas de calor. pág. 1.

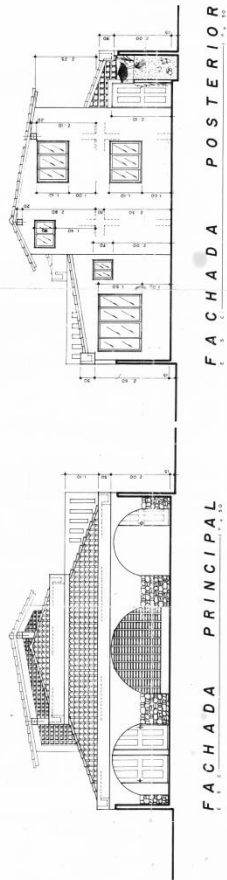
velasolaris. (2016). *Polysun User Manual*.

Witzig, A., Stöckli, U., Kistler, P., Bornatico, R., & Pfeiffer, M. (2010, Octubre 1°). *velasolaris*. Obtenido de <http://www.velasolaris.com/files/2010-09-28-eurosun2010-polysuninside.pdf>

Yves Haller, M., Haberl, R., Carbonell, D., Philippen, D., & Frank, E. (2014, Mayo 1°). *Spf*. Obtenido de http://www.spf.ch/fileadmin/user_upload/Forschung/Projekte/Aktuell/SOL-HEAP-Final-Report_14-05-12-Final.pdf

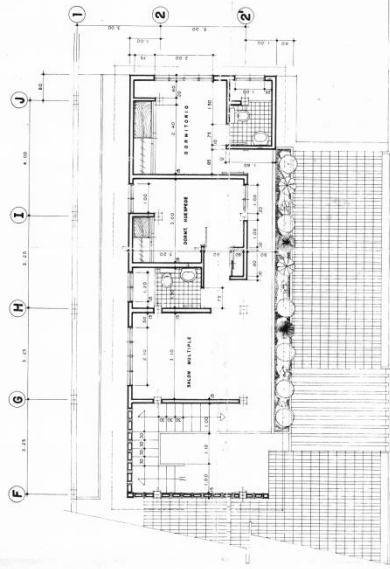
Zhang, L., Gudmundsson, O., Thorsen, J. E., Li, H., & Svendsen, S. (2014). Optimization of China's centralized domestic hot water system by applying Danish elements. *Energy Procedia* .

Anexos

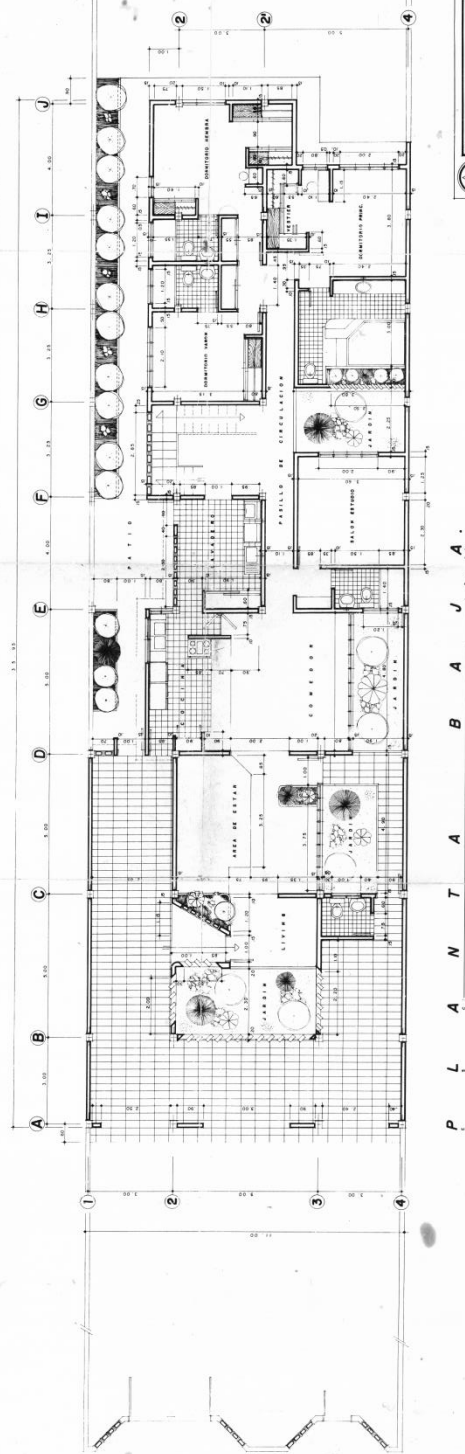


FACHADA POSTERIOR

FACHADA PRINCIPAL



P L A N T A A L T A .



