



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FINAL DEL

REALIZADO POR

TUTORIZADO POR

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

1 ÍNDICE

2	Introducción	3
2.1	Objetivos	3
2.2	Alcance del proyecto.....	3
2.3	Antecedentes	4
3	Pliego de condiciones.....	5
3.1	Normativa de productos	5
3.1.1	Fontanería	5
	Descripción:.....	5
	Criterios de medición y valoración de unidades	5
	Características y recepción de los productos que se incorporan a las unidades de obra.....	5
3.1.2	Aparatos sanitarios.....	8
	Descripción:.....	8
	Criterios de medición y valoración de unidades	8
	Características y recepción de los productos que se incorporan a las unidades de obra.....	8
3.1.3	Gas natural	9
	Descripción:.....	9
	Normas de aplicación:.....	9
	Criterios de medición y valoración de unidades	9
	Características y recepción de los productos que se incorporan a las unidades de obra...	10
	Almacenamiento y manipulación (criterios de uso, gestión de residuos, conservación y mantenimiento)	11
	Descripción:.....	11
	Criterios de medición y valoración de unidades	11
	Características de los productos que se incorporan a las unidades de obra	12
3.2	Normativa de instalaciones.....	15
4	Metodología	18
4.1	Cálculo de la demanda de ACS de una vivienda.....	18
4.1.1	Modelo demanda CTE-HE4	18
4.1.2	Modelo demanda alternativa.....	19
4.2	Sistemas de producción de ACS	21
4.2.1	Termo convencional.....	22
4.2.2	Sistema calentador de gas.....	24
4.2.3	Sistema bomba de calor aire agua	28

4.2.4	Sistema fototérmico.....	31
4.2.5	Sistema fotovoltaico.....	36
4.3	Zonas climáticas de estudio	41
4.3.1	León (E1).....	44
4.3.2	Madrid (D3)	45
4.3.3	Bilbao (C1)	47
4.3.4	Barcelona (C2)	48
4.3.5	Valencia (B3).....	50
4.3.6	Almería (A4).....	51
4.4	Energy Plus	53
4.4.1	Características del motor de simulación	54
4.4.2	Modelos de los sistemas	54
5	Resultados	60
5.1	Análisis energético	60
5.1.1	Sistema fototérmico con apoyo de calentador de gas.....	60
5.1.2	Sistema fototérmico con apoyo de termo eléctrico	64
5.1.3	Termo eléctrico y calentador de gas	65
5.1.4	Termo eléctrico con fotovoltaica	66
5.1.5	Bomba de calor	68
5.1.6	Bomba de calor con fotovoltaica	71
5.1.7	Resumen producción.....	71
5.2	Análisis medioambiental	72
5.3	Análisis económico	74
5.3.1	Costes capitales de las instalaciones.....	74
5.3.2	Costes operacionales.....	81
5.3.3	Coste total y amortización	82
6	Conclusiones.....	86
7	Presupuesto	88
7.1	Precios unitarios.....	88
7.2	Precios por tarea	88
7.3	Resumen presupuesto	89
8	Bibliografía	90

2 INTRODUCCIÓN

2.1 OBJETIVOS

En este proyecto estudiaremos los principales sistemas utilizados para la obtención de agua caliente sanitaria, tanto los más convencionales como el termo eléctrico y la caldera de gas, como los más innovadores con energías renovables, como lo es la bomba de calor aerotérmica, los paneles solares que utilizan la energía fototérmica con el apoyo auxiliar de un termo o de una caldera y los paneles fotovoltaicos, que producen electricidad para alimentar un termo eléctrico o también, otra bomba de calor.

El objetivo será analizar cada uno de estos sistemas de producción de agua caliente sanitaria, para ver cual nos es más conveniente dependiendo del lugar donde se encuentre la vivienda donde haremos la instalación. Para poder llevar a cabo esta labor, simularemos el comportamiento de estos sistemas con la herramienta para el cálculo energético de EnergyPlus, y a partir de los resultados obtenidos haremos la comparación de los sistemas. Diferenciaremos tres factores principales, a la hora de sacar conclusiones, que serán el coste económico, la producción energética y el impacto medioambiental de cada uno de ellos. Analizando estos tres factores seremos capaces de ver cual es el mejor sistema para la producción de agua caliente sanitaria en la actualidad y, también podremos observar la influencia que tiene la zona climática en la que se realiza el estudio.

2.2 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto vendrá determinado por todas las limitaciones que nos encontraremos a lo largo del proceso en el que realicemos el estudio.

El proyecto hace referencia a unos horarios de consumo definidos, por lo tanto, no incluye anomalías en el consumo. El resultado estará normalizado a un perfil de consumo definido por el CTE-HE4 y a un día de consumo estándar de una vivienda familiar sin picos de uso anormales.

En el proyecto no se incluyen medidas sanitarias contra la bacteria Legionella. En el Real Decreto 865/2003 de 4 de julio(*BOE.es - BOE-A-2003-14408 Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.*, s. f.), se establecen criterios sanitarios para todos los equipos de ACS, ya que estas instalaciones están clasificadas como instalaciones con probabilidad de proliferación y dispersión de la Legionella, causante de la legionelosis, lo cual nos obliga en cualquier proyecto de instalación a hacer un estudio sanitario de prevención y control. Sin embargo, como este proyecto se centra en el estudio energético, económico y medioambiental, y no en la propia instalación, no se especificará ninguna medida sanitaria de control.

En la simulación de funcionamiento de los equipos, estos se regirán por sus potencias de funcionamiento máximas, pudiendo no llegar en la realidad a estas potencias máximas. También se asumirán ciertas temperaturas medias mensuales para el agua de red en cada

ciudad, que podrán en muchos casos no corresponderse con cualquier día en la realidad del mes indicado.

Para el análisis económico, en lo que refiere a los costes capitales de las instalaciones, se ha hecho un estudio del mercado y se ha establecido un precio medio de cada uno de los equipos. El estudio de mercado se realiza el día 20/05/2021 y no se contempla ningún cambio en los precios desde ese mismo día. Además, se ha contactado con diferentes empresas para calcular el coste de la instalación y mantenimiento de la mayoría de equipos, y en otros se ha tenido que estimar a partir de un simulador de precios del software para arquitectura, ingeniería y construcción de CYPE (*Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A., s. f.*). Por lo tanto, el coste final calculado para cada una de las instalaciones a lo largo del tiempo en el estudio, se podrá ver desviado en un caso real debido a las limitaciones nombradas.

En el análisis económico, en la parte de producción energética, no se diferencia el coste de la electricidad en los tres segmentos característicos: hora punta, hora llano y hora valle. Se establece un precio medio diario para el estudio. No se incluyen los posibles cambios en el precio de la electricidad, desde la última actualización hecha para el estudio en el día 21/06/2021, que es de 0.1623€/kWh. (*Precio de la tarifa de luz por horas HOY | Consulta ahora* , s. f.). Para el consumo de gas se utilizará una tarifa de acceso 3.2, que es la correspondiente a viviendas con consumos de entre 5.000 y 50.000 kWh anuales, con un precio medio de 0.0533€/kWh, actualizado el día 21/06/2021. («Precio del gas natural hoy», s. f.)

No se incluye en el estudio el coste de la instalación de la canalización de agua, solamente la instalación del sistema. Se presupone que la vivienda ya tiene instalado un sistema de canalización.

2.3 ANTECEDENTES

Actualmente, con todos los avances tecnológicos existentes en nuestra época, el ciudadano promedio español no sabe elegir correctamente un sistema para el agua caliente sanitaria de su vivienda. Aparecen una gran variedad de sistemas y ante esta amplia gama de productos, el ciudadano escoge sin saber realmente cual le favorecerá en función de su precio, su uso, su posibilidad de inversión inicial y la cantidad de personas que habitan en su vivienda.

Esta fue la principal motivación para empezar el estudio que se presenta a continuación. Lo primero, conocer cada uno de los sistemas que nos sirven para calentar el agua y sus principios de funcionamiento. De esta forma podríamos entender completamente el modo en el que se produce el ACS. Lo segundo, era la curiosidad por comparar los diferentes sistemas entre ellos para ver cual nos ofrecía un mayor rendimiento y, a partir del previo entendimiento de funcionamiento, saber la razón de la diferencia en este rendimiento.

Finalmente, otro de los motivos importantes más allá del conocimiento científico de los diferentes sistemas, era obtener información sobre algo que nos afecta directamente en el día a día, en lo que se refiere a la producción de agua caliente sanitaria. Con esto me refiero a los costes que tenemos que soportar para poder disfrutar de un servicio de calidad para el uso de agua en nuestra vivienda. Con este proyecto se pretende calcular el precio de las diferentes instalaciones, obtener el coste de producción de energía de cada una de ellas y así poder elegir

con bases fundamentadas cual será la opción más adecuada dependiendo de nuestras necesidades y nuestro poder adquisitivo.

3 PLIEGO DE CONDICIONES

El siguiente pliego de condiciones de prescripciones técnicas se refiere al proyecto de *Análisis energético, económico y medioambiental de diferentes sistemas de ACS para viviendas ubicadas en diferentes zonas climáticas*. En el pliego de condiciones se incluye la normativa de los productos utilizados y se incluye la normativa de instalación pertinente.

3.1 NORMATIVA DE PRODUCTOS

3.1.1 Fontanería

Descripción:

Instalación de suministro de agua en la red de suministro y distribución interior de los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE, desde la toma de la red interior hasta las griferías, ambos inclusive.

Criterios de medición y valoración de unidades

Las tuberías y aislamientos se medirán y valorarán por metro lineal de longitud de iguales características, sin descontar los elementos intermedios como válvulas, accesorios, etc., todo ello completamente colocado e incluyendo la parte proporcional de accesorios, manguitos, soporte, etc. para tuberías, y la protección cuando exista para los aislamientos.

El resto de componentes de la instalación se medirán por unidad totalmente colocada y comprobada incluyendo todos los accesorios y conexiones necesarios para su correcto funcionamiento.

Prescripciones sobre los productos

Características y recepción de los productos que se incorporan a las unidades de obra

Productos constituyentes: llaves de paso, tubos, válvulas antirretorno, filtro, armario o arqueta del contador general, marco y tapa, contador general, depósito auxiliar de alimentación, grupo de presión, depósitos de presión, local de uso exclusivo para bombas, válvulas limitadoras de presión, sistemas de tratamiento de agua, batería de contadores, contadores divisionarios, colectores de impulsión y retorno, bombas de recirculación, aislantes térmicos, etc.

- Red de agua fría.

Filtro de la instalación general: el filtro debe ser de tipo Y con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50 μm , con malla de acero inoxidable y baño de plata, y autolimpiable.

Sistemas de control y regulación de la presión:

Grupos de presión. Deben diseñarse para que pueda suministrar a zonas del edificio alimentables con presión de red, sin necesidad de la puesta en marcha del grupo.

Las bombas del equipo de bombeo serán de iguales prestaciones.

Deposito de presión: estará dotado de un presostato con manómetro.

Sistemas de tratamiento de agua.

Los materiales utilizados en la fabricación de los equipos de tratamiento de agua deben tener las características adecuadas en cuanto a resistencia mecánica, química y microbiológica para cumplir con los requerimientos inherentes tanto al agua como al proceso de tratamiento.

Todos los aparatos de descarga, tanto depósitos como grifos, los calentadores de agua instantáneos, los acumuladores, las calderas individuales de producción de ACS y calefacción y, en general, los aparatos sanitarios, llevarán una llave de corte individual.

- Instalaciones de agua caliente sanitaria.

Distribución (impulsión y retorno).

El aislamiento térmico de las tuberías utilizado para reducir pérdidas de calor, evitar condensaciones y congelación del agua en el interior de las conducciones, se realizará con coquillas resistentes a la temperatura de aplicación.

- Tubos: material. Diámetro nominal, espesor nominal y presión nominal. Serie o tipo de tubo y tipo de rosca o unión.

Marca del fabricante y año de fabricación. Norma UNE a la que responde. Dada la alteración que producen en las condiciones de potabilidad del agua, quedan prohibidos expresamente los tubos de aluminio y aquellos cuya composición contenga plomo. Se consideran adecuados para las instalaciones de agua de consumo humano los siguientes tubos:

Tubos de acero galvanizado, según Norma UNE-EN 10255:2005;

Tubos de cobre, según Norma UNE-EN 1057:2007;

Tubos de acero inoxidable, según Norma UNE-19049-1:1997;

Tubos de fundición dúctil, según Norma UNE-EN 545:2011;

Tubos de policloruro de vinilo no plastificado (PVC), según Norma UNE-EN ISO 1452-2:2010;

Tubos de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), según Norma UNE-EN ISO 15877-2:2009 y UNE-EN ISO 15877-2:2009/A1:2011;

Tubos de polietileno (PE), según Normas UNE-EN 12201-2:2012+A1:2014;

Tubos de polietileno reticulado (PE-X), según Norma UNE-EN ISO 15875:2004 y UNE-EN ISO 15875-2:2004/A1:2007;

Tubos de polibutileno (PB), según Norma UNE-EN ISO 15876:2004;

Tubos de polipropileno (PP) según Norma UNE-EN ISO 15874:2013;

Tubos multicapa de polímero / aluminio / polietileno resistente a temperatura (PE-RT), según Norma UNE 53960 EX:2002.

Tubos multicapa de polímero / aluminio / polietileno reticulado (PE-X), según Norma UNE 53 961 EX:2002.

- Griferías: materiales. Defectos superficiales. Marca del fabricante o del importador sobre el cuerpo o sobre el órgano de maniobra. Grupo acústico y clase de caudal. UNE-EN 200:2008.
- Accesorios.

Grapa o abrazadera: será siempre de fácil montaje y desmontaje, así como aislante eléctrico.

Sistemas de contabilización de agua fría: los contadores de agua deberán fabricarse con materiales que posean resistencia y estabilidad adecuada al uso al que se destinan, también deberán resistir las corrosiones.

Todos los materiales utilizados en los tubos, accesorios y componentes de la red, incluyendo también las juntas elásticas y productos usados para la estanquidad, así como los materiales de aporte y fundentes para soldaduras, cumplirán las condiciones y requisitos expuestos a continuación:

No deben modificar las características organolépticas ni la salubridad del agua suministrada.

Deben ser resistentes a la corrosión interior.

Deben ser capaces de funcionar eficazmente en las condiciones de servicio previstas.

Deben ser resistentes a temperaturas de hasta 40 °C, y a las temperaturas exteriores de su entorno inmediato.

Deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano.

Su envejecimiento, fatiga, durabilidad y las restantes características mecánicas, físicas o químicas, no deben disminuir la vida útil prevista de la instalación.

Para cumplir las condiciones anteriores pueden utilizarse revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de agua.

Uniones de tubos: de acero galvanizado o zincado, las roscas de los tubos serán del tipo cónico.

- El ACS se considera igualmente agua de consumo humano y cumplirá por tanto con todos los requisitos al respecto.
- El aislamiento térmico de las tuberías utilizado para reducir pérdidas de calor, evitar condensaciones y congelación del agua en el interior de las conducciones, se realizará con coquillas resistentes a la temperatura de aplicación.

Los materiales utilizados como aislante térmico que cumplan la norma UNE 100171:1989 IN se considerarán adecuados para soportar altas temperaturas.

- El material de válvulas y llaves no será incompatible con las tuberías en que se intercalen. El cuerpo de la llave ó válvula será de una sola pieza de fundición o fundida en bronce, latón,

acero, acero inoxidable, aleaciones especiales o plástico. Solamente pueden emplearse válvulas de cierre por giro de 90º como válvulas de tubería si sirven como órgano de cierre para trabajos de mantenimiento.

Se realizará la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, comprobando que coincide lo suministrado en obra con lo indicado en el proyecto y las normas UNE que sea de aplicación de acuerdo con el CTE.

Se verificará el marcado CE para los productos siguientes:

Tubos y racores de acero para el transporte de líquidos acuosos, incluido el agua destinada al consumo humano (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 15.2).

Juntas para la conexión de tubos de acero y racores para el transporte de líquidos acuosos (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 15.3).

Tubos y racores de acero inoxidable para el transporte de líquidos acuosos (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 15.4).

Tubos redondos de cobre (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 15.10).

Las piezas que hayan sufrido daños durante el transporte o que presentaren defectos no apreciados en la recepción en fábrica serán rechazadas. Asimismo serán rechazados aquellos productos que no cumplan las características técnicas mínimas que deban reunir.

3.1.2 Aparatos sanitarios

Descripción:

Dispositivos pertenecientes al equipamiento higiénico de los edificios, empleados tanto para el suministro local de agua como para su evacuación. Cuentan con suministro de agua fría y caliente mediante grifería y están conectados a la red de evacuación de aguas.

Bañeras, platos de ducha, lavabos, inodoros, bidés, vertederos, urinarios, etc., incluyendo los sistemas de fijación utilizados para garantizar su estabilidad contra el vuelco, y su resistencia necesaria a cargas estáticas. Estos a su vez podrán ser de diferentes materiales: porcelana, porcelana vitrificada, acrílicos, fundición, chapa de acero esmaltada, etc.

Criterios de medición y valoración de unidades

Se medirá y valorará por unidad de aparato sanitario, completamente terminada su instalación incluidas ayudas de albañilería y fijaciones, sin incluir grifería ni desagües.

Prescripciones sobre los productos

Características y recepción de los productos que se incorporan a las unidades de obra

Todos los aparatos sanitarios llevarán una llave de corte individual.

Todos los edificios en cuyo uso se prevea la concurrencia pública deben contar con dispositivos de ahorro de agua en los grifos. Los dispositivos que pueden instalarse con este fin

son: grifos con aireadores, grifería termostática, grifos con sensores infrarrojos, grifos con pulsador temporizador, fluxores y llaves de regulación antes de los puntos de consumo.

Los rociadores de ducha manual deben tener incorporado un dispositivo antirretorno.

La recepción de los productos, equipos y sistemas se realizará conforme se desarrolla en la Parte II, Condiciones de recepción de productos. Este control comprende el control de la documentación de los suministros (incluida la correspondiente al mercado CE, cuando sea pertinente), el control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad y el control mediante ensayos.

Productos con mercado CE:

- Inodoros y conjuntos de inodoros con sifón incorporado, (ver Parte II, Relación de productos con mercado CE, 15.1).
- Bañeras de hidromasaje, (ver Parte II, Relación de productos con mercado CE, 15.6).
- Fregaderos de cocina, (ver Parte II, Relación de productos con mercado CE, 15.7).
- Bidés (ver Parte II, Relación de productos con mercado CE, 15.8).
- Cubetas de lavado comunes para usos domésticos, (ver Parte II, Relación de productos con mercado CE, 15.9).
- Mamparas de ducha, (ver Parte II, Relación de productos con mercado CE, 15.10).
- Lavabos, (ver Parte II, Relación de productos con mercado CE, 15.11).

Las características de los aparatos sanitarios se verificarán con especificaciones de proyecto, y se comprobará la no existencia de manchas, bordes desportillados, falta de esmalte, ni otros defectos en las superficies lisas. Se verificará que el color sea uniforme y la textura lisa en toda su superficie. En caso contrario se rechazarán las piezas con defecto.

Durante el almacenamiento, se mantendrá la protección o se protegerán los aparatos sanitarios para no dañarlos antes y durante el montaje.

3.1.3 Gas natural

Descripción:

Instalaciones de gas natural en edificios de viviendas.

Normas de aplicación:

Reglamento Técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11. Real Decreto 919/2006.

Criterios de medición y valoración de unidades

Las tuberías, vainas o conductos se valorarán por metro lineal de longitud de iguales características, sin descontar los elementos intermedios como válvulas, accesorio, etc., todo ello completamente colocado e incluyendo la parte proporcional de accesorios, manguitos, soportes, etc.

El resto de componentes de la instalación se medirán por unidad totalmente colocada y comprobada incluyendo todos los accesorios y conexiones necesarios para su correcto funcionamiento.

Prescripciones sobre los productos

Características y recepción de los productos que se incorporan a las unidades de obra

La recepción de los productos, equipos y sistemas se realizará conforme se desarrolla en la Parte II, Condiciones de recepción de productos. Este control comprende el control de la documentación de los suministros (incluida la del marcado CE cuando sea pertinente), el control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad y el control mediante ensayos.

- Tubos y accesorios:

De polietileno calidad PE80 o PE 100, conformes a las normas UNE-EN 1555.

De cobre, estirado en frío, sin soldadura (tubos), tipo Cu-DHP, de acuerdo con UNE-EN 1057:2007+A1:2010 .

De acero, tubos conforme a UNE 36864:1996, UNE-EN 10255:+A1:2008, UNE-EN 10255:2005+A1:2008 y UNE 14096-1:2003, UNE 14096-2:2003, accesorios conforme a UNE-EN 10242:1995, UNE-EN 10242/1M:1999 y UNE-EN 10242/A2:2004.

- Acero inoxidable conforme a UNE 19049-1:1997.
- Otros materiales aceptados en UNE-EN 1775:2008.
- Vainas, conductos y pasamuros: metálicos, plásticos rígidos o de obra, conforme a UNE 60670-4:2014.
- Tallos de polietileno-cobre o polietileno-acero. Conforme a las UNE 60405.
- Conjuntos de regulación y reguladores de presión. Según las UNE 60404, UNE 60410:2009 o las UNE 60402.
- Contadores y sus soportes, según UNE-EN 1359:1999 y UNE-EN 1359:1999/A1:2006, UNE 60510:2013, UNE-EN 12261, UNE-EN 12480:2003/A1:2006 y las UNE 60495.
- Centralizaciones de contadores según UNE 60490:2009 y UNE 60490:2009/1M:2014.
- Llaves de corte según UNE-EN 331:1998/A1:2011, fácilmente precintables y bloqueables en posición “cerrado”.
- Conexiones a aparatos, rígidas o flexibles, según UNE 60670-7:2014.

- Tomas de presión, según UNE 60719.
- Juntas elastoméricas (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 12.1).
- Sistemas de detección de fugas (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 12.2).

Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para conducciones de gas (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 12.3).

Tubería flexible metálica corrugada de seguridad para la conexión de aparatos domésticos que utilizan combustibles gaseosos (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 12.4).

Válvula de conexión de seguridad para tubos flexibles metálicos destinados a la unión de aparatos de uso doméstico que utilizan combustibles gaseosos (ver Parte II, Relación de productos con marcado CE, 12.5).

Las piezas que no cumplan las especificaciones de proyecto, hayan sufrido daños durante el transporte o que presentaren defectos serán rechazadas.

Almacenamiento y manipulación (criterios de uso, gestión de residuos, conservación y mantenimiento)

El almacenamiento en obra se hará dentro de los respectivos embalajes originales y de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Será en un lugar protegido de lluvias y focos húmedos, en zonas alejadas de posibles impactos. No estarán en contacto con el terreno.

1.4.1 Energía solar térmica

Descripción:

Sistemas solares de calentamiento prefabricados: son lotes de productos con una marca registrada, equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. A su vez pueden ser: sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria; sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria; sistemas con captador-depósito integrados para agua caliente sanitaria.

Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos: son sistemas construidos de forma única o montándolos a partir de una lista de componentes.

Según la aplicación de la instalación, esta puede ser de diversos tipos: para calentamiento de aguas, para usos industriales, para calefacción, para refrigeración, para climatización de piscinas, etc.

Criterios de medición y valoración de unidades

Unidad de equipo completamente recibida y/o terminada en cada caso; todos los elementos específicos de las instalaciones, como captadores, acumuladores, intercambiadores, bombas, válvulas, vasos de expansión, purgadores, contadores.

El resto de elementos necesarios para completar dicha instalación, ya sea instalaciones eléctricas o de fontanería se medirán y valorarán siguiendo las recomendaciones establecidas en los capítulos correspondientes de las instalaciones de electricidad y fontanería.

Los elementos que no se encuentren contemplados en cualquiera de los dos casos anteriores se medirán y valorarán por unidad de obra proyectada realmente ejecutada.

Prescripciones sobre los productos

Características de los productos que se incorporan a las unidades de obra

La recepción de los productos, equipos y sistemas se realizará conforme se desarrolla en la Parte II, Condiciones de recepción de productos. Este control comprende el control de la documentación de los suministros (incluida la correspondiente al marcado CE, cuando sea pertinente), el control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad y el control mediante ensayos.

- Sistemas solares a medida:
- Sistema de captación: captadores solares.

Cumplirá lo especificado en los apartados 3.3.2.1 y 3.4.1 del CTE DB HE 4. Los captadores solares llevarán preferentemente un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm.

Si se usan captadores con absorbedores de aluminio, se usarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

- Sistema de acumulación solar: cumplirán lo especificado en el CTE DB HE 4, apartado 3.4.2. Los acumuladores pueden ser: de acero vitrificado (inferior a 1000 l), de acero con tratamiento epoxídico, de acero inoxidable, de cobre, etc. Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento y bocas, soldados antes del tratamiento de protección. Preferentemente los acumuladores serán de configuración vertical.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico. Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica establecida por el fabricante. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60 °C y hasta 70 °C para prevenir la legionelosis. El aislamiento de acumuladores de superficie inferior a 2 m² tendrá un espesor mínimo de 3 cm, para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 5 cm. La utilización de acumuladores de hormigón requerirá la presentación de un proyecto firmado por un técnico competente.

- Sistema de intercambio: cumplirá lo especificado en el CTE DB HE 4, apartado 3.4.3. Los intercambiadores para agua caliente sanitaria serán de acero inoxidable o de cobre. El intercambiador podrá ser de tipo sumergido (de serpentín o de haz tubular) o de doble envolvente. Deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la

instalación. Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada. El espesor del aislamiento del cambiador de calor será mayor o igual a 2 cm.

- Circuito hidráulico: constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación. En cualquier caso los materiales cumplirán lo especificado en la norma ISO/TR 10217. Según el CTE DB HE 4, apartado 3.2.2.4, el circuito hidráulico cumplirá las condiciones de resistencia a presión establecidas.

Tuberías. Cumplirán lo especificado en el CTE DB HE 4, apartado 3.4.5. En sistemas directos se usará cobre o acero inoxidable en el circuito primario, admitiendo de material plástico acreditado apto para esta aplicación. El material de que se constituyan las señales será resistente a las condiciones ambientales y funcionales del entorno en que estén instaladas, y la superficie de la señal no favorecerá el depósito de polvo sobre ella. En el circuito secundario (de agua caliente sanitaria) podrá usarse cobre, acero inoxidable y también materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito. Las tuberías de cobre serán de tubos estirados en frío y uniones por capilaridad. Para el calentamiento de piscinas se recomienda que las tuberías sean de PVC y de gran diámetro. En ningún caso el diámetro de las tuberías será inferior a DIN15. El diseño y los materiales deberán ser tales que no permitan la formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos.

Bomba de circulación. Cumplirá lo especificado en el CTE DB HE 4, apartado 3.4.4. Podrán ser en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada. En circuitos de agua caliente sanitaria, los materiales serán resistentes a la corrosión.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas, resistentes a la presión máxima del circuito.

Purga de aire. Cumplirán lo especificado en el CTE DB HE 4, apartado 3.4.8. Son botellones de desaireación y purgador manual o automático. Los purgadores automáticos tendrán el cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón, el mecanismo, flotador y asiento de acero inoxidable y el obturador de goma sintética. Asimismo resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

Vasos de expansión. Cumplirán lo especificado en el CTE DB HE 4, apartado 3.4.7. Pueden ser abiertos o cerrados. El material y tratamiento del vaso será capaz de resistir la temperatura máxima de trabajo. Los vasos de expansión abiertos se construirán soldados o remachados en todas sus juntas, y reforzados. Tendrán una salida de rebosamiento. En caso de vasos de expansión cerrados, no se aislara térmicamente la tubería de conexión.

- Válvulas: cumplirán lo especificado en el CTE DB HE 4, apartado 3.4.6. Podrán ser válvulas de esfera, de asiento, de resorte, etc. Según CTE DB HE 4, apartado 3.2.2.5, para evitar flujos inversos es aconsejable la utilización de válvulas antirretorno.
- Sistema de drenaje: se evitará su congelación, dentro de lo posible.
- Material aislante: fibra de vidrio, pinturas asfálticas, chapa de aluminio, etc.
- Sistema de energía auxiliar: para complementar la contribución solar con la energía necesaria para cubrir la demanda prevista en caso de escasa radiación solar o demanda superior al previsto.

- Sistema eléctrico y de control: cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y con lo especificado en el CTE DB HE 4, apartado 3.4.10.
- Fluido de trabajo o portador: según el CTE DB HE 4, apartado 3.2.2.1, podrá utilizarse agua desmineralizada o con aditivos, según las condiciones climatológicas. pH a 20 °C entre 5 y 9. El contenido en sales se ajustará a lo especificado en el CTE.
- Sistema de protección contra heladas según el CTE DB HE 4, apartado 3.2.2.2.
- Dispositivos de protección contra sobrecalentamientos según el CTE DB HE 4, apartado 3.2.2.3.1.
- Productos auxiliares: líquido anticongelante, pintura antioxidante, etc.
- Sistemas solares prefabricados:

Equipos completos y listos para instalar, bajo un solo nombre comercial. Pueden ser compactos o partidos.

Los materiales de la instalación soportarán la máxima temperatura y presiones que puedan alcanzarse.

En general, se realizará la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, comprobando que coincide lo suministrado en obra con lo indicado en el proyecto:

Sistemas solares prefabricados: el fabricante o distribuidor oficial deberá suministrar instrucciones para el montaje y la instalación, e instrucciones de operación para el usuario.

Sistemas solares a medida: deberá estar disponible la documentación técnica completa del sistema, instrucciones de montaje, funcionamiento y mantenimiento, así como recomendaciones de servicio.

Asimismo se realizará el control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:

- Sistema de captación:

El captador deberá poseer la certificación emitida por organismo competente o por un laboratorio de ensayos (según RD 891/1980 y la Orden de 28 julio de 1980).

Norma a la que se acoge o según la cual está fabricado.

Documentación del fabricante: debe contener instrucciones de instalación, de uso y mantenimiento en el idioma del país de la instalación.

Datos técnicos: esquema del sistema, situación y diámetro de las conexiones, potencia eléctrica y térmica, dimensiones, tipo, forma de montaje, presiones y temperaturas de diseño y límites, tipo de protección contra la corrosión, tipo de fluido térmico, condiciones de instalación y almacenamiento.

Guía de instalación con recomendaciones sobre superficies de montaje, distancias de seguridad, tipo de conexiones, procedimientos de aislamiento de tuberías, integración de captadores en tejados, sistemas de drenaje.

Estructuras soporte: cargas de viento y nieve admisibles.

Tipo y dimensiones de los dispositivos de seguridad. Drenaje. Inspección, llenado y puesta en marcha. Check-list para el instalador. Temperatura mínima admisible sin congelación. Irradiación solar de sobrecalentamiento.

Documentación para el usuario sobre funcionamiento, precauciones de seguridad, elementos de seguridad, mantenimiento, consumos, congelación y sobrecalentamiento.

Etiquetado: fabricante, tipo de instalación, número de serie, año, superficie de absorción, volumen de fluido, presión de diseño, presión admisible, potencia eléctrica.

En general, las piezas que hayan sufrido daños durante el transporte o que presenten defectos no apreciados en la recepción en fábrica serán rechazadas. Asimismo serán rechazados aquellos productos que no cumplan las características mínimas técnicas prescritas en proyecto.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas estarán convenientemente protegidas durante el transporte, almacenamiento y montaje, hasta que no se proceda a la unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades del aparato. Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanquidad, etc., se guardarán en locales cerrados.

Se deberá tener especial precaución en la protección de equipos y materiales que puedan estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos. Especial cuidado con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, que deberán quedar debidamente protegidos. Todos los materiales se conservarán hasta el momento de su instalación, en la medida de lo posible, en el interior de sus embalajes originales.

3.2 NORMATIVA DE INSTALACIONES

Orden de 28 de julio de 1974 por la que se aprueba el Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua. BOE 02/10/1974. Mº de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 237. 03.10.74.

BOE 260. 30.10.74. Corrección de errores.

Orden ITC/279/2008. 31/01/2008. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Regula el control metrológico del Estado de los contadores de agua fría, tipos A y B. BOE 12/02/2008.

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Ministerio de la Presidencia. BOE 21-2-03. Corrección de errores BOE 4-3-03 (incorporada en el texto de la disposición). (Deroga el Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre).

Real Decreto 2116/1998. 02/10/1998. Ministerio de Medio Ambiente. BOE 20/10/1998. Modifica el Real Decreto 509/1996, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, que establece las normas aplicables de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Real Decreto 509/1996. 15/03/1996. Ministerio de Obras Públicas. Desarrolla el Real Decreto-ley 11/1995, de 28-12-1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. BOE 29/03/1996. *Modificado por R.D. 2116/98.

Real Decreto Ley 11/1995. 28/12/1995. Jefatura del Estado. Normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas. BOE 30/12/199. *Desarrollado por R.D. 509/96. 5.

Orden 15/09/1986. Ministerio de Obras Públicas. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para las tuberías de saneamiento de poblaciones. BOE 23/09/1986.

PANELES SOLARES

Orden ITC/71/2007. 22/01/2007. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares. BOE 26/01/2007.

Orden ITC/2761/2008. 26/09/2008. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Se amplía el plazo establecido en la disposición transitoria segunda de la Orden ITC/71/2007, que modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e ITCs para homologación de paneles solares. BOE 03/10/2008.

Orden IET/401/2012, de 28 de febrero, por la que se modifica el Anexo de la Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas de instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares. BOE 2/03/2012. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Real Decreto 2060/2008. 12/12/2008. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. BOE 05/02/2009.

GAS

Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ICG 01 a 11. BOE 4-9-06.

(Deroga, entre otros, el Decreto 1853/1993, de 22 de octubre, Reglamento de instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales)

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. B.O.E. Nº 125 publicado el 22/5/10. Corrección de errores: BOE Nº 149 de 19/6/10

Corrección de errores del Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio B.O.E. Nº 149 publicado el 19/6/10.

Resolución de 29 de abril de 2011, de la Dirección General de Industria, por la que se actualiza el listado de normas de la instrucción técnica complementaria ITC-ICG 11 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos, aprobado por Real Decreto 919/2006, de 28 de julio. BOE 12/05/2011. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Orden de 18 de noviembre de 1974, por la que se aprueba el Reglamento de Redes y Acometidas de combustibles gaseosos B.O.E. Nº 292 publicado el 06/12/74. Corrección de errores: BOE de 14/2/75 (Derogado parcialmente).

