



---

**Universidad de Valladolid**

TRABAJO FINAL DE GRADO

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS  
BASADAS EN ENERGÍAS RENOVABLES.  
AEROTERMIA EN LA REHABILITACIÓN



**ETSAVA**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Alumno: Alberto Martín-Macho González

Tutor: Dr. Miguel Ángel Padilla Marcos

Curso: 2019-2020

## RESUMEN:

El siguiente trabajo trata el estudio de las principales fuentes de energías renovables utilizadas como climatización en viviendas. Recoge las características más relevantes de la biomasa, energía solar térmica, solar fotovoltaica, geotermia y aerotermia, así como las ventajas e inconvenientes del uso de cada una de ellas. También recoge el estudio y dimensionamiento de la rehabilitación y ampliación de una vivienda con el objetivo de mejorar su eficiencia energética a través de una instalación de aerotermia combinada con placas solares fotovoltaicas y distribución de la climatización mediante suelo radiante/refrescante. En los diferentes anexos se incluyen:

Los planos de la vivienda actual, planos de la rehabilitación energética y detalles constructivos pertinentes. Los cálculos de las cargas para el dimensionamiento de la aerotermia, el cálculo del suelo radiante/refrescante y el dimensionamiento de las placas solares fotovoltaicas. Los informes de eficiencia energética tanto el actual como el informe posterior a la rehabilitación planteada.

## PALABRAS CLAVE:

ENERGÍA	RENOVABLE	REHABILITACIÓN	AEROTERMIA	EFICIENCIA
ENERGY	RENEWABLE	REHABILITATION	AEROTHERMAL	EFFICIENCY

## VÍNCULO A ONEDRIVE:

[https://1drv.ms/b/s!ArClly8CwfpZhKxDktezs\\_EUfMtPrA?e=RjY1I5](https://1drv.ms/b/s!ArClly8CwfpZhKxDktezs_EUfMtPrA?e=RjY1I5)

# INDICE

OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO .....	5
1. INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	6
1. 1. CONTEXTO HISTORICO .....	6
1. 2. DEFINICIÓN .....	8
1. 3. CLASIFICACIÓN.....	9
1. 4. COMPARATIVA ENTRE ENERGÍA RENOVABLE Y COMBUSTIBLES FÓSILES.....	14
2. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	15
2. 1. BIOMASA.....	15
2.1.1 DEFINICIÓN .....	15
2.1.2 FUNCIONAMIENTO .....	17
2.1.3 TIPOS .....	19
2.1.4 COMPONENTES .....	23
2.1.5 APLICACIONES.....	29
2.1.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	32
2. 2. ENERGIA SOLAR TÉRMICA.....	34
2.2.1 DEFINICIÓN .....	34
2.2.2 FUNCIONAMIENTO .....	38
2.2.3 TIPOS .....	40
2.2.4 COMPONENTES .....	46
2.2.5 APLICACIONES.....	50
2.2.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	53
2. 2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	54
2.3.1 DEFINICIÓN .....	54
2.3.2 FUNCIONAMIENTO .....	55
2.3.3 TIPOS .....	57
2.3.4 COMPONENTES .....	59
2.3.5 APLICACIONES.....	71
2.3.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	73

2. 4. GEOTERMÍA .....	75
2.4.1 DEFINICIÓN .....	75
2.4.2 FUNCIONAMIENTO .....	77
2.4.3 TIPOS .....	79
2.4.4 COMPONENTES .....	81
2.4.5 APLICACIONES.....	86
2.4.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	90
2. 5. AEROTERMIA .....	91
2.5.1 DEFINICIÓN .....	91
2.5.2 FUNCIONAMIENTO .....	92
2.5.3 TIPOS .....	95
2.5.4 COMPONENTES .....	96
2.5.5 APLICACIONES.....	100
2.5.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	101
2. 6. COMPARATIVA DE LAS ENERGIAS RENOVABLES.....	102
3. APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS BASADAS EN LA AEROTERMIA EN LA REHABILITACIÓN .....	104
3.1 DESCRIPCIÓN .....	105
3.1.1 CARACTERISTICAS CONSTRUCTVAS E INSTALACIONES .....	107
3.2 REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....	115
3.2.1 ENVOLVENTE .....	116
3.2.2 INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN .....	118
3.2.3 PLANOS.....	122
3.3 INFORME DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	122
3.4 SISTEMA DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS.....	122
4. RESULTADOS Y ANALÍSIS CRITICO .....	123
5. BIBLIOGRAFIA .....	127
6. ANEXOS .....	129

## OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo del presente trabajo es estudiar, de forma general, las diferentes fuentes de energías renovables destinadas a la **climatización activa** de viviendas, conocer sus virtudes y defectos para elaborar estrategias de autoconsumo.

Existen diversos métodos de captación que aprovechan la energía que nos ofrece la naturaleza con el objetivo de extraer la necesaria para transformarla electricidad o climatizar edificios, bien sea calefactándolos o refrigerándolos. Cada uno de ellos presentan diversas opciones que permiten que se adecuen a las diferentes circunstancias de una vivienda.

Uno de los principales objetivos es explicar los diversos métodos de captación y uso de cada una de las principales fuentes de energías renovables, sus características, funcionamiento, ventajas y como se aplican en la arquitectura. Dada la actual coyuntura socio cultural y económica en la que gran parte de la arquitectura que se desarrolla lo hace como reciclaje de arquitecturas existentes, se plantea el estudio específico de la implementación de un sistema de climatización en un proyecto de rehabilitación de vivienda.

El alcance del proyecto es dar a conocer al lector las posibilidades de captación y autogestión energética. Necesariamente debido a la circunstancia en la que el planeta se encuentra de agotamiento de los recursos no renovables y la contaminación insostenible de los combustibles fósiles, se considera relevante abordar este tema desde la totalidad de opciones que la técnica pone a nuestra disposición como diseñadores de edificios.

# 1. INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES

## 1. 1. CONTEXTO HISTORICO

Es complicado establecer el momento exacto cuando se empezó a utilizar las energías renovables pues los recursos naturales han sido utilizados históricamente sin atender a su posible clasificación como renovable. El aprovechamiento de la energía solar, eólica e hidráulica ha estado patente y reconocible en hechos como la distribución y disposición de los edificios, la navegación a vela, o los molinos eólicos e hidráulicos.

Por acotar, en el siglo XVIII se produce la revolución industrial. Supuso un punto de inflexión en la historia a favor de la investigación y avance tecnológico. Uno de los principales motores de la revolución fue la máquina de vapor, cuya fuente de energía era la quema de carbón. Este avance supuso el comienzo de una nueva era, la de los combustibles fósiles como fuente de energía. Todos los nuevos desarrollos estuvieron enfocados en los combustibles fósiles relegando las energías renovables, disponibles tecnológicamente en ese momento a un segundo plano, puesto que estas eran imprevisibles y dependían de la climatología. Un claro ejemplo lo encontramos en los navíos de vela, estos eran impulsados por la fuerza del viento generado por las diferencias de presión y temperatura en la atmosfera, es decir, dependían de la climatología para su funcionamiento.



SS-Savannah, el primer barco de vapor que cruzó el océano Atlántico

El sector del comercio fue el más favorecido, con la máquina de vapor llegaron los primeros motores de combustión interna aplicados en barcos y trenes para el transporte de carbón y posteriormente de todo tipo de materias. El uso de estas nuevas fuentes de energías no suponía ningún riesgo ya que no se preveía que fueran a agotarse ni que fueran perjudiciales.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, se juntaron varios acontecimientos: en 1882 se construye en Nueva York y en Londres las primeras centrales eléctricas comerciales, en 1886 Karl Friedrich Benz crea el primer automóvil con motor de combustión interna de petróleo. En 1901, Ransom Olds inaugura su cadena de montaje de vehículos automovilísticos, aunque tomó popularidad con Henry Ford y su Modelo T. La producción en serie abarató los costes permitiendo a los individuos tener automóviles propios. Comenzó a dispararse exponencialmente el consumo de combustibles fósiles, siendo uno

de los principales motores económicos globales, pero al mismo tiempo el mayor y principal responsable de fenómenos contrarios a la salud pública y la conservación de recursos naturales.

En 1968 se forma el Club de Roma formado un grupo de 35 distinguidas personalidades donde encontramos académicos, investigadores, científicos y políticos de 30 países preocupados por el futuro a largo plazo y de los cambios que se estaban produciendo en el planeta por consecuencia de las acciones humanas. Encargan al MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) un informe conocido como *The Limits to Growth* en 1972, poco antes de la gran crisis energética del petróleo de 1973, donde quedó patente la dependencia que se tenían del petróleo.

La conclusión del informe de 1972 fue la siguiente: *si el actual incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantiene sin variación, alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años.*

La tesis principal del libro es que, «en un planeta limitado, las dinámicas de crecimiento exponencial (población y producto per cápita) no son sostenibles». Se acerca a los conceptos de huella ecológica, a la capacidad del ecosistema para absorber la polución y a la sostenibilidad.

En este marco resurgieron aquellas energías consideradas limpias, no solo por su bajo o nulo impacto ambiental contaminante, también por su capacidad autóctona. La captación y transformación de la energía se produce cerca o en el propio lugar de consumo, reduciendo las distancias del transporte y, por tanto, el consumo necesario para ello. Se deja de depender de la importación de recursos energéticos como el petróleo y el gas, o directamente energía producida en otros países.

Unas energías que hasta ese momento eran llamadas “energías alternativas” debido a que se encontraban en un nivel de desarrollo tecnológico precario comienza a cobra gran interés.



Fuente: iStock

## 1. 2. DEFINICIÓN

Las **energías renovables** son aquellas fuentes de energía basadas en la utilización de recursos naturales: el sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal. Se denominan renovables porque son **recursos limpios y casi inagotables**, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por su capacidad de regenerarse por medios naturales.

Sin embargo, la mayor parte de la energía empleada actualmente proviene de los **combustibles fósiles**. Los combustibles fósiles proceden de la descomposición aeróbica de la materia orgánica “biomasa” que quedó sepultada bajo diversas capas de estratos. En el proceso de degradación se producen una serie de transformaciones que aumentan su presión y temperatura formando sustancias con un alto contenido energético, tales como el **carbón**, el **petróleo**, o el **gas**. A pesar de proceder de materia orgánica. Los combustibles fósiles no se consideran biomasa, ya que **no son renovables** debido a que las reservas se agotan progresivamente.

Según el último informe realizado por Greenpeace y el Centro de Investigación en Energía y Aire Limpio (Centre for Research on Energy and Clean Air, CREA) han cuantificado el **coste global de la contaminación** por combustibles fósiles, demostrando “un coste estimado de 8.000 millones de dólares cada día (2,9 billones de dólares al año), en torno **al 3,3% del PIB mundial o 1,5 veces el PIB de España**”.

Los sectores basados en la quema de combustibles fósiles, como las centrales eléctricas de carbón, insisten en impulsar tecnologías obsoletas y contaminantes mientras la población paga las consecuencias en términos económicos y de salud.

Económicamente, en España el coste total de la contaminación causada por los combustibles fósiles se calcula en 23.631 millones de dólares anuales en el escenario más probable, lo que equivale al 1,68% de nuestro PIB.

Aproximadamente 4,5 millones de muertes prematuras al año en todo el mundo se atribuyen a la contaminación atmosférica provocada por la quema de combustibles fósiles (principalmente carbón, petróleo y gas).

Muchas de las soluciones a la contaminación de los combustibles fósiles también son efectivas contra el cambio climático. La transición a las energías renovables es esencial tanto para prevenir las catástrofes ligadas al cambio climático como para proteger la salud de la población mundial.

Las energías renovables no solo ofrecen importantes reducciones de sustancias tóxicas como las PM<sub>2.5</sub>, el NO<sub>2</sub> y el ozono, sino que también contribuyen a reducir las emisiones a la atmósfera de los gases de efecto invernadero (GEI) causantes del cambio climático.



## 1. 3. CLASIFICACIÓN

Dentro de las **energías renovables** podemos encontrar:

- **Energía eólica:** procede de la fuerza del viento. Es el aprovechamiento de la energía cinética que se origina con los desplazamientos de las masas de aire debido a la diferencia de presión que se genera en la atmosfera. El viento mueve las aspas de los aerogeneradores donde el rotor transforma la energía cinética en energía mecánica y el generador la mecánica en eléctrica. Utilizando instalaciones eólicas de reducido tamaño se puede proporcionar electricidad a regiones donde la red no llega a abastecer.