P L A N T A B A J A .

VIVIENDA UNIFAMILIAR.
 PROYECTO DE ARQUITECTURA
 PARA: ROBRIGUEZ
 PLANTA BAJA
 PLANTA ALTA
 FACHADA

PROYECTADO POR	ING. J. J. GARCIA
PROYECTADO POR	ING. J. J. GARCIA
PROYECTADO POR	ING. J. J. GARCIA
PROYECTADO POR	ING. J. J. GARCIA
PROYECTADO POR	ING. J. J. GARCIA
PROYECTADO POR	ING. J. J. GARCIA

A-1

DETALL DE LA FACTURA

LLUM

Import per potència contractada:

3,3 kW x 0,120961 Eur/kWh x 28 dies

11,18 €

En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:

3,3 kW x 38,043426 Eur/kWh i any x (28/366) dies

9,60 €

Import per energia consumida:

115 kWh x 0,133681 Eur/kWh

15,37 €

En aquest import, la seva facturació per peatge d'accés ha estat:

115 kWh x 0,044027 Eur/kWh

5,06 €

SUBTOTAL

15,37 €

ALTRES CONCEPTES

Impost electricitat (26,55 X 5,11269632 %)

1,36 €

Lloguer equips de mesura i control (28 dies x 0,017857 Eur/dia)

0,50 €

SUBTOTAL

1,86 €

Import total

28,41 €

IVA NORMAL (21%) 21% s/ 28,41

5,97 €

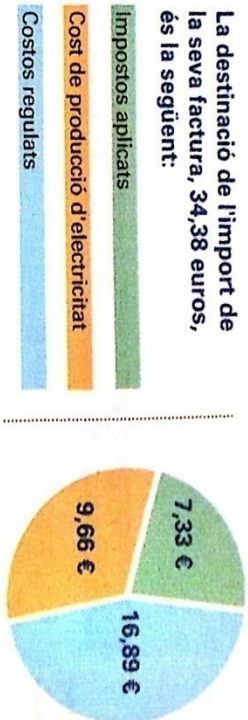
TOTAL IMPORT FACTURA

34,38 €

Preus dels termes del peatge d'accés publicats a l' Ordre LET/2735/2015 (BOE 18-12-2015)
Preu del lloguer dels equips de mesura i control segons l' Ordre ITC/3860/2007, de 28 de desembre

DESTINACIÓ DE L'IMPORT DE LA FACTURA

La destinació de l'import de la seva factura, 34,38 euros, és la següent:



- Incentius a les energies renovables, cogeneració i residus 6,36 €
 - Cost de xarxes de transport i distribució 6,47 €
 - Altres costos regulats (incloua l'anualitat del dèficit) 4,06 €
- Als imports indicats al diagrama ha d'afegir-se, si escau, l'import del lloguer dels equips de mesura i control així com els conceptes no energètics.



Esmaltados AS 200, 300, 400 y 500

Fabricados en acero esmaltado.

Circuito primario con dos serpentines cónicos de alto rendimiento.

Aislamiento del depósito mediante espuma rígida de poliuretano inyectado, libre de CFC.

Incorpora la protección por ánodo de sacrificio de magnesio e indicador de su estado.

Garantía 5 años (ver condiciones en la tarjeta que se adjunta con el producto).