Orden de 26 de octubre de 1983, por la que se modifica la Orden del Ministerio de Industria, de 18 de noviembre de 1974, que aprueba el Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos B.O.E. Nº 267 publicado el 08/11/83. Corrección de errores: BOE Nº 175 de 23/7/84.

Orden de 6 de julio de 1984, por la que se modifica el Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos aprobado por Orden de 18 de noviembre de 1974, y modificado por Orden de 28 de octubre de 1983 B.O.E. Nº 175 publicado el 23/7/84.

4 METODOLOGÍA

4.1 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS DE UNA VIVIENDA

4.1.1 Modelo demanda CTE-HE4

El Código Técnico de la Edificación especifica un consumo de ACS por persona de 28 litros por día. Además, también indica ciertos porcentajes de consumo de agua caliente sanitaria para calcular el modelo de demanda (DccHE.pdf, s. f.). Estos porcentajes se calculan sobre el uso máximo de caudal durante una hora, que se produce entre las 7 y 8 de la mañana.

Tabla c-Anejo D. Perfil de uso de ACS de espacios en uso residencial privado

Hora	%	Hora	%	Hora	%	Hora	%
0h	1	6h	3	12h	5	18h	5
1h	0	7h	10	13h	5	19h	7
2h	0	8h	7	14h	4	20h	6
3h	0	9h	7	15h	3	21h	6
4h	0	10h	6	16h	4	22h	5
5h	1	11h	6	17h	4	23h	5

El % se refiere al tanto por ciento respecto a la demanda diaria de ACS.

Figura 1. Perfil de uso según CTE-HE4 (DccHE.pdf, s. f.)

Para el cálculo en litros/hora, se han utilizado datos de la ciudad de Madrid (zona climática D3) para esta tabla, ya que, dependiendo de la temperatura del agua de red, que variará según la zona climática en la que nos encontremos y la temperatura a la que vamos a suministrar, tendremos un consumo mayor o menor, independientemente de que los porcentajes de consumo sean los mismos. Si queremos hacer el cálculo, debemos obtener la demanda de cada día a la temperatura de suministro, a la cual llamaremos "demanda sum", dividiendo la suma de todas las demandas mensuales entre 365.

Para obtener la demanda mensual deberemos realizar la siguiente operación:

$$\text{Demanda mensual} = \text{Demanda día} \cdot D_{\text{mes}} \cdot (T_{\text{ref}} - T_{\text{red}}) / (T_{\text{sum}} - T_{\text{red}})$$

Donde:

Demanda día = 112 l/día, demanda que se especifica en el CTE para 4 personas, demanda para 1 persona = 28 l/día

D_{mes} = días del mes en cuestión

T_{ref} = 60 °C, se refiere a la temperatura de referencia, que es la temperatura de almacenamiento especificada por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificación, RITE. (Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios., s. f.)

T_{red} = depende del lugar y el mes en cuestión, se refiere a la temperatura del agua de la red

$T_{sum} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$, se refiere a la temperatura de suministro del agua caliente sanitaria

Una vez obtenemos la demanda mensual, realizamos la operación anteriormente nombrada:

$\text{Demanda sum} = (\text{demanda mensual enero} + \text{demanda mensual febrero} + \text{demanda mensual marzo} + \dots + \text{demanda mensual diciembre}) / 365$

Y una vez tenemos la demanda diaria a la temperatura de suministro, para obtener el consumo por hora debemos proceder de la siguiente forma:

$\text{Consumo por hora} = (\text{demanda sum} \cdot \% \text{ consumo máx}) / 10$

Donde:

$\% \text{ consumo máx} = \text{si tenemos el } 100\%, \text{ pondremos } 1$

Hora	% del consumo máximo	Consumo/hora [l/h]
0-1	10%	1,655
1-2	0%	0,000
2-3	0%	0,000
3-4	0%	0,000
4-5	0%	0,000
5-6	10%	1,655
6-7	30%	4,966
7-8	100%	16,552
8-9	70%	11,587
9-10	70%	11,587
10-11	60%	9,931
11-12	60%	9,931
12-13	50%	8,276
13-14	50%	8,276
14-15	40%	6,621
15-16	30%	4,966
16-17	40%	6,621
17-18	40%	6,621
18-19	50%	8,276
19-20	70%	11,587
20-21	60%	9,931
21-22	60%	9,931
22-23	50%	8,276
23-24	50%	8,276
		165,522

Tabla 1. Consumo según CTE-HE4

4.1.2 Modelo demanda alternativa

Para completar el estudio utilizaremos un modelo de demanda alternativo obtenido a través de un análisis de nuestro consumo personal. Se expresa el porcentaje del caudal máximo por hora y cual es este, también utilizando los datos de Madrid como referencia, para llenar la

tabla. También se añade el consumo real ya que no se produce durante una hora sino en momentos concretos, que es exclusivamente cuando se está utilizando ACS.

Para calcular el consumo por hora procederemos de forma similar al caso anterior. Calcularemos la demanda a temperatura de suministro exactamente con la misma fórmula. Ahora utilizaremos directamente la demanda de suministro y la multiplicaremos por el porcentaje del consumo máximo, de la misma forma que si tenemos el 100% multiplicaremos por 1.

En el caso del consumo real, simplemente tendremos que ajustar el consumo por hora a los minutos durante los que se produce el consumo de la siguiente manera:

En el caso de las 7:30-7:45, multiplicamos 99.31 por la fracción de hora que corresponde, que es este caso será 15/60.

Hora	% del consumo máximo	Consumo/hora [l/h]	Consumo real [l]
0:00-7:30	0%	0,00	0,00
7:30-7:45	60%	99,31	24,83
7:45-7:55	38%	62,07	10,35
7:55-8:03	30%	49,66	6,62
8:03-13:50	0%	0,00	0,00
13:50-14:00	30%	49,66	8,28
14:00-14:15	20%	33,10	8,28
14:15-20:15	0%	0,00	0,00
20:15-20:27	100%	165,52	33,10
20:27-20:32	0%	0,00	0,00
20:32-20:44	100%	165,52	33,10
20:44-20:49	0%	0,00	0,00
20:49-21:01	100%	165,52	33,10
21:01-21:50	0%	0,00	0,00
21:50-22:00	30%	49,66	8,28
22:00-24:00	0%	0,00	0,00
			165,94

Tabla 2. Consumo según estudio propio

4.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ACS

Hoy en día, los sistemas de ACS son un servicio de primera necesidad en las instalaciones de las viviendas, tanto como el servicio de agua fría. Estos sistemas proporcionan agua caliente sanitaria para nuestro consumo, ya sea para la ducha, baño, cocina u otros electrodomésticos, a través de diferentes equipos que veremos a continuación.

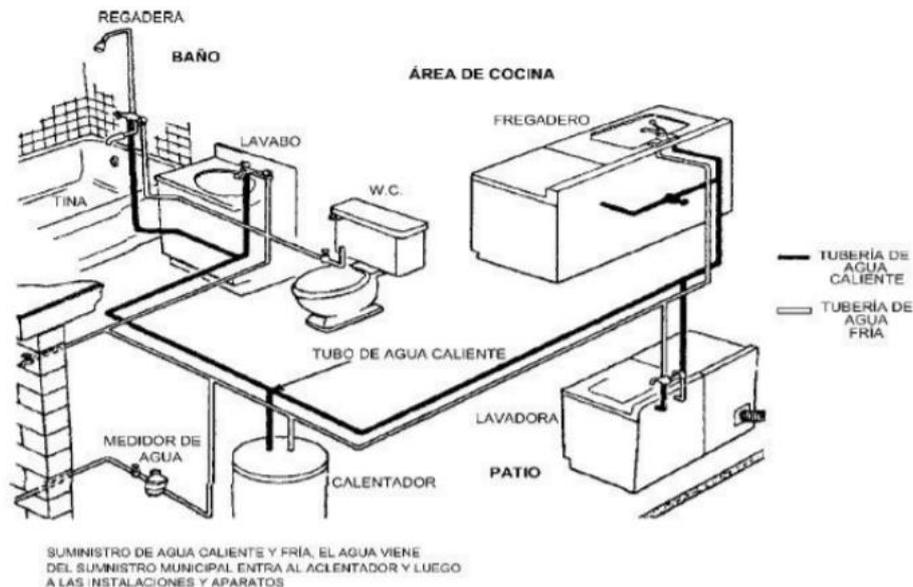


Figura 2. Servicios ACS (Apuntes de Maquinas (Instalaciones de ACS).pdf, s. f.)

Los diferentes equipos calientan el agua fría de consumo humano utilizando diferentes modos de intercambio de calor, ya bien sea a partir de una resistencia eléctrica, como también a partir de la combustión de un gas, utilizando un ciclo termodinámico para bombear el calor donde nos sea más útil o bien, aprovechando la energía térmica irradiada por el Sol.

El gasto de agua caliente presenta saltos y variaciones en el consumo mucho más acusado que el agua fría, lo cual obliga en ocasiones a disponer de una reserva acumulada que sea capaz de compensar la demanda en un determinado momento. De no ser así, la exigencia de un caudal punto elevado, obligaría a la utilización de un foco calorífico excesivamente potente para poder compensar a dicha demanda, lo cual no cumpliría con las reducciones en los gastos energéticos.

La principal característica diferencial de los sistemas de ACS para viviendas es el perfil de consumo, ya que, aunque sometido a una variación estacional, éste no deja de presentar una demanda continua a lo largo de todos los días del año, especialmente en los sistemas que alimentan a más de un consumidor. (Apuntes de Maquinas (Instalaciones de ACS).pdf, s. f.)

Los sistemas de ACS se pueden clasificar de diferentes maneras según su capacidad, su función y dependiendo del sistema de producción de ACS.

Según su capacidad:

Los unitarios únicamente dan servicio a un solo punto de consumo o un aparato, como podría ser una ducha.

Los individuales tienen capacidad para un pequeño grupo de aparatos o diferentes zonas de consumo. El número de tomas de consumo es limitado, aunque son los que se utilizan para las viviendas familiares.

Cuando están diseñados para abastecer a un gran número de usuarios, ya bien sea en un grupo de diferentes viviendas, por ejemplo, en un edificio o en instalaciones abiertas al público, como puede ser un polideportivo, tenemos los sistemas centralizados o colectivos.

Según su función:

Cuando el sistema de ACS se utiliza únicamente para el consumo de agua caliente sanitaria directamente, sería exclusivo. Todos los sistemas que analizaremos en el estudio se utilizarán de forma exclusiva.

Si se utiliza para el ACS y conjuntamente para la calefacción, es un sistema mixto.

Según el sistema de producción:

El sistema de producción instantánea es aquel en el que se calienta el agua para su uso en el momento de la demanda. Tenemos una disponibilidad inmediata y al no tener depósito se ahorra espacio. La parte negativa es que es complicado abastecer diferentes puntos de consumo simultáneamente y se tarda un momento en calentar el agua a la temperatura designada para su uso. Dentro de esta categoría, en nuestro estudio, encontramos el calentador de gas.

El sistema de acumulación es el que acumula previamente a la demanda el agua ya calentada en un depósito. Este sistema es más eficiente, debido a que evita encender y apagar el sistema cuando se produce la demanda. También nos permite utilizar una potencia menor, debido a que el agua se calienta gradualmente y no en un momento determinado. Sin embargo, al acumular agua con cierta energía térmica, se producen pérdidas al entorno durante el periodo de almacenamiento. En esta categoría tenemos el termo eléctrico, la bomba de calor y el sistema termosolar.

Después de esta breve introducción a los sistemas de ACS, pasamos a explicar más detenidamente cada uno de ellos.

4.2.1 Termo convencional

Los termos de acumulación se caracterizan porque calientan agua estanca en un depósito acumulador. El termo de acumulación se basa en la utilización de una resistencia eléctrica para transferir calor al agua. La resistencia se activa mediante un termostato de regulación, que permite programar y mantener constante la temperatura del agua del depósito.

El principio de funcionamiento de un termo se basa en la estratificación de diferentes temperaturas del agua, es decir, el agua forma capas a diferentes temperaturas que no se mezclan entre sí. Cuando el agua se calienta, se expande y adquiere una menor densidad que cuando está fría. El agua más caliente, entonces, tiene una densidad menor y ocupa la parte superior del calderín. Las otras capas de agua a menor temperatura se forman debajo de ésta, en función de la temperatura decreciente. Cuando el agua caliente sale por la parte superior

del calderín, ésta es sustituida por agua fría que entra por abajo. (*Funcionamiento Básico del Termo Eléctrico Tradicional | Construpedia, enciclopedia construcción, s. f.*)

El tratamiento de la superficie interior es muy importante, porque es aquí donde se almacena el agua que se dispondrá para su uso, como agua caliente sanitaria y por lo tanto se debe conservar en buen estado. Además, para proteger esta superficie interior ante fenómenos de corrosión, se incorpora una barra de magnesio o titanio, que tienen la función de ánodo y que se tiene que sustituir cada cierto tiempo para su buen funcionamiento.

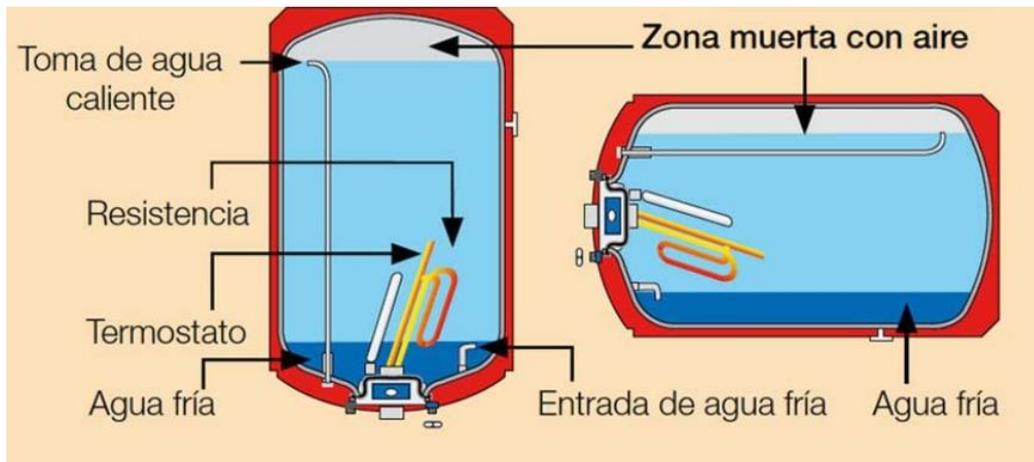


Figura 3. Esquema termo eléctrico (Por qué no son aconsejables los termos eléctricos reversibles, 2016)

Los termos de acumulación son perfectos cuando se tienen demandas medianas y grandes de agua caliente y cuando se tienen varios puntos de consumos a la vez. Estos depósitos podrían ser de 10 litros hasta 300 litros, pero para una vivienda estándar suelen ser de unos 150 litros. La principal desventaja de este tipo de sistemas, es que, para poder suministrar con agua caliente al instante en cualquier momento del día, debemos estar constantemente manteniendo la temperatura del agua en un rango elevado, lo que nos producirá un consumo muy elevado. Por esta razón, cada vez existen más termos programables que nos permiten seleccionar las horas a las que se produce el consumo, para de esta forma conseguir ahorro energético y económico.

4.2.1.1 Generador

Se trata de una resistencia eléctrica que es la encargada de transmitir energía calorífica al agua del depósito. Tenemos dos tipos de resistencias según el material que las constituye y dependiendo de su colocación. En primer lugar, tenemos las resistencias blindadas, estas resistencias suelen ser de cobre, son las más comunes y se sumergen en contacto directo con el agua, por lo tanto, tienen buena eficacia a la hora de calentar el agua.

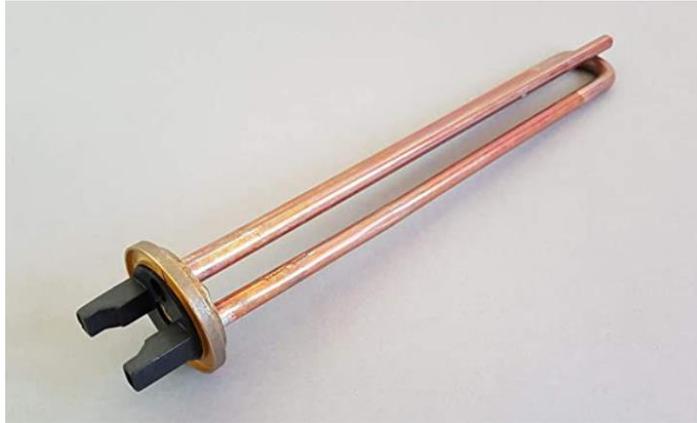


Figura 4. Resistencia blindada de un termo (Resistencia para Termo Electrico Calentador de Agua 1500W: Amazon.es: Bricolaje y herramientas, s. f.)

En cuanto al otro tipo pueden ser de material cerámico, aunque también las hay de cobre, las cuales se encierran en una vaina de inmersión. La resistencia envainada reduce las deposiciones de cal y alarga la vida del termo. Este tipo de resistencias se recomiendan en aquellas zonas donde el agua es altamente mineralizada, ya que al estar envainada tiene mayor protección frente a la agresividad de estas aguas. Otra ventaja de las resistencias envainadas es que en caso de sustitución se puede hacer sin vaciar la cuba del depósito, con lo que hace más accesible las labores de mantenimiento. («¿Cómo funciona un termo eléctrico?», 2019)

4.2.1.2 Depósito acumulador

Aquí es donde se almacena toda el agua caliente sanitaria para su uso inmediato y donde se produce la cesión de calor de la resistencia al agua de consumo. Dicho depósito puede ser de acero, cobre, acero inoxidable o de otro tipo de material plástico. En general, suelen ser de acero con un recubrimiento anticorrosión. De esta manera el agua se calienta a una cierta temperatura durante un tiempo que depende de la capacidad del depósito, de la potencia de la resistencia eléctrica y de la temperatura de entrada del agua. Existe una amplia gama de tamaños de los depósitos de acumulación, desde 10 hasta 300 litros. Aunque depósitos tan pequeños como los de 10 litros o tan grandes como los de 300 litros son difíciles de encontrar. En una vivienda familiar estándar la capacidad suele ser de unos 150 o 200 litros.

4.2.2 Sistema calentador de gas

Los calentadores de gas se utilizan para calentar agua caliente sanitaria para su uso doméstico utilizando el gas, ya sea butano o natural como combustible principal. Instalar un calentador de agua a gas nos permitirá disfrutar de agua caliente dada prácticamente al instante que cubra la demanda ya bien para la ducha, el baño o la cocina. Cuando encendemos un grifo, el agua fría entra al calentador circulando por dentro del serpentín. Una vez calentada, mediante el quemador de gases, se distribuye por el sistema de tuberías hasta llegar a su correspondiente salida. (Caloryfrio.com, 2019) El calentador de agua es un dispositivo termodinámico que utiliza como fuente de energía la combustión de un gas, como el propano

o el gas natural, para elevar la temperatura del agua. Además del gas natural o el propano, se puede utilizar carbón, biomasa (astillas o pellets) y keroseno. Entre los usos domésticos y comerciales del agua caliente sanitaria están la limpieza, duchas, para cocinar o la calefacción. De entre los sistemas convencionales, sería el más barato de ellos en lo que se refiere a producción y uso de la energía.(techneLogics, 2013)



Figura 5. Esquema calentador de gas (<https://www.areatecnologia.com>, s. f.-a)

Los tipos de calentadores de agua más utilizados son:

El calentador de punto es una unidad pequeña que se instala a poca del lugar donde se requiere el agua caliente. Se activan con un interruptor de forma manual o por flujo de forma automática y su uso se limita a una pequeña cantidad de aplicaciones comerciales o domésticas, como lavamanos o para duchas más económicas en países con un clima que no requiera mucha potencia. El consumo de estos calentadores es muy reducido, de valores entre los 1.5 y 5 kW.

Si aumentamos la potencia tenemos un calentador de paso, que es prácticamente igual a uno de punto, sin embargo, este puede abastecer la demanda de agua caliente sanitaria de una vivienda familiar. Estas unidades se encienden automáticamente al detectar el flujo del caudal de agua y mediante un quemador de gas proporcionan energía calorífica al fluido, de modo que alcance la temperatura deseada para el consumo. Actualmente, estos equipos se pueden configurar para alcanzar diferentes temperaturas de consumo regulando la llama del quemador de gas. Los calentadores de paso tienen la ventaja que nos permiten ahorrar espacio, ya que no se necesita de un depósito acumulador de agua caliente, sino que el agua se toma de la red y se calienta directamente al pasar por la zona de intercambio de calor, que es donde actúa el quemador. Aquí el rango de potencias es más elevado, empezando desde unos 8kW hasta llegar a más de 30kW, pero para una vivienda familiar estándar se consumirán de 20 a 24kW.



Figura 6. Esquema calentador de paso («¿Cómo funciona un calentador instantáneo?», s. f.)

En cambio, si tenemos un tanque para almacenar el agua caliente se denomina calentador de acumulación. En estos se utiliza el mismo sistema para calentar el agua, pero se hace en grandes cantidades para poder disponer de ella al momento, lo cual supone una gran ventaja respecto a un calentador de paso. Se asemeja prácticamente en su totalidad a un termo eléctrico, con la diferencia fundamental de que para conseguir el aporte de energía térmica se recurre al quemado de un gas, como en los anteriores calentadores.

También cabe mencionar la caldera de gas, que sirve igualmente para disponer de agua caliente sanitaria y, además, nos sirve para el sistema de calefacción, que podría ser un radiador o suelo radiante. En el interior de la caldera se desarrolla un proceso de combustión en el que se calienta el agua de consumo, la cual circula por medio de una bomba de circulación a través de un circuito cerrado de tuberías que llegan a los puntos de consumo. No se utilizan calderas para viviendas familiares en países con el clima templado, como podría ser España, pero para usos más comerciales como el sector industrial podría ser indispensable, debido a su bajo coste de producción de energía al utilizarlo a una mayor escala. («Calentador de agua», 2021)



Figura 7. Caldera de gas (www.optimizacion-online.com, 2018)

El tipo de calentador y el tipo de combustible a seleccionar depende de muchos factores como la temperatura del agua que deseamos alcanzar, disponibilidad local del combustible, costo de mantenimiento, costo del combustible, espacio físico utilizable, caudal instantáneo requerido, clima local, y el precio del calentador. Para nuestro caso, utilizaremos un calentador de paso que utiliza gas natural para su funcionamiento y que tiene una potencia máxima de 19kW.

4.2.2.1 *Generador*

El generador de un calentador de gas, es el llamado quemador de gas. El gas se introduce en este elemento y se produce la combustión, la cual se aprovecha para calentar el agua que se encuentra en un depósito anexo a la zona de quemado de gas y que posteriormente vamos a utilizar. La función del quemador de gas es juntar los dos elementos necesarios, que serían el combustible (gas) y el comburente (aire), en la proporción adecuada para proporcionar la energía de activación y calentar el agua sanitaria. La entrada del combustible se produce a través de la llamada rampa de gas, la cual produce el aporte necesario de gas para alcanzar la potencia calorífica deseada. (Suner, s. f.)



Figura 8. Quemador atmosférico (Combustión_Teoría_Calderas, s. f.)

En los quemadores de gas, la entrada de aire puede ser atmosférica o mecánica, aunque actualmente en los sistemas más novedosos no se utiliza la entrada de aire mecánica, a pesar de que ocupa un menor espacio, obtenemos rendimientos mayores y además se puede controlar el caudal de aire para la quema del gas, a partir de un ventilador situado en la entrada del quemador para el comburente, este tipo de entrada se utiliza para fines más específicos en los que necesitamos un caudal más alto y mayor intensidad de llama, como podría ser en calderas industriales. Con los quemadores atmosféricos tradicionales, ocuparíamos un mayor espacio, pero son bastante usuales para la calefacción y el ACS de las viviendas, el quemado se produce gracias a la difusión del aire y el efecto Venturi. Lo que también podemos encontrar actualmente son quemadores de gas atmosféricos de premezcla, en los que el aire y el combustible se mezclan previamente, y se impulsan con un ventilador al quemador. (Combustión_Teoría_Calderas, s. f.)

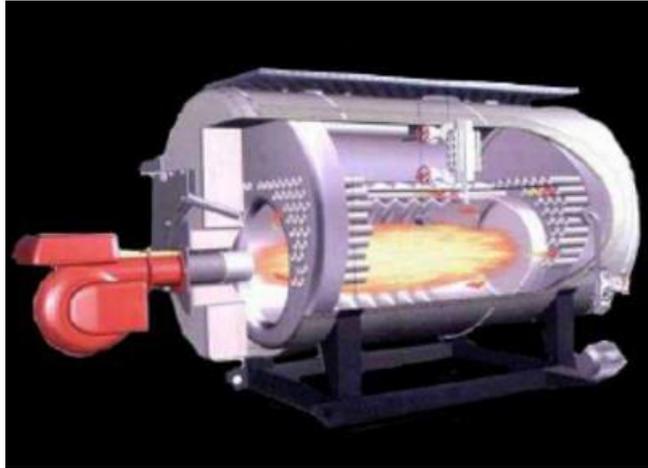


Figura 9. Quemador mecánico (Combustión_Teoría_Calderas, s. f.)

4.2.3 Sistema bomba de calor aire agua

La bomba de calor es un equipo que transfiere calor entre dos focos que se encuentran a diferente temperatura mediante la utilización de un gas refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado, el cual hace que dicho calor fluya de una temperatura más baja a otra más alta. El término bomba de calor hace referencia al proceso de bombeo de la energía térmica en forma de calor desde un foco frío a otro caliente. Se adoptó este término por analogía con las bombas hidráulicas, en las que se eleva un fluido desde un determinado nivel hasta otro a cota superior. En nuestra bomba de calor el foco frío será el aire exterior, por lo que se denomina bomba de calor aerotérmica y el foco caliente donde se desplaza la energía térmica será el agua caliente sanitaria.

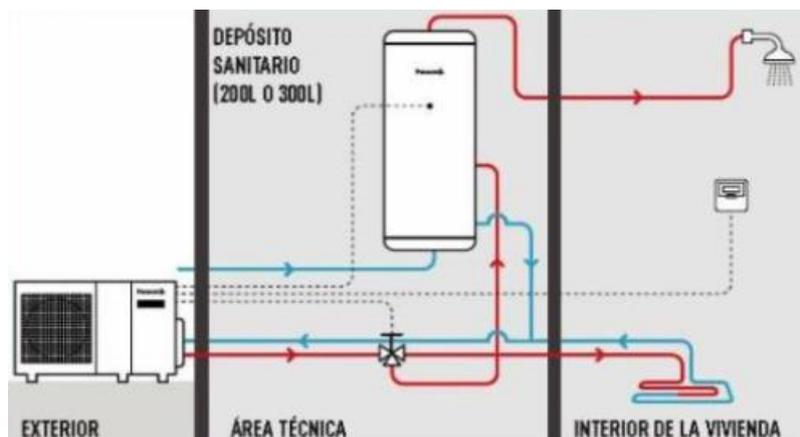


Figura 10. Esquema instalación bomba de calor(Energía Aerotérmica, s. f.)

Para conseguir la transferencia de calor desde el medio frío al medio caliente se dispone de un fluido refrigerante que discurre por el interior del equipo, absorbiendo el calor del medio en el evaporador para finalmente evacuarlo al medio de condensación en un nivel térmico superior. El compresor es el elemento encargado de elevar la energía interna del refrigerante entre la salida del evaporador y la entrada del condensador.(Fuerte, s. f.)

En la bomba de calor tenemos unos elementos principales que definen el funcionamiento del ciclo que son: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. Cada uno de estos elementos tiene una función destinada a un proceso específico:

La compresión, donde se eleva la temperatura y la presión del refrigerante y se le transfiere la energía que necesita para moverse a lo largo del ciclo termodinámico.

La condensación, en la que a través de esta se cede calor al depósito de agua sanitaria que pretendemos calentar.

La expansión que se produce en la válvula, generando una pérdida de carga para reducir la alta presión del refrigerante que procede del condensador.

En la evaporación el refrigerante se evapora absorbiendo, de este modo, el calor del medio externo al evaporador, que en nuestra bomba de calor aerotérmica será el aire.

(Funcionamiento de las Bombas de Calor Aerotérmicas | AFEC, s. f.)

También influirán de manera importante las temperaturas del foco frío y del foco caliente. El foco frío siempre estará a una temperatura mayor que el evaporador y el foco caliente a una temperatura menor que la temperatura de trabajo del condensador. En la siguiente imagen se pueden ver estas variables y donde actúa cada uno de los elementos en un diagrama de presión frente a entalpía, que es el diagrama más utilizado para ver el comportamiento del ciclo termodinámico de una bomba de calor.

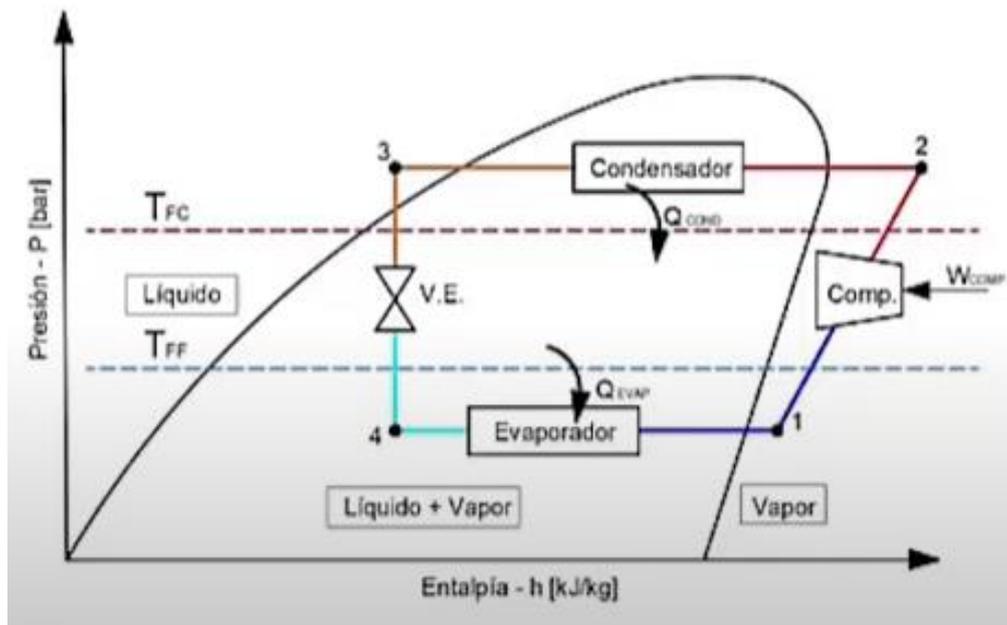


Figura 11. Ciclo termodinámico de una bomba de calor (Atecyr, 2020)

Para poder conocer las transformaciones energéticas que tienen lugar en cada uno de los componentes de la bomba de calor, se aplica el primer principio de la termodinámica, asumiendo un estado estacionario y despreciando las energías cinética y potencial a la entrada y a la salida de los componentes. Por lo que tendremos, para calcular el calor absorbido o cedido en los intercambiadores de calor, como son el condensador y el evaporador, o el trabajo del compresor, simplemente calcularemos la diferencia de las entalpías a la entrada y a la salida de cada elemento y la multiplicaremos por el gasto másico que fluye por este. Con lo que obtendremos:

Calor absorbido en el evaporador

$$Q_{\text{evaporador}} = m (h_1 - h_4)$$

Calor cedido en el condensador

$$Q_{\text{condensador}} = m (h_2 - h_3)$$

Trabajo consumido en el compresor

$$W_{\text{compresor}} = m (h_2 - h_1)$$

La eficiencia energética de un ciclo de una bomba de calor, o más bien conocido como COP (Coefficient of Performance) se calcula como el cociente entre el calor útil, que en una bomba de calor utilizada para calefacción o ACS equivaldrá al calor cedido en el condensador, y el trabajo consumido por el compresor.

$$\text{COP} = Q_{\text{condensador}} / W_{\text{compresor}}$$

Como anotación, en un ciclo frigorífico utilizaríamos el calor absorbido por el evaporador, ya que este sirve para refrigerar un cierto espacio. (Atecyr, 2020)

4.2.3.1 Depósito acumulador

Las bombas de calor de agua caliente sanitaria siempre llevan incorporadas un depósito acumulador que almacena el agua caliente sanitaria a la temperatura de preparación deseada. Las pérdidas de calor en el depósito se deberán tener en cuenta, ya que la bomba de calor deberá sumar estas a la demanda de ACS. Para evitar las pérdidas de energía, en la medida de lo posible, se aislará el depósito con aislamiento de unos 4 o 5 centímetros. Para el cálculo de las pérdidas energéticas utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{pérdidas}} = 24 \cdot U \cdot A (T_{\text{depósito}} - T_{\text{exterior}})$$

Donde U indica la transmitancia térmica, es decir, la cantidad de calor que se pierde por segundo y metro cuadrado. Y la A es el área del depósito en contacto con el exterior. Las pérdidas se miden en kWh/día.

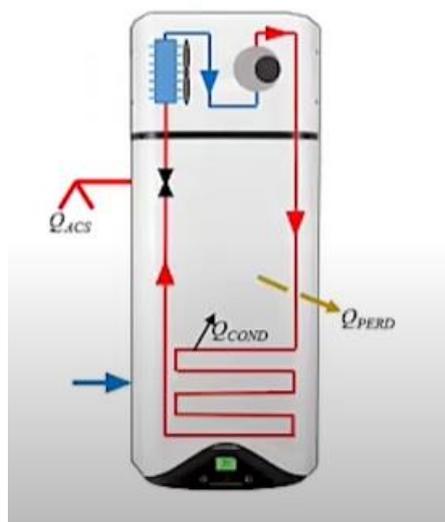


Figura 12. Depósito acumulador de una bomba de calor (Atecyr, 2020)

4.2.4 Sistema fototérmico

El sistema fototérmico es aquel en el que se aprovecha la radiación proveniente del sol para transformarla en energía térmica, y así, utilizar esta para generar agua caliente sanitaria. También se la llama conversión térmica a baja temperatura, debido a que el rango de temperaturas no alcanza los 100 °C en estos sistemas para el uso doméstico.

Al inicio de su utilización, se utilizaba un único fluido, agua en este caso, que se calentaba haciéndola pasar por los captadores solares y seguidamente era consumida directamente por el usuario. Sin embargo, este método de uso presentaba varias limitaciones en lo referente a al correcto funcionamiento, la higiene y su durabilidad por lo que hoy en día no lo permite ninguna legislación nacional.