Los parques offshore, son parques eólicos en el mar, donde el viento es más fuerte, más constante y el impacto social es menor, aunque aumentan los costos de instalación y mantenimiento. Los parques offshore

Cuando el sol incide sobre los molinos, las sombras de las aspas se proyectan de tal manera que al observar las sombras en una ventana se produce el denominado “efecto discoteca”. Si le unimos además el ruido que producen pueden llevar a las personas hasta un alto nivel de estrés con consecuencias para la salud. Debido a esto, los grandes parques eólicos se sitúan en lugares apartados, pero esto tiene como consecuencias un gran impacto medioambiental. Algunos de los lugares donde se encuentran estos parques entran en conflicto con las rutas migratorias de las aves.

- **Energía geotérmica:** procede del calor contenido en el interior de la Tierra. Es el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra, para ello es necesario que se acumule en algún cuerpo interior de la corteza, generalmente agua. El circuito primario actúa como captador de la energía calorífica subterránea. La bomba de calor intercambia el calor y lo evacua al inmueble a través del circuito secundario que lo distribuye. Mediante un inversor el sistema puede generar calor en invierno y refrigerar en verano.



Un yacimientos profundos suelen conllevar temperaturas mas altas, este tipo de yacimientos se explota en grandes centrales para producir electricidad. Los de baja temperatura se encuentran a baja profundidad y no precisan de grandes intalaciones pudiendo emplearse en viviendas unifamiliares, se utilizan en sistemas de climatización por bomba de calor.

- **Energía solar:** procede de la radiación solar. Se pueden clasificar entre pasivas y activas:

Se considera **energía solar pasiva** al conjunto de técnicas dirigidas al aprovechamiento de la energía solar sin necesidad de transformarla para su utilización de forma inmediata o para su almacenamiento. De forma que no se requieren medios mecánicos ni aporte eléctrico para su uso. Vemos su aplicación en la arquitectura bioclimática donde el diseño y los elementos constructivos de las edificaciones permiten aprovechar la energía, absorbiéndola durante el día y redistribuyéndola durante la noche. La ventaja principal reside en que, al no precisar de medios mecánicos (salvo reguladores en algunos casos), el coste para desempeñar su tarea es mínimo o incluso nulo por lo que el mantenimiento también es muy reducido. Además de **no emitir gases contaminantes** durante su funcionamiento. Se utiliza en la mayoría de los casos para la climatización y en la producción de agua caliente. Se utiliza normalmente como complemento ya que en zonas muy frías donde las condiciones exigen mayor aporte energético es insuficiente solo con las tecnologías pasivas.

Se considera **energía solar activa** al conjunto de técnicas dirigidas a la captación de la energía solar para transformarla en energía eléctrica. Se emplea tanto para la climatización como para la producción de agua caliente sanitaria. Según si se aprovecha la luminosidad o el calor de la radiación solar distinguimos entre solar fotovoltaica o solar térmica.



**Solar fotovoltaica:** aprovecha la luz del sol. Se obtiene directamente a partir de radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. Se utiliza principalmente para generar electricidad. Es una fuente inagotable y no contaminante de energía, se puede aplicar desde la pequeña escala de una vivienda (autoconsumo) hasta grandes plantas donde la energía se vierte a la red eléctrica



**Solar térmica:** aprovecha el calor del sol. Se obtiene directamente a partir de la energía calorífica de la radiación solar captándola en un colector y almacenándola en un medio portador de calor, generalmente agua o aire. Se utiliza principalmente para generar agua caliente sanitaria o en climatización. Se puede aplicar desde la pequeña escala de una vivienda hasta grandes centrales de energía solar térmica.

- **Energía aerotérmica:** es una fuente de energía renovable que aprovecha la energía almacenada en forma de calor en el aire de nuestro entorno con el objetivo de cubrir la demanda de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria en una vivienda por medio de una bomba de calor.



En el exterior, el evaporador se encarga de captar el calor de aire y transmitirlo al interior. El condensador ceder el calor en el interior al sistema encargado de distribuirlo a las diferentes estancias. Este sistema puede invertirse sin la necesidad de cambiar de elementos para refrigerar en verano, el evaporador pasa a ser condensador. Se puede disponer también de un depósito en el interior muy parecido a un termo para abastecer de agua caliente sanitaria.

En los sistemas de aerotermia, las bombas de calor son del tipo aire-aire o aire-agua. El primer término indica el medio por el cual se intercambia el calor con el exterior, y el segundo indica el medio por el cual se transfiere el calor para su distribución por el interior, aire o agua. Por ejemplo, en caso de que sea aire mediante fan-coils y si fuese agua por un sistema de suelo radiante.

Hay que tener en cuenta que las bombas de calor necesitan para su funcionamiento de un aporte exterior de energía eléctrica, por lo que se tienen que cumplir una serie de parámetros recogidos en la Directiva 2009/28 / CE, artículo 5 del Anexo VII: Balance energético de las bombas de calor, para que una instalación aerotérmica se considere renovable.

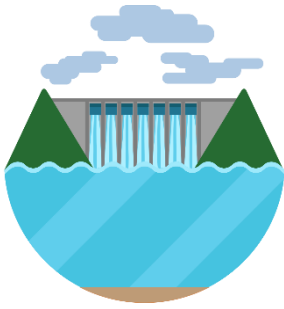
- **Biomasa y biogás:** la energía se extrae de materia orgánica. Una vez que un ser vivo muere, ya sea del reino animal o vegetal, las bacterias y los hongos intervienen descomponiendo los cuerpos y transformando la materia orgánica en materia inorgánica extrayendo la energía almacenada que contenían. Esta materia inorgánica sirve como abono para el crecimiento nuevas plantas, cerrando el ciclo de la materia natural. Son el sustituto más parecido a los combustibles fósiles.



**Biomasa:** la energía procede de la quema de productos o subproductos de origen vegetal para: a pequeña escala, climatizar viviendas y, a gran escala, producir energía eléctrica en el sector industrial. Las cenizas que generan pueden ser usadas posteriormente como abono.

**Biogás:** se someten residuos orgánicos a la acción de biodigestores (bacterias) en un medio anaerobio. En el proceso de degradación se produce metano, un biogás altamente inflamable. El lodo resultante puede ser usado como fertilizante.

- **Energía hidráulica o hidroeléctrica:** procede del agua dulce en movimiento, bien sea cauce natural como ríos o artificial como embalses y presas. Las precipitaciones y el deshielo crean arroyos y ríos que descienden de las colinas y montañas hasta desembocar en el océano. Se basa en el principio de conservación de la energía, aprovechando la energía potencial del agua cuando se encuentra a una altura superior respecto a un punto de descarga.



**Central de embalse.** Una o varias presas forman lagos artificiales donde se almacena un volumen importante de agua, permitiendo producir energía eléctrica durante todo el año, aunque el río se seque completamente durante algunos meses. Se regula el paso del agua a través de un cabezal hidráulico (energía cinética) abriendo y cerrando las compuertas. El agua empuja las palas de una turbina (energía mecánica) que hace girar un alternador para producir electricidad.

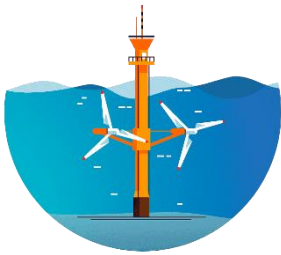


**Central de pasada.** La característica principal de este tipo de centrales es que no precisan de un elemento de acumulación de agua previo a las turbinas, estas se sitúan en la propia corriente natural del cauce. Se debe garantizar y asegurar el caudal y la estabilidad a lo largo del año para el buen funcionamiento, sin embargo, el caudal natural de los ríos varía durante con las estaciones. Se puede unir varios cauces para sumar el caudal, bien sean naturales o de riego, ya que si desciende demasiado puede dejar de ser rentable o que dañe las instalaciones.



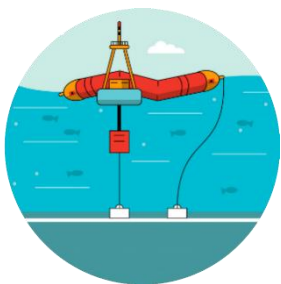
**Central de bombeo (Pumped Storage).** La característica principal de este tipo de centrales es que poseen dos embalses. Además de producir energía eléctrica a partir de la energía potencial, puede realizarlo de manera inversa. En las horas pico de mayor consumo, el agua es liberada desde el embalse superior y se genera electricidad. En las horas valle, el agua se bombea al depósito superior con el fin de reutilizarla posteriormente para la producción de energía eléctrica.

- **Energía mareomotriz:** procede del movimiento de las mareas. La principal ventaja reside en tener un suministro seguro con potencial que no varía de forma trascendental anualmente, solo se limita a los ciclos de marea y corrientes. Para su explotación no precisan de ninguna clase de aporte energético por lo que no se producen subproductos contaminantes. Sin embargo, la el coste ambiental y económico es muy alto para el poco rendimiento energético que se consigue.



Los **generadores de marea** son unos molinos muy similares a los de viento, las corrientes marinas mueven las aspas de la turbina. Las **presas de marea** son unas presas que funcionan con los ciclos lunares. Las compuertas permiten el paso del agua cuando la marea sube hasta que llega a su nivel máximo. Una vez la marea desciende por debajo del nivel del embalse, se abren dejando pasar a través de las turbinas.

- **Energía undimotriz u olamotriz:** procede del movimiento de las olas. Es el aprovechamiento de la energía mecánica generada por el roce del viento sobre la superficie del mar para generar electricidad. La radiación solar incide de manera desigual sobre la superficie de la tierra provocando zonas de altas y bajas presiones en la atmosfera. Esto provoca grandes desplazamientos de aire que se traducen en una fuerza de rozamiento sobre la superficie del mar generando oleaje. Se aprovecha este movimiento potencial para producir energía eléctrica.



Es el aprovechamiento de la energía mecánica generada por el roce del viento sobre la superficie del mar para generar electricidad. La radiación solar incide de manera desigual sobre la superficie de la tierra provocando zonas de altas y bajas presiones en la atmosfera. Esto provoca grandes desplazamientos de aire que se traducen en una fuerza de rozamiento sobre la superficie del mar generando oleaje. Se aprovecha este movimiento potencial para producir energía eléctrica.

## 1. 4. COMPARATIVA ENTRE ENERGÍA RENOVABLE Y COMBUSTIBLES FÓSILES

	ENERGIAS RENOVABLES	COMBUSTIBLES FÓSILES
Impacto ambiental	Limpias, no producen emisiones de CO <sub>2</sub> y otros gases contaminantes.	Contaminan, producen CO <sub>2</sub> y aumenta la proporción de gases de efecto invernadero.
Residuos	No producen residuos fruto de su utilización o de fácil tratamiento, p.e. biomasa.	Generan residuos, algunos suponen una gran amenaza para la medioambiente y la salud pública, p.e. energía nuclear.
Perdurabilidad	Inagotables, se regeneran a una velocidad mayor de la que se consumen.	Limitadas, por su origen necesita millones de años para formarse, por consiguiente son finitos.
Procedencia	Autóctonas, incluso autogestionable por el individuo.	Yacimientos distribuidos heterogéneamente por el planeta, provocando dependencia internacional.
Captación	Sigue investigándose en su desarrollo y mejorando los métodos de extracción y transformación.	Infraestructura muy desarrollada. Transporte y almacenamiento barato y fácil.
Precio	Alta inversión inicial, que se amortiza con el tiempo.	Relativamente bajo, el precio fluctúa según mercados de futuros.

Tabla comparativa entre energías renovables y combustibles fósiles.