	AS 200-2E	AS 300-2E	AS 400-2E	AS 500-2E	
Volumen ACS	l	200	300	400	500
Tipo de intercambiador		2 serpentines	2 serpentines	2 serpentines	2 serpentines
Superficie serpentín inferior	m ²	0,76	1,00	1,00	1,00
Volumen serpentín inferior	l	8,10	10,10	12,10	16,80
Superficie serpentín superior	m ²	1,20	1,50	1,80	2,50
Volumen serpentín superior	l	5,10	6,70	6,70	6,70
Instalación		Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
Presión máx. primario	bar	10	10	10	10
Temp. máx. primario	°C	110	110	110	110
Presión máx. secundario	bar	10	10	10	10
Temp. máx. secundario	°C	95	95	95	95
Clase de eficiencia energética		C	C	D	D
Peso en vacío	kg	106	128	159	186
Referencia		148112368	148112369	148112370	148112371
PVP		1.115 €	1.587 €	2.001 €	2.210 €
Resistencia eléctrica		2,5 kW	2,5 kW	2,5 kW	2,5 kW
Referencia		7504308	7504308	7504308	7504308
PVP		221 €	221 €	221 €	221 €
Grupo de seguridad Flexbrane		3/4" apro hasta modelo AS 200-2E	1" apro hasta modelo AS 300-2E		
Referencia		195230008	195230007		
PVP		24,50 €	71 €		



De acero al carbono

Fabricados en acero al carbono. No aptos para acumulación de Agua Caliente Sanitaria.

Diseñados para circuitos cerrados sin renovación de agua.

Aislamiento del depósito mediante espuma de poliuretano flexible.

Garantía 5 años (ver condiciones en la tarjeta que se adjunta con el producto).

Aislamiento desmontable (ASA 800 a 1.500 litros).

	ASA 50-IN	ASA 140-IN	ASA 260-IN	ASA 370-IN	
Volumen	l	50	140	260	370
Tipo de intercambiador		Sin serpentín	Sin serpentín	Sin serpentín	Sin serpentín
Volumen intercambiador	l	-	-	-	-
Instalación		Vertical, horizontal y mural	Vertical	Vertical	Vertical
Presión máx. primario	bar	-	-	-	-
Temp. máx. primario	°C	-	-	-	-
Presión máx. secundario	bar	6	6	6	6
Temp. máx. secundario	°C	100	100	100	100
Clase de eficiencia energética		B	C	C	C
Peso en vacío	kg	20	31	46	60
Referencia		148110509	7218048	7218049	7218094
PVP		503 €	630 €	810 €	920 €
A	mm	835	1.154	1.239	1.724
B	mm	462	999	1.041	1.523
C	mm	170	719	750	1.073
D	mm	173	439	459	623
E	mm	-	159	168	173
F	mm	300	400	540	540
G	mm	380	480	620	620
1 Ida serpentín		-	-	-	-
2 Salida		1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
3 Retorno serpentín		-	-	-	-
4 Conexiones		1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
5 Toma superior o purgador		1/2"	1"	1"	1"
6 Vaciado		3/4"	-	-	-

Sol 250

Sol 250 H

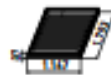
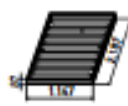
Sol 200

Sol 200 H

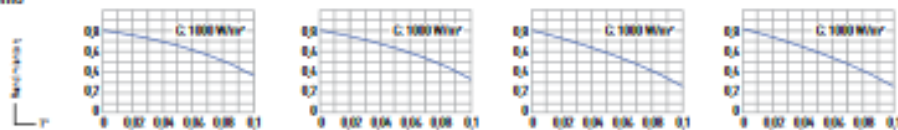


Instalación	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
Superficie total m ²	2,5	2,5	2	2
Coletores por fila	Hasta 10	Hasta 10	Hasta 10	Hasta 10
Absorbedor	De aluminio, con tratamiento altamente selectivo	De aluminio, con tratamiento altamente selectivo	De aluminio, con tratamiento altamente selectivo	De aluminio, con tratamiento altamente selectivo
Espesor absorbedor mm	0,4	0,4	0,4	0,4
Absorbencia %	95	95	95	95
Emitancia %	5	5	5	5
Circuito hidráulico	Serpentín	Serpentín	Serpentín	Serpentín
Vidrio solar	texturizado 3,7 mm.	texturizado 3,7 mm.	texturizado 3,7 mm.	texturizado 3,7 mm.
Aislamiento posterior	Fibra de vidrio con velo negro de 40 mm	Fibra de vidrio con velo negro de 40 mm	Fibra de vidrio con velo negro de 40 mm	Fibra de vidrio con velo negro de 40 mm
Carcasa	De aluminio en color gris RAL7016	De aluminio en color gris RAL7016	De aluminio en color gris RAL7016	De aluminio en color gris RAL7016
Garantía (*) años	10	10	10	10