Actualmente, los sistemas termosolares o fototérmicos están compuestos por dos circuitos cerrados e independientes, en los que el agua que se destina al consumo no pasa por los captadores, sino que es un fluido caloportador el designado para absorber el calor en los captadores y posteriormente, a través de un intercambiador de calor, ceder dicho calor al agua de consumo del circuito secundario. De esta manera en el circuito primario fluye un fluido caloportador, en la mayoría de casos anticongelante para resistir las heladas, que circula por la batería de tubos que se sitúan dentro de los captadores solares, para de esta forma absorber el calor producido por la radiación solar y aumentar su temperatura. A continuación, el circuito primario llega al intercambiador, que se suele encontrar en la mayoría de casos en el interior del depósito acumulador. El mencionado intercambiador es un serpentín de cobre, por el que circula el fluido caloportador cargado de energía térmica, el cual cede gran parte de esta al agua que contiene el depósito acumulador, por lo que esta agua irá aumentando su temperatura. Seguidamente se distribuirá esta agua por el circuito secundario a cada punto de consumo. En la siguiente imagen podemos ver un esquema del funcionamiento simplificado de un sistema fototérmico.

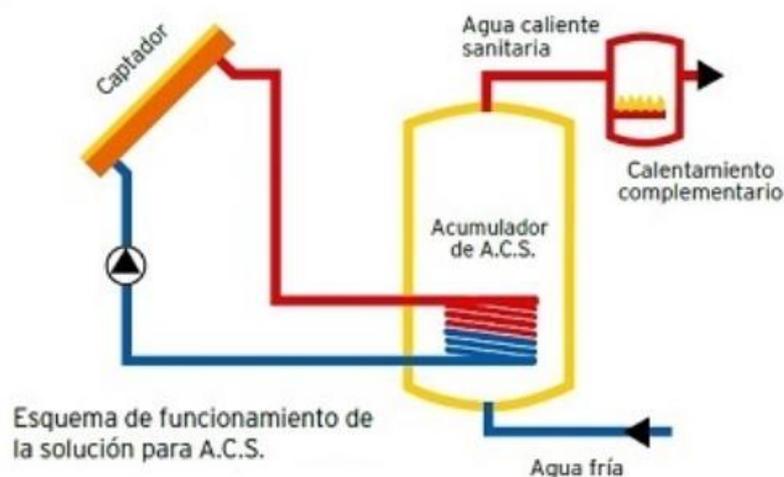


Figura 13. Esquema sistema termosolar (Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), s. f.)

En caso de que el agua proveniente del acumulador no alcance la temperatura de uso deseada para el funcionamiento, se activará el sistema de apoyo auxiliar, ya sea un termo eléctrico o una caldera de gas, que proporcionarán al fluido caloportador la energía térmica restante. Este proceso es automático y va dirigido por un sistema de control.

Cabe mencionar que jamás se mezclaran los fluidos del circuito primario y del secundario, dado que el fluido del circuito primario contiene productos químicos, como anticongelantes y otros aditivos para proteger de la oxidación y dotar de una mayor durabilidad a los captadores solares. (*Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), s. f.*)

4.2.4.1 Captadores

Son los componentes de la instalación que se encargan de recibir la radiación solar y transferirla a un fluido que circula por su interior en forma de energía térmica. En los captadores de baja temperatura, es decir menor que 100 °C, se pueden distinguir dos grupos. Los captadores solares no vidriados, que suelen estar formados por una multitud de microtubos de material plástico por donde circula el agua que se calienta. No disponen de ninguna cubierta que los aisle del exterior y, por este motivo, suelen ser bastante elevadas las pérdidas de estos captadores. Debido a esto, necesitan una superficie mayor para conseguir las prestaciones deseadas, sin embargo, son mucho más económicos que los que veremos a continuación y valen la pena en proyectos donde no se necesite alcanzar una temperatura excesivamente elevada.

El otro gran grupo son los captadores vidriados, que son los que disponen de una cubierta que reduce las pérdidas al aislarlo del ambiente exterior. Además, la cubierta favorece la aparición del efecto invernadero en el interior del colector lo que fomenta el aumento de temperatura. En este grupo tenemos los captadores solares planos, los más utilizados generalmente, sobre todo en el ámbito doméstico y los que utilizaremos en nuestra vivienda, los cilindro-parabólicos y los de tubo vacío.



Figura 14. Instalación fototérmica (Cómo funciona la energía solar térmica, s. f.)

Los captadores solares planos están formados por diferentes elementos entre los que cabría destacar la cubierta, la placa absorbedora, el circuito de tubos de cobre, el aislamiento y la carcasa del propio captador. La cubierta es un elemento transparente que se sitúa sobre la placa absorbedora, la cual permite la entrada de radiación solar y además proporciona protección y aislamiento al interior del captador. La placa absorbedora se encarga de atrapar la radiación solar y transferir la energía térmica a el circuito de tubos de cobre por donde circula

el fluido caloportador del circuito primario. Esta placa es de un material metálico oscuro para mejorar su capacidad para absorber la radiación solar. El circuito de tuberías de cobre suele ser de dos configuraciones posibles: en un serpentín o una parrilla de tubos. Para el aislamiento se coloca en el fondo de la carcasa y por los laterales un material aislante, como las espumas de poliuretano o las resinas de melamina, para reducir las pérdidas al exterior. Este material debe tener un elevado coeficiente de aislamiento, no debe degradarse con el calor, ni puede descomponerse ni emitir gases que puedan ensuciar la parte interior del captador. La carcasa es el elemento que contiene a todos los componentes anteriormente mencionados, sirve de protección contra los fenómenos atmosféricos y también para anclar el sistema a la estructura portante para proporcionarle la orientación y la inclinación necesaria al colector.

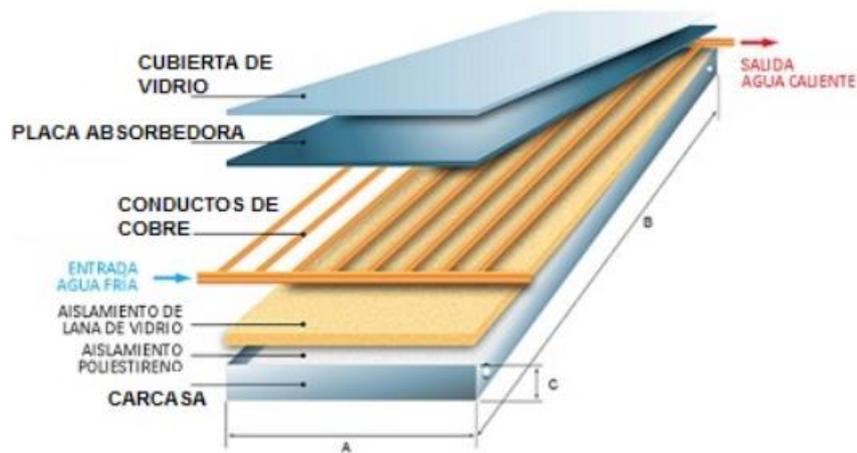


Figura 15. Estructura de un captador solar (Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), s. f.)

4.2.4.2 Acumulador

La función del acumulador es la de almacenar y conservar a una temperatura elevada el agua para el consumo durante el mayor tiempo posible, de esta forma deberá evitar en la mayor cantidad posible las pérdidas debidas a las fugas de calor al exterior, por lo que deberá contar con una buena envolvente aislante. Suelen tener una forma cilíndrica, lo cual es clave para proporcionar una buena capacidad de estratificación dentro del depósito. Esto se refiere a la capacidad para distribuir verticalmente el agua en función de su temperatura, donde el agua más caliente ocupará la parte alta del depósito y el agua fría se situará en la parte más baja.

En segundo lugar, el acumulador tiene una función que se da en la mayoría de instalaciones fototérmicas, a no ser que cuenten con un intercambiador de calor exterior, pero esto no suele ser lo normal. En el caso de tener un intercambiador de calor interno, el intercambio se realiza en el interior del acumulador a través de un serpentín o, en algunos casos, una doble pared. (¿Qué es un acumulador solar? Tipos y funcionamiento, s. f.)

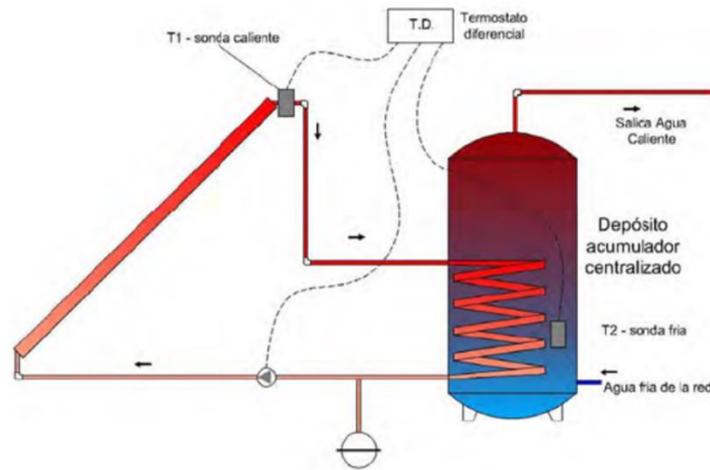


Figura 16. Esquema depósito acumulador en sistema termosolar («Acumulación solar con circulación forzada - Alpino Clima», 2020)

El intercambiador de serpentín se sitúa en la parte baja del acumulador, como se muestra en la imagen, dado que es la parte fría y aumenta el gradiente de temperatura entre el fluido del circuito primario y el agua del interior del acumulador, que sería el circuito secundario. De esta forma se maximiza el intercambio de potencia térmica. Como hemos dicho con anterioridad los dos fluidos nunca se mezclarán, pero si se pondrán en contacto térmico. La entrada y salida del agua en el acumulador se realizará a baja velocidad para que se produzca un buen intercambio de calor y, además, evitar que se produzcan corrientes de circulación, lo cual perjudicaría la estratificación del agua en el depósito.

En lo que refiere a la ubicación del acumulador respecto del captador solar puede ser de dos maneras diferentes dependiendo de su tipología.

Si se trata de un sistema por termosifón, el depósito acumulador se encontrará por encima de los captadores, como se puede ver en la imagen a continuación. Se hace de este modo, debido a que en este sistema el movimiento del fluido caloportador se produce por convección natural, al calentarse a su paso por el captador disminuye su densidad y, al disminuir su peso, tiende a subir hacia la parte alta que es donde se encuentra el acumulador. Y el fluido más frío, que se encuentra en el acumulador, se desplazará hacia la parte inferior donde volverá a entrar en los captadores. Estos sistemas son más económicos y se montan más fácilmente que los de circulación forzada, pero son mucho menos eficientes.



Figura 17. Sistema solar con termosifón (Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), s. f.)

En cambio, si tenemos un sistema de circulación forzada, que es el que utilizaremos en el caso de nuestro proyecto, en el que el movimiento del fluido del circuito primario se produce al emplear una bomba que es capaz de establecer un caudal según las necesidades térmicas de consumo, no tendremos que colocar el depósito acumulador junto a los captadores a la intemperie. De tal forma, el depósito se podrá colocar en un lugar protegido en el interior de la vivienda sobre el suelo, lo que nos permitirá emplear un depósito acumulador de mayor capacidad. Los sistemas de circulación forzada necesitan de energía eléctrica para activar la bomba de circulación y para una central de control de la instalación, por lo que serán más caros que los sistemas de termosifón, aunque bastante más eficientes. Para conseguir esta mejora de la eficiencia, la bomba de activación se activará cuando la temperatura de los captadores y la del inferior del depósito, que es la más baja, alcance un determinado margen. Estas se medirán a través de dos sensores térmicos colocado a la salida del captador y en la parte baja del depósito.

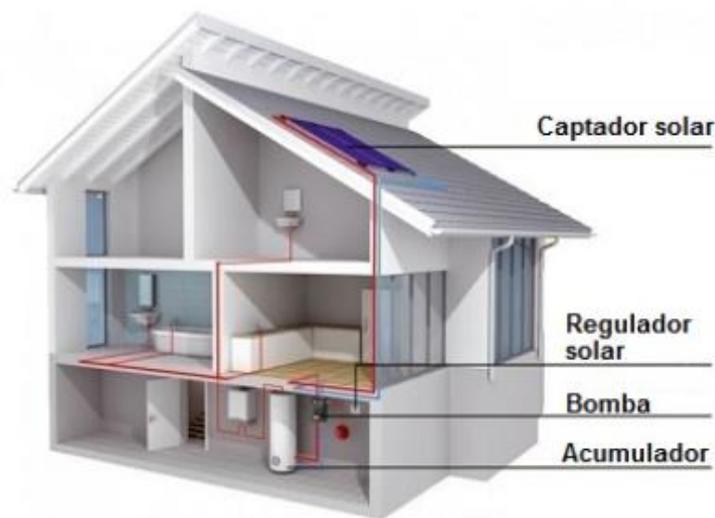


Figura 18. Esquema de sistema termosolar con circulación forzada (Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), s. f.)

4.2.4.3 Control de la instalación

El sistema de control de la instalación es necesario en los sistemas fototérmicos de circulación forzada para poder activar y controlar la velocidad de bombeo en el circuito primario según las condiciones del sistema. La principal variable que determina el funcionamiento del sistema de control es el diferencial de temperatura, medido mediante un par de sensores, que existe entre la salida de los captadores solares y el depósito acumulador. Estas temperaturas serán recibidas y comparadas por el sistema de control y si el gradiente de temperaturas es superior a unos 7 °C (esta temperatura se establece en el Código Técnico de la Edificación), el sistema dará la orden de activar la bomba de circulación. También se especifica que si la temperatura es inferior a 2 °C (esta temperatura se establece en el Código Técnico de la Edificación), el bombeo se detendrá debido a la ineficiencia que supondría la ejecución del mismo y para ahorrar la electricidad necesaria para ejecutarlo.

Otra función importante de la unidad de control de la instalación es la de activar, si fuese necesario, la unidad de apoyo para aportar energía térmica adicional en el caso de que la

instalación solar no pueda aportar el calor necesario requerido para el consumo de agua caliente sanitaria. Para cumplir esta función se utilizará la sonda situada a la salida de los captadores para verificar que el fluido caloportador se encuentra a la temperatura deseada.

El sistema de control estará en ubicado en una zona de la vivienda fácilmente accesible y preferiblemente en el interior, de modo que esté protegido y lo podamos revisar con facilidad. Toda unidad estará compuesta por una serie de elementos: un teclado, para poder introducir los parámetros de funcionamiento, una pantalla LED que nos sirva para controlar el correcto estado de funcionamiento, un módulo de conexión analógica para la entrada de datos de las sondas de temperatura y otro módulo de conexión para la salida de órdenes.

4.2.5 Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos que nos permiten aprovechar la energía del sol y transformarla en electricidad, que podremos usar para abastecer nuestro consumo. Para captar la energía solar se utilizan paneles fotovoltaicos, que nos permiten convertirla en corriente directa, y a través de un inversor, la transformaremos en corriente alterna que ya es adecuada para nuestro consumo. La base de funcionamiento del sistema fotovoltaico se basa en el efecto fotoeléctrico.

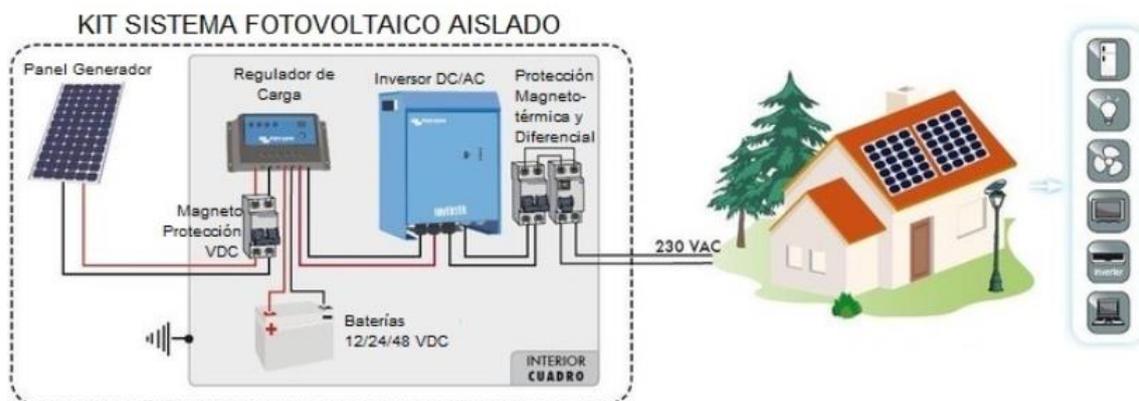


Figura 19. Esquema sistema fotovoltaico (Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda, s. f.)

El efecto fotoeléctrico es el fenómeno mediante el cual las radiaciones solares se convierten en energía eléctrica, por medio de las células fotovoltaicas que componen los paneles. Cuando la radiación solar incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones que componen esta radiación quedan atrapados en la célula. Hay otros que son reflejados o la atraviesan, pero los que van a producir electricidad son los que quedan absorbidos. En este momento, en el que el fotón es absorbido, la energía que este lleva se transfiere a los átomos que componen el material de la célula fotovoltaica. Utilizando esta energía, los electrones que se encuentran en las capas más alejadas se desprenden de su posición natural junto al átomo y pasan a formar parte de un circuito eléctrico. Para que esto sea posible, el material que forma la célula fotovoltaica debe tener los átomos dispuestos de tal forma que sean capaces de liberar electrones y crear una corriente eléctrica al recibir energía. (<https://www.areatecnologia.com>, s. f.-b)

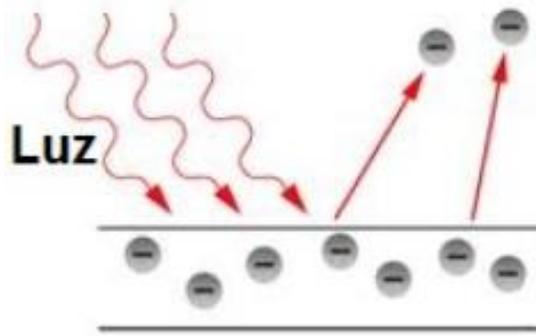


Figura 20. Representación efecto fotoeléctrico (Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda, s. f.)

De esta manera, producimos electricidad para alimentar un termo eléctrico y suministrar con agua caliente sanitaria en nuestra vivienda. Cabe decir que generalmente no se puede abastecer la demanda durante todo el día del termo eléctrico con la electricidad producida por el sistema fotovoltaico, ya que es difícil que el consumo de agua caliente sanitaria coincida con las horas en las que se produce dicha electricidad. Normalmente, tendremos una distribución desigual entre producción eléctrica y consumo del agua. Ante esta situación, existe la opción de tomar de la red la electricidad necesaria cuando no tengamos capacidad de producir bastante para el consumo en ese momento y amortizar la energía producida sobrante, vendiéndola a la red ya que no la vamos a utilizar. Otra opción, es la de incorporar una batería para almacenar la electricidad sobrante y utilizarla en el momento que nos sea conveniente, sin embargo, las baterías son muy costosas, por lo que esta opción suele ser inviable económicamente al aumentar tanto el tiempo que nos haría falta para amortizar la inversión.



Figura 21. Instalación fotovoltaica (Instalación Fotovoltaica 4,8kW Vivienda Unifamiliar Redondela (Reboreda), s. f.)

4.2.5.1 Generador

Los elementos que generan energía en este tipo de sistemas son las denominadas placas fotovoltaicas. Estas placas están formadas por diferentes células, conectadas en serie y en paralelo, que son capaces de convertir la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico, explicado anteriormente. Para que se pueda dar este efecto, el material debe ser capaz de liberar electrones al recibir energía, y a este tipo de material se le llama semiconductor.

Actualmente la gran mayoría de células fotovoltaicas están compuestas de silicio, que es el material por excelencia para la fabricación de dichas células. El silicio puede estar en su forma monocristalina, que es la que nos permite obtener mayor eficiencia a la hora de convertir la luz solar en energía, pero también es la más cara, por lo que no se utilizan mucho en el ámbito comercial y doméstico. La forma más utilizada es el silicio policristalino, en el que los cristales de silicio están orientados al azar, lo cual les hace producir una menor cantidad de energía y, por tanto, tener una eficiencia inferior. *(Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda, s. f.)*



Figura 22. Paneles fotovoltaico según su estructura cristalina (Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda, s. f.)

Para mejorar las prestaciones del material semiconductor se recurre al dopado de las capas para formar un campo eléctrico, y de esta forma crear una corriente eléctrica. El dopado consiste en introducir otros elementos en el silicio, para mejorar el flujo de electrones entre una parte y la otra. Tendremos la parte superior, tipo N, que se dopa con átomos de fósforo y tiene una carga negativa y la parte inferior, la cual se le introducen átomos de boro y tiene carga positiva, llamada tipo P. Para entender esto, debemos saber que la estructura de la célula está compuesta por átomos de silicio, que tiene 4 electrones en la capa de valencia. Al introducir en la capa N átomos de fósforo, que tiene 5 electrones, uno queda libre para moverse. En la capa P, donde dopamos con átomos de boro, el cual tiene 3 electrones, se crea un espacio para un electrón en movimiento. Esto hace que, al incidir la radiación solar y dar energía a los electrones, estos salten de la capa N a la capa P, creando corriente eléctrica. *(Lesics Española, 2019)*

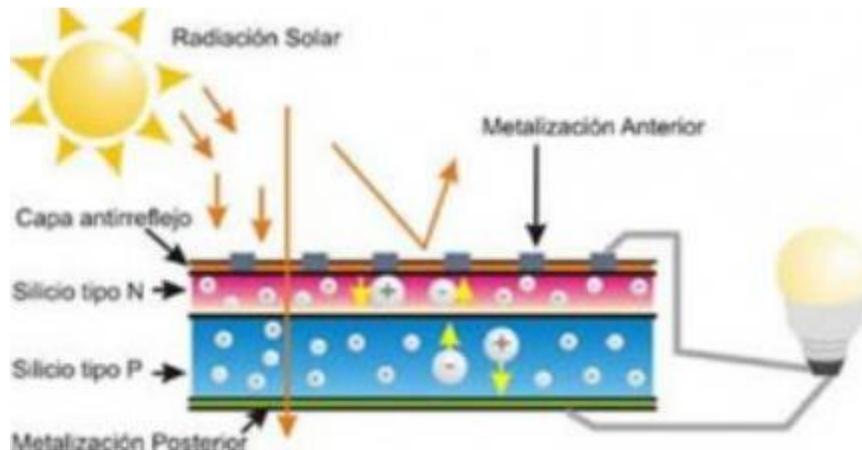


Figura 23. Representación del dopaje de las células fotovoltaicas (Efecto fotovoltaico en un panel solar | EliseoSebastian.com, s. f.)

4.2.5.2 Inversor

Cuando la radiación solar incide sobre las placas fotovoltaicas, los electrones empiezan a moverse dentro de las células solares, como hemos explicado anteriormente. Esto produce una corriente continua de electricidad, que será la que utilizemos en nuestra vivienda. Sin embargo, no podremos utilizar esta electricidad producida debido a que la mayoría de las viviendas usan electricidad de corriente alterna, por lo que la energía producida por las placas solares no es útil de por sí.

Aquí es donde actúa el inversor, que transforma la corriente directa en corriente alterna para poder hacer uso de ella. Simplificando el concepto, el inversor consigue, a partir de un circuito interior, que el flujo de corriente vaya variando en los dos sentidos, consiguiendo así pasar de corriente directa a alterna.

Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada desde las baterías, la potencia máxima que puede proporcionar y su eficiencia o rendimiento de potencia. Este último se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega para su uso (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del sistema de baterías o de los generadores fotovoltaicos (potencia de entrada). (*Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda*, s. f.)

4.2.5.3 Producción de agua caliente sanitaria

Respecto a la producción de agua caliente sanitaria, la diferencia entre los paneles fotovoltaicos y los paneles fototérmicos, es que estos producen electricidad y no agua caliente sanitaria como lo hacen los paneles termosolares. Para la producción de ACS recurrimos a otros sistemas que sean capaces de hacerlo y para hacerlos funcionar utilizaremos la energía eléctrica obtenida con el sistema fotovoltaico. Para el estudio que llevaremos a cabo, los sistemas elegidos serán un termo convencional y una bomba de calor.

Usualmente, los equipos fotovoltaicos se utilizan para suministrar el gasto eléctrico de toda la vivienda, ya viene a ser las luces, los electrodomésticos, los sistemas de seguridad y cualquier otra necesidad, no solamente para producción de ACS. Sin embargo, en este caso nos centraremos solamente en el consumo de agua caliente sanitaria y supondremos que toda la producción eléctrica se destinará íntegramente al propio consumo de ACS. Uno de los problemas que tendría, y por lo que es muy poco frecuente, utilizar un sistema fotovoltaico únicamente para ACS, es que al conectar el cableado eléctrico del equipo fotovoltaico al diferencial del agua y no al diferencial general, no nos es posible vender el excedente de producción eléctrica a la red. Considerando que las horas de mayor consumo, según el modelo de consumo CTE-HE4 y el modelo de consumo propio(Tabla 1. Consumo según CTE-HE4 Tabla 2. Consumo según estudio propio), son por la mañana o por la noche, no poder utilizar esta energía producida, ni obtener compensación al venderla a la red supone una gran desventaja. Por este motivo, y únicamente para realizar el siguiente estudio, consideraremos que el sistema fotovoltaico va conectado al diferencial general pero solamente es utilizado para producción de ACS, para así poder compensar los excedentes de producción.

4.3 ZONAS CLIMÁTICAS DE ESTUDIO

Una vez tenemos definidos los sistemas, el segundo factor que más influirá en el resultado de nuestro análisis será la zona climática donde se encuentren las instalaciones para la producción de ACS, ya que las prestaciones de los sistemas se verán enormemente afectadas por factores externos a ellos, los cuales vendrán determinados por la zona climática.

El Código Técnico de la Edificación establece en su documento básico de Ahorro de Energía DB H1 de Condiciones para el control de la demanda energética, cuáles son las zonas climáticas en las que se divide España identificándolas mediante una letra, correspondiente a la severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano. Cada zona climática se determina en función de la localidad donde se ubica el edificio y la altitud del mismo sobre el nivel del mar. (CALORYFRIO, s. f.)

En la figura 24 se ilustran las zonas climáticas que existen en España, y se marca sobre cada una de ellas en las que vamos a realizar el estudio, el número y la letra que le corresponde, ya que este mapa solo indicaba la letra.



Figura 24. Zonas climáticas en España (CALORYFRIO, s. f.)

Los factores principales que diferencian las diferentes zonas climáticas y que, más allá de condicionar la clasificación en una zona climática u otra, afectan directamente al desempeño de los sistemas son la temperatura, la radiación solar y la humedad.

En la figura 25 se puede ver un mapa con el que se muestra la temperatura media anual desde el año 1988 hasta el año 2017. Se puede observar que los territorios más cálidos de la península y en las Islas Canarias, se alcanza una temperatura media anual de entre 15 y 20 grados. La parte norte de España presenta un clima más fresco situándose por los 12'5 °C. Y en las sierras y sistemas montañosos se puede ver un claro descenso de las temperaturas a causa de la altitud, acercándose a los 5 °C o incluso rebasándolos.

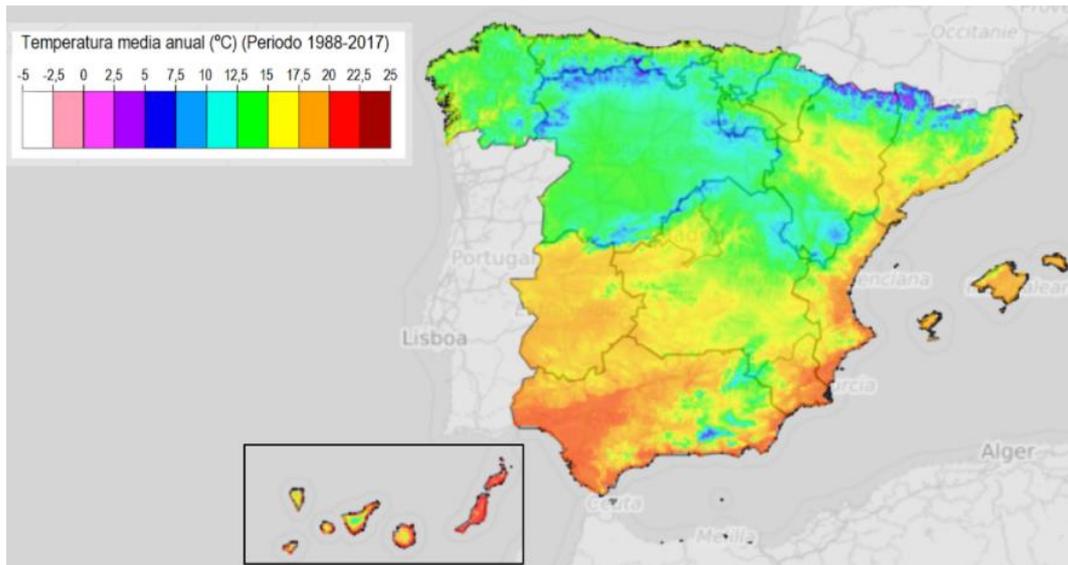


Figura 25. Mapa temperatura media anual en España (Fundación Matrix | Mapa actual de la temperatura en España, s. f.)

Si se compara el anterior mapa con el de radiación, que se muestra en la figura 26, nos daremos cuenta que están íntimamente relacionados. Sin embargo, se debe analizar de forma separada ya que, la temperatura afectará a la energía térmica del agua de la red, pero no supondrá ningún cambio en el rendimiento de los sistemas que utilizan la radiación solar para su funcionamiento, como lo son el fototérmico y el fotovoltaico. Se puede observar que las zonas donde tiene mayor radiación, tendremos un valor de unos $5'3\text{kWh/m}^2$, por la zona del sur. En cambio, si vamos al norte la radiación disminuirá notablemente hasta cifras de $3'6\text{kWh/m}^2$.

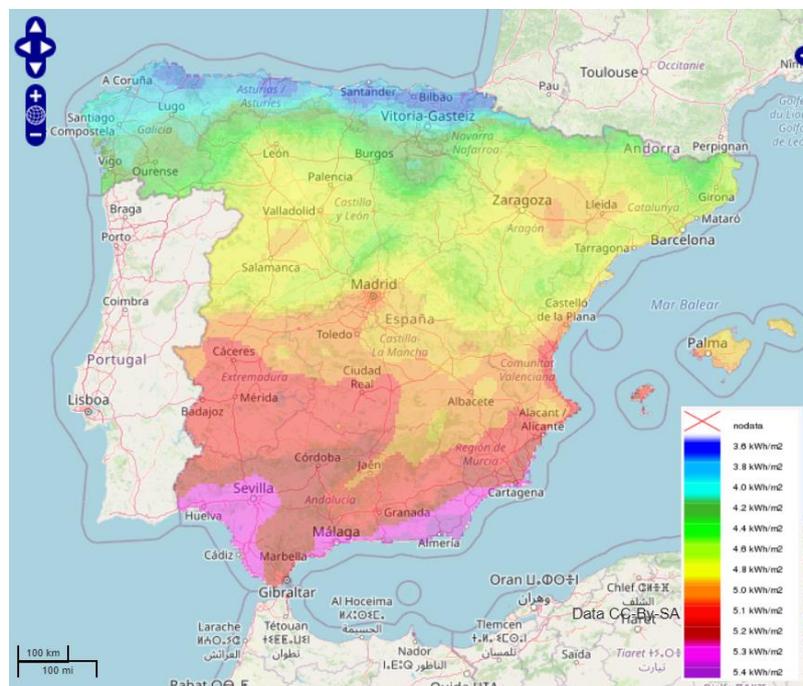


Figura 26. Mapa de radiación anual en España (ADRASE - Acceso a datos de radiación solar de España - Mapa zona Península, s. f.)

Finalmente, se deberá analizar también la humedad relativa ya que este es un factor clave que cambia totalmente nuestra percepción de la temperatura, consiguiendo una sensación de

temperatura desviada hasta más de 5 °C. A diferencia de la humedad absoluta, la humedad relativa mide la masa de vapor de agua en el aire dividida entre la masa de vapor de agua por volumen en el punto de saturación a la misma temperatura, es decir, el porcentaje de humedad existente sobre la humedad en el punto de saturación. En la figura 27, se puede ver la humedad relativa en España.



Figura 27. Mapa humedad media relativa anual en España (Infinita, 2018)

A partir del estudio de todos estos factores principalmente, se pueden establecer zonas climáticas para, de este modo, facilitar el análisis de datos englobando a cada zona dentro de unas condiciones específicas, lo cual nos ahorra el trabajo de estudiar cada uno de los factores que interviene en todas sus posibles variantes correspondientes a cada una de las ciudades.