## 2. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

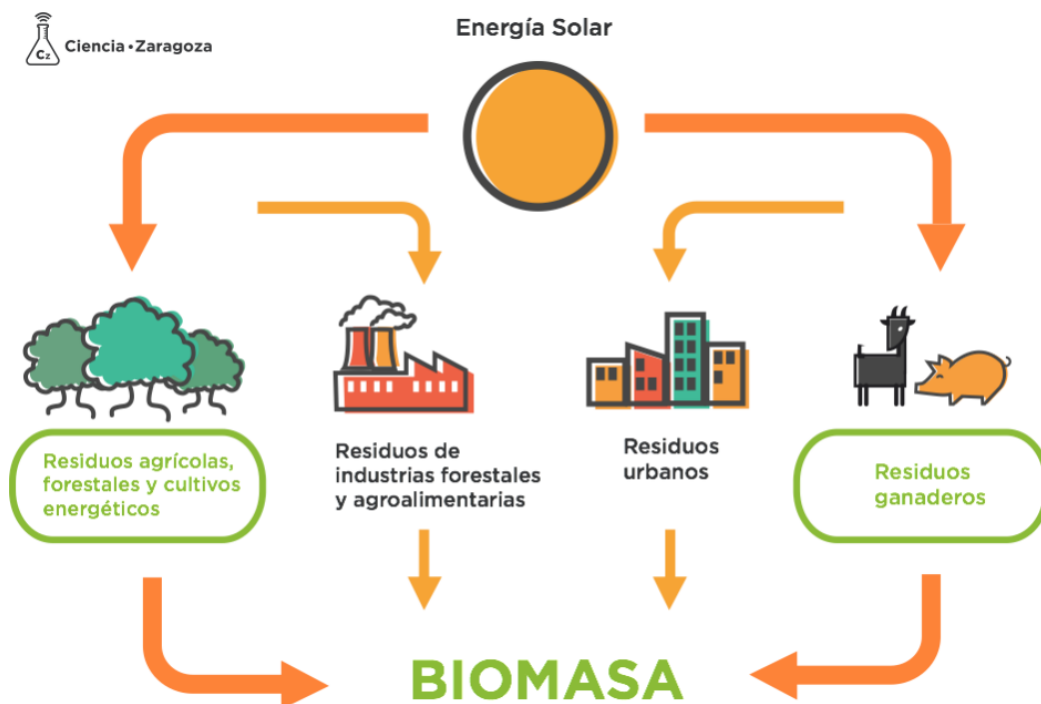
### 2. 1. BIOMASA

- 2.1.1 DEFINICIÓN

Según definición de la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588 que sobrescribe Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), cataloga la “biomasa” como “todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”. En este último grupo encontraríamos los denominados combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas.

La biomasa fue la fuente energética más importante para la humanidad hasta el inicio de la revolución industrial, cuando quedó relegada a un segundo lugar por el uso masivo de combustibles fósiles.

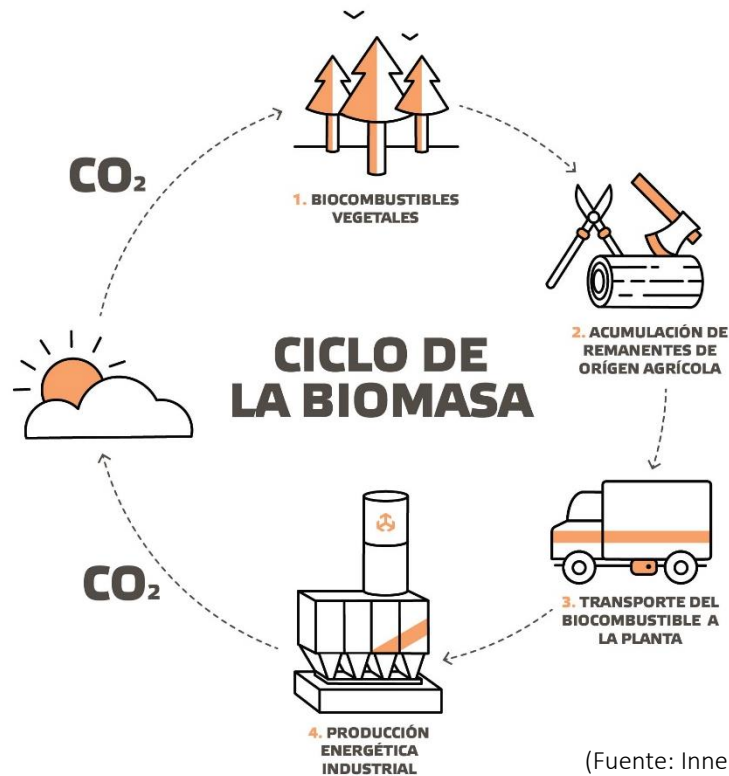
La energía proveniente de la biomasa es energía solar almacenada por la vegetación. Mediante la fotosíntesis los compuestos inorgánicos,  $\text{CO}_2$ , son transformados en compuestos orgánicos. La combustión de biomasa no contribuye al aumento del efecto invernadero puesto que el carbono que se libera ha sido previamente capturado en el proceso de fotosíntesis durante el crecimiento de la materia vegetal y, por tanto, es renovable.



*Tipos de biomasa según su procedencia*

(Fuente: Ciencia Zaragoza)

La materia inorgánica no proviene del subsuelo, capturado en épocas remotas como es el caso del gas o del petróleo. Por ello, se considera que la energía producida con la biomasa no contribuye a generar el cambio climático, ya que el nivel del CO<sub>2</sub> en la atmósfera se mantiene constante, de esta forma el ciclo se cierra generando “un balance neutro de la biomasa”. Su uso contribuye a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera siempre que sustituya a un combustible fósil.



Las emisiones de calderas no son las únicas consecuencias para el medio ambiente que deben ser consideradas, la producción y el transporte del combustible suponen unas cantidades considerables de contaminación que necesitan considerarse para valorar el equilibrio medioambiental.

Talar árboles, aunque sea de forma sostenible, “incrementa” las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se debe a que dejan de absorber CO<sub>2</sub> necesario para su crecimiento y el restante contenido en la propia madera es emitido a la atmósfera. En una gestión equilibrada, el incremento de CO<sub>2</sub> emitido puede frenarse hasta llegar a una situación de reducidas emisiones. Si la tala no se hace de forma racional y sostenible, en búsqueda desesperada de fuente de energía, puede provocar la deforestación de grandes áreas dejando indefenso al suelo frente a la erosión.



- **2.1.2 FUNCIONAMIENTO**

Según la definición anteriormente mencionada de la biomasa, es un biocombustible producido a base de recursos naturales y renovables. En la actualidad, las aplicaciones térmicas a través de calderas son las más extendidas. Se produce extrae energía en forma de calor para climatizar y producir agua caliente sanitaria.

El proceso que sigue el recurso energético dentro de una caldera de biomasa es muy parecido al de cualquier otro combustible fósil.

Un sistema de climatización con biomasa consta de una serie de equipos o sistemas principales:

- **Almacén de combustible:** silo, tolva. Es el lugar donde se almacena el recurso energético. Es muy importante la impermeabilización del almacén para evitar la entrada de agua del subsuelo o de las paredes en los sótanos. Ya que la humedad un aumento en la humedad de la biomasa puede reducir drásticamente el rendimiento del recurso. Sin embargo, debe ser permeable al paso del aire y estar bien ventilado para permitir el secado y evitar la aparición de mohos.
- **Sistema de alimentación:** tornillo sinfín, neumático o gravedad. Transporta el material desde almacén hasta la caldera.
- **Caldera:** cámara de combustión, zona de intercambio, cenicero y caja de humos.

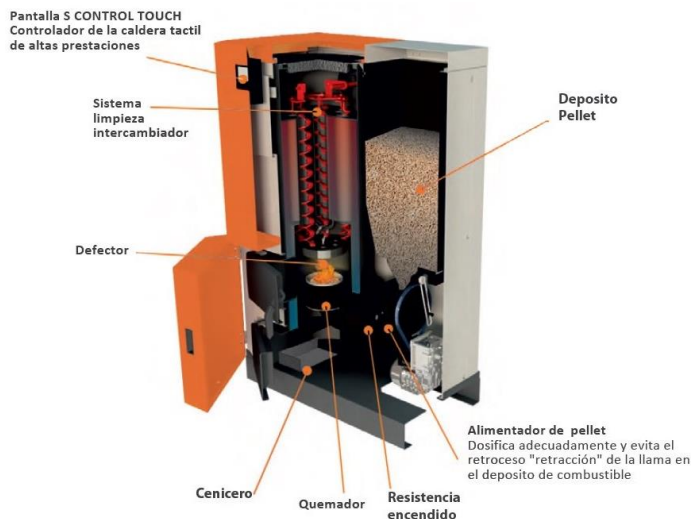
La cámara de combustión normalmente está formada por un sistema de combustión y una cúpula de distribución de gases de combustión. Además, casi todas las calderas tienen un sistema de regulación del caudal de aire de combustión para conseguir una combustión óptima.

El intercambiador de calor es un sistema que está compuesto por un conjunto de tubos verticales cuya función es la transferencia de calor entre los gases y el agua. Se pueden distinguir dos tipos de caldera según su intercambiador de calor:

- o **Pirotubulares:** el agua rodea los tubos por los que circulan los humos, por lo que la cámara de combustión tiene que estar separada del intercambiador de calor. Este es el caso más común de las calderas medianas y pequeñas.
- o **Acuotubulares:** los gases de combustión circulan por fuera de los tubos y por dentro de ellos se conduce el agua.

Cenicero. La mayoría de las calderas comerciales en el mercado poseen sistemas automáticos o semiautomáticos de retirada de cenizas, siendo el resultado de este sistema un rendimiento elevado y constante que garantiza un notable ahorro para el usuario.

- **Evacuación de humos:** Es una chimenea similar a la de un sistema convencional, aunque de un diámetro ligeramente superior, debido a que el volumen de humos es mayor porque la humedad de la biomasa al arder se convierte en vapor de agua mezclado con los productos de la combustión
- **Sistema de distribución de calor:** igual que un sistema convencional. Los mecanismos de transmisión de calor en equipos domésticos son principalmente la radiación y la convección.
- **Sistema de regulación y control:** igual que un sistema convencional en cuanto a la interfaz del usuario. Se puede dotar al equipo con turbinas de circulación de aire y un termostato para mejorar la potencia calorífica acelerando el movimiento del aire. El aire se toma del interior, pero si no se reúnen las condiciones, hay que hacer una conexión mediante tubo de PVC flexible y resistente a través del muro exterior, para garantizar la entrada de aire necesaria. En el caso de los pellets se puede tener también un dispositivo de bloqueo de carga de los pellets.



Caldera EG-MICRO 8KW EKOGRN

Para su funcionamiento las calderas modernas precisan de alimentación eléctrica. Aunque consumen muy poco, las calderas de pellet necesitan una fuente de energía para el funcionamiento del sistema, programar el encendido y apagado, recarga automática y para el ventilador.

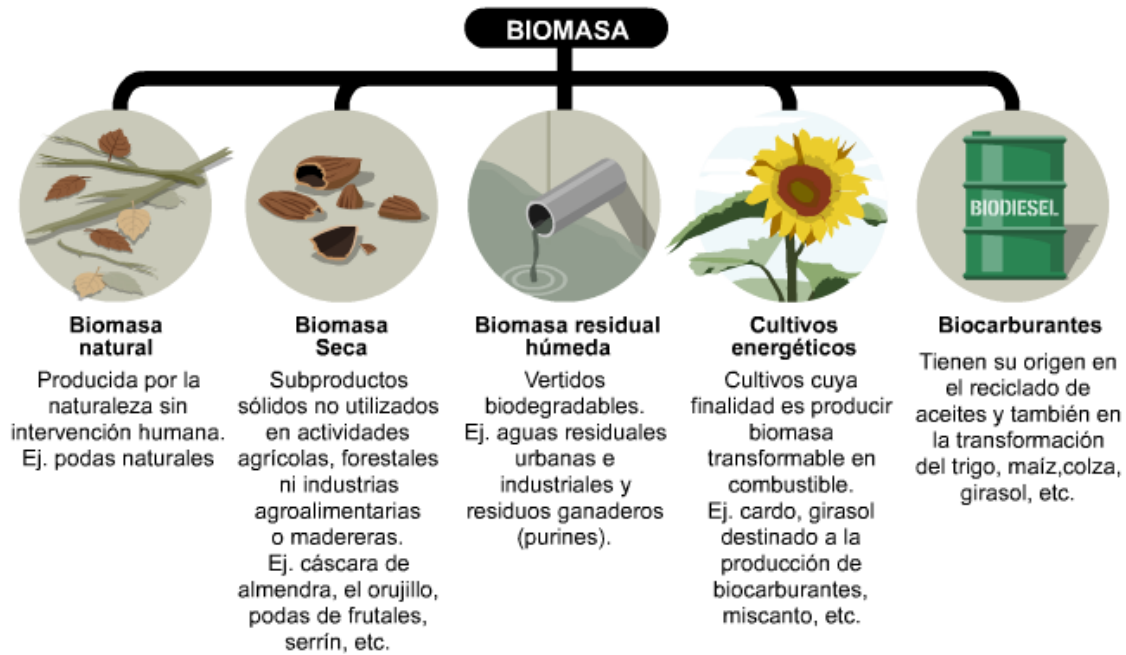
De forma complementaria, la caldera se puede conectar a un sistema de producción de frío por absorción, que alimenta al sistema de refrigeración (fan-coils). Un sistema de refrigeración por absorción se diferencia respecto a de un sistema de compresión eléctrica en que la energía que acciona el generador de frío es calor, en forma de agua caliente, producida en una caldera de biomasa. El ciclo de absorción se basa en las propiedades de las disoluciones acuosas de ciertas sales como bromuro o cloruro de litio, que son inocuas.