Superficie total m ²	2,51	2,51	2,01	2,01
Superf. de apertura m ²	2,37	2,37	1,90	1,90
Capacidad l	2,9	2,7	1,9	2,2
Peso vacío kg	47	47	34	35
Presión máx. trabajo bar	10	10	10	10
Temp. estancamiento °C	198	221	213	211



Curva de rendimiento



Ecuación característica	$\eta = 0,017 - 2,470 \cdot I^* - 0,010 \cdot G^{0,4}$	$\eta = 0,018 - 2,740 \cdot I^* - 0,014 \cdot G^{0,4}$	$\eta = 0,017 - 2,714 \cdot I^* - 0,010 \cdot G^{0,4}$	$\eta = 0,009 - 2,009 \cdot I^* - 0,017 \cdot G^{0,4}$
Contraseña certificación	GPS 8449	GPS 8450	GPS 8417	GPS 8420
Referencia	720364401	720364501	720364001	720364301
PVP ¹	727 €	758 €	566 €	586 €

(*) Ver condiciones de garantía en la caja que se adjunta con el producto



SB

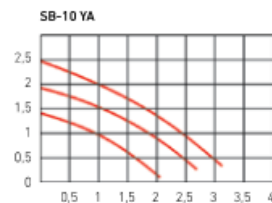
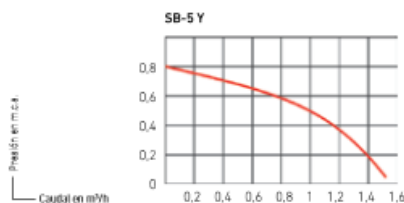
- Circuladores para circuitos de recirculación en instalaciones de Agua Caliente Sanitaria.
- Motor de rotor sumergido.
- Piezas móviles en contacto con el agua, en material resistente a la corrosión. Incluso para aguas agresivas de pH inferior a 7.
- Cuerpo hidráulico y soporte motor de bronce inalterable a la corrosión (en el SB-100XL es de acero inoxidable).
- Alto par de arranque.
- Motor autoprotegido contra sobrecargas. No precisa guardamotor (obligado para SB-100 XL).
- Conexión directa a la tubería mediante racores.
- Control de giro y posibilidad de purga.
- Membrana de etileno-propileno para protección integral del motor contra depósitos calcáreos.
- Funcionamiento silencioso.
- Protección eléctrica:
Modelos SB-5 Y, SB-10 YA y SB-50 XA = IP 43.
Modelos SB-100 XL y SB-150 XL = IP 44.

SB-5 Y

SB-10 YA

Temperatura máx. de trabajo	°C	110
Presión máx. de trabajo	bar	10
Tensión monofásica	V	230
Velocidad posición		1
Intensidad nominal	A	0,15
Potencia absorbida	W	30
Velocidad	r.p.m.	1.850
Capac. condens. µF (1)		16 x 400 C
Conexión tubería		20/22 (soldar)
Peso	kg	2
A	mm	96
B	mm	73
C	mm	65
D	mm	129
E	mm	130
F	mm	96
Referencia		195000019
PVP		197 €

Temperatura máx. de trabajo	°C	110			
Presión máx. de trabajo	bar	10			
Tensión monofásica	V	230			
Velocidad posición		1	2	3	
Intensidad nominal	A	0,15	0,12	0,18	0,24
Potencia absorbida	W	30	27	39	56
Velocidad	r.p.m.	1.850	1.700	2.200	2.500
Capac. condens. µF (1)		16 x 400 C	2 x 400 V		
Conexión tubería		20/22 (soldar)	20/22 (soldar)		
Peso	kg	2	2		
A	mm	96	96		
B	mm	73	74		
C	mm	65	65		
D	mm	129	130		
E	mm	130	130		
F	mm	96	96		
Referencia		195000019	953030121		
PVP		197 €	276 €		





CML

Calderas murales para Calefacción.