4.3.1 León (E1)

4.3.1.1 Datos climáticos

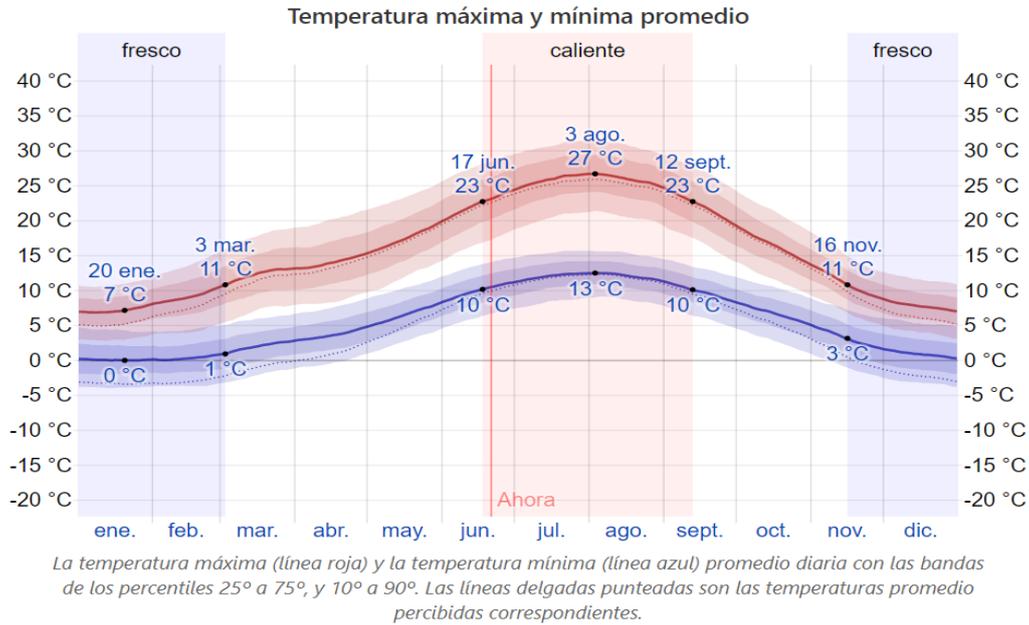


Figura 28. Temperatura anual en León (Clima promedio en León, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)

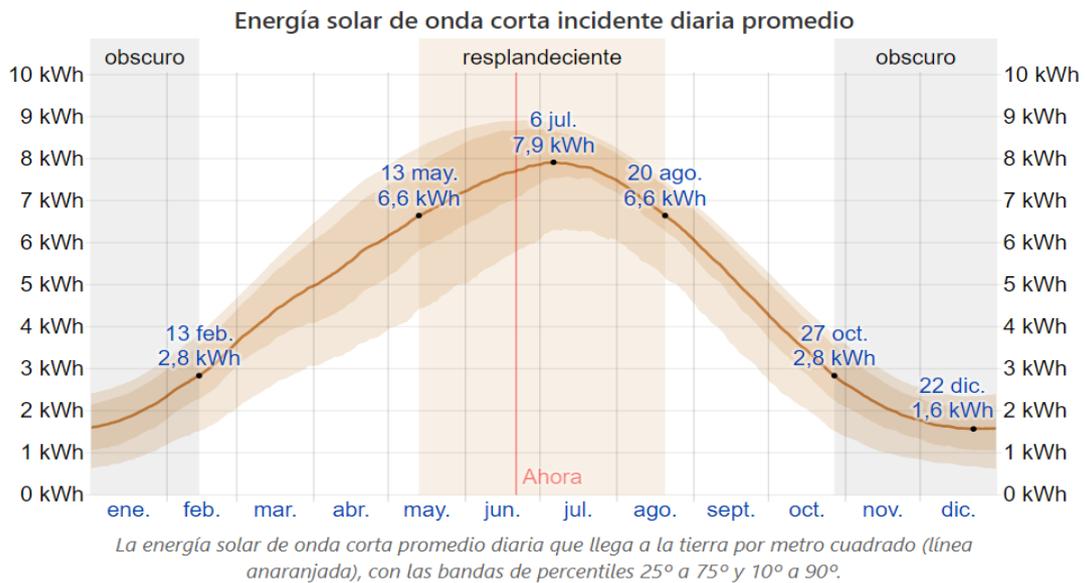
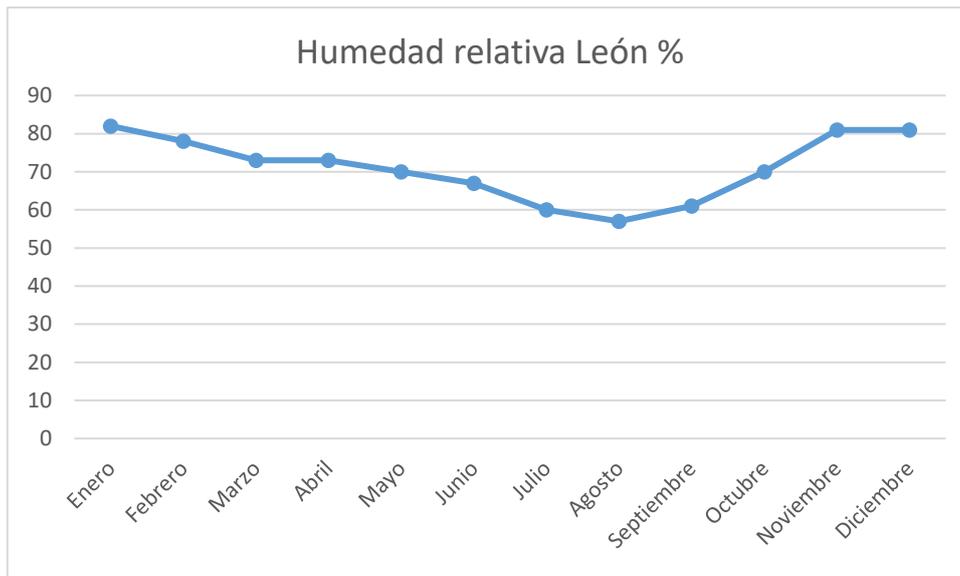


Figura 29. Radiación anual en León (Clima promedio en León, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)



Gráfica 1. Humedad relativa anual en León (d.o.o, s. f.-d)

4.3.1.2 Características

En clima de León es un clima mediterráneo continental, el cual presenta precipitaciones irregulares que suponen unos 559 mm a lo largo del año. León se encuentra a una altura de 837 metros por encima del nivel del mar. Durante el verano, tiene unas temperaturas medias de 27 y 10 grados de máximas y mínimas, y una radiación por metro cuadrado máxima de hasta 7'9kWh/m². En los meses de invierno alcanza temperaturas mínimas de 0 grados y máximas de 7, y la radiación solar disminuye hasta los 1'6 kWh/m² de mínima. En cuanto a la humedad relativa, varía entre un 80% en invierno y baja hasta los 60% en verano.

4.3.2 Madrid (D3)

4.3.2.1 Datos climáticos

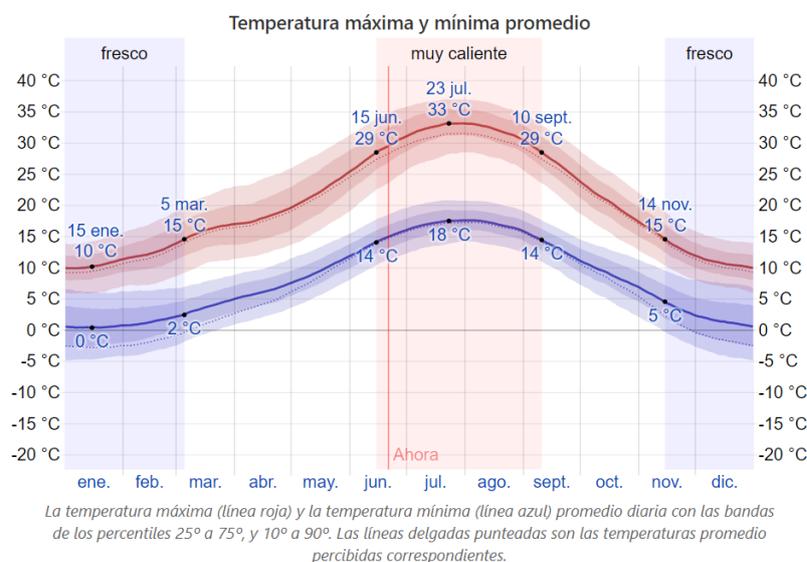


Figura 30. Temperatura anual en Madrid (Clima promedio en Madrid, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)

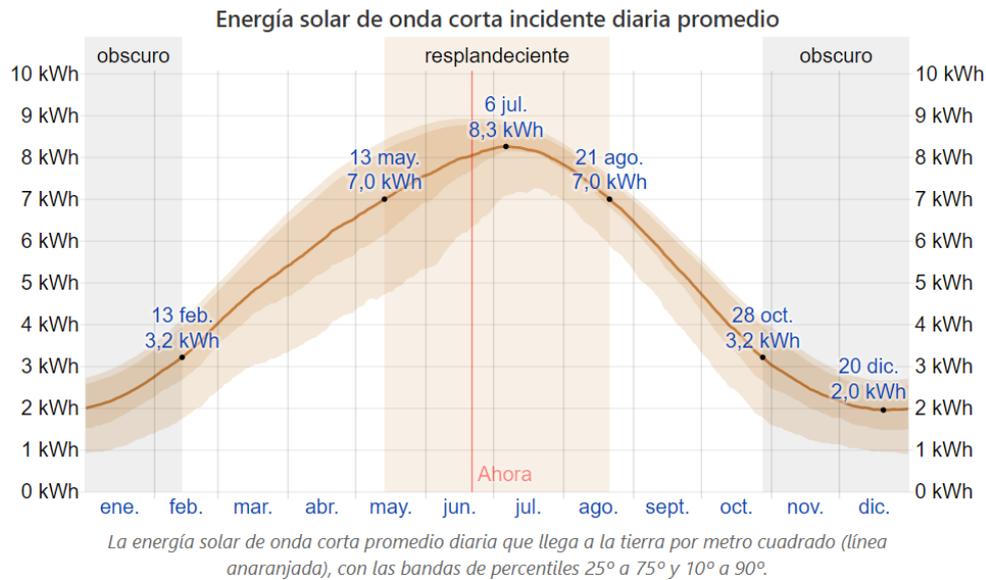
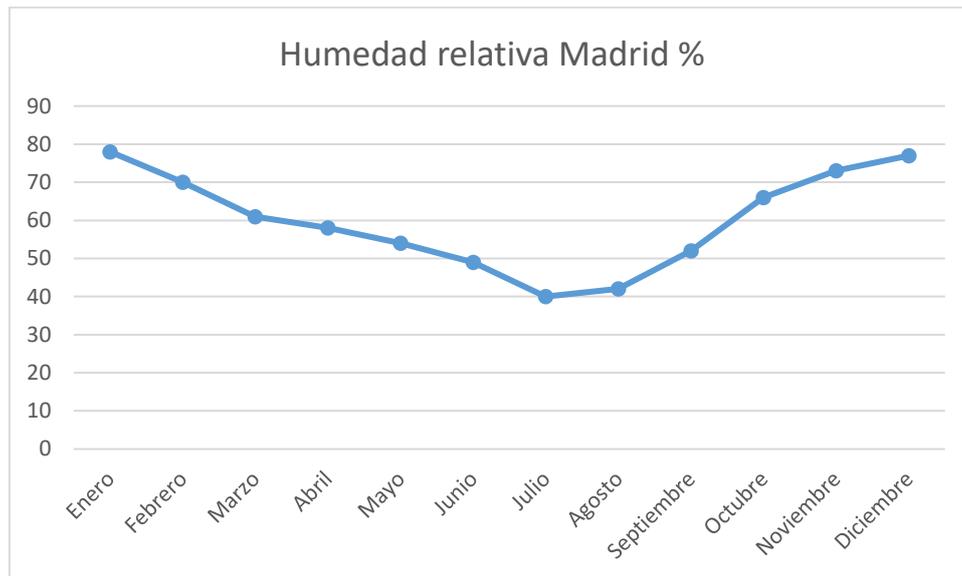


Figura 31. Radiación anual en Madrid (Clima promedio en Madrid, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)



Gráfica 2. Humedad relativa anual en Madrid (El Clima en Madrid, España, s. f.)

4.3.2.2 Características

El clima de Madrid es seco y soleado, caracterizado por unos meses de verano bastante calurosos. Se trata de un clima continental, en el que las precipitaciones suponen unos 415 mm al año, se concentran en la primavera y el otoño. Madrid se sitúa a una altitud de 667 metros sobre el nivel del mar. Durante el verano, tiene unas temperaturas medias de 33 y 14 grados de máximas y mínimas, y una radiación por metro cuadrado máxima de hasta 8'3kWh/m². En los meses de invierno alcanza temperaturas mínimas de 0 grados y máximas de 10, y la radiación solar disminuye hasta los 2 kWh/m² de mínima. En cuanto a la humedad relativa, varía bastante durante el año teniendo cerca de un 80% en invierno y bajando hasta los 40% en Julio y Agosto.

4.3.3 Bilbao (C1)

4.3.3.1 Datos climáticos

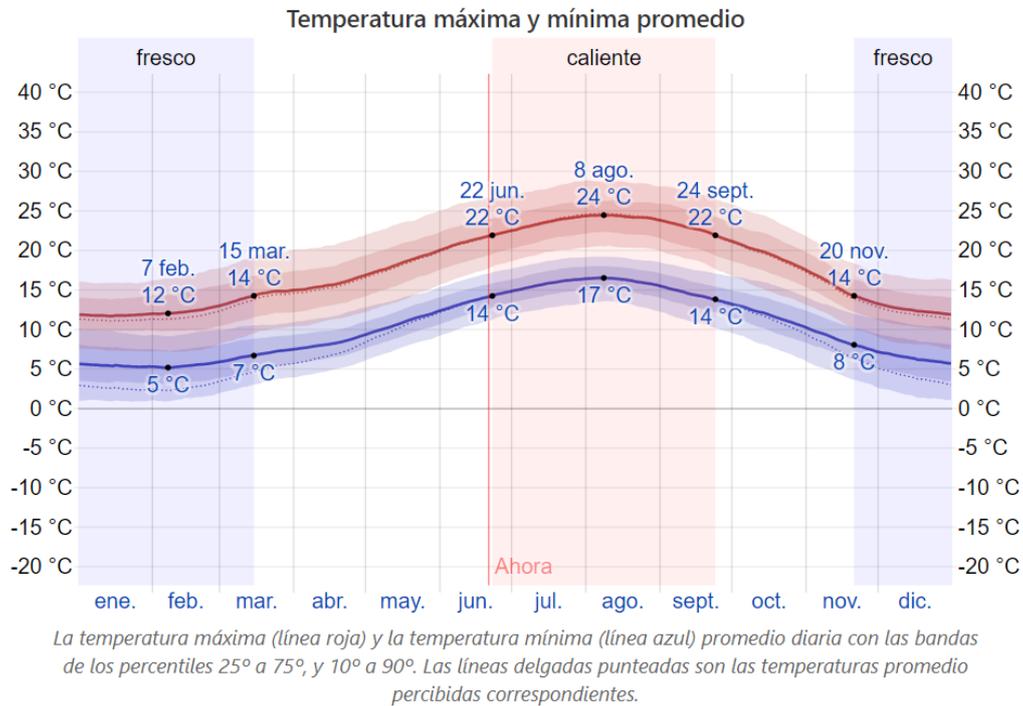


Figura 32. Temperatura anual en Bilbao (Clima promedio en Bilbao, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)

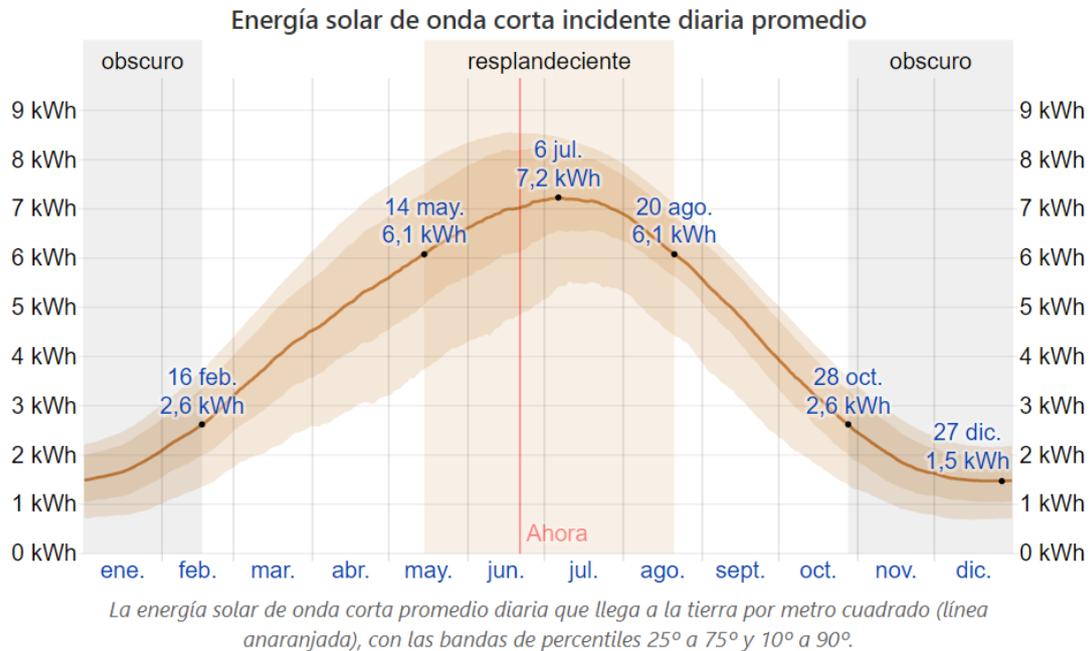
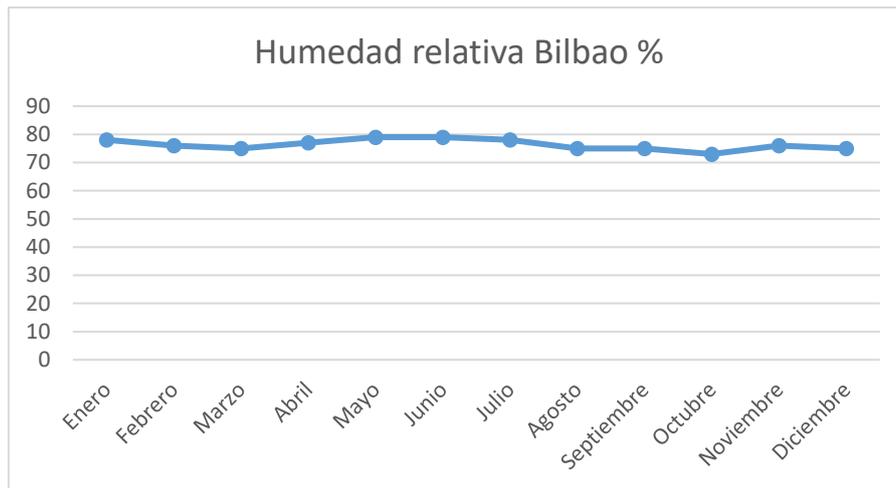


Figura 33. Radiación anual en Bilbao (Clima promedio en Bilbao, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)



Gráfica 3. Humedad relativa anual en Bilbao (d.o.o, s. f.-c)

4.3.3.2 Características

Bilbao tiene un clima templado y suave durante todo el año, debido a los vientos que suavizan las temperaturas y la proximidad con el mar. El clima de Bilbao es oceánico húmedo, con precipitaciones regulares anuales, suponiendo 1149 mm al año. Se encuentra a 19 metros sobre el nivel del mar. Bilbao tiene unos meses de verano bastante cómodos con una media máxima de 24 grados y mínima de 14, con una radiación máxima media de 7'2kWh/m². El invierno tampoco es demasiado frío, situándose entre 12 y 5 grados de medias máximas y mínimas, y con una radiación que se puede reducir en los días más oscuros a 1.5kWh/m². La humedad relativa no varía prácticamente nada a lo largo del año, debido a su cercanía a la costa. Los valores de humedad relativa se mueven entre un 73% y un 79%.

4.3.4 Barcelona (C2)

4.3.4.1 Datos climáticos

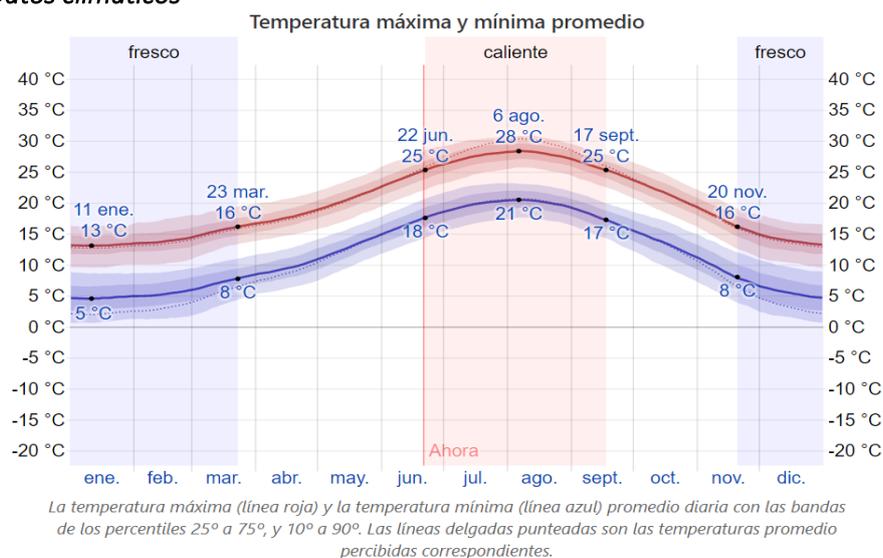


Figura 34. Temperatura media anual en Barcelona (Clima promedio en Barcelona, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)

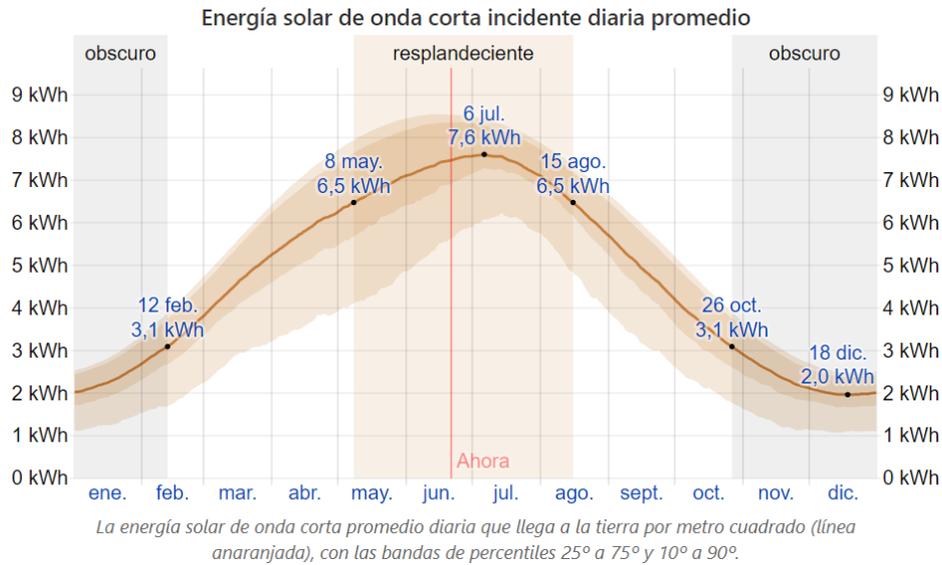
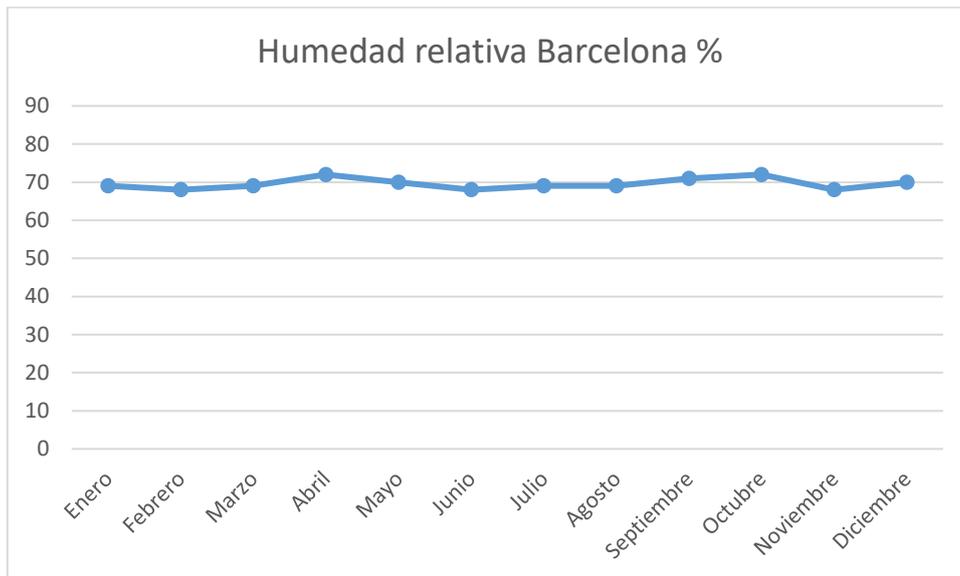


Figura 35. Radiación media anual en Barcelona (Clima promedio en Barcelona, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)



Gráfica 4. Humedad relativa media anual en Barcelona (d.o.o, s. f.-b)

4.3.4.2 Características

Barcelona presenta un clima mediterráneo litoral y se encuentra a 12 metros por encima del nivel del mar. Las precipitaciones se concentran mayormente en la estación de otoño y después en primavera e invierno, llegando a los 614 mm anuales y con un verano generalmente con pocas lluvias. El clima en Barcelona es cálido y templado, con unos inviernos bastante confortables con temperaturas medias de entre 5 y 13 grados en los meses más fríos, y un verano un poco caluroso, llegando a máximas medias de 28 grados, con mínimas de 18. La radiación varía de 2kWh/m² en diciembre y sube hasta 7'6 kWh/m² en agosto. La humedad relativa tampoco varía mucho al ser una ciudad costera, por lo que los porcentajes de humedad varían entre el 68% y el 72%

4.3.5 Valencia (B3)

4.3.5.1 Datos climáticos

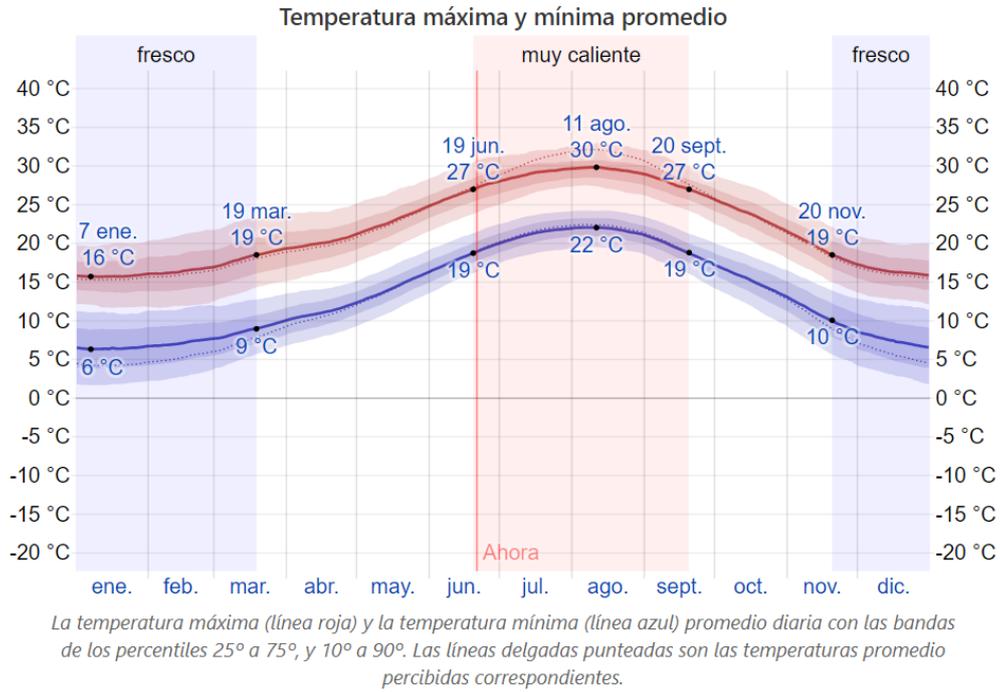


Figura 36. Temperatura media anual en Valencia (Clima promedio en Valencia, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)

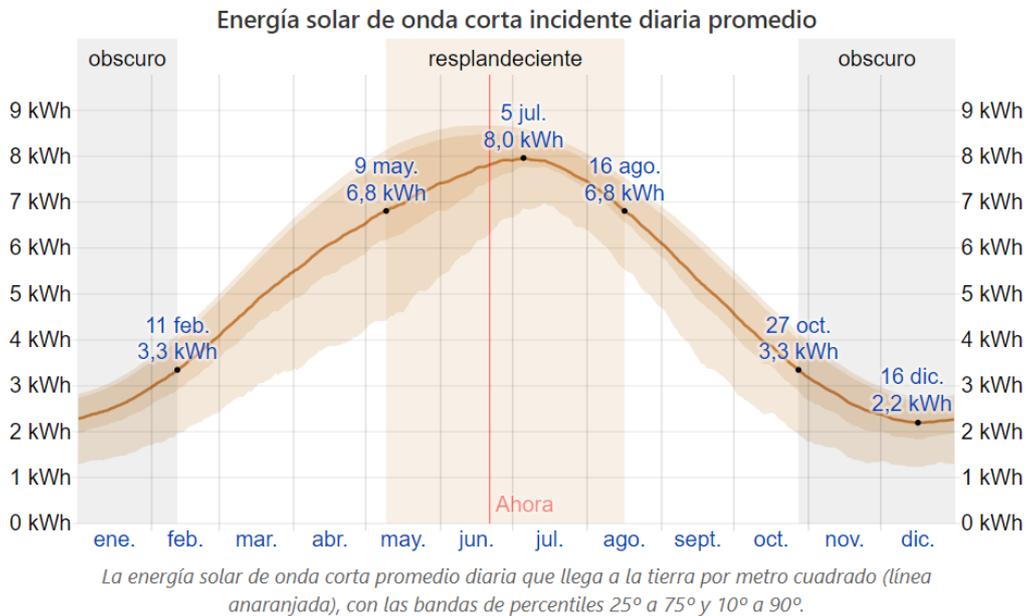
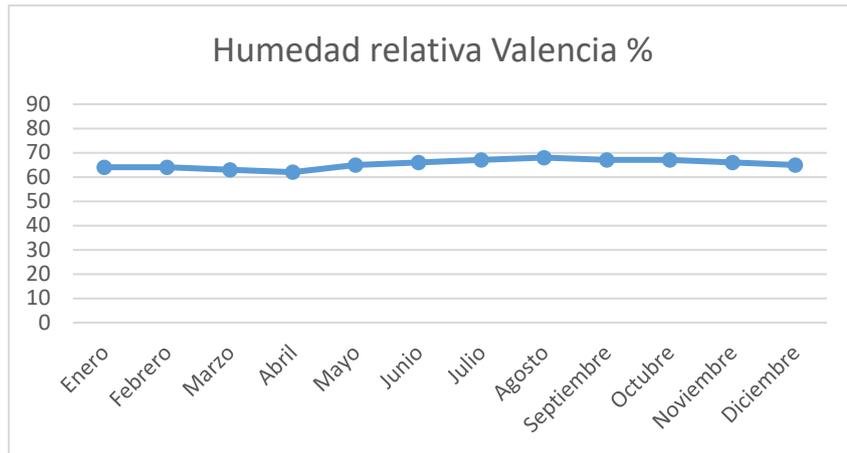


Figura 37. Radiación media anual en Valencia (Clima promedio en Valencia, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)



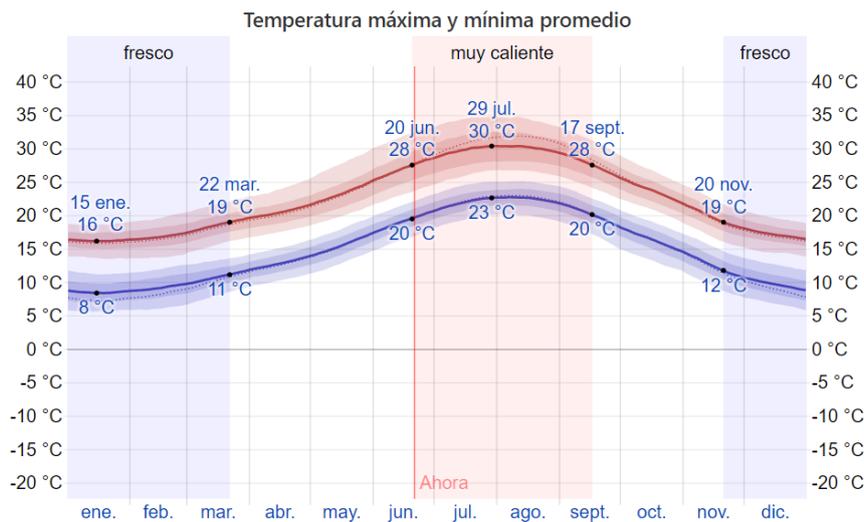
Gráfica 5. Humedad relativa media anual en Valencia (El Clima en Valencia, España, s. f.)

4.3.5.2 Características

Valencia posee un clima mediterráneo muy agradable, suave y cálido. Las precipitaciones son bastantes escasas y se concentran en otoño, finales de invierno y principios de primavera, las cuales suponen unos 427 mm anuales. Valencia se encuentra a unos 15 metros sobre el nivel del mar, por lo que tiene un clima templado. Los meses de verano son bastante calurosos, llegando a temperaturas máximas de 30 grados, con mínimas de unos 19 grados. Los inviernos tienen temperaturas media máximas y mínimas de 6 y 19 grados, sin embargo, la sensación térmica los hace parecer más fríos debido a la humedad. La humedad relativa se mueve entre los 62% y el 68 % durante todo el año. En los meses de mayor radiación tenemos 8kWh/m² y los meses de invierno se reduce hasta llegar a 2'2kWh/m².

4.3.6 Almería (A4)

4.3.6.1 Datos climáticos



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidos correspondientes.

Figura 38. Temperatura media anual en Almería (Clima promedio en Almería, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)

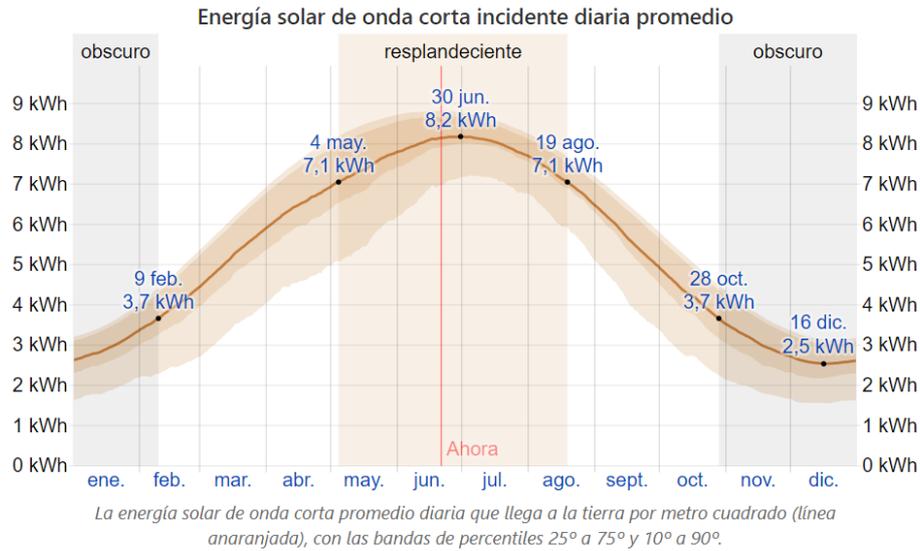
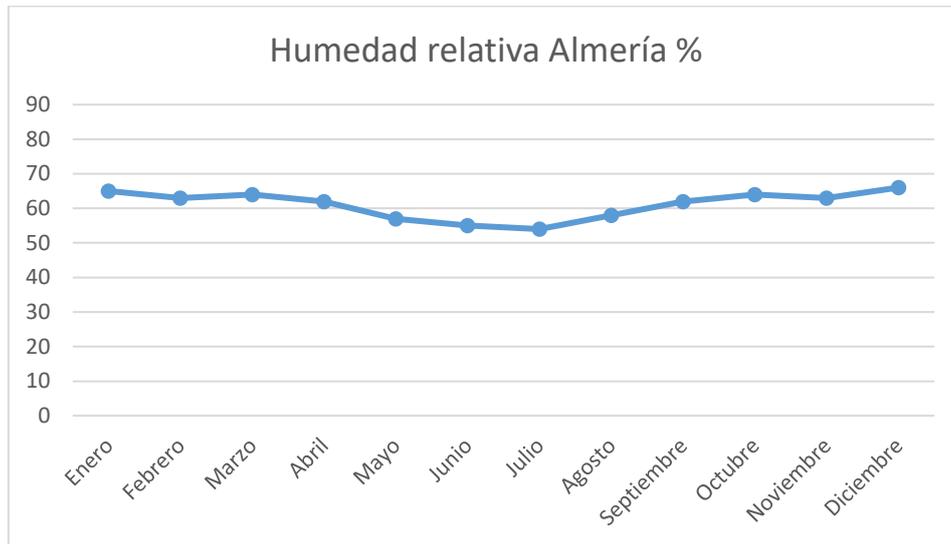


Figura 39. Radiación media anual en Almería (Clima promedio en Almería, España, durante todo el año - Weather Spark, s. f.)