- 2.1.3 TIPOS

Existen muchos recursos aprovechables para la producción de energía asociada a la biomasa. Las instalaciones de biomasa se abastecen de una amplia gama de biocombustibles, desde astillas de madera y residuos forestales, hasta cardos y paja, pasando por huesos de aceituna y cáscaras de almendra. Esta heterogeneidad del origen de la materia prima aumenta la complejidad de los sistemas de aprovechamiento, ya que cada proyecto necesita análisis específicos de disponibilidad, extracción, transporte y distribución. El amplio abanico de recursos permite la utilización de la biomasa tanto en sistemas de aprovechamiento térmico, calefacción y producción de agua caliente en el sector doméstico o calor para procesos industriales, como en sistemas de producción de electricidad.

Según la procedencia de la biomasa la podemos clasificar la biomasa en tres tipos:

- **Biomasa natural:** procede directamente de la naturaleza. Se produce sin la intervención del hombre para potenciarla o para modificarla. Es una de las principales fuentes de energía en los países subdesarrollados. En este grupo se encontrarían las masas forestales, bien sean derivados de limpieza de bosques y restos de plantaciones como ramas y leñas, principalmente de coníferas y frondosas.
- **Biomasa residual:** procede materias primas que se generan por las acciones humanas en las diversas actividades de producción, transformación y consumo. Su eliminación en muchos casos supone un problema y su utilización tiene una conlleva una serie de ventajas, como reducir el espacio en vertederos y, por tanto, el riesgo de incendio o generar puestos de trabajo. Encontramos en este grupo los residuos agrícolas, residuos industriales agroalimentarios, residuos forestales, residuos ganaderos, aguas residuales, etcétera.
- **Biomasa producida:** Producida por cultivos energéticos, es decir, cultivos cuyo objetivo principal es conseguir biomasa transformable en combustible. A diferencia de los agrícolas tradicionales, tienen como características principales su gran productividad de biomasa, su resistencia a la sequía, a las enfermedades, rápido crecimiento entre otras. Varias especies son sucesibles de convertirse en cultivos energéticos, destacan cardo, el sorgo y la colza etíope. También pueden utilizarse especies forestales leñosas, como los chopos, en zonas de regadío, y los eucaliptos, en terrenos de secano.



Fuente: Anónima

En España, los principales desarrollos en el área de biomasa se han centrado en el uso de residuos industriales, tanto forestales como agrícolas. Tradicionalmente la biomasa forestal ha ocupado un papel importante en el sector doméstico. Sistemas poco eficientes están evolucionando con la llegada al mercado de sistemas de calefacción y agua caliente modernos, de alta eficiencia y comodidad para el usuario.

Los procesos de extracción y transformación de los combustibles derivados de la biomasa son tan variados como las características de cada uno de ellos. En general, los que requieren sistemas más complejos son los residuos derivados de las actividades forestales y agrícolas, y entre éstas últimas los de cultivos leñosos. Se debe a que suelen presentar complicaciones para su extracción, ya que se encuentran en zonas geográficamente accidentadas, en muchos casos con grandes pendientes. Para su transporte requiere que sea astillado y empaquetados hasta las plantas de transformación donde son tratados. El objetivo principal es eliminar el máximo grado de humedad posible mediante secado natural o forzado. Posteriormente se adecua para el consumo y almacenamiento, ya sea astillado, molturado, peletización y otro proceso.

Según el grado de humedad podemos separar la biomasa en grupos principales:

- **Biomasa seca.** Puede obtenerse de forma natural con una humedad menor al 60%, como puede ser la leña. Permite su utilización directa mediante procesos termoquímicos produciendo energía térmica o productos secundarios en forma de combustibles.

- **Biomasa húmeda.** Se denomina así cuando la humedad supera el 60%, como vegetales, residuos animales o vegetación acuática. Generalmente se usa para obtener combustibles líquidos y gaseosos, como el biogás o el biodiesel mediante procesos físicos y bioquímicos.

A las plantas de tratamiento llega tanto materia prima procedente de la biomasa forestal y agrícola como residuos de industrias de primera transformación de la madera, como aserraderos. Sin embargo, los residuos de industrias de segunda transformación, tablero y muebles, no van a las plantas de tratamiento, son aprovechados como combustibles para autoabastecerse de calor y, en ocasiones, producir energía eléctrica. En las industrias agrícolas o agroalimentarias, sucede algo similar ya que aprovechan sus propios residuos como combustibles.

- **Procesos termoquímicos.**

Comprenden básicamente la combustión, gasificación y pirolisis:

- **Combustión.** Es el más sencillo y más utilizado a lo largo de la historia, incluso en el presente sigue siendo uno de los métodos más ampliamente utilizados. Permite obtener energía térmica tanto para un sencillo hogar abierto hasta calderas de alto rendimiento utilizadas en la industria.
- **Gasificación.** La combustión se realiza en un recipiente hermético, conocido como gasómetro, en presencia de una cantidad controlada de oxígeno inferior a la que se requería para su combustión completa. El resultado es un gas pobremente cargado en términos de energía calorífica. Posteriormente este gas se quema para obtener energía térmica en una caldera para producir vapor, o bien ser enfriado y acondicionado para su uso en un motor de combustión interna que produzca, a su vez, energía mecánica.
- **Pirolisis.** Es un proceso de oxidación parcial y controlada, quemado casi en ausencia de aire a temperatura elevada (230°C) que permite obtener como producto una combinación variable de combustibles sólidos (carbón vegetal), combustibles líquidos y gaseosos. El carbón vegetal resultante presenta un poder calorífico superior a la biomasa que le dio origen.

- **Procesos físicos**

Existen otros procesos, siendo el más importante la producción de biocombustible a base de aceites vegetales de plantas oleaginosas como el girasol, soja, semilla de algodón, palma, etc. En general, las semillas son prensadas mecánicamente para extraer el aceite. Estos aceites permiten reemplazar al gasoil en los motores de combustión interna.

- **Procesos bioquímicos**

Se basan en la degradación de la biomasa por la acción de microorganismos, y pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se producen en ausencia de aire (anaeróbicos) y los que se producen en presencia de aire (aeróbicos).

- **Fermentación anaeróbica.** Se utiliza fundamentalmente en la producción de biogás descomponiendo residuos de origen animal y vegetal con baja relación carbono/nitrógeno.
- **Fermentación aeróbica.** El resultado es un combustible líquido de características similares a los obtenidos mediante la refinación del petróleo. El proceso incluye una etapa de trituración y molienda para obtener una pasta homogénea, una etapa de fermentación y una de destilación y rectificación.

TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	CONSIDERACIONES
Pellets	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran poder calorífico.</li> <li>- Bajo contenido en cenizas, reduciendo las necesidades de operación y mantenimiento.</li> <li>- Calderas con muy alta eficiencia</li> <li>- Comercialización y estándares internacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado precio en comparación con otras biomásas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenado en lugar aislado y seco.</li> <li>- No necesita ningún tipo de tratamiento una vez producido.</li> <li>- Alta fiabilidad por la estandarización .</li> </ul>
Astillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coste de producción es inferior al de los pellets ya que requieren menos elaboración.</li> <li>- Las astillas limpias y secas de corteza (clase 1) son de alta calidad.</li> <li>- Comercialización europea estandarizada a nivel medio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesitan más espacio de almacenaje que los huesos de aceituna y los pellets ya que tiene una menor densidad</li> <li>- Local, al ser menos densa el transporte a media y larga distancia no es rentable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composición variable.</li> <li>- Es necesario secar la materia prima, la calidad depende de la humedad, cuanto más seca mejor (clase 1 &lt; 30% humedad)</li> <li>- Contenido en cenizas inferior al 1% (clase 1) o al 5% (clase 2)</li> </ul>
Leña y briquetas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Combustible barato, sobre todo la leña ya que no requiere casi elaboración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación de la caldera a mano.</li> <li>- Menos densas, como las astillas. Precisan de más espacio de almacenaje y generan más cenizas (mas mantenimiento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menos homogeneidad, sobre todo en leña.</li> <li>- Mucha relación (negativa) entre el grado de la humedad y el poder calorífico y funcionamiento de la caldera.</li> </ul>
Residuos agrícolas industriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muchos tipos y disponibilidad por abundancia de productos.</li> <li>- Grandes producciones en España.</li> <li>- Bajo coste ya que es un subproducto resultante de otros procesos.</li> <li>- Generalmente de gran poder calorífico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aunque generan menos cenizas que las astillas y leñas, generan más que lo pellets.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pueden ser estacionales por lo que el suministro debe acordarse con el productor.</li> <li>- Debe revisarse la calidad para evitar biomásas con residuos no deseados.</li> </ul>

Tabla comparativa de los diferentes tipos de combustibles

- **2.1.4 COMPONENTES**

El uso más extendido y habitual para la biomasa consiste en instalaciones para la producción de energía térmica a pequeña escala, con el objetivo de climatizar y/o producir agua caliente en viviendas unifamiliares. Dentro de ellos podemos diferenciar dos partes fundamentales: el **sistema de almacenamiento y alimentación del combustible** y el **generador de calor**.

- **Sistema de almacenamiento**

Tradicionalmente los **sistemas de almacenamiento** de combustibles sólidos, sobre todo para estufas de baja potencia, se han basado en la manipulación y transporte de manera manual, llevando el combustible hasta la caldera y depositado éste sobre la parrilla del quemador. Este sistema, aunque sigue estando vigente actualmente se utiliza para estancias concretas y mayoritariamente por el componente de confort que produce el hogar. Ese sistema ha evolucionado y las calderas cuentan con un sistema automatizado de transporte y combustión del recurso. El sistema de almacenamiento se diseña en función de: la previsión de suministro, espacio disponible, necesidad anual, etc, pudiendo ser de tipo prefabricado o de obra.

- Sistema de depósito

**Prefabricados**, indicados para biocombustibles de pequeña granulometría:



**Tolva integrada.** Integrada en la propia caldera o sistema de generación, este tipo de almacenamiento se aplican a calderas de potencia reducida (hasta 40 kW), con capacidades de hasta 2.400 kg.

Fuente: solarpellet



**Tolva exterior.** Se sitúan dentro o fuera del edificio, próximas a la caldera. Estos sistemas son de fácil instalación y no exigen realizar una obra para adecuar un silo. Pueden disponer de llenado y alimentación mediante sistema neumático o tornillo sin fin. Capacidades menores de 3.000 kg.

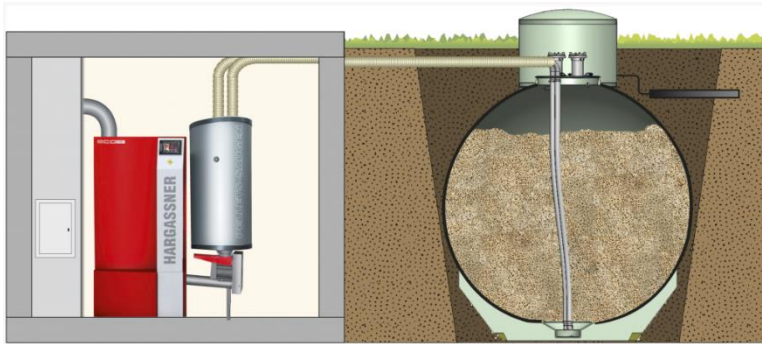
Fuente: Lasian



**Silo flexible.** Puede situarse tanto en el interior como en el exterior del edificio. El silo está soportado por una estructura metálica permeable al aire, pero no al polvo y conectada a tierra para evitar cargas electrostáticas. Pueden disponer de llenado y alimentación mediante sistema neumático o tornillo sin fin. Capacidades comprendidas entre 2.000 y 5.000 kg.

Fuente: Lasian





**Depósitos subterráneos:** fabricados para este fin, con una resistencia a la corrosión adecuada. Pueden estar fabricados en plástico.

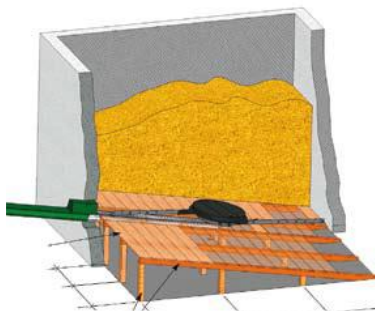
Fuente: Hargassner

**De obra,** debe prestarse especial atención a evitar la presencia de humedad, ya que la biomasa aumenta su volumen con ésta y pierde propiedades como combustible. Se recomienda que el acceso a todos ellos sea estanco al polvo, que posea una mirilla o ventana para realizar una inspección visual sin tener que abrir, en caso de necesidad la apertura de la hoja será exterior y que haya un dispositivo de contención para evitar la salida de la biomasa al abrir la puerta:



**Con suelo inclinado de dos lados.** Recomendable para silos rectangulares donde los rascadores no podrían barrer el área completa del silo. Dos falsos suelos inclinados dirigen el combustible mediante deslizamiento por gravedad hasta el tornillo si fin que transporta el combustible.