CML 10: potencia de 3,3 kW a 10 kW. Tres resistencias eléctricas de 3,3 kW cada una.

CML 15: potencia 2,5 kW a 15 kW. Seis resistencias eléctricas de 2,5 kW cada una.

Escalones de potencia seleccionables mediante interruptores en el propio cuadro.

Compatible con una amplia gama de alimentaciones eléctricas:

Monofásica (230 V ~ 50 Hz)
Trifásica (230 V 3 ~ 50 Hz)
Trifásica (400 V 3 + Neutro ~ 50Hz)

Calderín en chapa de acero y aislado con fibra de vidrio.

Incorporan circulador de alta eficiencia (conforme a ErP), depósito de expansión, válvula de seguridad y purgador automático.

Cuadro de mando con selector de potencia giratorio para ajustar la potencia calorífica de la caldera a las exigencias de la instalación.

Dimensiones compactas: facilitan su montaje entre muebles de cocina.



			CML 10	CML 15
Potencia útil en Calefacción	1º escalón	kW	3,3	5 (1)
	2º escalón	kW	6,6	10,0
	3º escalón	kW	10,0	15,0
Clase eficiencia energética Calefacción			D	D
Capacidad útil depósito expansión			l	3,2
Capacidad agua en caldera			l	9,5
Peso neto aproximado			kg	38
Referencia			7224902	7224903
PVP			1.455 €	1.674 €
Forma de suministro			En 1 bulto, montado y con accesorios de fijación	

(1) Fácilmente ajustable a 2,5 kW procediendo según se indica en las instrucciones

Item Total \$178.57

[Optional Installation Services](#)
[Tell Someone About This Great Deal!](#)
 Found a lower price? Let us know! [?]

Add to Cart

Processing: 1-3 Business Days
 Plus Transportation Time

Product Description

Surplus item to be discontinued. 1 Year warranty from JED Engineering.



3-Way FloVerter Motorized Valve
Model: FV-2.0

The FloVerter 12VAC valve works in conjunction with either HelioMatic electronic controller model.

When the controller is signaled by the sensors, and calls for solar heat pick-up, the FloVerter valve immediately activates. The opening "diverter" valve then directs the flow of circulation through the solar

collectors using the pool's filtration pump.

The FloVerter valve is a 12VAC 2" I.D. valve, utilizes permanent magnetic synchronous motors, and has an extremely low CV.*

Technical Specifications: The FloVerter is a non-positive seal valve with a small hole located in the diverter, which allows the collector to drain when the system is turned off. This draining prevents collector damage due to cold weather freeze-ups.



Ver más grande



Termo eléctrico 100 litros Junkers Elacell Excellence ES-100-5E

Referencia: 7736502713

Termo eléctrico 100 litros Junkers **ELACELL Excellence ES 100-5E** de 100 litros de capacidad, resistencia en vainada, ánodo de magnesio, posibilidad de ser instalado en vertical/horizontal, control electrónico.

*Envío gratis

Si deseas presupuesto de instalación en la zona de Cataluña [contáctanos](#)

Enviar por correo

Imprimir

255,00 € IVA incluido

Cantidad

1

Añadir al carrito

Añadir a mis listas



☆ Calificaciones y evaluaciones de los clientes

Nadie ha efectuado una evaluación en este idioma

Califica / escribe un comentario

FICHA TÉCNICA

Referencia	7736502713
Marca	Junkers
Modelo	Elacell ES-100-5E
Altura	960 mm
Diámetro	486 mm
Nivel de potencia acústica interior	15 dB
Consumo diario de electricidad (condiciones climáticas medias)	12,801 Kw
Consumo anual de electricidad	2753 Kw
Capacidad termo	100 litros
Potencia eléctrica	2000 w
Tiempo calentamiento a 50°C	2h y 54 min
Presión máxima	2 bar
Orientación instalación	Vertical/horizontal