Gráfica 6. Humedad relativa media anual en Almería (d.o.o, s. f.-a)

4.3.6.2 Características

El clima de Almería es un clima mediterráneo, que se caracteriza por ser el que más horas de Sol tiene de toda Europa, contando con 320 días de Sol de media, es decir, unas 3000 horas de Sol. Por consiguiente, también es uno de los que menos precipitaciones tiene a lo largo del año, resultando estas unos 221 mm en todo el año. Almería se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 20 metros. Los veranos en Almería resultan bastante calurosos, con medias máximas de 30 grados y mínimas que no bajan de los 20, acompañados por la mayor radiación de toda España, equivalente a 8'2kWh/m². La parte positiva es que los inviernos no son nada fríos, con temperaturas mínimas medias de 8 grados y máximas de incluso 19, con una radiación mínima de 2'5kWh/m². La humedad relativa es del orden de un 55% en verano y sube hasta 65% en los meses de invierno.

4.4 ENERGY PLUS

EnergyPlus es un programa completo de simulación de energía de edificios que los ingenieros, arquitectos e investigadores utilizan para modelar tanto el consumo de energía (para calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y cargas de proceso y enchufe) como el consumo de agua en los edificios. Algunas de las características y capacidades notables de EnergyPlus incluyen:

Solución integrada y simultánea de las condiciones de la zona térmica y la respuesta del sistema HVAC, lo cual no asume que el sistema HVAC puede cumplir con las cargas de la zona y puede simular espacios no acondicionados y con poco acondicionamiento.

Solución basada en el balance de calor de efectos radiantes y convectivos que producen temperaturas superficiales, confort térmico y cálculos de condensación.

Pasos de tiempo subhorarios definibles por el usuario para la interacción entre las zonas térmicas y el medio ambiente; con pasos de tiempo automáticamente variados para interacciones entre zonas térmicas y sistemas HVAC. Estos permiten a EnergyPlus modelar sistemas con dinámicas rápidas al mismo tiempo que intercambia la velocidad de simulación por precisión.

Modelo combinado de transferencia de calor y masa que tiene en cuenta el movimiento de aire entre zonas.

Modelos de fenestración avanzados que incluyen persianas de ventana controlables, acristalamientos electrocrómicos y balances de calor capa por capa que calculan la energía solar absorbida por los cristales de las ventanas.

Cálculos de iluminación y deslumbramiento para informar el confort visual y los controles de iluminación de conducción.

HVAC basado en componentes que admite configuraciones de sistema tanto estándar como novedosas.

Una gran cantidad de estrategias de control de iluminación y HVAC integradas y un sistema de secuencias de comandos de tiempo de ejecución extensible para el control definido por el usuario.

Importación y exportación de interfaz de maqueta funcional para la co-simulación con otros motores.

Informes de salida detallados y resumidos estándar, así como informes definibles por el usuario con resolución de tiempo seleccionable de anual a subhorario, todos con multiplicadores de fuentes de energía.

EnergyPlus es un programa basado en consola que lee la entrada y escribe la salida en archivos de texto. Se envía con una serie de utilidades que incluyen IDF-Editor para crear archivos de entrada usando una interfaz simple similar a una hoja de cálculo, EP-Launch para administrar archivos de entrada y salida y realizar simulaciones por lotes, y EP-Compare para comparar gráficamente los resultados de dos o más simulaciones. También están disponibles varias interfaces gráficas completas para EnergyPlus. DOE realiza la mayor parte de su trabajo con EnergyPlus utilizando el kit de desarrollo de software OpenStudio y el conjunto de aplicaciones.(*EnergyPlus | EnergyPlus, s. f.*)

4.4.1 Características del motor de simulación

El programa EnergyPlus es una colección de muchos módulos del programa que trabajan juntos para calcular la energía requerida para calentar y enfriar un edificio utilizando una variedad de sistemas y fuentes de energía.

Lo hace simulando el edificio y los sistemas de energía asociados cuando están expuestos a diferentes condiciones ambientales y de funcionamiento. El núcleo de la simulación es un modelo del edificio que se basa en principios fundamentales de equilibrio térmico. Dado que es relativamente insignificante el estado: "basado en los principios fundamentales del balance de calor", el modelo se describirá con mayor detalle en secciones posteriores de este documento junto con el código FORTRAN que se utiliza para describir el modelo. Resulta que el modelo en sí es relativamente simple en comparación con la organización de datos y el control que se necesita para simular la gran cantidad de combinaciones de tipos de sistemas, energía primaria, arreglos, horarios y ambientes de la planta. La siguiente sección muestra esta organización general en forma esquemática. (Engineering Reference, s. f.)

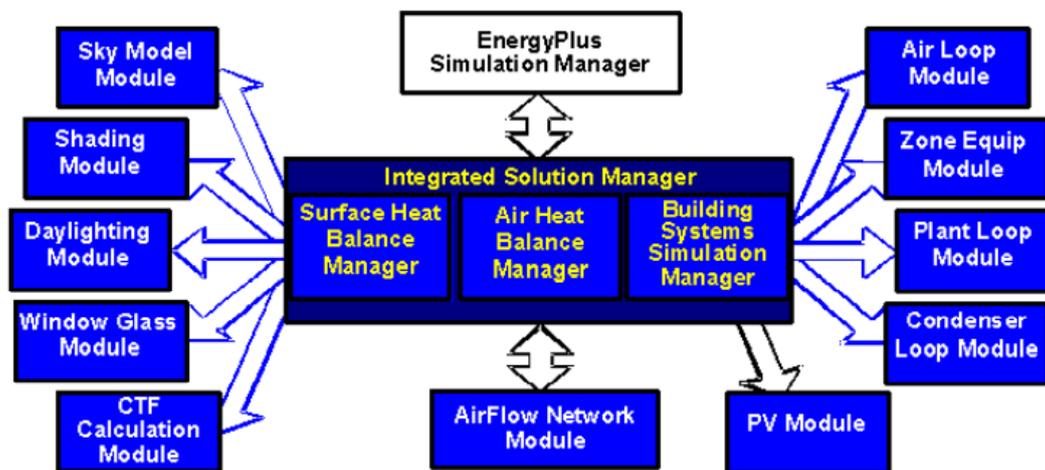


Figura 40. Esquema de funcionamiento del motor de simulación de EnergyPlus (Engineering Reference, s. f.)

4.4.2 Modelos de los sistemas

A continuación, vamos a exponer los sistemas que utilizaremos para la producción de ACS, con sus respectivas potencias y prestaciones que nos ofrecen. También indicaremos toda la información introducida en las hojas de simulación de EnergyPlus, las cuales se introducen en formato idf, que nos han permitido simular los diferentes sistemas ajustándose a las prestaciones que nos dan cada uno de ellos.

4.4.2.1 Sistema fototérmico con apoyo de calentador de gas

En este modelo utilizamos dos captadores, lo cual es suficiente para generar en todas las ciudades de las diferentes zonas climáticas un 60% de energía renovable, según nos indica el CTE-HE4 que es necesario en nuevas instalaciones. Cada uno de los captadores tiene un caudal

de agua de 100 litros por hora, que para introducirlo en EnergyPlus será de 0.00002777 m³/s. Los captadores están orientados hacia en sur y su inclinación depende de la latitud de la ciudad en la que se encuentre instalado el sistema. Como sistema de apoyo tenemos un calentador de gas con una potencia nominal de 19 kW.

Los datos clave que introducimos en EnergyPlus son los siguientes:

- STORAGE TANK
 - Tank volumen: 0.2m³
 - Maximum temperatura limit: 60°C
 - Setpoint temperatura: 45°C
 - DeltaC: 5
 - Maximum heating capacity: 0W
- INSTANTANEOUS WATER HEATER
 - Tank volumen: 0.00568m³
 - Maximum temperatura limit: 80°C
 - Setpoint temperatura: 45°C
 - DeltaC: 0
 - Maximum heating capacity: 19000W
- SolarCollector:FlatPlate:Water
 - Número captadores conectados en cada zona
 - A4 (Almería): 2
 - B3 (Valencia): 2
 - C2 (Barcelona): 2
 - C1 (Bilbao): 2
 - D3 (Madrid): 2
 - E1 (Burgos): 2
 - Maximum flow rate: 0,00002777 m³/s para colectores conectados
 - Maximum flow rate: 0,00000000001 m³/s para colectores no conectados
 - Inclinación captadores
 - A4 (Almería): 37
 - B3 (Valencia): 39
 - C2 (Barcelona): 41
 - C1 (Bilbao): 43
 - D3 (Madrid): 40
 - E1 (León): 42
 - Orientación captadores: SUR
- Temperatura ACS: 45°C (Hot Water Setpoint Temp Schedule)

4.4.2.2 Sistema fototérmico con apoyo de termo eléctrico

Para el siguiente modelo, tendremos el mismo número, caudal y la misma disposición en todo lo referente a los captadores solares. La única diferencia con el modelo anterior será que como sistema de apoyo utilizaremos un termo eléctrico con una potencia de 2400W y una capacidad de almacenaje de 200 litros.

En el EnergyPlus introduciremos los siguientes datos:

- STORAGE TANK
 - Tank volumen: 0.2m3
 - Maximum temperatura limit: 50°C
 - Setpoint temperatura: 45°C
 - DeltaC: 5
 - Maximum heating capacity: 0W
- INSTANTANEOUS WATER HEATER
 - Maximum temperatura limit: 80°C
 - Setpoint temperatura: 45°C
 - DeltaC: 0
 - Maximum heating capacity: 2400W
 - Tank volumen: 0.00568 m3
- SolarCollector:FlatPlate:Water
 - Número captadores conectados en cada zona
 - A4 (Almería): 2
 - B3 (Valencia): 2
 - C2 (Barcelona): 2
 - C1 (Bilbao): 2
 - D3 (Madrid): 2
 - E1 (Burgos): 2
 - Maximum flow rate: 0,00002777 m3/s para colectores conectados
 - Maximum flow rate: 0,00000000001 m3/s para colectores no conectados
 - Inclinación captadores
 - A4 (Almería): 37
 - B3 (Valencia): 39
 - C2 (Barcelona): 41
 - C1 (Bilbao): 43
 - D3 (Madrid): 40
 - E1 (León): 42
 - Orientación captadores: SUR
- Temperatura ACS: 45°C (Hot Water Setpoint Temp Schedule)

4.4.2.3 Termo eléctrico

Este modelo para la producción a agua caliente sanitaria se basa simplemente en un termo eléctrico, que es el utilizado anteriormente como sistema de apoyo. Tiene una potencia de 2400W y un depósito de 200 litros.

Los datos que determinan este sistema en EnergyPlus son:

- STORAGE TANK
 - Tank volumen: 0.2m3
 - Maximum temperatura limit: 50°C
 - Setpoint temperatura: 45°C

- DeltaC: 5
 - Maximum heating capacity: 2400W
- INSTANTANEOUS WATER HEATER (desconectado)
 - Maximum temperatura limit: 80°C
 - Setpoint temperatura: 45°C
 - DeltaC: 0
 - Maximum heating capacity: 0W
- SolarCollector:FlatPlate:Water (desconectados los colectores)
 - Maximum flow rate: 0,00000000001 m3/s para todos los colectores
- Temperatura ACS: 45°C (Hot Water Setpoint Temp Schedule)

4.4.2.4 *Termo eléctrico con fotovoltaica*

Este modelo incorpora una instalación fotovoltaica para alimentar a un termo eléctrico, y que este produzca el ACS. Simplemente bastaría con coger los resultados del apartado anterior y restar al consumo del termo, la producción fotovoltaica obtenida con la instalación.

La instalación fotovoltaica y los datos a introducir en el EnergyPlus para simular la producción eléctrica en cada zona climática, se explican en el último apartado.

4.4.2.5 *Calentador de gas*

En este modelo utilizamos un calentador de gas para la producción de agua caliente sanitaria. El calentador tendrá una potencia de 19 kW. Este es un calentador de paso, por lo que no tendrá un depósito donde el agua se calienta, sino un pequeño caudal de unos 5 litros que se acumula a su paso por el quemador.

Los datos que introducimos en EnergyPlus son:

- STORAGE TANK
 - Tank volumen: 0.2m3
 - Maximum temperatura limit: 60°C
 - Setpoint temperatura: 45°C
 - DeltaC: 5
 - Maximum heating capacity: 0W
- INSTANTANEOUS WATER HEATER
 - Maximum temperatura limit: 80°C
 - Setpoint temperatura: 45°C
 - DeltaC: 0
 - Maximum heating capacity: 19000W
- SolarCollector:FlatPlate:Water (DESCONECTADOS)
 - Maximum flow rate: 0,00000000001 m3/s para colectores no conectados
- Temperatura ACS: 45°C (Hot Water Setpoint Temp Schedule)

4.4.2.6 Bomba de calor

Para el siguiente modelo utilizaremos una bomba de calor aerotérmica, la cual trabajará con un depósito de 200 litros, una capacidad de calentamiento de 2000W y un COP (*Coefficient of Performance*) igual a 3'2. Estas bombas son consideradas como energías renovables, debido a que el calor absorbido en el evaporador proviene del aire exterior, pero igualmente hacen uso de energía eléctrica de la red para alimentar el compresor.

En EnergyPlus, introducimos los siguientes datos:

- Temperatura mínima trabajo Bdc: 10°C
- COP: 3.2
- STORAGE TANK
 - Tank volumen: 0.2m3
 - Maximum temperatura limit: 80°C
 - Setpoint temperatura: 45°C
 - DeltaC: 5
 - Maximum heating capacity: 2000W
- Temperatura ACS: 45°C (Hot Water Setpoint Temp Schedule)

4.4.2.7 Bomba de calor con fotovoltaica

Este modelo incorpora una instalación fotovoltaica para alimentar a una bomba de calor, encargada de producir el ACS. Simplemente bastaría con coger los resultados del apartado anterior y restar al consumo del termo, la producción fotovoltaica obtenida con la instalación.

La instalación fotovoltaica y los datos a introducir en el EnergyPlus para simular la producción eléctrica en cada zona climática, se explican en el siguiente apartado.

4.4.2.8 Fotovoltaica

Para simular el modelo fotovoltaico, solamente tendremos en cuenta la producción eléctrica, y no el ACS. Para producir el ACS, simplemente alimentaremos los dos sistemas anteriormente nombrados con la producción obtenida.

En este modelo, variará el número de placas fotovoltaicas según la zona climática en la que tengamos la instalación. En Almería, con 3 placas tendremos bastante para cumplir con el 60% de demanda renovable que se nos pide en el CTE-HE4(*DccHE.pdf*, s. f.). En cambio, para Barcelona, Madrid y Valencia necesitaremos 4 placas para cumplir este objetivo y para Bilbao y León, se necesitarán hasta 5 paneles. Estos paneles se orientan de igual forma que los fototérmicos, hacia el sur, y la inclinación depende en la misma medida de la latitud. La potencia pico de cada uno de los paneles es de 445W.

Los datos que tenemos que completar en EnergyPlus son:

- Número captadores
 - A4 (Almería): 3
 - B3 (Valencia): 4
 - C2 (Barcelona): 4
 - C1 (Bilbao): 5
 - D3 (Madrid): 4
 - E1 (León): 5
- Inclinación captadores
 - A4 (Almería): 37
 - B3 (Valencia): 39
 - C2 (Barcelona): 41
 - C1 (Bilbao): 43
 - D3 (Madrid): 40
 - E1 (León): 42
 - Orientación captadores: SUR
- Potencia pico captadores: 445W x nº de paneles

5 RESULTADOS

En los siguientes apartados analizaremos los datos obtenidos a través de la simulación de los sistemas en las diferentes zonas climáticas con el programa de simulación energética EnergyPlus. Para analizar de forma correcta y exhaustiva todos los datos obtenidos, dividiremos el estudio en tres grandes grupos que nos permitirán valorar desde cada una de las perspectivas el rendimiento de cada uno de los sistemas.

5.1 ANÁLISIS ENERGÉTICO

En este apartado se analizará el consumo energético, con la ayuda de diversas gráficas y tablas de cada uno de los sistemas y se presentará un esquema de funcionamiento semanal de los equipos que utilizan energías renovables, para ver la alternancia entre energías renovables y no renovables utilizadas y así, ver cómo actúan frente a los picos de consumo en los dos tipos de perfiles de demanda.

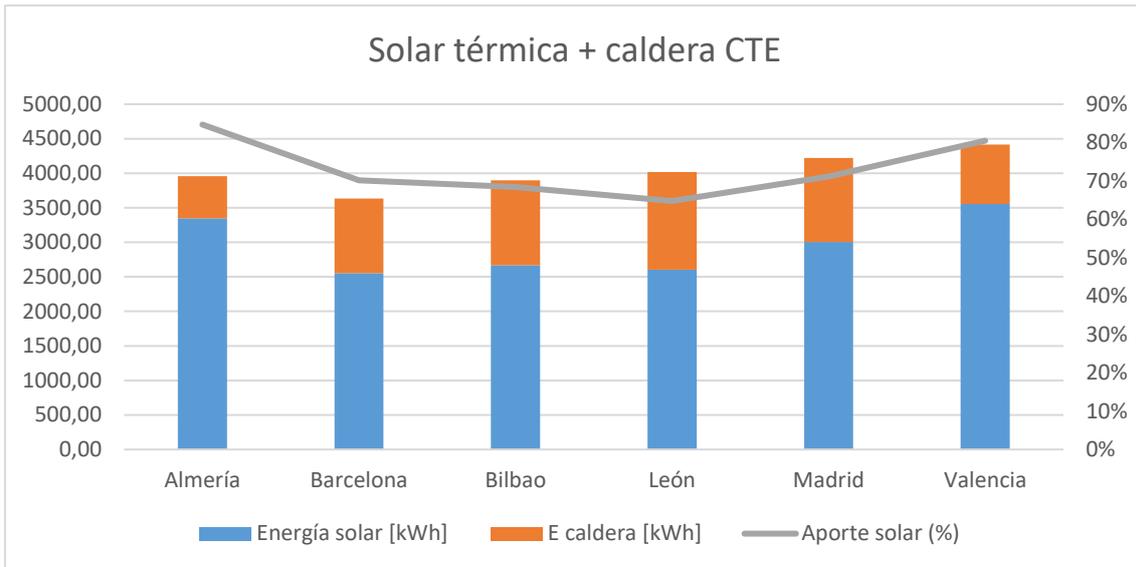
5.1.1 Sistema fototérmico con apoyo de calentador de gas

	Solar térmica + caldera de gas			
	E final AGUA [kWh]	Energía solar [kWh]	E caldera [kWh]	Aporte solar (%)
Almería	3955,27	3349,48	605,79	85%
Barcelona	3634,22	2550,24	1083,98	70%
Bilbao	3897,89	2665,45	1232,45	68%
León	4018,77	2602,70	1416,07	65%
Madrid	4221,92	3004,20	1217,71	71%
Valencia	4417,48	3555,48	862,00	80%

Tabla 3. Consumo según horario de demanda CTE-HE4

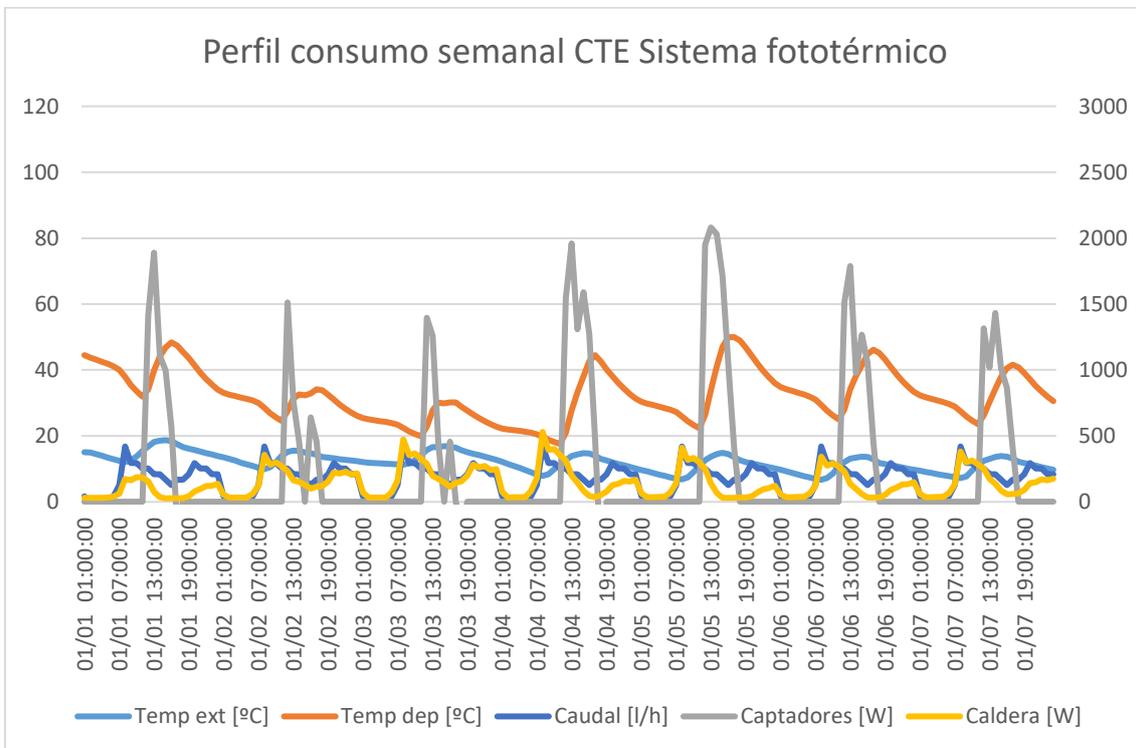
Como puede observarse en la tabla 3, aquellas ciudades en las que existe mayor aporte solar durante el año son las que mayor radiación tienen por metro cuadrado, Almería y Valencia, que tienen un 85% y un 80%. Sin embargo, las ciudades con menor aporte solar tampoco tienen poca cantidad y bastará con creces para cumplir con los requisitos del CTE-HE4 para edificios de nueva construcción. (*DccHE.pdf*, s. f.)

A continuación, se representa de forma gráfica la energía que se utiliza para calentar el agua, en azul se indica el aporte hecho por la instalación termosolar y de color naranja el apoyo hecho por la caldera para cumplir las condiciones de demanda expresado en kWh. También se puede ver el aporte solar.



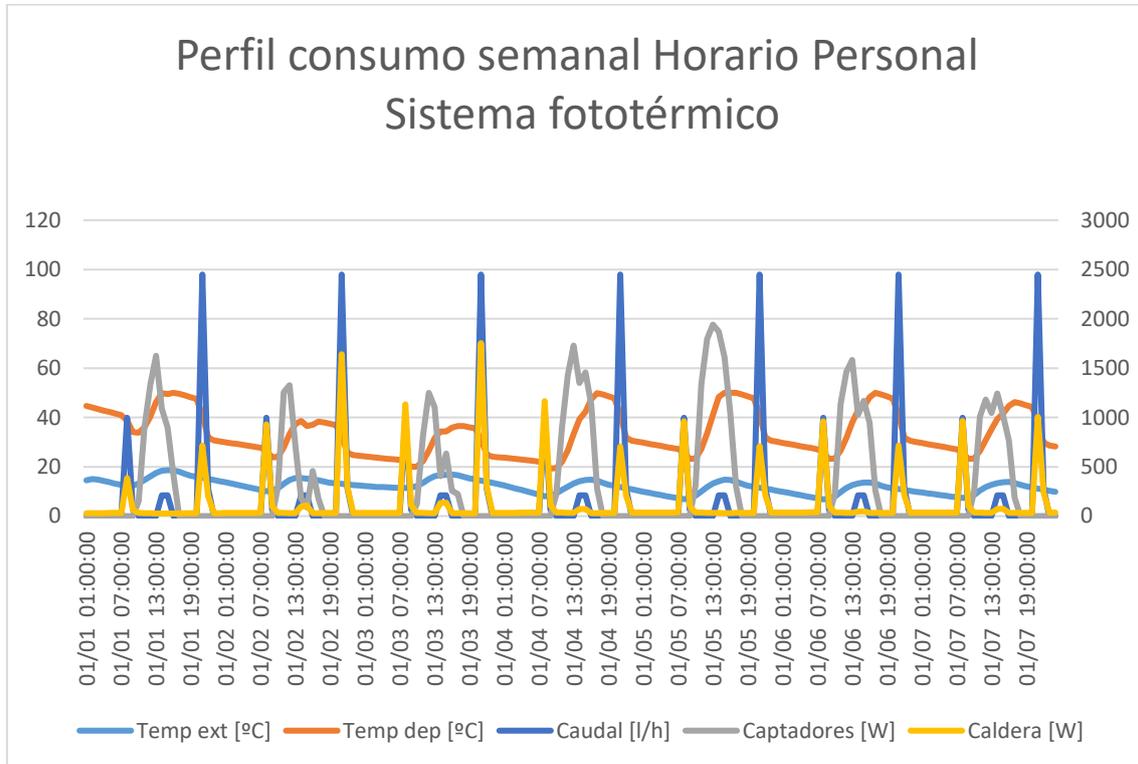
Gráfica 7. Producción fototérmica + caldera

Siguiendo con el análisis del sistema fototérmico, pasamos a analizar las gráficas que representan el consumo semanal. En primer lugar, se verá como se produce la demanda y como responde el equipo de ACS en el perfil de consumo según el CTE-HE4 y luego según el perfil de consumo personal. Además, compararemos una semana de demanda en invierno y en verano para ver las diferencias de producción. Se utilizarán las gráficas de consumo en la ciudad de Valencia, debido a que se podrá apreciar mejor la diferencia entre invierno y verano.



Gráfica 8. Esquema de consumo semanal según CTE en invierno

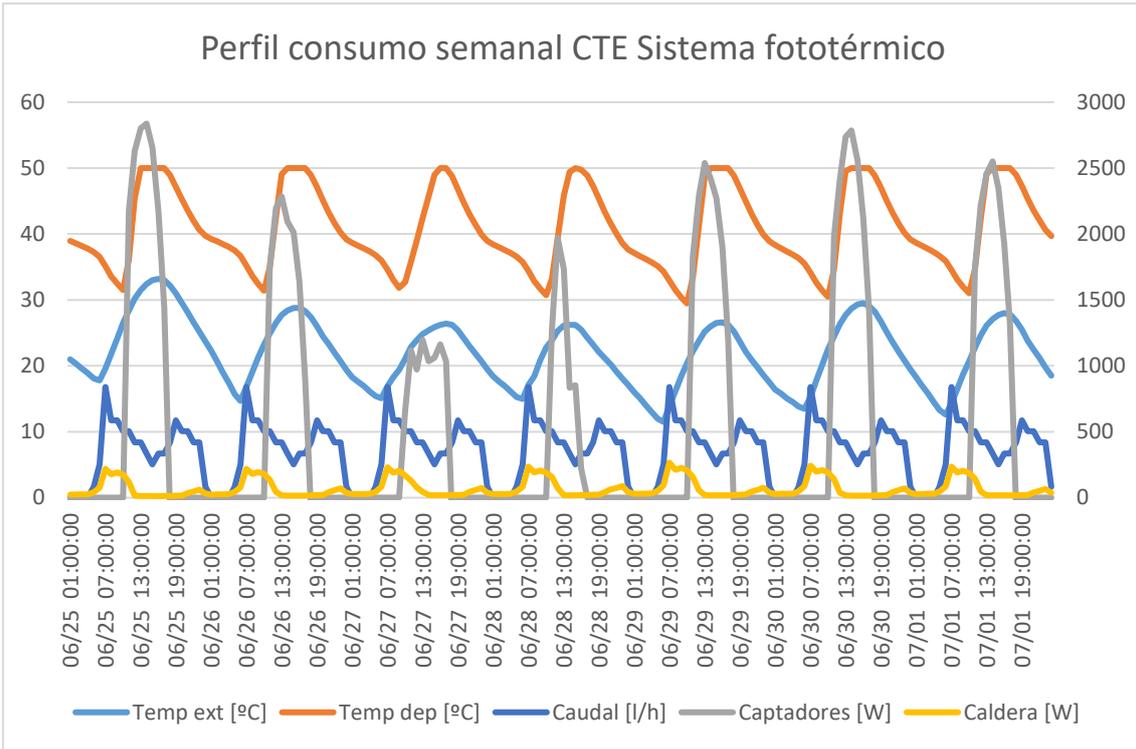
En color gris se puede ver la producción de los captadores, que se sitúa en las horas de la mañana y el mediodía, la cual hace subir la temperatura del depósito. La temperatura del depósito va disminuyendo desde su pico en la mañana para abastecer el caudal, que es permanente y va variando durante todo el día. Se puede observar que la caldera se activa cuando no tenemos generación de calor en los paneles termosolar y sirve de apoyo al sistema.



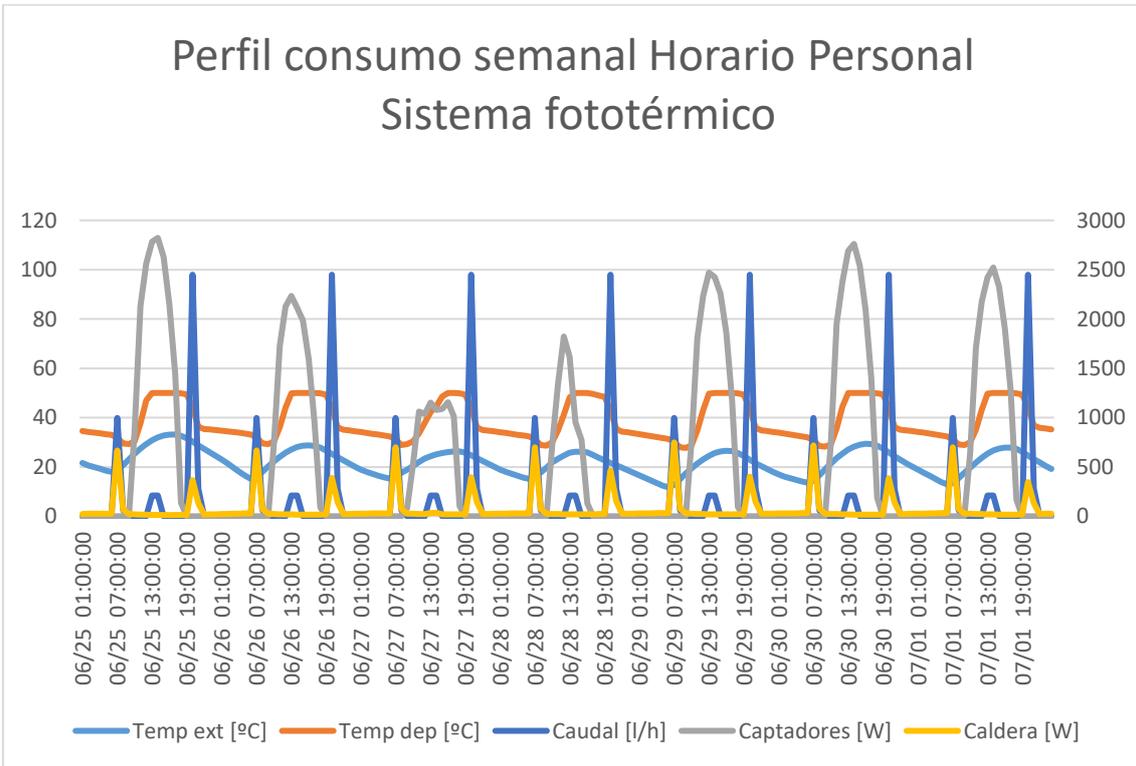
Gráfica 9. Esquema de consumo semanal según horario propio invierno

En cambio, si lo comparamos con el horario que se ha estudiado, se puede ver que los picos de demanda representados en azul son más puntuales, pero tienen una demanda mucho mayor y acuciada. Se ve que tenemos un pequeño pico de demanda por la mañana antes de que haya producción solar, por lo que interviene la caldera. Y por la noche tenemos el pico más grande, el cual necesita de la intervención de la caldera como apoyo y también se aprecia una bajada significativa en la temperatura del depósito.

Finalmente, si se observan las gráficas 10 y 11 se puede ver la diferencia de producción fototérmica entre el verano y el invierno. Mientras que en invierno produce picos de alrededor de 2000W como máximo, en verano pueden llegar casi a los 3000W. De esta manera, la caldera se utiliza bastante menos ya que el apoyo no es necesario. Esto se puede ver muy claramente comparando las gráficas 9 y 11, en las que, en el pico de demanda de la tarde, nos requiere un gran apoyo de la caldera en invierno con implicaciones superiores a 1000W y, sin embargo, en verano no llegan a los 500W.