Fuente: Tecnología en biomasa. Albamella



**Con suelo inclinado de un lado.** Recomendable para silos cuadrados. Si el ángulo de inclinación es pequeño, puede ser necesaria la incorporación de rascadores para suministrar combustible de manera continua al sistema de alimentación.

Fuente: Instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE

**Con suelo horizontal:** Recomendable cuando haya poco espacio disponible o el combustible tenga poca densidad. Hace necesaria la inclusión de rascadores giratorios u horizontales, pero optimiza el volumen del silo.

#### - Sistema de carga

Son independientes del tipo de almacenamiento, pueden clasificarse en:

**Sistema semiautomático.** El silo se recarga de forma manual, con bolsas, por ejemplo.



**Sistema de descarga directa.** Se utilizan volquetes y camiones de piso móvil para cargar los silos accesibles mediante trampillas en el suelo. Se utiliza para el suministro de biomasa de gran tamaño o forma heterogénea, como leñas y briquetas.

Fuente: Hotel timanfaya. Cubic.



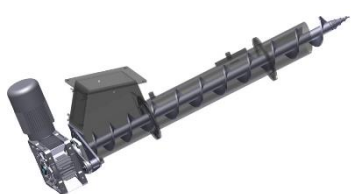
**Sistema automático.** El biocombustible se transporta mediante camiones cisternas provistos de dos mangueras flexibles fabricadas con material antiestático, una de succión y otra de llenado permiten tanto vaciar, útil en caso recarga de silos a distancias de hasta 40 m, aunque es recomendable que sea menor de 20m. También es capaz de recargar toberas a 5m de altura.

Fuente: Pellets de Galicia. Lignus.

#### - Sistema de alimentación

Transporta el biocombustible desde el silo hasta la caldera, puede realizarse por uno de los siguientes sistemas:

**Sistema manual.** sistema empleado en calderas de pequeña potencia, tipo tolva o integrado. Los pélets se introducen por una tolva superior que hace las funciones de silo de almacenamiento y depósito previo a la combustión.



**Tornillo sin fin:** sistema mecánico para conducir el combustible a lo largo de su longitud hasta la propia caldera. En caso de estar situado en un canal puede llegar el biocombustible por toda su longitud o solo por el principio. Puede ser de tipo rígido, flexible o en codo.

**Sistema neumático:** una bomba succiona el combustible desde el silo y lo bombea hasta la caldera. Permite distancias de hasta 15 m. Se trata del sistema económico, pero sólo admite pélets o combustibles de tamaño y forma muy homogénea.

#### • **Generador de calor**

En general, los generadores de calor con biomasa se pueden clasificar en:

- **Hogar.** lugar de una casa donde se enciende fuego con leña o algún otro combustible. Durante siglos fue el espacio de las viviendas usado como cocina y foco de calor, un entorno común que servía de estancia y comedor (de invierno).



El uso de este tipo de hogares conlleva cierto riesgo si no se cumplen unas condiciones de seguridad y características concretas. Su rendimiento depende fundamentalmente del tiro de la chimenea y la falta del mismo supone un defecto de aire en el hogar debido a que una combustión incompleta puede aumentar el nivel de monóxido de carbono. **Rendimiento** entorno al **20%**.

- **Estufa.** Produce y emite calor para calentar de forma directa un local de dos formas: por radiación, debido a la propia llama que genera, y por convección, mediante un ventilador que impulsa el aire caliente, haciendo que el ambiente se caliente de forma más rápida. Se garantiza una combustión limpia y eficiente, sin olor a humo. La cantidad de aire que entra se puede controlar con precisión, por lo que se puede ajustar la combustión y aumentar el rendimiento. Por tanto, se reduce el consumo del combustible, así como la cantidad de hollín y cenizas. Se optimiza la obtención de calor pudiendo disfrutar de una vista espléndida del fuego.



Estufa de leña



Estufa de pellets

Las **estufas de pellets** tienen rendimientos que oscilan entre el **85% y el 95%** con respecto al poder calorífico inferior (PCI). Sin embargo, las **estufas de leña**, aunque han evolucionado y mejorado tanto la ventilación como el aislamiento, no alcanzan niveles de eficiencia superiores al **75%** respecto al PCI. Esto se traduce en que una cantidad más reducida de combustible de pellets nos dará el mismo calor útil que más kilogramos de leña.

- Las **calderas de biomasa** se consideran las más ecológicas ya que utilizan como fuente de energía combustibles naturales para climatizar y/o producir agua caliente sanitaria ACS a una vivienda o edificio de viviendas.

Generalmente, son de tipo atmosférico, lo que significa que el hogar o cámara de combustión se encuentra a presión ambiente. Su funcionamiento es similar al de cualquier otra caldera.

Se quema un combustible que genera una llama horizontal que entra en la caldera. El calor generado en la combustión cede la energía calorífica en el intercambiador para calentar circuito con un fluido calo portador (generalmente agua).

Para optimizar el funcionamiento de la caldera de biomasa, podemos instalar un acumulador, que almacenará el calor de una forma similar a un sistema de energía solar.

En base al tipo de combustible que utilice podemos diferenciar en:

### Calderas de biomasa



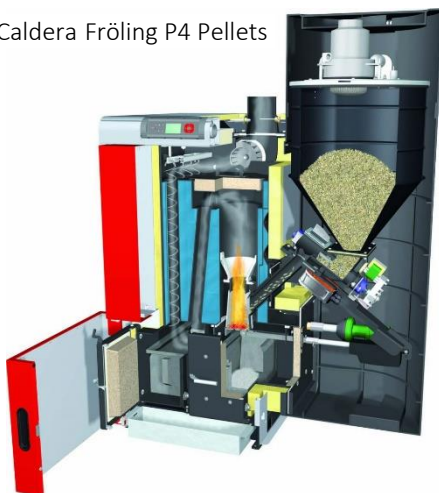
Caldera Logwin Premium touch

Su potencia varía desde 25 kW a cientos de kW y pueden alcanzar rendimientos de un 92%. La caldera de biomasa funciona con combustibles basados en residuos naturales, los más usados son el pellet, la leña, astillas y el hueso de aceituna, este último varía según la disponibilidad en la zona geográfica. Aunque no admiten varios combustibles simultáneamente se puede cambiar el combustible. Para ello es necesario vaciar el silo y reprogramar la caldera, en determinados casos pueden requerir modificaciones específicas en la caldera. Disponen de sistemas automáticos de alimentación de biomasa, de limpieza del intercambiador y de extracción de cenizas.

**Calderas adaptadas a biomasa.** Presentan rendimientos inferiores normalmente entre el 75 y el 85%. Se trata de calderas antiguas que funcionaban mediante combustibles fósiles como el carbón o el gasóleo y han sido reacondicionadas para utilizar biomasa. Su grado de automatización depende de la modificación que se haya realizado.

### Calderas específicas de pellets

Caldera Fröling P4 Pellets



Suelen ser pequeñas (hasta 40 kW) y altamente eficientes. Son las calderas más flexibles y fáciles de colocar, se caracterizan por su compacidad debido a la estabilidad del combustible suministrado. La alimentación en este tipo de instalaciones es sencilla, normalmente por aspiración. La cámara de combustión suele ser pequeña y compacta, ya que los pellets arden mejor amontonados y en espacios compactos. La eliminación de la ceniza es sencilla, ya que este combustible no genera mucha ceniza (aprox. 0,5%).

Estas calderas destacan por su bajo coste, pequeño tamaño y un elevado rendimiento. En algunos casos pueden utilizar otros biocombustibles con características similares siempre que el fabricante lo garantice. En general se usan en viviendas unifamiliares y en edificios grandes donde no es posible suministrar la astilla.

### Calderas de pellets por condensación



Caldera Okofen Pellematic Condens

Son un caso particular de las anteriores. Se trata de calderas completamente automatizadas de alto rendimiento, de hasta un 103% respecto al PCI. Se basan en el aprovechamiento del calor latente presente en los gases de la combustión condensándolo en el intercambiador. Se consigue un ahorro de entre 25% o 30% frente a las calderas sencillas y se reducen hasta un 70% las emisiones de óxido de nitrógeno y dióxido de carbono. Funcionan a menor temperatura que las calderas convencionales, por tanto, son apropiadas para sistemas de climatización de bajas temperaturas, como el suelo radiante o los radiadores de baja temperatura.

### Calderas mixtas o multicomcombustible



Caldera Lasian Bioduo

Presentan un rendimiento alto, en torno al 92% y se fabrican para potencias superiores a 200 kW. Sobresalen porque admiten varios tipos distintos de combustible que se emplean de forma alternativa cambiando de unos a otros de manera rápida y eficiente. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación, automatizado, de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías.

- **2.1.5 APLICACIONES**

La biomasa como energía renovable, permite acumular la energía que se ha fijado durante el periodo de crecimiento de la planta. Al liberar esta energía se transforma obteniendo calor, electricidad o energía mecánica. Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector de la biomasa. En un nivel menor de desarrollo se sitúa la producción de electricidad.

- **Climatización y ACS**

Podríamos generar una escala que va desde las estufas y calderas individuales utilizadas tradicionalmente en los hogares siguiendo por las calderas diseñadas para bloques o edificios de viviendas hasta suministrar energía para un barrio completo.

A escala de una vivienda podemos encontrar sistemas tanto de aire para calentar una única estancia, estufas individuales de toda la vida, mejoradas y actualizadas como de agua, que permiten su adaptación a un sistema de radiadores o de suelo radiante y a otros sistemas con producción de agua caliente sanitaria.

Las calderas diseñadas para un bloque o edificio de viviendas, suministran tanto calefacción como agua caliente sanitaria y sustituyen a las calderas de gasóleo o gas natural. Necesitan de un lugar seco y amplio para el almacenamiento del biocombustible, lo que puede suponer un problema en la rehabilitación energética de edificios con salas de calderas pequeñas. No es necesario sustituir la instalación completa ya que las antiguas calefacciones de carbón o gasóleo pueden modificarse y convertirse a calderas de biomasa, generando un importante ahorro económico en el consumo de calefacción y agua caliente. En este tamaño también pueden abastecer los consumos térmicos de determinadas industrias, reutilizando los residuos propios que genera.

Una red de calefacción centralizada, conocida en inglés como **district heating**, supone el siguiente nivel dentro de las aplicaciones térmicas de la biomasa. La red de calor y agua caliente llega no sólo a urbanizaciones y viviendas residenciales sino también a edificios públicos, centros deportivos, complejos comerciales y otras edificaciones de carácter similar e incluso industrias. Se requieren instalaciones exclusivas debido al tamaño de las calderas y de los silos de almacenamiento y pueden proveer de calefacción en invierno y permitir la distribución de frío para la climatización de las viviendas y otros edificios en verano, a través de tuberías térmicamente aisladas. Así, cada usuario puede disponer de forma independiente del servicio de climatización, aunque la instalación de biomasa esté centralizada.

Entre las ventajas cabe destacar la reducción de emisiones y contaminación atmosférica fruto de la centralización de la producción de energía en una sola instalación de biomasa, disminuyendo el consumo de combustibles fósiles. Al encontrarse centralizada, las operaciones de mantenimiento son menores. Se aprovechan los residuos locales como recursos energéticos.



Fuente: District Heating. Termosun

- **Electricidad**

La producción de electricidad precisa de sistemas aún más complejos dado el bajo poder calorífico de la biomasa, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido en volátiles. Para ello se necesitan centrales térmicas específicas con grandes calderas, con volúmenes de hogar mayores que si utilizaran un combustible convencional, que conlleven inversiones elevadas y reducen su rendimiento. Todo ello, unido a la dificultad de aprovisionamiento de la biomasa, explica el poco peso de la biomasa en la generación de electricidad en el cómputo global de esta energía. La gran demanda de combustible de este tipo de plantas obliga a asegurar un abastecimiento continuo, que tiene la dualidad de encarecer su precio por la distancia a la que se debe buscar el suministro, pero también puede reducirlo al adquirir grandes cantidades.

En la producción de energía eléctrica a través de una caldera de biomasa, la combustión genera grandes cantidades de calor que transforman el agua en vapor. El vapor hace ejercer presión sobre las palas de una turbina generando energía mecánica y el alternador la transforma en energía eléctrica. Tras este proceso el agua vuelve a su estado original en forma líquida para iniciar de nuevo el proceso de producción de vapor.