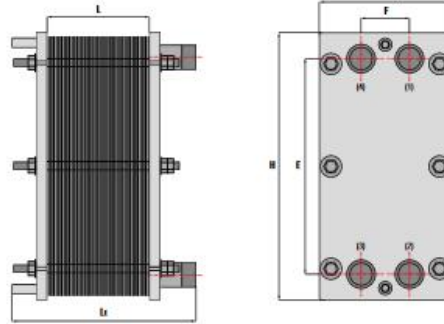


CARACTERÍSTICAS

- Intercambiador de calor de placas desmontables
- Placas en acero inoxidable o titanio
- Juntas en nitrilo NBR o en EPDM-PRX
- Juntas pegadas a placa
- Placas de alta eficiencia A
- Conexiones en rosca Gas macho 1"1/4
- Flujo paralelo

CONDICIONES DE DISEÑO

Presión diseño	Temperatura diseño	
	NBR	EPDM
10 bar	95 C°	140 C°



- 1 Entrada primario
- 2 Salida primario
- 3 Entrada secundario
- 4 Salida secundario

DIMENSIONES

Nº placas	Área placa (m²)	Dimensiones (mm)						Manguitos Gas M
		H	E	A	F	L	Lt	
0 - 31	0,02	310	231	200	69	nº placas x 3	220	1"1/4
32 - 67		310	231	200	69	nº placas x 3	370	1"1/4

El área total de intercambio se calcula por la fórmula siguiente:
 $A = (N^{\circ} \text{ placas} - 2) \cdot \text{Área placa}$

TARIFA DE PRECIOS

PLACAS EN ACERO INOXIDABLE

INTERCAMB. JUNTAS NBR		INTERCAMB. JUNTAS EPDM	
Código	PVP (€)	Código	PVP (€)
IP220005NX10	296	IP220005PX10	309
IP220007NX10	321	IP220007PX10	340
IP220009NX10	346	IP220009PX10	371
IP220011NX10	371	IP220011PX10	401
IP220013NX10	397	IP220013PX10	432
IP220015NX10	422	IP220015PX10	463
IP220017NX10	447	IP220017PX10	493
IP220019NX10	473	IP220019PX10	524
IP220021NX10	498	IP220021PX10	555
IP220023NX10	523	IP220023PX10	585
IP220025NX10	548	IP220025PX10	616
IP220027NX10	574	IP220027PX10	647
IP220029NX10	599	IP220029PX10	677
IP220031NX10	624	IP220031PX10	708
IP220033NX10	649	IP220033PX10	739
IP220035NX10	675	IP220035PX10	769
IP220037NX10	700	IP220037PX10	800
IP220039NX10	725	IP220039PX10	831
IP220041NX10	751	IP220041PX10	862

PLACAS EN TITANIO

INTERCAMB. JUNTAS NBR		INTERCAMB. JUNTAS EPDM	
Código	PVP (€)	Código	PVP (€)
IP220005NX10PTI	449	IP220005PX10PTI	464
IP220007NX10PTI	532	IP220007PX10PTI	552
IP220009NX10PTI	616	IP220009PX10PTI	641
IP220011NX10PTI	700	IP220011PX10PTI	731
IP220013NX10PTI	784	IP220013PX10PTI	820
IP220015NX10PTI	868	IP220015PX10PTI	909
IP220017NX10PTI	951	IP220017PX10PTI	999
IP220019NX10PTI	1.035	IP220019PX10PTI	1.088
IP220021NX10PTI	1.119	IP220021PX10PTI	1.177
IP220023NX10PTI	1.203	IP220023PX10PTI	1.267
IP220025NX10PTI	1.286	IP220025PX10PTI	1.356
IP220027NX10PTI	1.370	IP220027PX10PTI	1.445

JUNTAS DE REPUESTO

Código	Tipo	PVP (€)
JIP2200NX	NBR	7,90
JIP2200PX	EPDM	9,80

PLACAS INOX. + J. REPUESTO

Código	Tipo	PVP (€)
PIIP2200NX	NBR	16,80
PIIP2200PX	EPDM	18,40

PLACAS TITANIO + JUNTAS REPUESTO

Código	Tipo	PVP (€)
PIIP2200NXTI	NBR	50,40
PIIP2200PXTI	EPDM	52,00