Gráfica 10. Esquema de consumo semanal según CTE verano



Gráfica 11. Esquema de consumo semanal según horario propio verano

5.1.2 Sistema fototérmico con apoyo de termo eléctrico

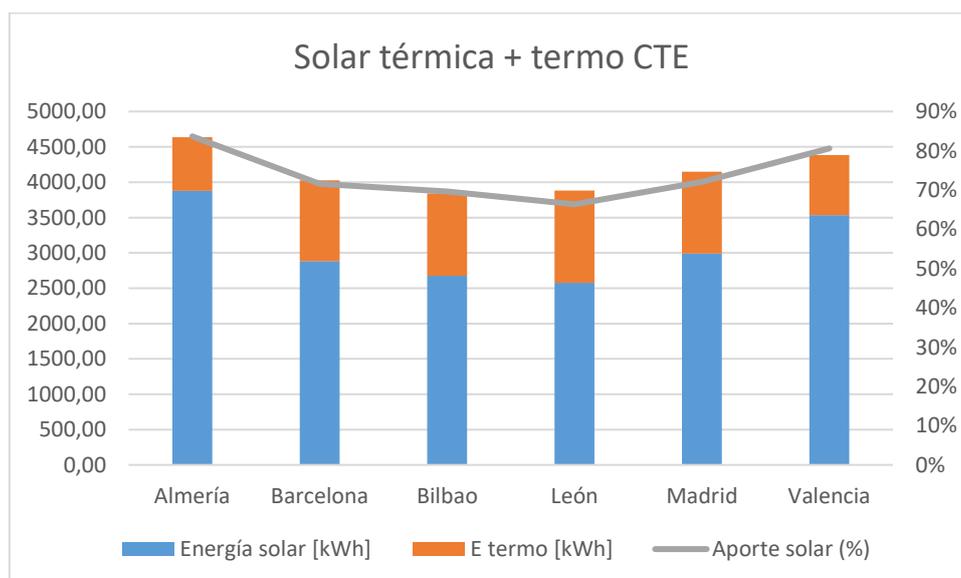
Solar térmica + termo eléctrico				
	E final AGUA [kWh]	Energía solar [kWh]	E termo [kWh]	Aporte solar (%)
Almería	4635,08	3877,76	757,33	84%
Barcelona	4025,23	2881,80	1143,43	72%
Bilbao	3842,04	2675,70	1166,34	70%
León	3879,92	2575,19	1304,73	66%
Madrid	4148,82	2991,46	1157,36	72%
Valencia	4381,62	3532,01	849,61	81%

Tabla 4. Consumo según horario de demanda CTE-HE4

Cuando cambiamos el sistema de apoyo, se puede ver que no varía mucho el porcentaje de aporte solar respecto a el apartado anterior. Se tienen grandes cantidades de aporte solar que permiten al sistema cumplir las especificaciones de demanda renovable. Si vemos la tabla de consumo respecto al horario según la demanda propia, se observa que no existe gran diferencia entre ellos, solo que el aporte solar es ligeramente mayor.

Solar térmica + termo eléctrico				
	E final AGUA [kWh]	E producida [kWh]	E termo [kWh]	Aporte solar (%)
Almería	4909,04	4128,32	780,72	84%
Barcelona	4089,18	3074,18	1015,00	75%
Bilbao	3889,05	2860,90	1028,15	74%
León	3867,69	2764,29	1103,40	71%
Madrid	4216,25	3203,45	1012,80	76%
Valencia	4604,51	3770,86	833,65	82%

Tabla 5. Consumo según horario propio de demanda



Gráfica 12. Producción fototérmica + termo

El esquema de consumo semanal no se adjunta debido a que es prácticamente igual que el del sistema fototérmico con apoyo del calentador de gas.

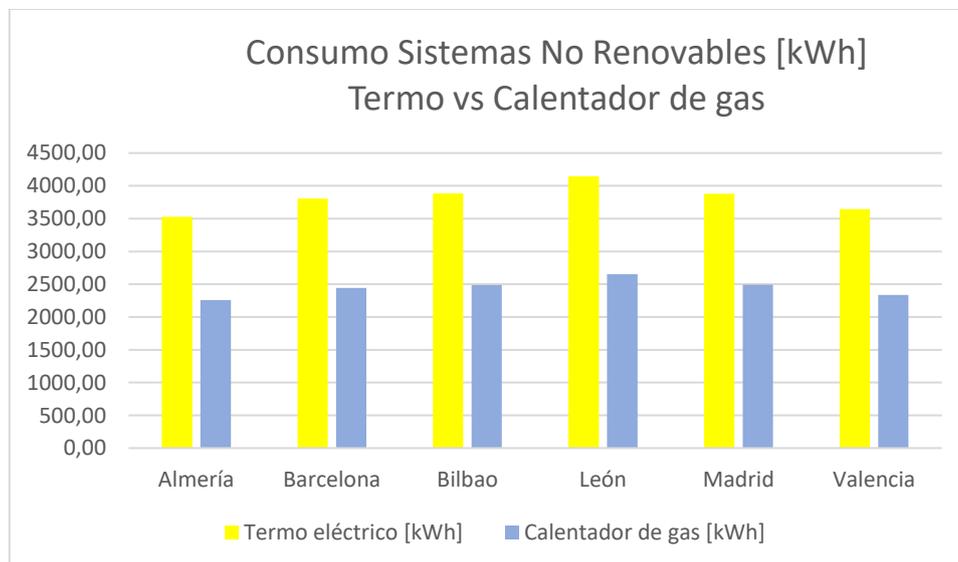
5.1.3 Termo eléctrico y calentador de gas

Los sistemas mencionados se exponen conjuntamente, debido a que son los únicos que no utilizan ningún tipo de energías renovables. Estos no cumplirían con el Código Técnico de la Edificación en la Sección HE4, en la que se pide que los edificios de nueva construcción deben abastecer su demanda de ACS en un 60% por medio de energías renovables, para consumos menores de 5000 litros por día. Por lo tanto, supondremos que los sistemas se instalarán en un edificio ya existente sobre el que no se aplique la norma.

	Termo eléctrico [kWh]	Calentador de gas [kWh]
Almería	3526,22	2259,53
Barcelona	3804,01	2443,93
Bilbao	3882,49	2488,68
León	4146,37	2650,32
Madrid	3877,26	2493,43
Valencia	3645,99	2334,28

Tabla 6. Tabla de consumo Termo vs. Calentador

En la tabla se aprecia que el consumo del termo es mucho más elevado que el del calentador de gas, esto se debe a que es más difícil transmitir calor a través de una resistencia eléctrica que a partir de la combustión de un gas. En ambos casos, se ve que en las ciudades donde tenemos una media inferior de temperaturas, son las que mayor producción de ACS necesitan, debido a que, en las más cálidas, la temperatura del agua de red parte con una ventaja en la ganancia de temperatura al ser ya mayor.



Gráfica 13. Consumo termo vs calentador

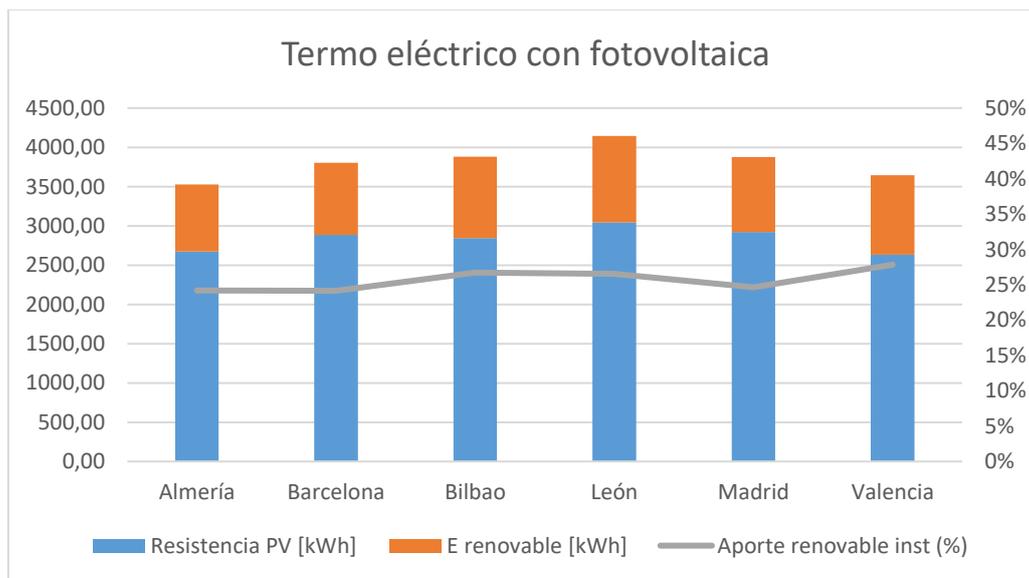
En la gráfica se puede ver más claramente las diferencias en la demanda energética para poder suministrar agua caliente sanitaria a 45°C por medio de ambos sistemas. No se incluye el esquema de consumo semanal, ya que lo interesante de dicha gráfica es ver la alternancia entre energías renovables y no renovables, y estos dos sistemas en cuestión no utilizan energías renovables.

5.1.4 Termo eléctrico con fotovoltaica

	Termo eléctrico PV					
	Consumo energético [kWh]	Resistencia PV [kWh]	E renovable [kWh]	Aporte renovable inst(%)	E producida HE4 [kWh]	Aporte renovable HE4 (%)
Almería	3526,22	2673,34	852,88	24%	2180,30	62%
Barcelona	3804,01	2885,45	918,56	24%	2365,86	62%
Bilbao	3882,49	2844,53	1037,96	27%	2839,28	73%
León	4146,37	3045,14	1101,24	27%	2876,41	69%
Madrid	3877,26	2921,38	955,88	25%	2461,25	63%
Valencia	3645,99	2630,90	1015,09	28%	2745,38	75%

Tabla 7. Demanda y aporte del termo eléctrico

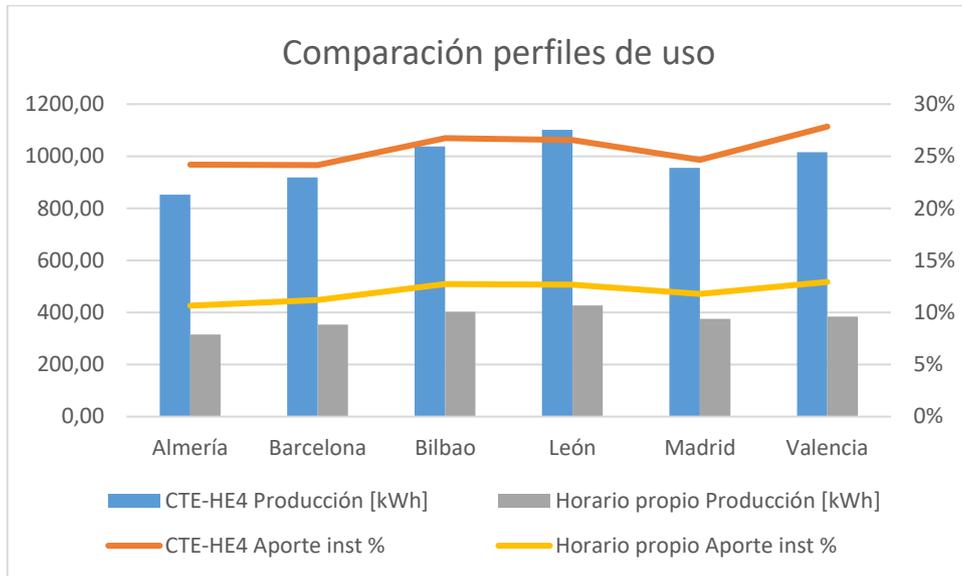
Para el análisis del termo eléctrico alimentado parcialmente con una instalación fotovoltaica, diferenciamos dos tipos de aporte. El aporte instantáneo es el que se puede utilizar en el momento de su producción, es decir, en el momento en que se produce la energía fotovoltaica hay demanda de ACS. El aporte renovable HE4 es el que se nos pide cumplir, garantizando un aporte del 60% de energía renovable. Este supone la producción total fotovoltaica sobre el consumo energético del sistema de producción de ACS. La diferencia entre el HE4 y el instantáneo, es el excedente que se devuelve a la red eléctrica a cambio de una compensación económica. Para la instalación fotovoltaica se han colocado el número de paneles necesario para cumplir con el 60% del aporte renovable, por lo que Almería, que es la zona con mayor radiación, tiene menor porcentaje que León. Las instalaciones tienen el siguiente número de paneles: 3 paneles (Almería), 4 paneles (Barcelona, Madrid, Valencia) y 5 paneles (Bilbao, León). En la gráfica 14 se muestra la demanda que tiene el termo eléctrico y como se llega a abastecer.



Gráfica 14. Demanda termo eléctrico y abastecimiento

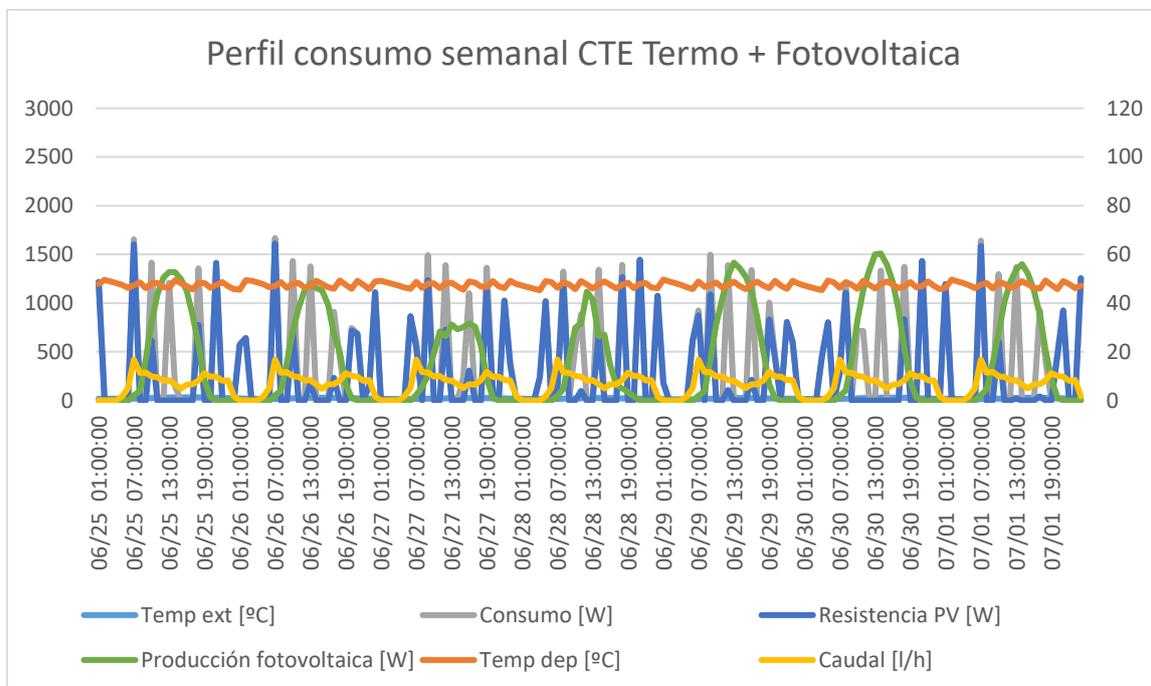
En este apartado también es interesante comparar los dos perfiles de demanda, ya que al utilizar el aporte instantáneo y tener dos demandas diferentes, el porcentaje variará según si

coincide la producción fotovoltaica con la demanda de ACS. Se puede ver que, según el horario de uso del ACS, el resultado puede cambiar drásticamente doblando en todos los casos la producción útil.



Gráfica 15. Comparación perfiles de uso

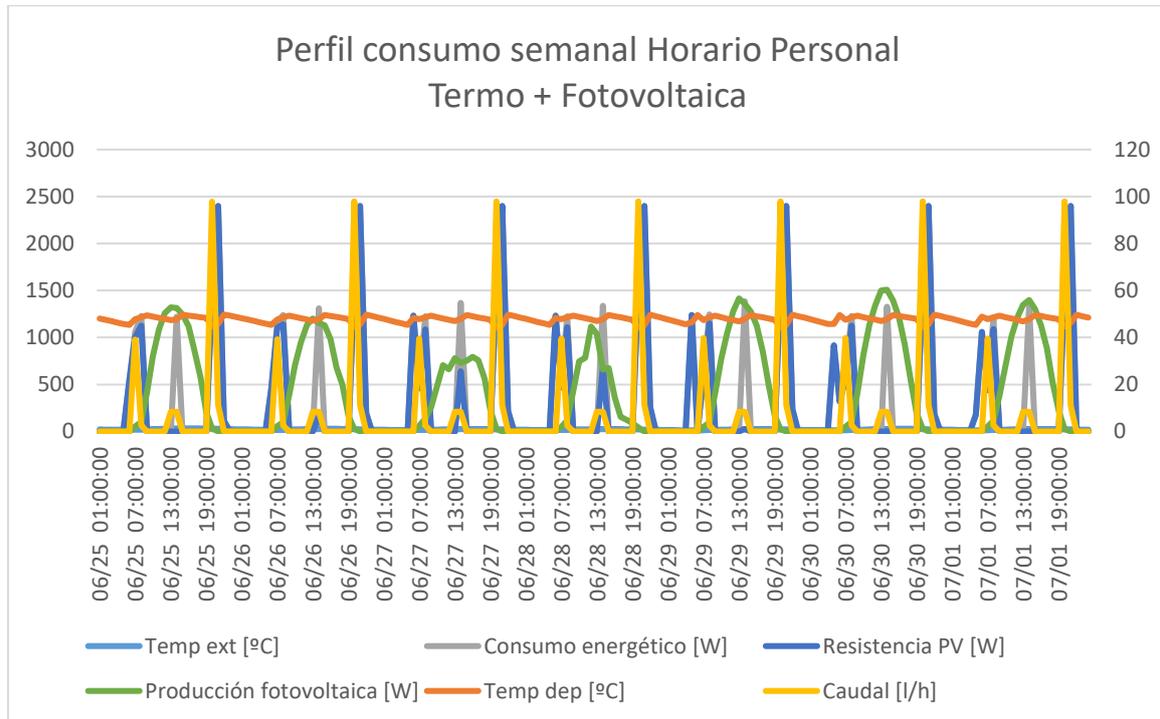
Con el fin de ver más claramente las razones de estas diferencias, se estudiará la gráfica donde se representa la demanda semanal para ambos casos. Se utilizarán las gráficas en la ciudad de Valencia, debido a que es la que mayor producción fotovoltaica tiene y se hará en una semana de verano para maximizar la producción y ver los efectos con más nitidez.



Gráfica 16. Esquema de consumo semanal según CTE

Como se puede ver en ver en la gráfica 16, la resistencia fotovoltaica actúa exclusivamente cuando no se tiene producción suficiente para abastecer el consumo de ACS. Cuando existe producción, los picos de la resistencia son prácticamente inexistentes. En cambio, la mayoría

de la demanda en el perfil de uso según el horario propio se concentra a una hora en la que no se está produciendo electricidad, entre las 8 y las 9 (Tabla 2. Consumo según estudio propio). Esta es la razón por la cual obtenemos un aporte de energía fotovoltaica tan bajo.



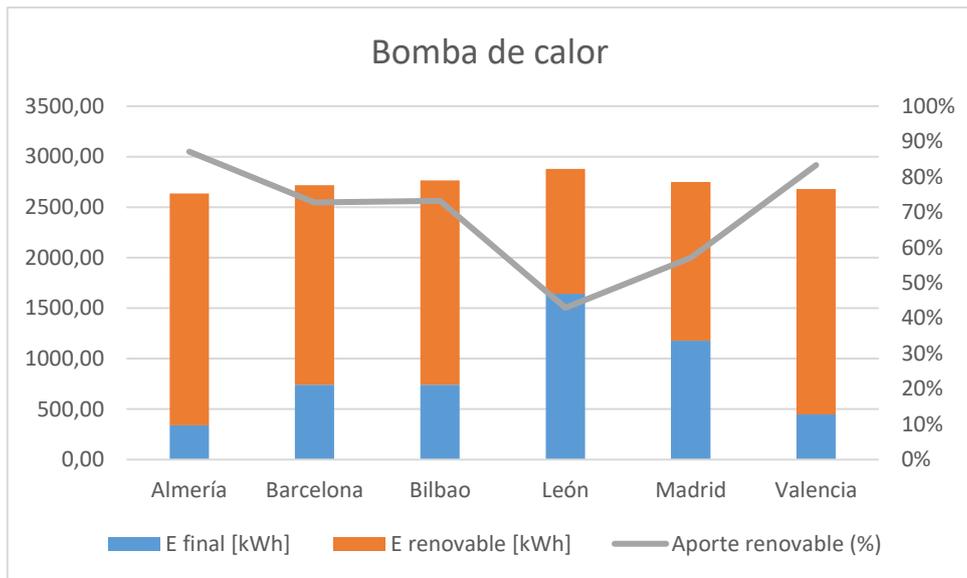
Gráfica 17. Esquema de consumo semanal según horario propio

5.1.5 Bomba de calor

	Bomba de calor			
	E final AGUA [kWh]	E final [kWh]	E renovable [kWh]	Aporte renovable (%)
Almería	2635,14	339,30	2295,84	87%
Barcelona	2717,06	740,70	1976,36	73%
Bilbao	2765,57	741,33	2024,23	73%
León	2879,48	1642,66	1236,82	43%
Madrid	2749,17	1177,88	1571,29	57%
Valencia	2680,79	446,64	2234,15	83%

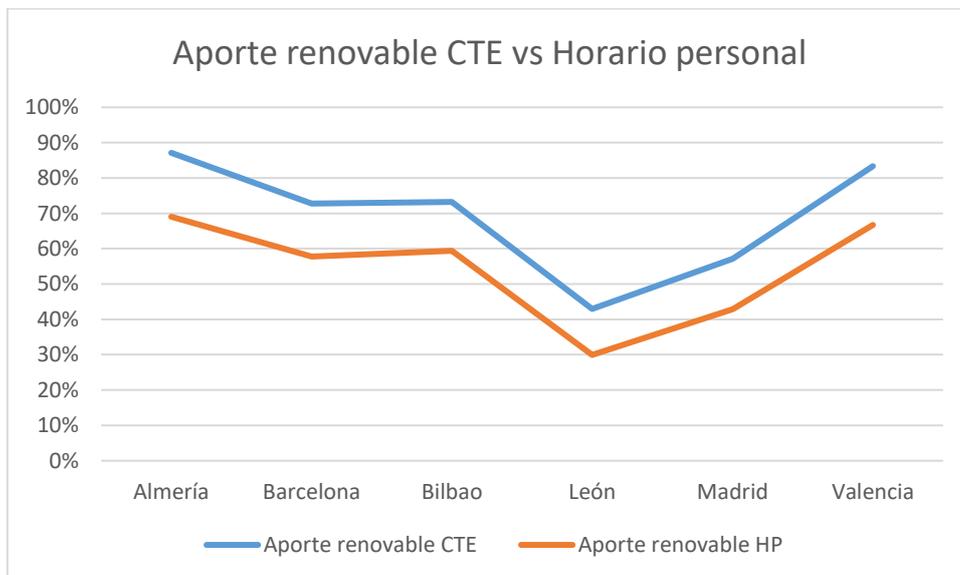
Tabla 8. Producción bomba de calor CTE

En la tabla 8 se puede ver que la bomba de calor es mucho más eficiente en climas con temperaturas más elevadas. Esto se debe a que el refrigerante, intercambia calor con el aire exterior, y si este está a mayor temperatura, absorberá mucho más calor para transferirlo al agua de consumo. Se puede ver más claramente en la gráfica 18.



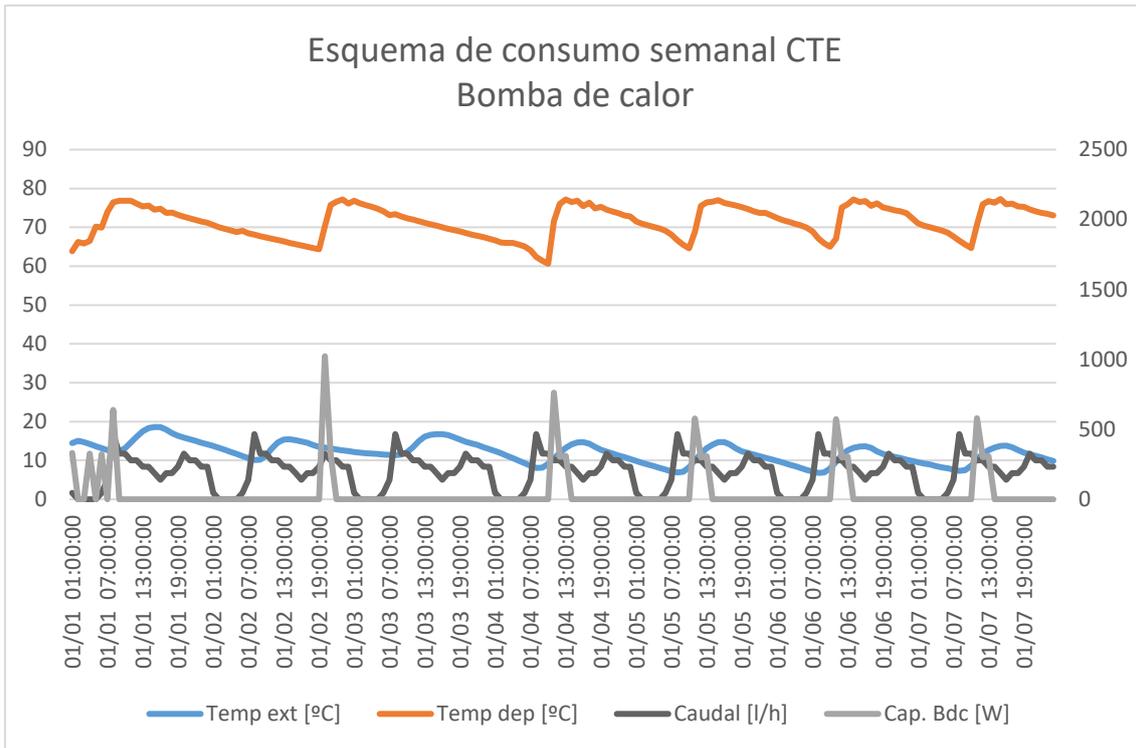
Gráfica 18. Producción bomba de calor CTE

Si se comparan los diferentes perfiles de consumo que se están estudiando, se puede observar una disminución del aporte solar en cada una de las ciudades. La razón por la que esto sucede es porque las horas en las que se produce la mayor parte de demanda en el horario personal, son horas en que la producción de ACS es más costosa.



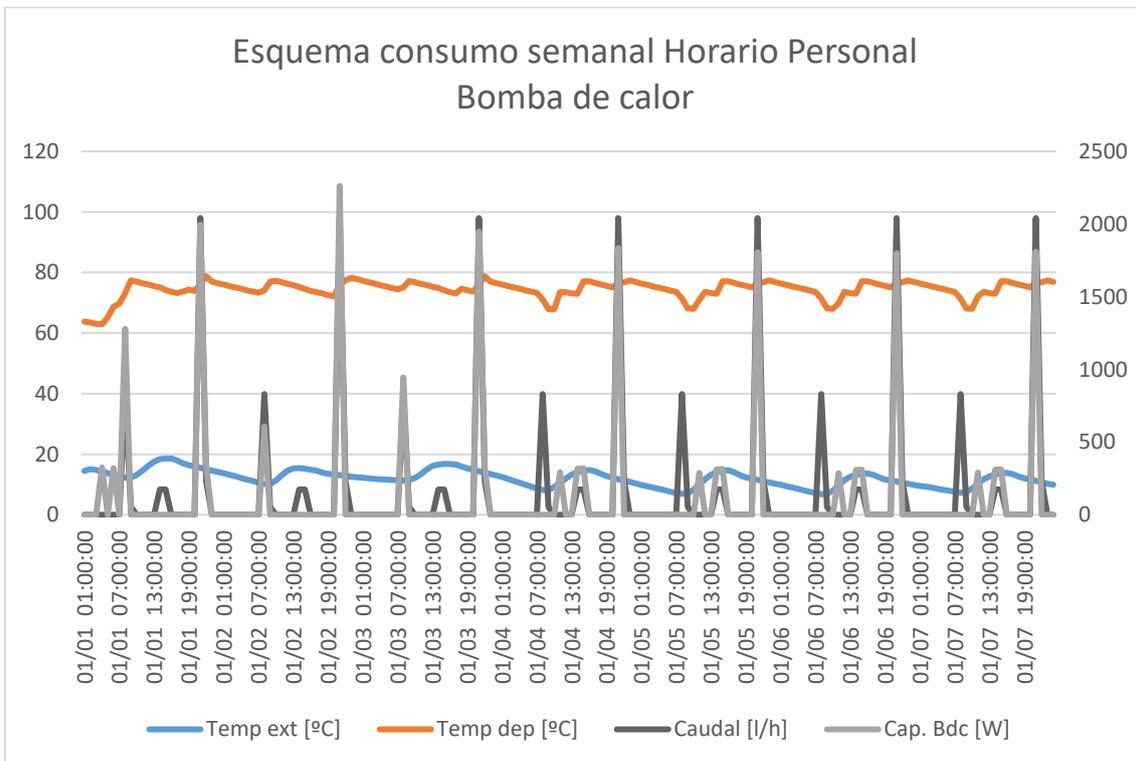
Gráfica 19. Aporte renovable en los perfiles de demanda

Siguiendo con el análisis de la bomba de calor, pasamos a estudiar el esquema de uso semanal en cada uno de los perfiles. La ciudad elegida para hacer el estudio será de nuevo Valencia, ya que es una de las que mejor rendimiento ofrece para la bomba de calor, debido a sus condiciones climatológicas. En el esquema de consumo según el horario del CTE, vemos que el caudal evoluciona a lo largo del día, sin tener ningún pico muy marcado. La bomba de calor se enciende para subir la temperatura del depósito cuando es necesario y no bajar de los 60°C. Incluso se puede ver que, durante los primeros días, la bomba no se enciende en la misma frecuencia que posteriormente, ya que el depósito tiene la capacidad de abastecer la demanda con el agua previamente calentada.



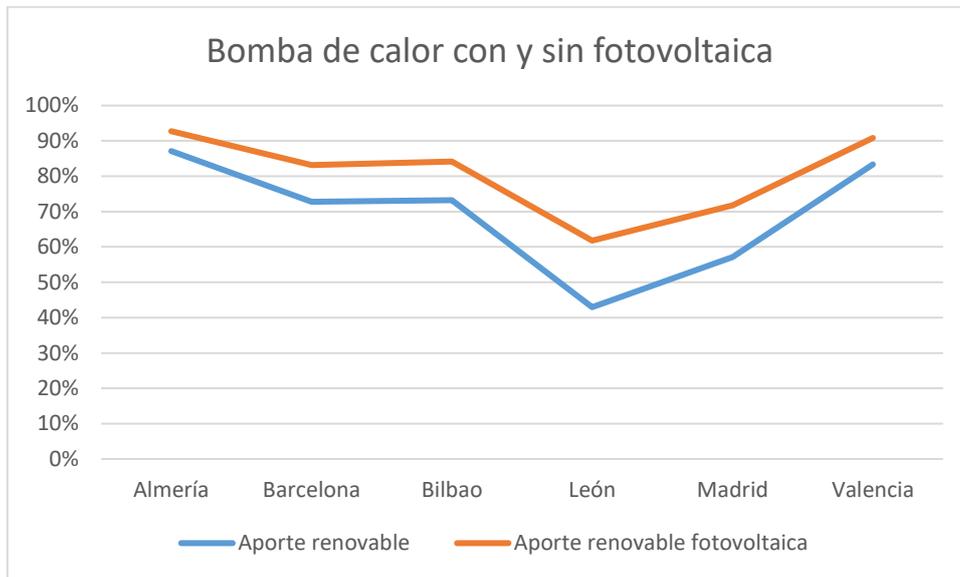
Gráfica 20. Esquema de consumo semanal según CTE

En cambio, si hacemos un pequeño estudio del horario personal, nos encontramos con que la demanda de caudal está tan concentrada, que para abastecer el consumo de agua caliente sanitaria, se necesita utilizar la bomba de calor cada vez que estos picos de demanda aparecen y no se puede depender simplemente del agua del depósito previamente calentada.