En España, la inexistencia de cultivos energéticos que suministren combustible de manera continuada dificulta la expansión de este sistema. La evolución va encaminada a la gasificación de la biomasa, proceso explicado anteriormente, con el objetivo de mejorar el rendimiento y, por tanto, la rentabilidad económica. Sin embargo, en el futuro inmediato, se contempla la combustión conjunta de biomasa y otro combustible, como el carbón.

- **2.1.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES**

- **Ventajas**

- Precio competitivo y estable. Permite ahorrar dinero, sobre todo a largo plazo ya que rendimientos superiores al 85%. Además, los combustibles fósiles, a los que sustituye, dependen de la especulación de los mercados internacionales y esta tiende a incrementarse. Los biocombustibles emplean con recursos locales y, por tanto, se reducen los costes añadidos en concepto de transporte.
- Energía inagotable y de rápida regeneración. Siempre que su gestión y consumo sea responsable puede convertirse en una fuente de energía inagotable, ya que se regeneran con rapidez. Por tanto, ayuda a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, mucho más contaminantes y actualmente en escasez.
- Produce niveles muy bajos de contaminación ambiental. Aunque se genera CO<sub>2</sub> durante su combustión, gracias al ciclo neutro de la biomasa no aumenta la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera, ya que el CO<sub>2</sub> que emite con su combustión ha sido previamente consumido por la vegetación (recurso) para su crecimiento.
- Reducción del riesgo de incendios. Contribuye con la limpieza de los montes, al tener un control más exhaustivo de la masa forestal se reduce la probabilidad de incendio fortuitos.
- Reducción de residuos. Permite eliminar residuos orgánicos e inorgánicos, sobre todo los residuos industriales, especialmente madereras. También son útiles los restos de cosecha, estiércol y basura orgánica, transformándolos en biocombustible y disminuyendo la acumulación en verederos.
- Alta eficiencia energética. Comparadas con las calderas tradicionales de gasoil o gas natural, el consumo se reduce a la mitad. Se pueden utilizar los terrenos abandonados para convertirlos en plantaciones de combustible natural o plantar especies que permitan ser utilizadas como biomasa.
- Fácil mantenimiento. Las tecnologías que se emplean carecen de complejidad, tanto su operación como mantenimiento son sencillos ya que suelen incorporar sistemas de control electrónico.



- Inconvenientes

- El rendimiento de una caldera biomasa es menor en comparación con las calderas que utilizan combustibles fósiles. Por ejemplo, las calderas de pellets necesitarían el doble de material combustible que las tradicionales para producir la misma cantidad de energía.
- Requiere mayor espacio de almacenamiento. Se necesita una gran cantidad de tierra y agua para que algunos cultivos de biomasa se produzcan y cuando han crecido, el producto requiere una gran cantidad de espacio de almacenamiento antes de ser convertido en energía.
- En ocasiones se destinan amplias zonas forestales o silvícolas para la obtención de biomasa, destruyendo hábitats de gran valor ecológico y provocando la desaparición o el movimiento de especies animales al destruir sus refugios y fuentes de alimento.
- Dificultad de transporte. A la biomasa sólida tiene menor densidad para un mismo consumo respecto a los combustibles fósiles, por tanto, se necesita aumentar el espacio de almacenamiento del biocombustible para el mismo consumo respecto a los combustibles fósiles.
- Influye la zona geográfica en la que se encuentra el edificio ya que afecta a la facilidad posibilidad de obtener la biomasa. Así, por ejemplo, en aquellas zonas en las que abunden los olivos, podremos conseguir una gran cantidad de huesos de aceituna como combustible.
- La humedad reduce drásticamente la eficiencia del biocombustible, por tanto, no es recomendable para zonas muy húmedas o zonas donde el invierno sea excesivamente frío. Se pueden requerir tratamientos de secados y, como resultado, resultar muy costoso obtener el rendimiento deseado.
- Coste de instalación más elevado. La instalación de una caldera biomasa no es compleja, sin embargo, sus costes son más elevados que en las calderas tradicionales. Por otra parte, este gasto se ve amortizado a medio plazo una vez que comenzamos a obtener rentabilidad y reducimos el consumo.

## 2. 2. ENERGIA SOLAR TÉRMICA

- 2.2.1 DEFINICIÓN

La radiación solar interceptada por la Tierra constituye la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance. La cantidad de energía solar captada por la Tierra anualmente es aproximadamente de  $1,7 \times 10^{24}$  kW, una cifra que representa 4.500 veces la energía que se consume.

El Sol se compone principalmente por hidrógeno y helio, casi el 75% lo componen estos dos elementos. La presión y la temperatura extrema que ejerce la gravedad en el núcleo del Sol provocan que los protones que forman parte del núcleo de los átomos de hidrogeno colisionen con otros protones fusionándolos y creando otro elemento químico, el helio. Esta reacción de transformación de hidrogeno a helio, llamada fusión nuclear, libera grandes cantidades de energía en forma de luz y calor que llegan hasta la Tierra. Cada segundo se convierte 700 millones de toneladas de hidrógeno en cenizas de helio. En el proceso se liberan cerca de 5 millones de toneladas de energía pura; por lo cual, el Sol cada vez se vuelve más ligero.

Solo dos terceras partes de la energía procedente del Sol penetran en la superficie terrestre debido a la proporción de vapor de agua, metano, ozono y dióxido de carbono. Todas ellas forman una capa protectora actúa como filtro y no permite que se produzcan cambios de temperatura demasiado extremos y que exista agua líquida desde hace millones de años, garantizando la vida en la Tierra.

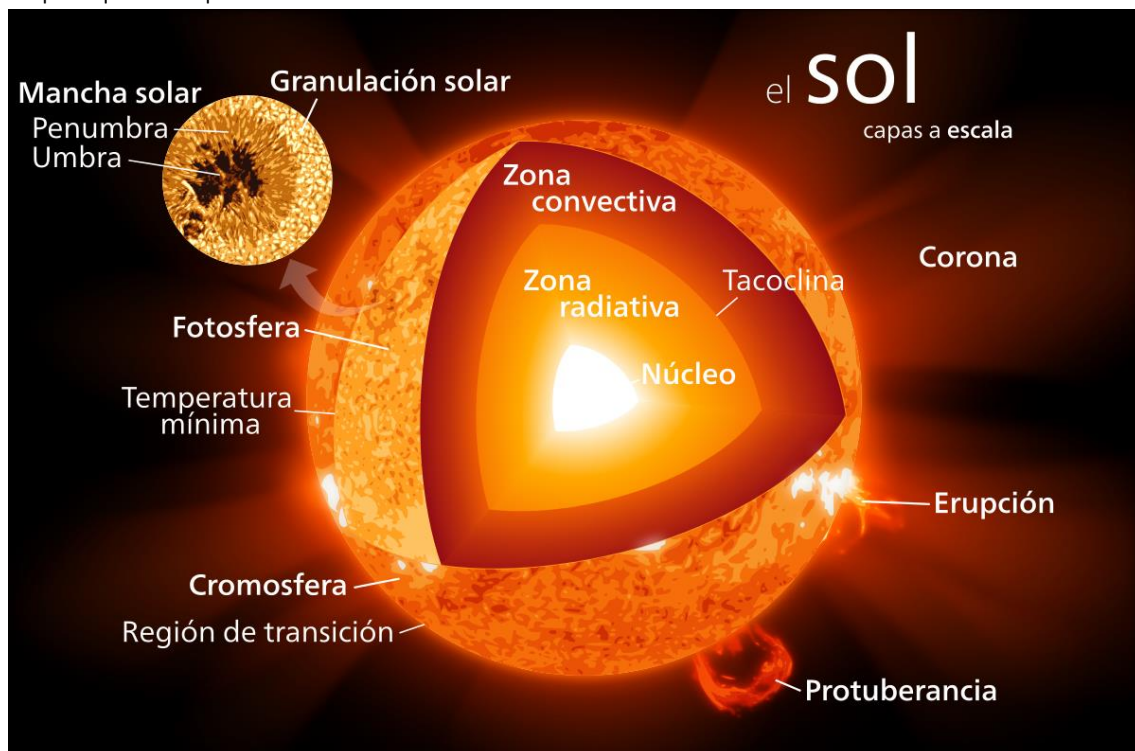
La atmósfera y la magnetosfera filtran gran parte de la radiación solar nociva, pero dejan pasar las longitudes de onda correspondiente a la luz visible y al infrarrojo. Las ondas de luz que no son devueltas al espacio exterior y consiguen atravesar la atmosfera pueden ser de varios tipos y algunos de ellos perjudiciales debido a la cantidad de energía que transportan, como los rayos X o la gamma.

La energía solar es una de las principales fuentes de energía no solo por la posibilidad de aprovechamiento de forma directa, mediante paneles solares, por ejemplo. Gracias a ella, se generan subproductos donde se almacena y permite el aprovechamiento mediante diversos métodos. En el caso de la biomasa, las plantas necesitan la energía procedente del Sol para realizar la fotosíntesis necesaria para su crecimiento. La energía en forma de calor genera una diferencia de temperatura en las masas aire que provocan las corrientes que mueven los molinos eólicos, en las corrientes de agua sucede algo muy similar. En resumen, el Sol es fuente de vida.

La energía solar térmica o energía termosolar consiste en el aprovechamiento de la energía térmica que produce la radiación de los rayos del sol para calentar un fluido, generalmente agua o aire, con el objetivo de producir calor o electricidad. Se puede aprovechar desde la forma más básica, como cocinar, hasta producir agua caliente en uso doméstico, ya sea para calefacción, calentar el agua para piscinas o para agua caliente sanitaria e incluso para refrigerar, por absorción. También, se puede transformar en energía mecánica para obtener energía eléctrica.

Este tipo de instalaciones generan una energía más segura y limpia si la comparamos con la energía eléctrica o el gas. Además, permite beneficiarse de varias ventajas ya que es autónoma, renovable y no contaminante.

Capas que componen el Sol



Fuente: Wikipedia

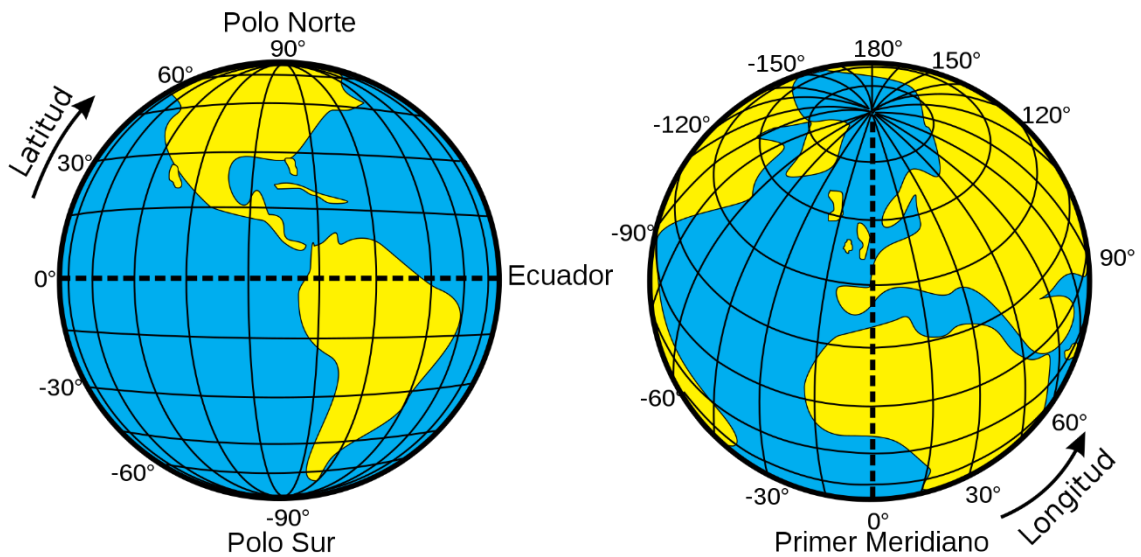
- **Núcleo.** La zona central del Sol es el lugar donde se produce la fusión nuclear debido a la alta temperatura, es decir, el generador de la energía del Sol. Tiene un radio de alrededor de 150.000 kilómetros, lo que supone un quinto del radio total del Sol. Es la parte más caliente, alcanza una temperatura superior a 15 millones de grados centígrados. Como la temperatura del Sol decrece desde el centro hasta la fotosfera.
- **Zona Radiactiva.** Las partículas que transportan la energía generada en el interior, fotones, hasta el límite exterior por radiación. Los fotones deben avanzar por un medio ionizado, compuesto por grandes cantidades de hidrogeno y helio, muy denso siendo absorbidos y reemitidos ininidad de veces en su camino. El proceso puede durar miles de años hasta alcanzar la superficie y manifestarse como luz visible.

- **Zona Convectiva.** Los fluidos se dilatan con el calor disminuyendo su densidad. Se forman corrientes ascendentes de material desde la zona caliente hasta la zona superior, y simultáneamente se producen movimientos descendentes de material desde las zonas exteriores menos calientes. Es decir, se originan columnas de gas caliente y ligero que ascienden hasta la fotosfera, donde nuevamente la atmósfera solar se vuelve transparente a la radiación y el gas caliente cede su energía en forma de luz visible, y se enfría antes de volver a descender a las profundidades. En esta zona el transporte de energía se realiza por convección, de modo que el calor se transporta de manera no homogénea y turbulenta por el propio fluido. visible.
- **Zona Fotosfera.** La zona exterior del núcleo, se mantiene a unos 6000°C y tiene una profundidad aproximada de unos 150 km. Es la zona visible donde se emite luz perceptible solar, por tanto, es considerada como la superficie solar.
- **Cromosfera.** Está situada por encima de la fotosfera y es de tono rojizo, formada sobre todo por hidrógeno, se sabe debido a la longitud de onda de las masas que salen disparadas a muy alta temperatura. Se denominan protuberancias y emanan a la parte más exterior de la atmósfera del Sol con una longitud media de 100.000 km.
- **Corona.** Es la parte más exterior de la atmósfera solar, compuesta de gas hidrógeno en estado tenue y a gran temperatura. Se produce una inversión de la temperatura, en esta tapa la temperatura crece superando el millón de grados centígrados. Como resultado de su elevada temperatura, desde la corona se emite gran cantidad de energía en rayos X. En esta se producen las erupciones solares, que son un fenómeno magnético que emite gran cantidad de partículas cargadas y radiación

- **Posición Solar**

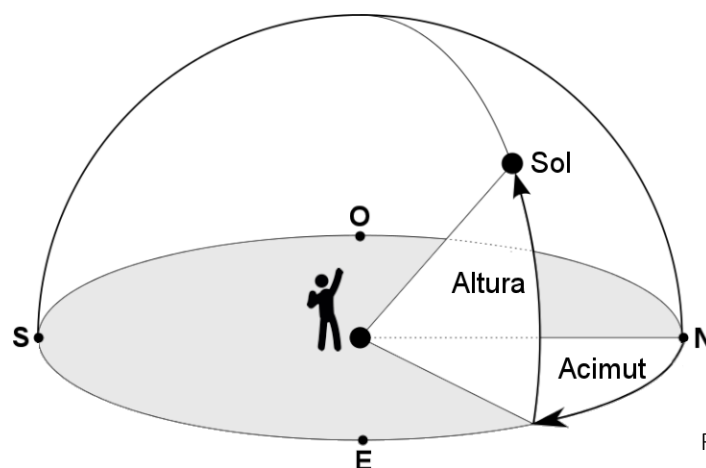
Para establecer la cantidad de energía que se puede aprovechar en un lugar en concreto es necesario situar la posición de una estrella en la bóveda celeste como es el Sol respecto a un observador es necesario utilizar las coordenadas horizontales, altura solar (h) y azimut (A). También habrá que tener en cuenta otros factores atmosféricos que puedan bloquear parcialmente la radiación solar y, por tanto, el aporte energético que pueda captar una instalación de energía solar.

- **Latitud y longitud.** Nos permite emplazar un lugar en concreto en la Tierra, pero no establecer en qué punto se encuentra el Sol. Ambos se miden en base al ángulo que forman con respecto a Ecuador, en caso de la latitud, o al Meridiano de Greenwich, en caso de la longitud.



Fuente: wikipedia

- **Altura.** Es el ángulo que forma el observador y el Sol tomando como referencia plano horizontal terrestre en el que se sitúa. A diferencia de la latitud y la longitud, que son estáticas, varía con el paso de las horas. Puede utilizarse también el ángulo cenital, que es el que forma el rayo con la vertical, es decir, el complementario de la altura
- **Azimut.** Es el ángulo de giro del Sol medido sobre el plano horizontal mediante la proyección del rayo sobre dicho plano y tomando como origen el Sur, en el hemisferio norte, y el Norte, en el hemisferio sur. Por convenio, se considera negativo cuando el Sol está hacia el Este (por la mañana) y positivo cuando se sitúa hacia el Oeste (por la tarde).



Fuente: tutiempo.net

- **2.2.2 FUNCIONAMIENTO**

Se basa en el aprovechamiento de la energía almacenada en la radiación solar transformándola en energía utilizable para obtener agua caliente y calefacción de un modo ecológico, renovable y de producción propia.

Cualquier materia experimenta un aumento de temperatura de modo natural al estar expuesta a la radiación solar. Una superficie oscura absorberá más radiación visible, es decir, el negro absorbe toda la radiación visible. Sin embargo, una superficie clara reflejará la radiación que le llega, debido a esto una superficie blanca no aumentará significativamente su temperatura al estar expuesta a la radiación.

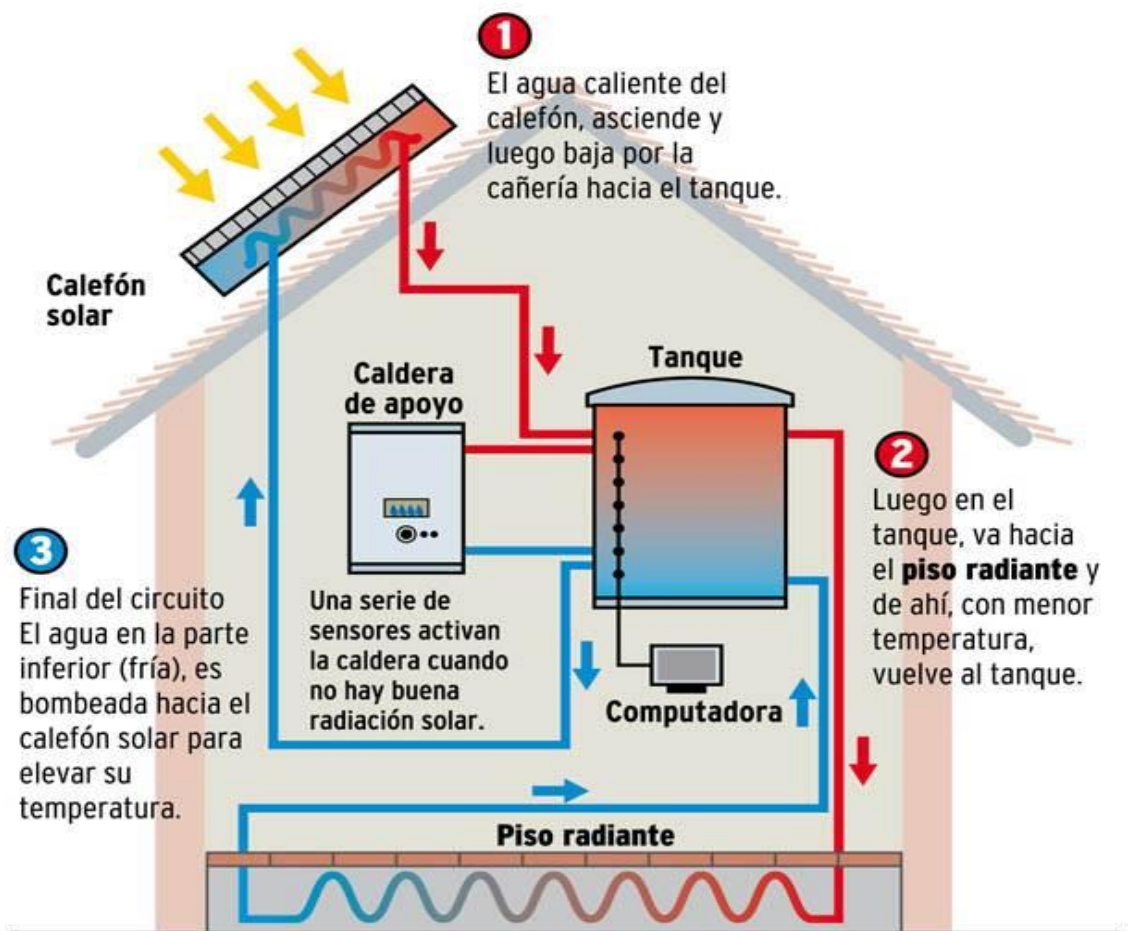
Los rayos solares inciden sobre los paneles solares, denominados **colectores**, cuya función es recoger la energía a través de la radiación del sol y calentar el agua. Son los paneles visibles situados normalmente en la cubierta de algunos edificios donde reciben luz directa del sol.

La luz atraviesa un vidrio transparente donde se encuentra una placa, el **absorbedor**, en el interior se recrea el mismo fenómeno de “efecto invernadero”. La radiación solar una vez que penetra en la atmosfera (vidrio) y el calienta la superficie, se irradia de nuevo la energía con longitudes de onda más largas dificultando que salgan de nuevo al exterior produciendo un efecto rebote continuo. Se utilizarán superficies oscuras precisamente para absorber la mayor cantidad posible de radiación solar, se puede captar más del 80% de los rayos que sobre el incide. Formada por laminas cobre o aluminio tratado con cromo u oxido de titanio. Además, para evitar la pérdida de temperatura que se encuentra almacenada en el mismo posee un revestimiento posterior aislante.

Se transfiere la energía térmica mediante contacto entre dos metales a un fluido caloportador compuesto por una solución de agua y glicol preparada para soportar las condiciones ambientales, ya sean de frío o calor extremos. Este, transporta el calor hacia un depósito, bien por circulación natural dando lugar a equipos termosifones o forzado por una bomba y dando lugar a equipos forzados, que actúa como **acumulador** donde se almacena para su posterior distribución según demanda de los usuarios. Es decir, permite adaptarse a las necesidades de los distintos usuarios gracias al intercambiador que regula la temperatura introduciendo agua fría en el sistema.

Principalmente se usa para proporcionar calefacción y producir agua caliente sanitaria (ACS). Puede ser servir tanto como una instalación de apoyo al suministro general o como fuente de energía principal. Puede cubrir generalmente hasta un 80% del total de la demanda de agua caliente sanitaria de una vivienda, aunque en zonas de gran soleamiento durante todo el año, el porcentaje puede aumentar. El resto se suple con un sistema de apoyo energético.

No se diseñan para cubrir la totalidad del consumo, garantizar el 100% de la demanda durante todo el año supondría costosos sistemas de acumulación lo que disminuiría la rentabilidad y competitividad de estos sistemas en el mercado.



Fuente: Renovables hoy.com

Son una buena opción para lugares remotos donde la red eléctrica o el gas son fuentes de energía inviable o no tiene un suministro constante.

- 2.2.3 TIPOS

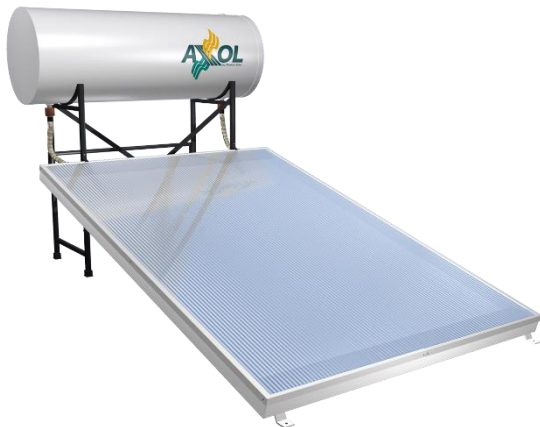
Se puede clasificar dentro de la energía solar térmica tres tipos de colectores en base a la temperatura de aplicación:

- **Energía térmica de baja temperatura**

**Captador solar plano.** Permite adaptarse a distintos tipos de aplicaciones de energía solar térmica manteniendo una buena relación entre la efectividad y el coste de la instalación en climas moderados.

Funcionan aprovechando el principio del efecto invernadero. La radiación solar, de longitud de onda corta, atraviesa la cubierta del vidrio del colector e incide sobre el absorbedor aumentando su temperatura. Al calentarse, el absorbedor se convierte en emisora de radiación de onda larga (infrarrojos), pero como el vidrio es muy opaco para esas longitudes de onda, entra más energía de la que sale, y el recinto de la caja se calienta por encima de la temperatura exterior.

Todo el sistema se encuentra dentro de una caja recubierta de aislamiento para minimizar las pérdidas de calor. Normalmente, se aísla con espumas sintéticas, poliuretano o fibra de vidrio, tanto en los costados como en el fondo.