Gráfica 21. Esquema de consumo semanal según horario personal

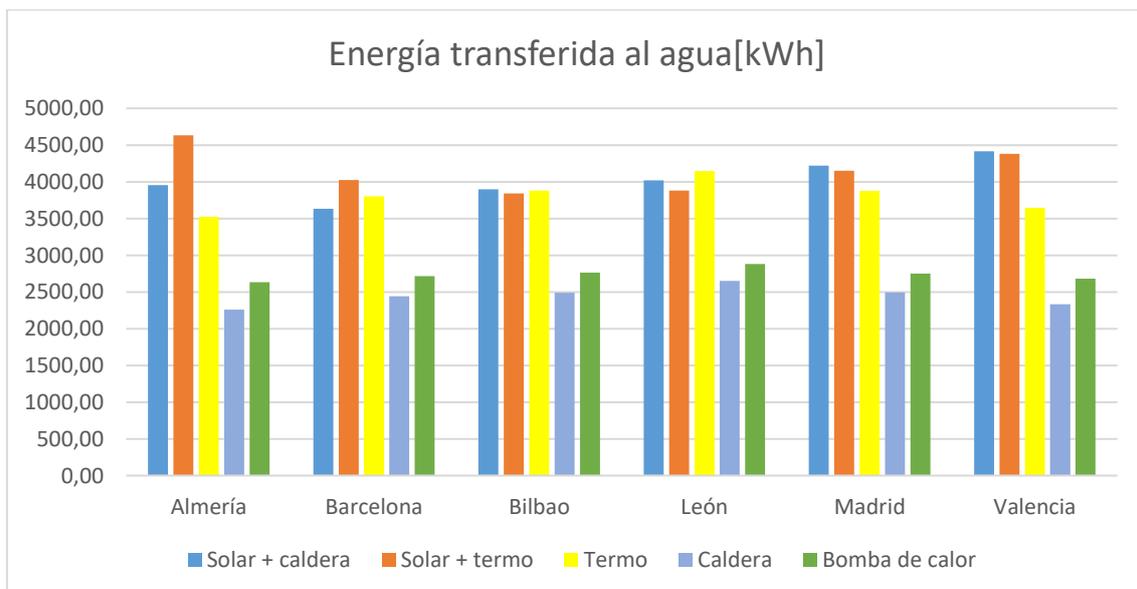
5.1.6 Bomba de calor con fotovoltaica



Gráfica 22. Comparación bomba de calor con fotovoltaica

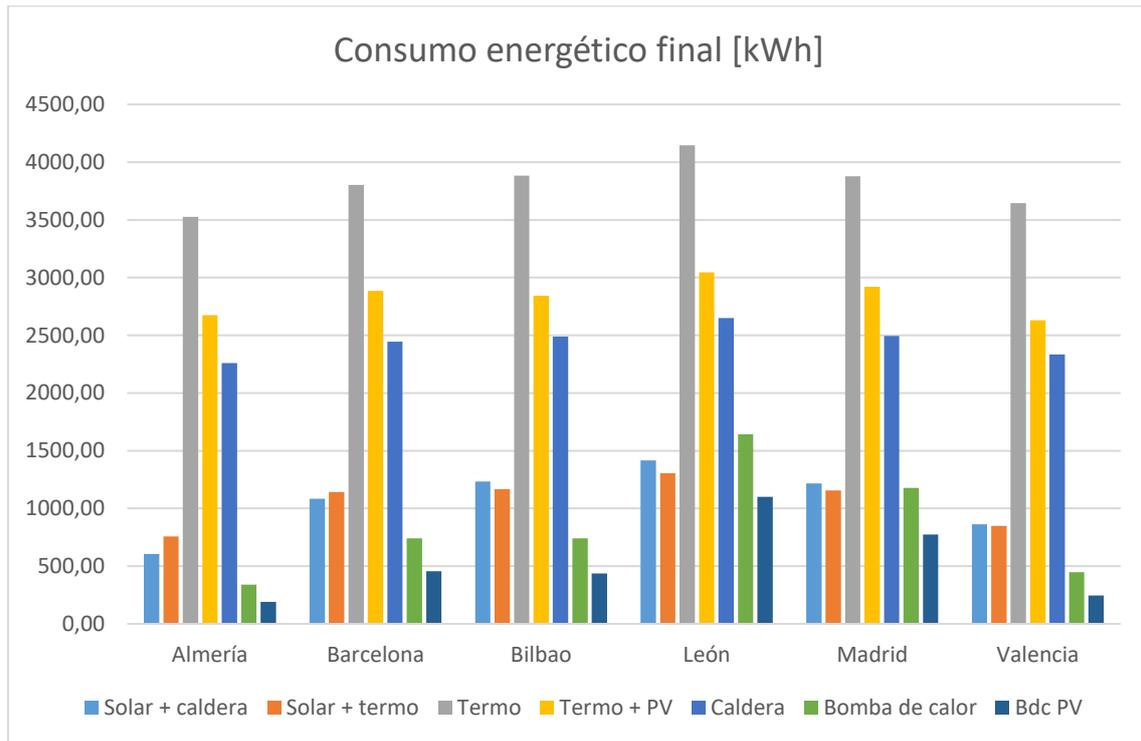
En la gráfica 22, se puede ver que, al alimentar la bomba de calor con una instalación fotovoltaica, aumenta considerablemente el aporte fotovoltaico en ciudades donde era bastante menor, como León o Madrid. En ciudades que ya tenían un buen rendimiento, el aumento de rendimiento es menor, debido a que ya era próximo al 100%. Por lo tanto, como veremos más adelante, generalmente no nos compensará económicamente acompañar una bomba de calor con una instalación fotovoltaica.

5.1.7 Resumen producción



Gráfica 23. Energía transferida al agua

En la gráfica 23, se muestra la cantidad de energía que necesitamos para llevar el agua de consumo a las condiciones de uso que deseamos para el agua caliente sanitaria. Será también, la cantidad de energía que aporta cada uno de los sistemas al agua. Sin embargo, no toda la energía utilizada para este fin será consumida de la red. En la gráfica 24, veremos el consumo de cada uno de los sistemas utilizado para la producción de ACS, con energía no renovable, es decir, electricidad o gas natural. Si observamos con atención, podremos ver la gran semejanza que guarda con la emisión de CO2 (Gráfica 25. Emisiones de CO2 según horario de demanda CTE-HE4) y con el coste de la producción energética (Gráfica 28. Coste de la producción energética según CTE), que se expondrán en los siguientes apartados.



Gráfica 24. Consumo energético final

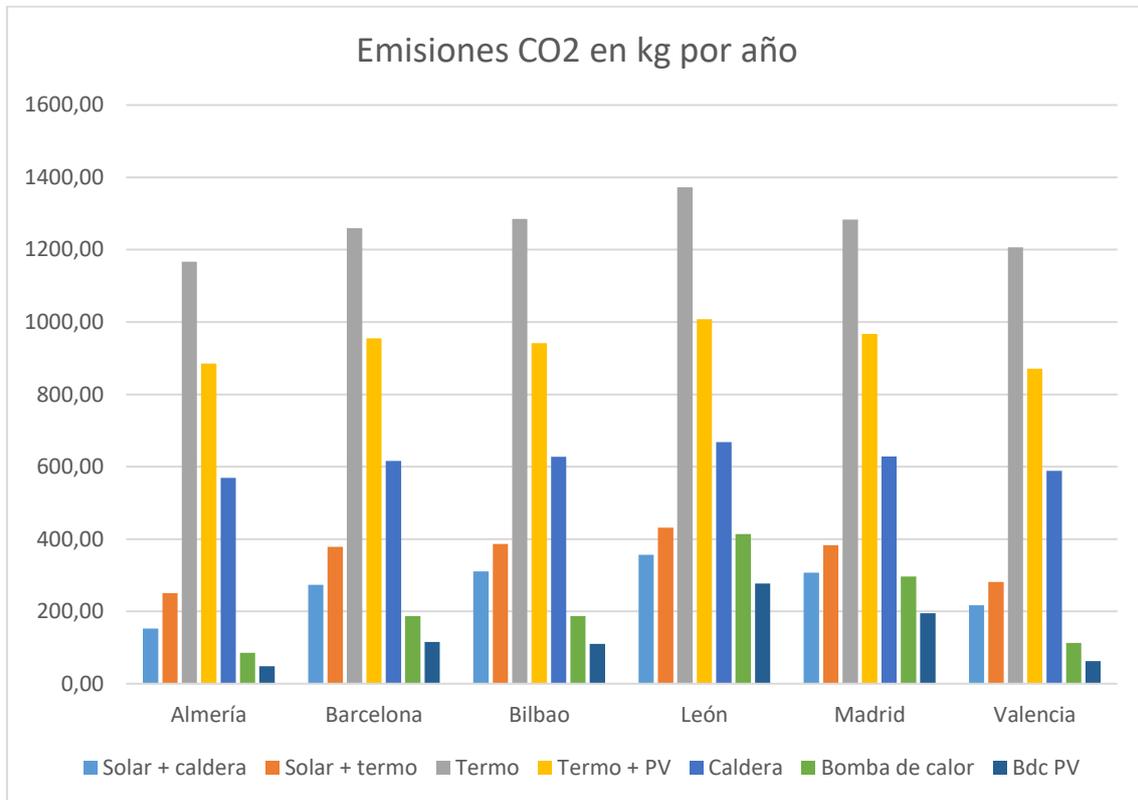
5.2 ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL

Para el análisis medioambiental, se medirá el impacto de la contaminación de cada uno de los equipos a partir de los kilos de CO2 expulsados al ambiente anualmente. Estas emisiones van ligadas íntimamente a la producción de energía no renovable, ya que mediante la producción renovable no se emite CO2.

	kg CO2 emitidos anualmente						
	Solar + caldera	Solar + termo	Termo	Termo + PV	Caldera	Bomba de calor	Bdc PV
Almería	152,66	250,68	1167,18	884,88	569,40	85,50	48,20
Barcelona	273,16	378,47	1259,13	955,08	615,87	186,66	115,29
Bilbao	310,58	386,06	1285,11	941,54	627,15	186,82	110,14
León	356,85	431,87	1372,45	1007,94	667,88	413,95	277,27
Madrid	306,86	383,08	1283,37	966,98	628,34	296,83	195,26
Valencia	217,22	281,22	1206,82	870,83	588,24	112,55	62,12

Tabla 9. Emisiones de CO2 según horario de demanda CTE-HE4

Como se puede ver en la tabla, el sistema que más emisiones produce es el termo eléctrico. Esto se debe a que no utiliza ninguna energía renovable, es el sistema que más energía necesita para calentar el agua a las condiciones de uso, y que además, al compararlo con la caldera, que tampoco utiliza energías renovables, la electricidad produce mayores emisiones por kWh que la combustión del gas natural.



Gráfica 25. Emisiones de CO2 según horario de demanda CTE-HE4

En la gráfica se puede apreciar claramente que el termo es el sistema más contaminante con diferencia. También se ve que los sistemas de bomba de calor son los más respetuosos con el medio ambiente, con unas cantidades de emisiones prácticamente irrisorias en comparación con los otros sistemas. Los sistemas fototérmicos también ofrecen muy buenas prestaciones en cuanto al cuidado ambiental.

En las ciudades en las que más emisiones se producen son las que tienen temperaturas más bajas, debido a que la necesidad de producción de ACS es mayor, y que las condiciones para producirla son más desfavorables.

Si comparamos las emisiones de los equipos utilizando el horario del CTE y el horario de consumo personal, se ve que en los sistemas que utilizan alimentación fotovoltaica, las emisiones suben, debido a que el mayor pico de consumo se encuentra fuera de las horas de producción fotovoltaica y se recurre al uso de una resistencia eléctrica para conseguir el ACS.

	kg CO2 emitidos anualmente						
	Solar + caldera	Solar + termo	Termo	Termo + PV	Caldera	Bomba de calor	Bdc PV
Almería	142,84	258,42	1097,12	980,25	569,82	157,87	131,32
Barcelona	258,57	335,97	1175,03	1043,42	616,29	239,01	194,12
Bilbao	271,21	340,32	1197,78	1045,20	627,60	235,37	192,74
León	348,74	365,22	1277,17	1115,22	668,42	448,23	369,75
Madrid	301,65	335,24	1197,28	1056,18	628,77	338,32	281,70
Valencia	221,07	275,94	1130,71	984,51	588,67	177,87	141,75

Tabla 10. Emisiones de CO2 según horario personal de demanda

5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

En el análisis económico se estudiarán todos los costes de cada una de las instalaciones, diferenciando los costes capitales de las instalaciones, que incluirán el precio de los equipos, el de la instalación y el de mantenimiento, y los costes operacionales, que básicamente serán los costes que tiene producir la energía. Al final se unirán ambos para ver al largo del tiempo cual son los más convenientes.

5.3.1 Costes capitales de las instalaciones

Para el coste de las instalaciones se ha hecho un estudio de mercado para establecer un precio medio de cada uno de los equipos. Se ha contactado con diferentes empresas que ofrecen la instalación y mantenimiento y se ha pedido un presupuesto para hacer el estudio. En el presupuesto de instalación, se ha sustituido el precio de los equipos que utilizan dichas empresas por el precio medio establecido a partir del estudio del mercado. Para el caso del sistema fototérmico, como no se ha podido contactar con ninguna empresa instaladora, se ha utilizado el generador de precios de CYPE, un software para arquitectura, ingeniería y construcción, que se puede utilizar de forma gratuita en internet. No se contabiliza el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA), debido a que supondría una distorsión del precio.

5.3.1.1 Termo eléctrico

Precio medio del termo eléctrico de 200 litros: 280€

Thermor: 290€ (Termo eléctrico ⚡Thermor CONCEPT 200 L HZ ⚡, s. f.)

Ariston: 269€ (Termo eléctrico ⚡Ariston ARI 200 HORD 560 THER MO ESP EU ⚡, s. f.)

Junkers: 275€ (▷ Termo eléctrico Junkers Elacell 200L - vertical | Mejor PRECIO, s. f.)

Precio de la instalación:



Fontanería y Calefacción Pascual, S.L.
 C/. Algemesí, nº 6
 46610 Guadassuar (Valencia)
 Tel./Fax: 96 257 21 94
 fontaneriapascual@fontaneriapascualsl.com

CLIENTE: 430001454
 LLACER PASCUAL MIQUEL

CRSITO, 57
 46610 GUADASSUAR
 VALENCIA

N. I. F. . :

Nº PRESUPUESTO: 7044		FECHA: 22/06/21		Pag. 1	
CODIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
	MONTAR TERMO ELECTRICO				
CM00000003	TERMO C. MATEU 80 LTS RC	1,0	195,25	195,25	
T0101404	LATIGUILLO TAQ SUPER 1/2 X 40	2,0	9,06	18,12	
L0100305	ALARGADERA METAL 1/2 X 2 CM.	2,0	1,02	2,04	
MA	MANO DE OBRA	2,0	25,00	50,00	

Figura 41. Presupuesto instalación termo eléctrico

Eliminamos el precio del termo utilizado por la empresa y lo sustituimos por el precio medio y tenemos un precio final de instalación de 350€.

El coste de mantenimiento será de 65€ cada dos años, es decir, 32.5€ anuales.



Fontanería y Calefacción Pascual, S.L.
 C/. Algemesí, nº 6
 46610 Guadassuar (Valencia)
 Tel./Fax: 96 257 21 94
 fontaneriapascual@fontaneriapascualsl.com

CLIENTE: 430001454
 LLACER PASCUAL MIQUEL

CRSITO, 57
 46610 GUADASSUAR
 VALENCIA

N. I. F. . :

Nº PRESUPUESTO: 7019		FECHA: 08/06/21		Pag. 1	
CODIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
	TERMO ELECTRICO				
	MANTENIMIENTO TERMO ELECTRICO				
	VACIAR TERMO.				
	DESMONTAR PLETINA Y CAMBIAR				
	ANODOS DE MAGNESIO.				
	REVISAR RESISTENCIA.				
	REVISAR TERMOSTATO.				
	TOTAL MATERIAL Y MANO OBRA	1,0	65,00	65,00	
	(2 AÑOS)				

Figura 42. Presupuesto mantenimiento termo eléctrico

5.3.1.2 Calentador de gas

Precio medio de un calentador de gas de 19kW: 310€

Thermor: 319€ (Calentador estanco THERMOR TOP SEALED 11 RS ID E GLP gas butano, s. f.)

Ariston: 329€ (Calentador Ariston Fast Evo 11 ONT B a gas natural, s. f.)

Neckar: 275€ (Calentador estanco a bajo NOX Neckar W 10 AME a Gas Natural + Kit, s. f.)

Precio de la instalación:



Fontanería y Calefacción Pascual, S.L.

C/. Algemesi, nº 6
46610 Guadassuar (Valencia)
Tel./Fax: 96 257 21 94

fontaneriapascual@fontaneriapascualsl.com

CLIENTE: 430001454
LLACER PASCUAL MIQUEL

CRSITO, 57
46610 GUADASSUAR
VALENCIA

N. I. F. :

Nº PRESUPUESTO: 7045		FECHA: 22/06/21		Pag. 1	
CODIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
	MONTAR TERMO GAS INSTANTANEO GAS NATURAL				
J0000002	TERMO INST.JUNKERS WTD 11KB NA	1,0	446,00	446,00	
T0101404	LATIGUILLO TAQ SUPER 1/2 X 40	2,0	9,06	18,12	
L0100305	ALARGADERA METAL 1/2 X 2 CM.	2,0	1,02	2,04	
MA	MANO DE OBRA	2,0	25,00	50,00	

Figura 43. Presupuesto instalación calentador de gas

Eliminamos el precio del calentador de gas utilizado por la empresa y lo sustituimos por el precio medio y tenemos un precio final de instalación de 380€.

El coste del mantenimiento será de 65€ anuales.



Fontanería y Calefacción Pascual, S.L.

C/. Algemesi, nº 6
46610 Guadassuar (Valencia)
Tel./Fax: 96 257 21 94

fontaneriapascual@fontaneriapascualsl.com

CLIENTE: 430001454
LLACER PASCUAL MIQUEL

CRSITO, 57
46610 GUADASSUAR
VALENCIA

N. I. F. :

Nº PRESUPUESTO: 7018		FECHA: 08/06/21		Pag. 1	
CODIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
	MANTENIMIENTO CALDERA MURAL GAS NATURAL				
	HACER CONTRATO MANTENIMIENTO ANUAL SEGUN ITE08				
NT00002	REVISAR Y LIMPIAR FILTROS				
NT00006	LIMPIAR CEDULA FOTOELECTRICA				
NT00008	INSTALACION:REVISAR FUGAS DPTO				
NT00011	HACER ANALISIS DE COMBUSTION	1,0	30,00	30,00	
	MANTENIMIENTO ANUAL	1,0	65,00	65,00	

Figura 44. Presupuesto mantenimiento calentador de gas

5.3.1.3 Bomba de calor

Precio medio bomba de calor con depósito de 200 litros: 1380€

Junkers: 1373€ (▷Bomba de calor de ACS Junkers Supraeco SWI 200-1 | MEJOR PRECIO, s. f.)

Ferrolí: 1468€ (▷Bomba de calor Ferrolí AQUA 1 PLUS 200 LT | MEJOR PRECIO, s. f.)

Chaffoteaux: 1291€ (▷Bomba de calor ⚡Chaffoteaux ACS AQUANEXT FACILE 200 ⚡, s. f.)



Fontanería y Calefacción Pascual, S.L.
 C/. Algemesi, nº 6
 46610 Guadassuar (Valencia)
 Tel./Fax: 96 257 21 94
 fontaneriapascual@fontaneriapascuals.com

CLIENTE: 430001454
 LLACER PASCUAL MIQUEL

CRSITO, 57
 46610 GUADASSUAR
 VALENCIA

N. I. F. :

Nº PRESUPUESTO: 7026		FECHA: 09/06/21	Pag. 1	
CODIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	INSTALACION AEROTERMIA PARA VIVIENDA DE 4 PERSONAS			
	AEROTERMO VAILLANT 100 LTRS			
	INSTANTANEO MURAL A.C.S VAILLA	1,0	1.645,00	1.645,00
	MONTAJE, MATERIAL Y MANO OBRA	1,0	150,00	150,00

Figura 45. Presupuesto instalación bomba de calor

Eliminamos el precio de la bomba de calor utilizada por la empresa y lo sustituimos por el precio medio y tenemos un precio final de instalación de 1530€.

El coste de mantenimiento será de 150€ cada dos años, es decir, 75€ anuales.



Fontanería y Calefacción Pascual, S.L.
 C/. Algemesi, nº 6
 46610 Guadassuar (Valencia)
 Tel./Fax: 96 257 21 94
 fontaneriapascual@fontaneriapascuals.com

CLIENTE: 430001454
 LLACER PASCUAL MIQUEL

CRSITO, 57
 46610 GUADASSUAR
 VALENCIA

N. I. F. :

Nº PRESUPUESTO: 7047		FECHA: 22/06/21	Pag. 1	
CODIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	MANTENIMIENTO AEROTERMIA			
	MANTENIMIENTO SEGUN RITE			
	LIMPIEZA DE EVAPADORADORES			
	LIMPIEZA CONDENSADORES.			
	DRENAJE, LIMPIEZA Y TRATAMIENTO			
	COMPROBACION ESTANQUEIDAD Y			
	NIVELES DE REFRIGERANTE.			
	COMPROBACION Y LIMPIEZA DE			
	HUMOS EN CALDERA (SI PROCEDE)			
	COMPROBACION Y LIMPIEZA DE			
	DE CONDUCTO DE HUMOS Y CHIMENE			
	LIMPIEZA DEL QUEMADOR DE LA			
	CALDERA.			
	REVISION VASO EXPANSION.			
	REVISION DE LOS SISTEMAS DE			
	TRAMIENTO DE AGUA.			
	COMPROBACION MATERIAL REFRAC-			
	TARIO.			
	REVISION GENERAL DE CALDERA DE			
	GAS.			
	COMPROBAR NIVELES AGUA.			
	COMPROBACION ESTANQUEIDAD DE			
	CIRCUITOS TUBERIAS			
	COMPROBACION VALVULAS INTERCEP-			
	TACION.			
	COMPROBAR TARADO DE ELEMENTOS			
	DE SEGURIDAD.			
	REVISION Y LIMPIEZA DE FILTROS			
	DE AGUA.			
	REVISION Y LIMPIEZA FILTROS			
	AIRE.			
	REVISION DE BATERIAS INTER-			
	CAMBIO TERMICO.			
	REVISION DE APARATOS DE HUMEC-			
	TACION Y ENFRIAMIENTO EVAPORA-			

Nº PRESUPUESTO:	7047	FECHA:	22/06/21	Pag.	2
CODIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
	TIVO. REVISION Y LIMPIEZAS DE APARATOS RECUPERACION DE CALOR. REVISION DE UNIDADES TERMINALE AGUA Y AIRE. REVISION EQUIPOS AUTONOMOS REVISION BOMBAS Y VENTILADORES REVISION DEL SISTEMA DE A.C.S REVISION DEL ESTADO TERMICO. REVISAR EL AISLAMIENTO TERMICO REVISAR EL SITEMA DE CONTROL AUTMatico. REVISION DE APARATOS PARA LA PRODUCCION DE A.C.S POTENCIA TERMICA NOMINAL 24 KW TOTAL MANTENIMIENTO SEGUN RITE	1,0	150,00	150,00	

Figura 46. Presupuesto mantenimiento bomba de calor

5.3.1.4 Sistema fototérmico

El coste del sistema fototérmico se ha establecido a partir del generador de precios del software de CYPE (*Precio en España de Ud de Sistema de captación solar térmica para instalación individual, sobre cubierta plana. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A., s. f.*). El coste total de la instalación será de 3230€, para una instalación con dos paneles y acumulador solar de 200 litros de circulación forzada.

ICB005 Ud Sistema de captación solar térmica para instalación individual, sobre cubierta plana.

3.232,45€

Captador solar térmico completo, partido, para colocación sobre cubierta plana, modelo Solar Easy DB 200 (2 Slim 200) "BAXI", con sistema de drenaje automático del líquido solar, formado por dos paneles Slim 200, en posición vertical, dimensiones 1757x1151x46 mm, superficie útil 1,92 m², rendimiento óptico 0,732, coeficiente de pérdidas primario 3,86 W/m²K y coeficiente de pérdidas secundario 0,017 W/m²K, según UNE-EN 12975-2, absorbedor de aluminio con tratamiento selectivo, cubierta protectora con vidrio de 3,2 mm de espesor, aislamiento posterior de 20 mm de espesor y carcasa de aluminio, intercambiador de A.C.S. de acero esmaltado AS 200-2E, diámetro 605 mm, altura 1422,5 mm, capacidad 225 l, con dos intercambiadores de serpentín, aislamiento térmico de espuma de poliuretano libre de CFC, ánodo de magnesio, grupo hidráulico formado por bomba de circulación, centralita solar, purgador automático de aire y válvula mezcladora termostática, líquido solar y estructura soporte para cubierta plana. Totalmente montado, conexionado y probado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe	
1		Materiales				
m38bax206fe	Ud	Captador solar térmico completo, partido, para colocación sobre cubierta plana, modelo Solar Easy DB 200 (2 Slim 200) "BAXI", con sistema de drenaje automático del líquido solar, formado por dos paneles Slim 200, en posición vertical, dimensiones 1757x1151x46 mm, superficie útil 1,92 m ² , rendimiento óptico 0,732, coeficiente de pérdidas primario 3,86 W/m ² K y coeficiente de pérdidas secundario 0,017 W/m ² K, según UNE-EN 12975-2, absorbedor de aluminio con tratamiento selectivo, cubierta protectora con vidrio de 3,2 mm de espesor, aislamiento posterior de 20 mm de espesor y carcasa de aluminio, intercambiador de A.C.S. de acero esmaltado AS 200-2E, diámetro 605 mm, altura 1422,5 mm, capacidad 225 l, con dos intercambiadores de serpentín, aislamiento térmico de espuma de poliuretano libre de CFC, ánodo de magnesio, grupo hidráulico formado por bomba de circulación, centralita solar, purgador automático de aire y válvula mezcladora termostática, líquido solar y estructura soporte para cubierta plana.	1,000	3.000,00	3.000,00	
					Subtotal materiales:	3.000,00
2		Mano de obra				
mo009	h	Oficial 1º instalador de captadores solares.	4,500	19,56	88,02	
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	4,500	18,01	81,05	
					Subtotal mano de obra:	169,07
3		Costes directos complementarios				
%		Costes directos complementarios	2,000	3.169,07	63,38	
Coste de mantenimiento decenal: 2.456,69€ en los primeros 10 años.					Costes directos (1+2+3):	3.232,45

Figura 47. Presupuesto instalación y mantenimiento sistema fototérmico

El mantenimiento se especifica que cuesta 2450€ durante los diez primeros años, lo que se traduce en 245€ anuales.

5.3.1.5 Sistema fotovoltaico

Precio medio de un panel fotovoltaico de 450W: 155€

Longi: 160€ ([SOL0004] Panel Solar 450W Mono PERC LR4-72HPH - LONGI, s. f.)

RedSolar: 155€ (Panel solar 455W Mono-Perc HT72-166M-455W - 2115×1052×35mm - RADIANT SPLIT CELL Series - RED SOLAR | Techno Sun Webportal B2B, s. f.)

TrinaSolar: 151€ (Panel solar 450W mono half cell 2102×1040×35mm TSM-DE17(II)-450W - Trina Solar | Techno Sun Webportal B2B, s. f.)

El precio final de la instalación dependerá del número de paneles que se instalen.

PRESUPUESTO

4 Módulos de 445 wp monocristalino de 24 V	592,80
1 Juego conectores panel regulador	6,40
30 Cable unifilar 6 mm2 Topsolar rojo	36,00
30 Cable unifilar 6 mm2 Topsolar negro	36,00
1 Inversor Fronius 1,5 Kw	985,00
1 Fronius Smart meter TS 50 ^a Monofasico	85,90
1 Estructura 4 paneles 35 mm, 30° inclinación	228,55
8 Bordillo soporte acera	100,00
1 Caja estanca para conexión	18,80
1 Pequeño material, anclajes, grillete, silicona	45,00
1 Kit protección inversor, fusibles, automáticos	160,00
1 Trabajos de instalación y puesta en marcha	530,00
Total presupuesto	2823,65
Impuesto no incluido.	

Figura 48. Presupuesto instalación fotovoltaica

Eliminamos el precio de los paneles utilizados por la empresa y lo sustituimos por el precio medio y tenemos un precio final de instalación de 2695€ para las instalaciones con 3 paneles (Almería), 2850€ para las instalaciones con 4 paneles (Barcelona, Madrid, Valencia) y de 3005€ para las instalaciones con 5 paneles (Bilbao, León).

El precio anual de mantenimiento es de 320€.

MANTENIMIENTO

Operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la dur de la misma, definimos 2 escalones complementarios de actuación:

A) PLAN DE VIGILANCIA.

Operaciones para asegurar que los valores de la instalación sean correctos.

Captadores: Limpieza de cristales, juntas, conexiones, estructura.

Inspección visual de posibles degradaciones en los paneles solares. manual.

Comprobación de la estructura soporte de los paneles, puesta a tierra.

B) PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Inspección visual, aceptables condiciones de funcionamiento, protección, durabilidad.

Revisión anual de instalación para instalación con superficie de captación inferior a 20 m2.

Instalación debe cumplir todas las normas del RITE, se proporcionará un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos desgastados por el uso, nece para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

Plan de mantenimiento:

- Captadores
- Cristales.
- Carcasa.
- Estructura.
- Estanqueidad.
- Inversor solar.
- Cuadro eléctrico, tensiones de mando y auxiliares de 230 V y 24 V.
- Termostato.
- Sondas de temperatura

C) PLAN DE MANTENIMIENTO NO PREVENTIVO.

- Comprobar estado de las cajas conexiones de los paneles.
- Comprobar tensión a circuito abierto,

$V_{oc\ total} = n_p \times V_{oc\ de\ modulo}$

- Corriente de cortocircuito. Nivel de intensidad en los paneles que depende de la irradiación solar en cada momento

$I_{sc\ total} = N_f \times I_{sc\ de\ modulo}$

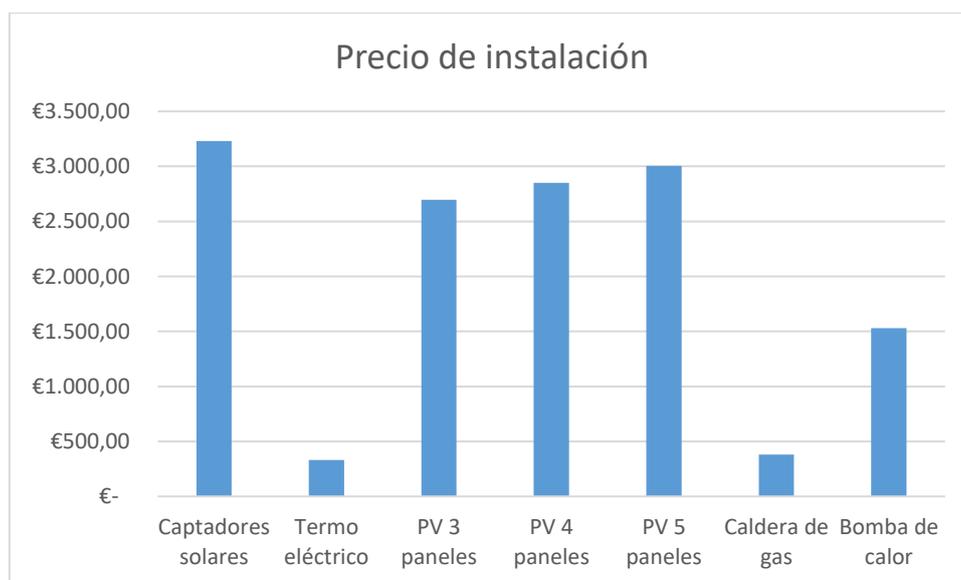
- Caída de tensión en los distintos circuitos, que es uno de los mejores indicadores del buen funcionamiento de la instala

PRESUPUESTO

El presupuesto anual para el mantenimiento de la instalación es de: 320 €

Figura 49. Presupuesto mantenimiento fotovoltaica

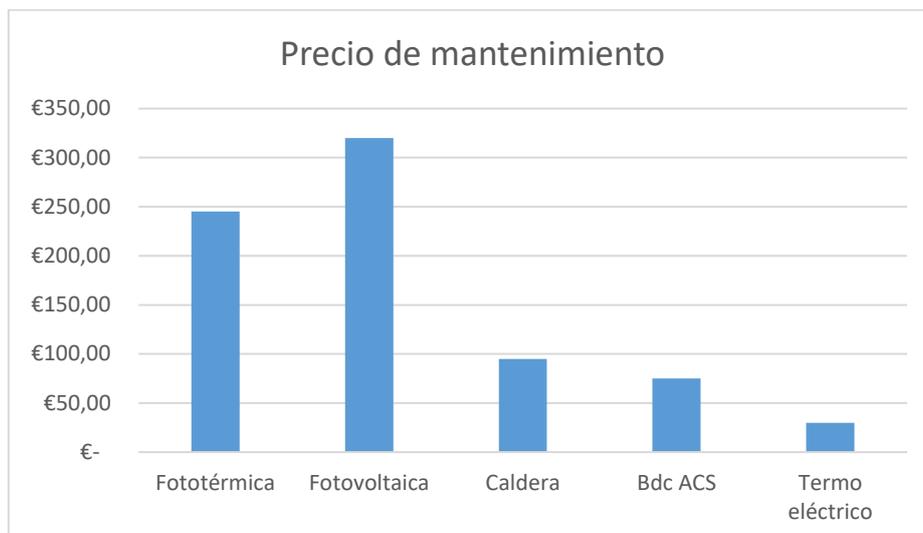
5.3.1.6 Resumen costes capitales



Gráfica 26. Precio instalaciones ACS

Como se puede observar en la gráfica, los sistemas más baratos serán el termo eléctrico y el calentador de gas y los más caros serán las instalaciones termosolares y fotovoltaicas. Sucede

lo mismo en los costes de mantenimiento, situándose la bomba de calor con un coste de mantenimiento a la par de los sistemas no renovables.



Gráfica 27. Precio mantenimiento de las instalaciones ACS

5.3.2 Costes operacionales

Los costes operacionales vendrán dados por la producción energética y los precios de la electricidad o el gas natural según el sistema que se utilice. El precio medio de la electricidad es de 0.16€/kWh y el precio del gas de 0.533€/kWh.

	Coste anual €						
	Solar + caldera	Solar + termo	Termo	Termo + PV	Caldera	Bomba de calor	Bdc PV
Almería	32,29	121,17	564,20	427,73	120,43	18,08	10,19
Barcelona	57,78	182,95	608,64	461,67	130,26	39,48	24,39
Bilbao	65,69	186,61	621,20	455,13	132,65	39,51	23,30
León	75,48	208,76	663,42	487,22	141,26	87,55	58,64
Madrid	64,90	185,18	620,36	467,42	132,90	62,78	41,30
Valencia	45,94	135,94	583,36	420,94	124,42	23,81	13,14

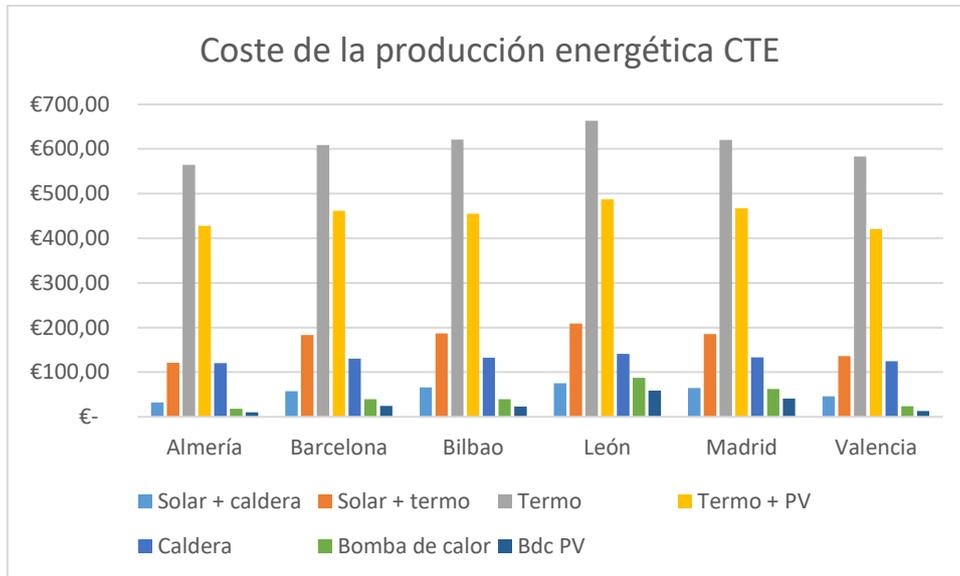
Tabla 11. Costes anuales de producción horario CTE

Como se puede observar en la tabla, los sistemas en los que se encarece la producción son en los que se utiliza un termo eléctrico. En cambio, los que utilizan la bomba de calor resultan muy baratos al final del año.

	Coste anual €						
	Solar + caldera	Solar + termo	Termo	Termo + PV	Caldera	Bomba de calor	Bdc PV
Almería	30,21	124,92	530,33	473,84	120,52	33,39	27,78
Barcelona	54,69	162,40	567,99	504,37	130,35	50,55	41,06
Bilbao	57,36	164,50	578,99	505,23	132,74	49,78	40,77
León	73,76	176,54	617,36	539,08	141,38	94,80	78,20
Madrid	63,80	162,05	578,75	510,54	132,99	71,56	59,58
Valencia	46,76	133,38	546,57	475,90	124,51	37,62	29,98

Tabla 12. Costes anuales de producción según horario personal

Si comparamos los dos perfiles de uso, observaremos que en los sistemas que se utiliza energía renovable instantánea, en la fotovoltaica y la bomba de calor, vemos que en el horario de consumo personal se encarece. Esto es debido a lo que ya se había explicado anteriormente en el análisis medioambiental. El pico de consumo más grande se encuentra fuera de las horas de producción y se debe recurrir a un aporte de energía no renovable, el cual encarece el consumo energético. En la gráfica 28, se muestra de manera más visual el coste de la producción energética siguiendo el horario del CTE-HE4.



Gráfica 28. Coste de la producción energética según CTE

5.3.3 Coste total y amortización

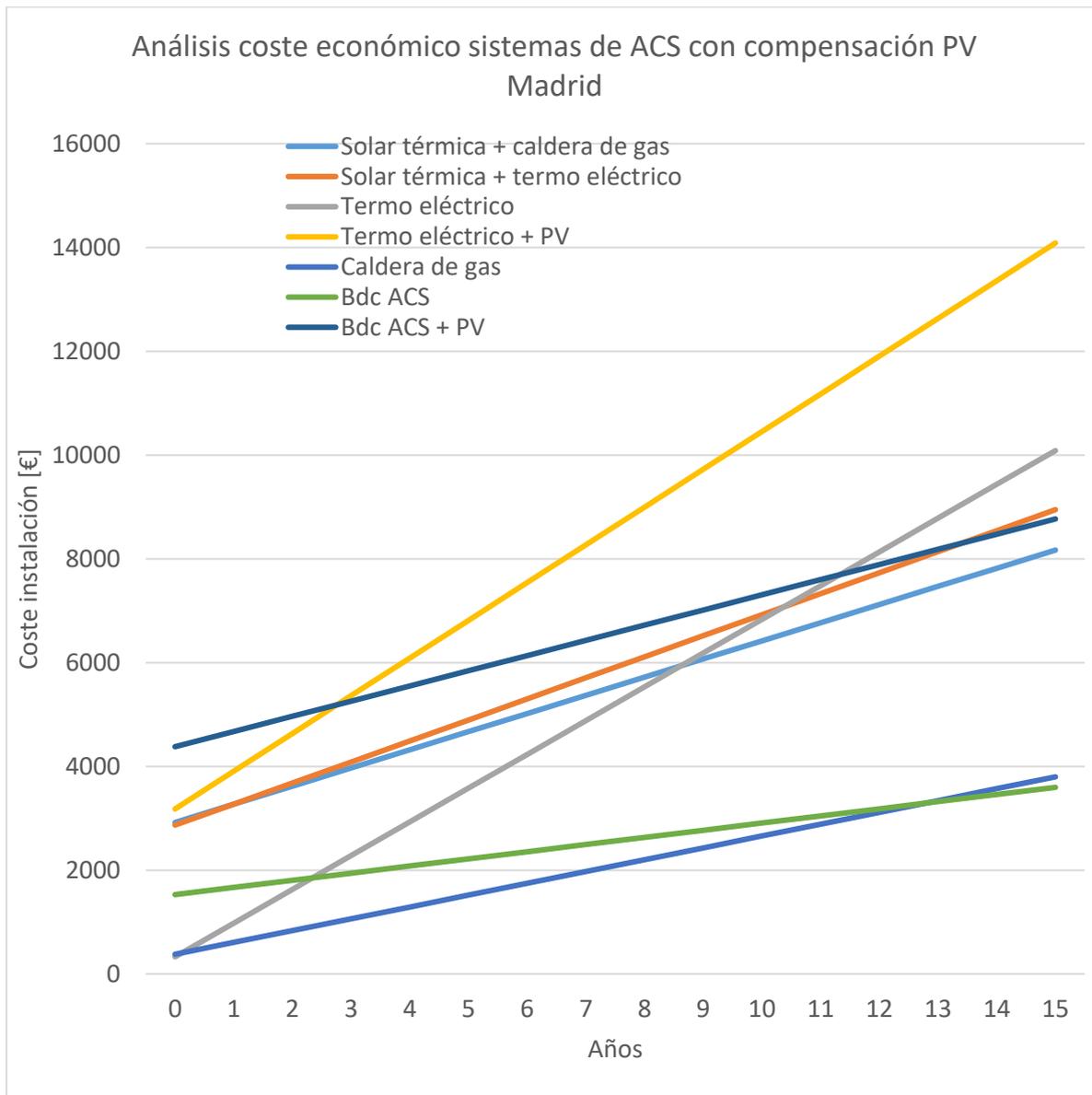
La vida de un sistema de ACS, con sus debidas labores de mantenimiento, puede ser de hasta 15 años. A continuación, se van a comparar todos los precios y se verá su evolución a lo largo de estos 15 años.

	Almería	Barcelona	Bilbao	León	Madrid	Valencia
Solar térmica + caldera de gas	9.194,34 €	9.501,64 €	9.620,34 €	9.767,15 €	8.168,56 €	9.324,17 €
Solar térmica + termo eléctrico	9.502,59 €	10.354,23 €	10.409,21 €	10.741,35 €	8.947,65 €	9.744,07 €
Termo eléctrico	9.242,93 €	9.909,63 €	10.097,98 €	10.731,30 €	10.085,43 €	9.625,37 €
Termo eléctrico + PV	13.496,34 €	14.052,51 €	13.790,69 €	14.295,67 €	14.086,48 €	13.281,89 €
Caldera de gas	3.611,50 €	3.758,92 €	3.794,70 €	3.923,93 €	3.798,50 €	3.671,25 €
Bdc ACS	2.926,27 €	3.247,19 €	3.247,69 €	3.968,31 €	3.596,71 €	3.012,09 €
Bdc ACS + PV	8.354,66 €	8.581,67 €	8.288,05 €	8.838,87 €	8.769,07 €	8.047,08 €

Tabla 13. Coste final según CTE

A simple vista se puede ver que los dos sistemas que compiten por tener un mejor precio, son la caldera de gas y la bomba de calor de ACS. Si desplegamos una gráfica del rendimiento a lo

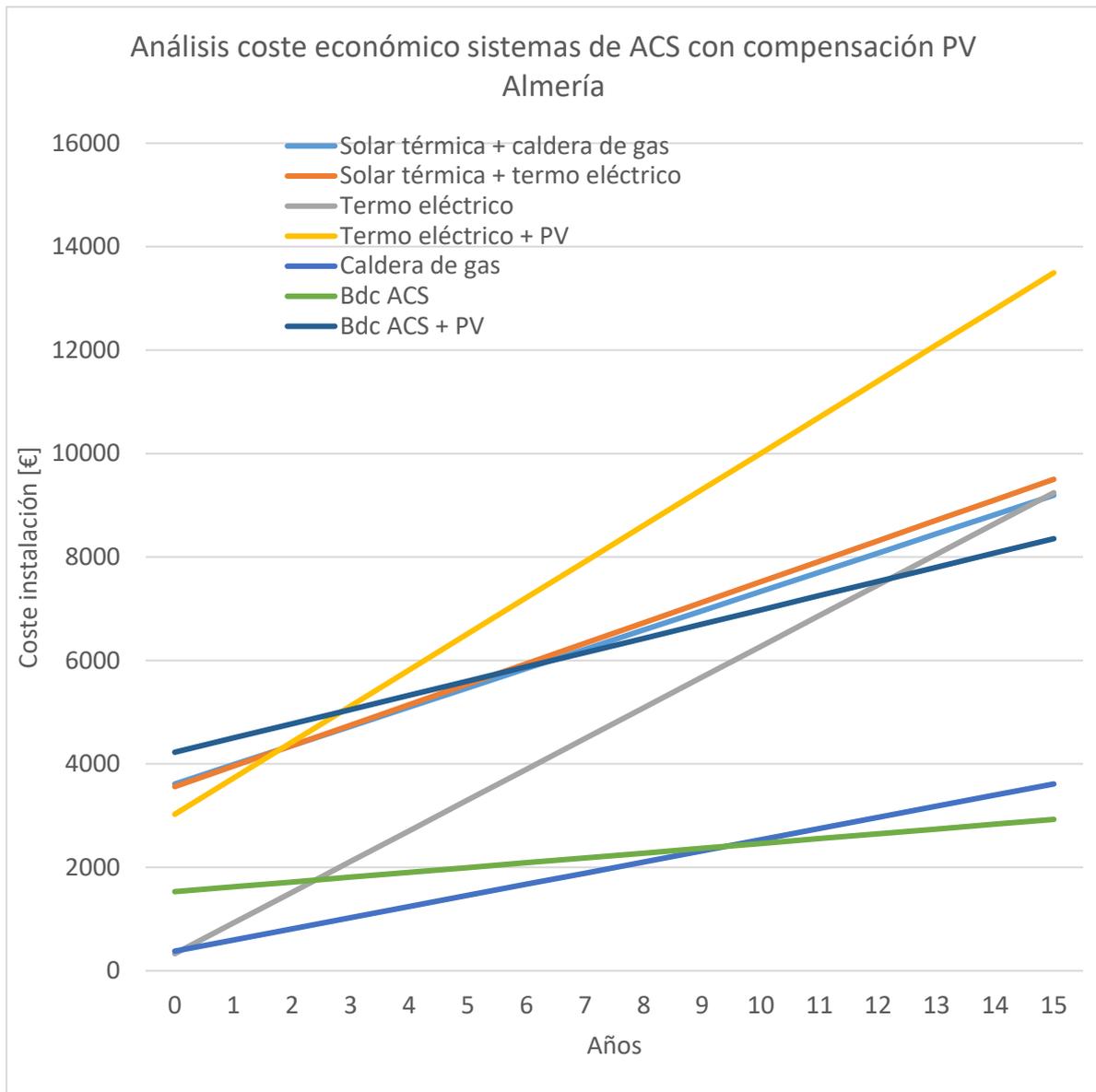
largo de los años en una ciudad, por ejemplo Madrid, y analizamos más a fondo la evolución de los precios, nos damos cuenta que la bomba de calor requiere una mayor inversión inicial que la caldera, pero con el tiempo se llega a amortizar la inversión.



Gráfica 29. Evolución coste de los sistemas en Madrid

De entre los otros sistemas, se vuelve a ver otra vez la eficiencia de la bomba de calor, al suponer una mayor inversión yendo alimentada por la fotovoltaica, pero superando al largo de los años a una de las dos opciones de fototérmica e incluso al termo eléctrico que supone una inversión inicial más de 10 veces menor, aunque si lo comparamos con la bomba de calor, vemos que no merece la pena alimentarla con una instalación fotovoltaica. Queda claro que no compensa económicamente la inversión para una instalación fotovoltaica para alimentar un termo eléctrico.

En la siguiente gráfica, se puede ver la amortización de los sistemas en un clima mucho más caluroso como es en la ciudad de Almería. La ventaja de la bomba de calor es que, al trabajar en rangos de temperatura más elevados, aumenta su eficiencia y, por tanto, abarata el coste de la producción de ACS.



Gráfica 30. Evolución coste de los sistemas en Almería

Finalmente, si comparamos los precios con el perfil de uso del horario personal veremos que no cambiarán en gran medida. La única observación significativa, será que, en los sistemas renovables, al acoplarse de peor manera a las horas de producción, será ligeramente más caro.

Básicamente esta es la gran diferencia que se repite a lo largo de todo el estudio entre los dos perfiles horario. Mientras que en el horario establecido por el CTE tenemos una distribución medianamente uniforme a lo largo del día, los sistemas renovables aprovechan las horas de sol para reducir el consumo energético de los sistemas de apoyo, que utilizan gas natural o electricidad de la red. Sin embargo, al concentrar la demanda entre las 8 y 9 de la tarde, estos sistemas no tienen plena capacidad para la producción energética, por lo que el proceso final se encarece.

	Almería	Barcelona	Bilbao	León	Madrid	Valencia
Solar térmica + caldera de gas	9.088,17 €	9.455,34 €	9.495,44 €	9.741,41 €	9.592,02 €	9.336,36 €
Solar térmica + termo eléctrico	9.483,73 €	10.046,01 €	10.077,55 €	10.258,15 €	10.040,72 €	9.610,77 €
Termo eléctrico	8.734,94 €	9.299,89 €	9.464,81 €	10.040,46 €	9.461,22 €	8.978,50 €
Termo eléctrico + PV	13.738,05 €	14.224,18 €	13.989,59 €	14.522,76 €	14.256,64 €	13.340,13 €
Caldera de gas	3.612,82 €	3.760,24 €	3.796,15 €	3.925,63 €	3.799,86 €	3.672,64 €
Bdc ACS	3.155,86 €	3.413,29 €	3.401,73 €	4.077,06 €	3.728,37 €	3.219,33 €
Bdc ACS + PV	8.616,37 €	8.810,85 €	8.504,54 €	9.119,05 €	9.032,86 €	8.147,43 €

Tabla 14. Coste final según horario personal

6 CONCLUSIONES

A lo largo del proyecto, se han estudiado diferentes sistemas destinados a la producción de agua caliente sanitaria, con el fin de determinar cual es el más adecuado para una vivienda unifamiliar, considerando varias variables, como diferentes perfiles de consumo y cambiando la localización de la vivienda a diferentes ciudades de España.

Una vez terminado el estudio en el que se han analizado desde la perspectiva económica, medioambiental y la producción de cada uno de los sistemas se pueden sacar diversas conclusiones.

En primer lugar, hemos visto que el sistema de bomba de calor es el más efectivo de todos, y además, con bastante diferencia. En el aspecto productivo, necesita un consumo menor para cumplir con las mismas condiciones que los demás sistemas y tiene un aporte muy elevado de energía renovable en ciudades con temperaturas más elevadas, pero en las que tienen menores temperaturas ofrece también buenos rendimientos. No emite gran cantidad de emisiones de CO₂, siendo el sistema que menos emite en todas las zonas climáticas, salvo contadas excepciones. Económicamente, vemos que la inversión inicial es un poco mayor que la de los sistemas convencionales, pero si se le da un buen uso, se llega a amortizar con facilidad en la mayoría de ciudades. Lo que también nos dice el estudio, es que no compensa su alimentación mediante una instalación fotovoltaica, ya que encarece demasiado la inversión inicial y no llega a compensar a lo largo de la vida útil del sistema.

Seguidamente, queda claro que el sistema fototérmico es una opción más que acertada para la producción de agua caliente sanitaria. Este aporta una gran cantidad de energía al agua de consumo, y además el aporte solar va desde más de un 60% hasta un 85% en los casos más favorables. Al funcionar con esta cantidad de aporte renovable, las emisiones de CO₂ serán también bastante reducidas, dependiendo en su totalidad del sistema del apoyo que se utilice. La única desventaja que encontramos en este sistema, es que la inversión inicial es la más grande de entre los sistemas que se estudian, si no contamos la bomba de calor sumada a la instalación fotovoltaica, lo cual puede ser una razón por la que este sistema no se utiliza mucho en la por ahora en viviendas unifamiliares, y se utilice más a gran escala, como para edificios residenciales o instalaciones deportivas, aunque no quiere decir que cada vez sea más popular.

Ha quedado patente, que el calentador de gas sigue siendo una buena opción, avalado por su bajo coste de instalación, su bajo coste para la producción energética y sumado a que el gas natural es más barato que la electricidad, hacen del calentador de gas una opción que no se puede dejar de lado. Sin embargo, este sistema es uno de los que no utiliza absolutamente ningún aporte renovable, lo cual se ve reflejado en las emisiones de CO₂, donde ocupa el segundo lugar después del termo eléctrico, que es el más contaminante. A pesar de esto vemos que, a lo largo de los años, solo se ve superado por la bomba de calor, en lo que se refiere a la amortización de la inversión inicial, por lo que es una opción que tiene sus pros y sus contras.

Como la opción más desfavorable, no cabe ninguna duda de que el termo eléctrico es el sistema más ineficiente. En lo que respecta al consumo, es el sistema que más energía necesita para llegar a las condiciones idóneas de la demanda y además, no utiliza ningún tipo de

energía renovable. Por esta razón, también es el que más emisiones de CO₂ produce, aunque esté alimentado por una instalación fotovoltaica. Su único punto bueno sería la inversión inicial, que es la menor de todas, aunque como se ha podido ver en el análisis económico, su alto coste de producción energética, lo sitúa al cabo de 15 años de uso por encima de todos los otros sistemas en ciudades como Madrid y León, y en las otras queda a la par. Supone una inversión más de 10 veces menor que el más caro de todos, que es la bomba de calor con alimentación fotovoltaica y con el tiempo llega a superar el coste de esta.

Si hablamos un poco de los aportes de fotovoltaica, es cierto que si supone una mejora en cuanto a las emisiones y a la producción energética de los sistemas en lo que se ha implementado. No obstante, estas mejoras no son lo suficientemente notables para compensar el incremento económico que supone dicha instalación. Con todo esto se esclarece, que utilizar una instalación fotovoltaica solamente para alimentar un sistema de producción de agua caliente sanitaria, no será rentable porque la energía producida por la instalación se deberá utilizar en el momento para rentabilizarla correctamente, ya que al venderla a la red, siempre obtendremos un precio menor a la mitad de lo que cuesta realmente. En cambio, una instalación fotovoltaica, será muy útil para alimentar la demanda eléctrica de una vivienda ya que, se podrá consumir más de la energía generada y no nos veremos obligados a venderla en mayor parte a la red, obteniendo un mal precio.

En lo que refiere a las diferentes zonas climáticas, se ha podido ver que generalmente, las ciudades con medias de temperaturas menores, tienen mayores consumos de agua caliente sanitaria, lo cual es bastante lógico, ya que además el agua de la red que se utiliza, también se debe calentar más. En los sistemas que utilizan energías renovables, también se pueden apreciar diferencias. Estos consiguen un mayor aporte en las zonas con mayor radiación, lo cual es totalmente normal teniendo en cuenta, que los sistemas renovables utilizan la radiación solar para su producción de ACS, y en el caso de la bomba de calor, esta se ve beneficiada al tener un rango mayor de temperaturas entre el foco caliente y el foco frío, por lo que también obtiene mejores rendimientos en estas zonas.

Finalmente, si estudiamos los horarios de consumo, vemos que al tener el mismo consumo diario, las diferencias tampoco son muy grandes. Si nos fijamos en estas diferencias, veremos que se deben a que en el horario del CTE, se distribuye el consumo a lo largo del día y en el horario estudiado personalmente, se concentra mucho en unos pocos puntos de consumo. En los sistemas convencionales no supone prácticamente ningún cambio, ya que no dependen de ningún factor externo. No obstante, en los sistemas que dependen generalmente de la radiación solar, al no coincidir estos picos de consumo, con la producción energética, se recurre al apoyo que estos sistemas utilizan en caso de no tener suficiente aporte renovable. Cabe añadir, que el sistema fototérmico no se rige por el mismo patrón, ya que este sistema utiliza la radiación solar para calentar el agua del depósito, pero no se ve perjudicado como en la instalación fotovoltaica, ya que esta energía se transfiere al depósito acumulador y la energía térmica se conserva.

Hemos visto muchos sistemas, con diferentes combinaciones, en diferentes zonas climáticas y con diferentes perfiles de uso, pero si tenemos que elegir el sistema por excelencia en base a los resultados obtenidos en el estudio, la opción más adecuada prácticamente en cada una de las situaciones, será la bomba de calor aerotérmica.

7 PRESUPUESTO

En este apartado se detallan los distintos gastos en euros asociados al estudio energético llevado a cabo en este trabajo. Se deben tener en cuenta el número total de horas dedicadas a la realización del proyecto de todo el personal implicado en el mismo, así como los distintos recursos materiales empleados y amortización de los equipos. Para su correcta cuantificación, en el apartado de justificación de precios unitarios se detalla la unidad monetaria de cada elemento a incluir en el presupuesto, así como una breve descripción y su precio unitario.

7.1 PRECIOS UNITARIOS

INGENIERO		
Unidad	Descripción	Precio unitario
Horas	Horas de trabajo consistentes en la búsqueda de información, estudio de la instalación y redacción del análisis energético	30€/hora
MICROSOFT OFFICE 2013		
Unidad	Descripción	Precio unitario
1	Licencia del software de oficina Microsoft Office 2013 Professional Plus	49'95

Tabla 15. Precios unitarios

7.2 PRECIOS POR TAREA

TAREA 1: BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN			
Unidad	Descripción	Precio ud.	Precio total
	Conjunto de tareas llevadas a cabo por el personal implicado en el proyecto con el objetivo de recopilar y seleccionar toda la documentación necesaria para el desarrollo del mismo.		
16	INGENIERO	30	480,00 €
TAREA 2: OBTENCIÓN DE DATOS			
Unidad	Descripción	Precio ud.	Precio total
	Actividades basadas en la recopilación de los datos necesarios para el estudio energético de las instalaciones con el programa de simulación, así como valores de temperatura exterior y consumos. También selección de parámetros necesarios y presentación ordenada de los mismos.		
4	INGENIERO	30	120,00 €
TAREA 3: PROCESADO DE DATOS Y			

ANÁLISIS DE LA INSTALACIONES			
Unidad	Descripción	Precio ud.	Precio total
	Análisis y procesamiento de resultados obtenidos.		
6	INGENIERO	30	180,00 €
TAREA 4: ELABORACIÓN DE LA MEMORIA			
Unidad	Descripción	Precio ud.	Precio total
	Redacción y edición de la memoria del proyecto, documento en el que se incluyen introducción, análisis de datos y conclusiones.		
30	INGENIERO	30	900,00 €
1	MICROSOFT OFFICE 2013	49,95	49,95 €
		TOTAL	949,95 €

Tabla 16. Precio por tarea

7.3 RESUMEN PRESUPUESTO

RESUMEN DEL PRESUPUESTO	Precio
TAREA 1: BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	480,00 €
TAREA 2: OBTENCIÓN DE DATOS	120,00 €
TAREA 3: PROCESADO DE DATOS Y ANÁLISIS DE LA INSTALACIONES	180,00 €
TAREA 4: ELABORACIÓN DE LA MEMORIA	949,95 €
TOTAL PROYECTO	1.729,95 €

Tabla 17. Precio total del proyecto

8 BIBLIOGRAFÍA

▷ *Termo eléctrico Junkers Elacell 200L - vertical | Mejor PRECIO.* (s. f.). Gasfriocalor.com. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://www.gasfriocalor.com/termo-electrico-junkers-elacell-200l-vertical>

▷ *Bomba de calor de ACS Junkers Supraeco SWI 200-1 | MEJOR PRECIO.* (s. f.). Gasfriocalor.com. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://www.gasfriocalor.com/bomba-de-calor-de-ac-s-junkers-supraeco-swi-200-1>

▷ *Bomba de calor Ferroli AQUA 1 PLUS 200 LT | MEJOR PRECIO.* (s. f.). Gasfriocalor.com. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://www.gasfriocalor.com/bomba-de-calor-ferroli-aqua-1-plus-200-lt>

▷ *Bomba de calor ⚡ Chaffoteaux ACS AQUANEXT FACILE 200 ⚡.* (s. f.). Gasfriocalor.com. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://www.gasfriocalor.com/bomba-de-calor-para-ac-s-chaffoteaux-aquanext-facile-200>

Acumulación solar con circulación forzada—Alpino Clima. (2020, diciembre 23). *Aire Acondicionado y Calefacción en Elche y Alicante.* <https://alpinoclima.es/sistemas-de-acumulacion-solar-con-circulacion-forzada/>

ADRASE - *Acceso a datos de radiación solar de España—Mapa zona Península.* (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2021, de <http://www.adrase.com/acceso-a-los-mapas/mapa-zona-peninsula.html>

Apuntes de Maquinas (Instalaciones de ACS).pdf. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2021, de [http://www.scalofrios.es/Calor/ACS/Apuntes%20de%20Maquinas%20\(Instalaciones%20de%20OACS\).pdf](http://www.scalofrios.es/Calor/ACS/Apuntes%20de%20Maquinas%20(Instalaciones%20de%20OACS).pdf)

Atecyr. (2020, julio 20). *Francisco Aguilar Valero: Producción de ACS con bombas de calor.* <https://www.youtube.com/watch?v=leosrijofSE>

BOE.es—*BOE-A-2003-14408 Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.* (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-14408&p=20030718&tn=1>

Calentador Ariston Fast Evo 11 ONT B a gas natural. (s. f.). RP | Material Eléctrico y Fontanería. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://gruporp.es/1224-calentador-ariston-fast-evo-11-ont-b-a-gas-natural.html>

Calentador de agua. (2021). En *Wikipedia, la enciclopedia libre.* https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Calentador_de_agua&oldid=135974221

Calentador estanco a bajo NOX Neckar W 10 AME a Gas Natural + Kit. (s. f.). RP | Material Eléctrico y Fontanería. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://gruporp.es/1541-calentador-estanco-a-bajo-nox-neckar-w-10-ame-a-gas-natural-kit-az228.html>

Calentador estanco THERMOR TOP SEALED 11 RS ID E GLP gas butano. (s. f.). RP | Material Eléctrico y Fontanería. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://gruporp.es/2108-calentador-estanco-bajo-nox-gas-butanopropano-thermor-top-sealed-11-rs-id-e-glp.html>

CALORYFRIO, I. A. (s. f.). *¿Cuáles son las zonas climáticas de España según el CTE?* - *Caloryfrio.com*. Recuperado 19 de junio de 2021, de <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/zonas-climaticas-espana-segun-cte.html>

Caloryfrio.com. (2019). *¿Cómo funcionan los calentadores de agua a gas?* https://www.youtube.com/watch?v=tvNI4nHH7_E

Clima promedio en Almería, España, durante todo el año—Weather Spark. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/38216/Clima-promedio-en-Almer%C3%ADa-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Clima promedio en Barcelona, España, durante todo el año—Weather Spark. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/47213/Clima-promedio-en-Barcelona-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Clima promedio en Bilbao, España, durante todo el año—Weather Spark. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/39040/Clima-promedio-en-Bilbao-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Clima promedio en León, España, durante todo el año—Weather Spark. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/34831/Clima-promedio-en-Le%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Clima promedio en Madrid, España, durante todo el año—Weather Spark. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/36848/Clima-promedio-en-Madrid-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Clima promedio en Valencia, España, durante todo el año—Weather Spark. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/42614/Clima-promedio-en-Valencia-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Combustión_Teoría_Calderas. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2021, de <https://media.upv.es/player/?id=46ea3160-4cef-11eb-b945-3ffe6e05e299>

Cómo funciona la energía solar térmica. (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2021, de https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/energia-solar-termica_1

¿Cómo funciona un calentador instantáneo? (s. f.). *MN Del Golfo*. Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/como-funciona-un-calentador-instantaneo/>

¿Cómo funciona un termo eléctrico? Diferencias por tipos TESH blog. (2019, marzo 13). *TESY blog*. <https://tesy.es/blog/como-funciona-un-termo/>

DccHE.pdf. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2021, de <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DccHE.pdf>

d.o.o, Y. M. G. (s. f.-a). *Almería, España—Información detallada del clima y previsión meteorológica mensual*. *Weather Atlas*. Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://www.weather-atlas.com/es/espana/almeria-clima>

d.o.o, Y. M. G. (s. f.-b). *Barcelona, España—Información detallada del clima y previsión meteorológica mensual*. Weather Atlas. Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://www.weather-atlas.com/es/espana/barcelona-clima>

d.o.o, Y. M. G. (s. f.-c). *Bilbao, España—Información detallada del clima y previsión meteorológica mensual*. Weather Atlas. Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://www.weather-atlas.com/es/espana/bilbao-clima>

d.o.o, Y. M. G. (s. f.-d). *León, España—Información detallada del clima y previsión meteorológica mensual*. Weather Atlas. Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://www.weather-atlas.com/es/espana/leon-clima>

Efecto fotovoltaico en un panel solar | EliseoSebastian.com. (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://eliseosebastian.com/efecto-fotovoltaico-en-un-panel-solar/>

El Clima en Madrid, España. (s. f.). DatosMundial.com. Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://www.datosmundial.com/europa/espana/clima-madrid.php>

El Clima en Valencia, España. (s. f.). DatosMundial.com. Recuperado 30 de junio de 2021, de <https://www.datosmundial.com/europa/espana/clima-valencia.php>

Energía Aerotérmica. (s. f.). Fontarosa S.L. Recuperado 21 de junio de 2021, de <http://fontarosa.es/energia-aerotermica/>

EnergyPlus | EnergyPlus. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2021, de <https://energyplus.net/>

Engineering Reference. (s. f.). 1767.

Fuerte, M. H. (s. f.). *¿Cómo funciona la aerotermia? Un sistema eficiente y que ahorra energía - caloryfrio.com*. Recuperado 18 de junio de 2021, de <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/aerotermia/como-funciona-la-aerotermia-sistema-eficiente-ahorra-energia.html>

Funcionamiento Básico del Termo Eléctrico Tradicional | Construpedia, enciclopedia construcción. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2021, de https://www.construmatica.com/construpedia/Funcionamiento_B%C3%A1sico_del_Termo_El%C3%A9ctrico_Tradicional

Funcionamiento de las Bombas de Calor Aerotérmicas | AFEC. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2021, de <https://www.bombadecolor.org/noticias/funcionamiento-de-las-bombas-de-calor-aerotermicas>

Fundación Matrix | Mapa actual de la temperatura en España. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2021, de <https://fundacionmatrix.es/mapa-actual-de-la-temperatura-en-espana/>

Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A. (s. f.). Recuperado 23 de junio de 2021, de <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>

<https://www.areatecnologia.com>. (s. f.-a). *Calderas de gas*. Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://www.areatecnologia.com/tecnologia/calderas-de-gas.html>

<https://www.areatecnologia.com>. (s. f.-b). *Efecto Foelectrico*. Recuperado 18 de junio de 2021, de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-foelectrico.html>

Infinita, G. (2018, septiembre 16). El clima de España a través de los mapas. *Geografía Infinita*. <https://www.geografiainfinita.com/2018/09/clima-de-espana/>

Instalación Fotovoltaica 4,8kW Vivienda Unifamiliar Redondela (Reboreda). (s. f.). Sapel. Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://sapel.es/project/instalacion-fotovoltaica-48kw-vivienda-unifamiliar/>

Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2021, de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS). (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2021, de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>

Lesics Española. (2019). *¿Cómo funcionan las celdas solares?* <https://www.youtube.com/watch?v=MgLGKMrsBX8>

Panel solar 450W mono half cell 2102x1040x35mm TSM-DE17(II)-450W - Trina Solar | Techno Sun Webportal B2B. (s. f.). TECHNO SUN, S.L.U. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://b2b.technosun.com/shop/product/sol0319-panel-solar-450w-mono-half-cell-2102104035mm-tsm-de17m-ii-450w-trina-solar-32709?category=1744>

Panel solar 455W Mono-Perc HT72-166M-455W - 2115x1052x35mm—RADIANT SPLIT CELL Series—RED SOLAR | Techno Sun Webportal B2B. (s. f.). TECHNO SUN, S.L.U. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://b2b.technosun.com/shop/product/sol0347-panel-solar-455w-mono-perc-ht72-166m-455w-2115105235mm-radiant-split-cell-series-red-solar-33589?category=1696>

Por qué no son aconsejables los termos eléctricos reversibles. (2016, junio 15). Cointra. <https://www.cointra.es/blog-no-aconsejables-los-termos-electricos-reversibles/>

Precio de la tarifa de luz por horas HOY | Consulta ahora . (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://tarifaluzhora.es/>

Precio del gas natural hoy: Llama al 911 231 483 para conocer las mejores tarifas de gas. (s. f.). *compañias-de-luz.* Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://www.companias-de-luz.com/precio-gas-natural/>

Precio en España de Ud de Sistema de captación solar térmica para instalación individual, sobre cubierta plana. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A. (s. f.). Recuperado 27 de junio de 2021, de http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=1|0_0_0_0_0_0_0_0|5|ICB005|icb_005:_0_0_2c3_0_1_0_0_1c4_0_1c9_0#gsc.tab=0

¿Qué es un acumulador solar? Tipos y funcionamiento. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2021, de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/componentes/acumulador-solar>

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. (s. f.). 97.

Resistencia para Termo Electrico Calentador de Agua 1500W: Amazon.es: Bricolaje y herramientas. (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2021, de <https://www.amazon.es/Resistencia-Termo-Electrico-Calentador-1500W/dp/B07NVPSWLJ>

[SOL0004] Panel Solar 450W Mono PERC LR4-72HPH - LONGi. (s. f.). TECHNO SUN, S.L.U. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://b2b.technosun.com/shop/product/sol0004-panel-solar-450w-mono-perc-lr4-72hph-longi-14664>

Suner, D. (s. f.). *Quemadores de gas para calderas*. Recuperado 18 de junio de 2021, de <https://blog.suner.es/quemadores-de-gas-para-calderas>

techneLogics. (2013, febrero 1). *Capacitación: Funcionamiento de un Termotanque Rheem*. <https://www.youtube.com/watch?v=EWMGgNDSy68>

Termo eléctrico ⚡Ariston ARI 200 HORD 560 THER MO ESP EU ⚡. (s. f.). Gasfriocalor.com. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://www.gasfriocalor.com/termo-electrico-ariston-pro-b-h-200-h>

Termo eléctrico ⚡Thermor CONCEPT 200 L HZ ⚡. (s. f.). Gasfriocalor.com. Recuperado 27 de junio de 2021, de <https://www.gasfriocalor.com/termo-electrico-thermor-concept-n4-200-l-hz>

www.optimizacion-online.com. (2018, agosto 9). Preguntas frecuentes sobre las calderas. *Bienvenidos al blog*. <https://h2otek.com/blog/preguntas-frecuentes-sobre-las-calderas/>