Es el más extendido y reconocido comúnmente. Puede calentar un fluido hasta 80°C, se utilizan principalmente para la calefacción, en la producción de ACS en sistemas doméstico y en el precalentamiento de fluidos en industrias.

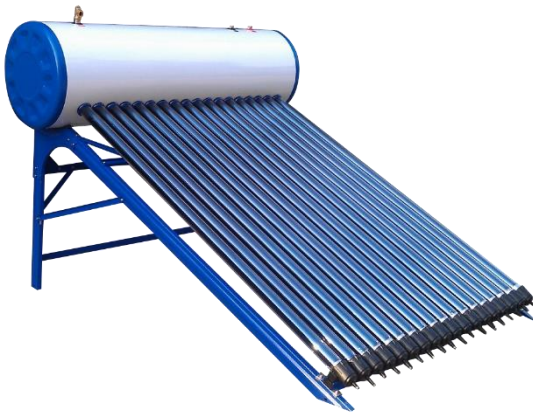
Se puede diferenciar entre dos tipos de colectores de placa plana en función de la configuración del absorbedor:

- **Tipo parrilla.** El circuito en paralelo puede disponerse en vertical u horizontal. Se puede llegar a obtener un salto termodinámico de aproximadamente 10°C con un buen rendimiento.
- **Tipo serpentín.** El circuito en serie está formado por un único circuito continuo con poco volumen de agua de circulación y un salto térmico superior.



Resultan muy eficientes en zonas donde haya muchas horas de exposición solar puesto que tienen la capacidad de absorber mucha energía térmica. Sin embargo, pierden eficacia en ambientes con poco sol o donde los rayos solares no incidan directamente sobre el panel.

**Captador de tubos de vacío.** A partir de 80°C los colectores planos convencionales presentan un rendimiento prácticamente nulo. Este sistema de energía solar renovable utiliza un tipo de panel solar está formado por colectores lineales alojados en tubos de vidrio al vacío consiguiendo temperaturas de más de 100°C y aprovechar mucho más la radiación solar, por lo que son considerados como paneles solares térmicos de alto rendimiento.



El efecto se logra mediante vacío, bien en el interior de los tubos o en el espacio de dos tubos de vidrio dispuestos concéntricamente. Esta técnica reduce las pérdidas termodinámicas por conducción y por convección a menos del 5%.

Se puede diferenciar entre dos tipos, según la forma de transmisión de calor desde el tubo de vacío hasta el circuito primario.

- Captador de tubos de vacío con **fluido directo**. Cada tubo se conecta con un colector principal situado en la parte superior mediante un circuito de ida y otro de regreso. Por este circuito se hace circular el fluido del circuito primario que se calentará durante el recorrido. Los circuitos interiores de los tubos presentan dos configuraciones básicas: el circuito concéntrico o circuito separado.
- Captador de tubos de vacío con **Heat Pipe**. Al igual que la anterior, dispone de un colector principal en la parte superior. Este sistema se basa en el cambio de fase de gas a líquido dentro de cada tubo para transmitir la energía a un segundo circuito de líquido de transporte. Dentro de tubos de cobre se encuentra encerrado un líquido alcohólico con un bajo punto de ebullición que, al calentarse por el sol, hierve cambiando de estado a gas. El gas se eleva hacia la parte superior donde se condensa al entrar en contacto con otro líquido a menor temperatura gracias al proceso de convección cediendo energía térmica al segundo. El líquido condensado cae de nuevo en la parte baja del tubo para volver a empezar el ciclo.

El tubo de cobre se cierra dentro de otro tubo de vidrio entre los que se hace el vacío para aislar y minimizar las pérdidas. Se suelen emplear tubos de vidrio resistente, para reducir los daños en caso de pequeñas granizadas.

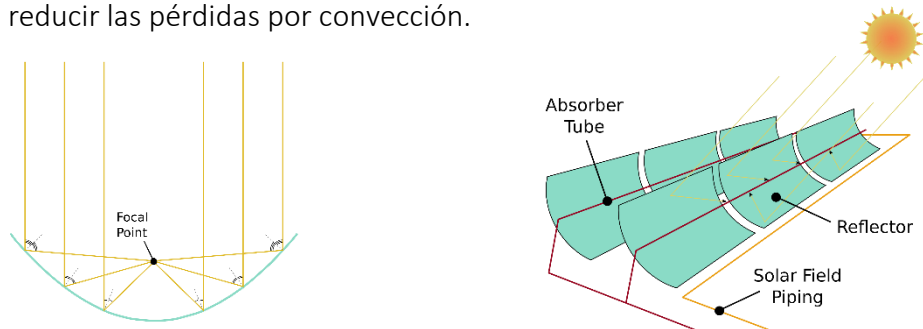
- **Energía térmica de media temperatura**

Enfocadas para aplicaciones que precisen energía térmica en un rango comprendido entre 125°C y 400°C. Para alcanzar mayores temperaturas resulta imprescindible concentrar la radiación solar.

En el ámbito doméstico, no era rentable instalar este tipo de colectores para temperaturas más altas de 200°C por el espacio que requería. La utilización de sistemas solares térmicos de concentración estaba restringida al campo de la investigación, la industria o la generación de electricidad, ya que esta tecnología requería sistemas complejos de seguimiento y grandes superficies para ubicarlos.

La evolución de los sistemas ha mejorado la eficiencia termodinámica de estos nuevos **captadores de cilindros parabólicos compactos (CPC)** reduciendo sus dimensiones hasta conseguir tamaños similares a los colectores de placa plana.

Un colector solar de concentración es un panel solar que concentra la radiación solar en una superficie reducida para aumentar considerablemente su temperatura. Este tipo de colector emplea espejos de forma cilindro parabólica que refleja toda la radiación solar recibida sobre un tubo de vidrio dispuesto al largo de la línea focal del espejo. En el interior de la tubería se encuentra la superficie absorbente en contacto con el fluido calorportador, alcanzando temperaturas próximas a 400°C. Esta disposición tiene como objetivo reducir las pérdidas por convección.



Plataforma solar térmica de cilindros parabólicos en Almería, España.



Fuente: Deutsches Zentrum

- **Energía térmica de alta temperatura**

Este tipo de energía alcanza temperaturas por encima de los 500°C. Puede servir para la generación de electricidad a gran escala mediante un proceso que convierte el calor en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica.

La eficiencia de los motores térmicos se incrementa con la temperatura de la fuente de calor. Para lograr esto en las plantas de energía termal, la radiación solar es concentrada por medio de espejos o lentes para lograr altas temperaturas mediante una tecnología llamada energía termosolar de concentración. Una vez transformada la radiación solar en energía calorífica, ésta se convierte en electricidad, se consiguen altas capacidades en la producción de electricidad.

Además de calentar un líquido y usar la energía térmica directamente, se puede producir vapor a partir de la alta temperatura concentrada del sol. En las plantas de energía termal, la radiación solar es concentrada por medio de espejos o lentes para lograr altas temperaturas mediante una tecnología llamada energía termosolar de concentración. Una vez transformada la radiación solar en energía calorífica, se transforma en energía mecánica (energía cinética o de movimiento) mediante una turbina, la cual alimenta un generador que produce electricidad.

En los sistemas de concentración se requiere un seguimiento continuo del Sol, ya que sólo aprovechan la radiación directa. La eficiencia de los motores térmicos se incrementa con la temperatura de la fuente de calor, por lo que, en este tipo de instalaciones el fluido que se utiliza, principalmente, es aceite o soluciones salinas porque nos permite trabajar a temperaturas más elevadas.

Por su funcionamiento, una planta de energía termosolar de concentración primero genera calor, para convertirlo posteriormente en electricidad. Con la actual tecnología, el almacenamiento de calor es mucho más barato que el almacenamiento de electricidad. Por tanto, una planta CSP puede generar calor durante el día y almacenarlo de forma barata para producir electricidad continuamente durante el día y la noche. Si la ubicación de la planta CSP tiene una radiación solar predecible, entonces la planta se convierte en una central confiable de generación de energía.

Existen sistemas híbridos que mejoran el rendimiento de la instalación, añadiendo un sistema de respaldo que use un sistema de combustión interna. Son muy útiles en días nublados o temporadas cuando la incidencia de los rayos solares es menor, ya que se reduce rendimiento y los colectores tienen mucha menos eficacia en esta situación.

- **Centrales solares de torre.** Este sistema de energía solar térmica se basa en la concentración de la radiación solar hacia un punto de una torre. También se le conoce como sistemas de receptor central.

Los sistemas de torre requieren una gran superficie donde se sitúan un campo de espejos reflectores, heliostatos. Tienen capacidad de girar tanto horizontal como verticalmente. El objetivo consiste en captar los rayos solares, siguiendo la trayectoria del sol, y reflejando los rayos solares en un punto concreto. Este reflejo va a una torre central de la instalación, donde se concentrarán todos los rayos reflejados por todos los heliostatos, aumentando drásticamente la temperatura en una superficie reducida.



Fuente: Cental Gemasolar, Sevilla

Esta tecnología presenta una gran dificultad. Cada heliostato tiene una ubicación distinta respecto al foco de la torre. Por tanto, cada heliostato requiere una posición concreta y una regulación particular de sus ejes. Esto se consigue mediante un control de movimiento de las bases de los heliostatos. Para ello, se emplean modernos sistemas de automatización, los cuales requieren complejos cálculos de trayectorias y posicionamiento guiado por ordenador.

- **Centrales de discos parabólicos.** Los discos parabólicos son sistemas que concentran la energía solar en un punto en el que se sitúa el receptor solar y un motor Stirling o una microturbina que se acopla a un alternador.



Un motor Stirling es un motor de combustión externa, lo que quiere decir que el aporte energético puede realizarse mediante la energía solar concentrada. Un alternador acoplado al motor Stirling aprovecha el movimiento generado por el motor para producir energía eléctrica. Así cada unidad independiente produce por sí sola energía eléctrica.

Fuente: CSPtoday

La energía eléctrica se canaliza para adaptarla a la tensión y características adecuadas previamente a su conexión a la red. Esta tecnología todavía está en experimentación y, aunque mantiene un potencial amplio de mejora, es de menor rentabilidad que la de torre o la de espejos parabólicos.

- **Receptores lineales de fresnel.** Se trata de un sistema de concentración de la radiación solar parecido a los espejos cilindro parabólicos.



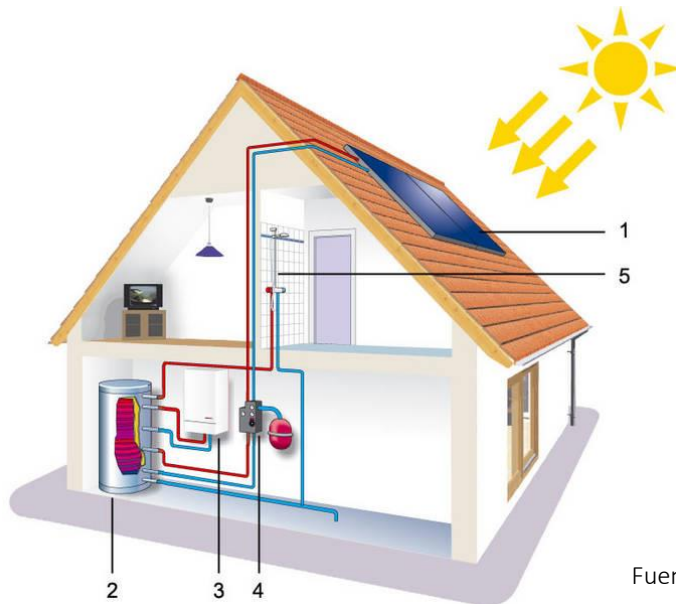
Fuente: Central lineal de fresnel en Basilea.  
Novatec BioSol AG.

Los colectores solares lineales llevan espejos planos normales. Este aspecto abarata mucho la instalación, porque la fabricación de estos espejos convencionales es mucho más simple que la fabricación de espejos cóncavos. Los espejos pueden girar sobre un eje con el fin de seguir la trayectoria solar y focalizar la captación sobre el conducto que contiene el fluido caloportador, simulando la curvatura de los espejos cilindro parabólicos variando el ángulo de cada fila con un solo eje de seguimiento.

La principal ventaja del sistema de receptores lineales Fresnel es su sencilla instalación y su bajo coste, aunque el rendimiento energético es menor que la tecnología de Captadores Cilindro Parabólicos (CCP). Este tipo de central termosolar está en vías de desarrollo y se esperan mejores resultados.

- **2.2.4 COMPONENTES**

El objetivo de una instalación solar térmica es aprovechar la energía procedente de los rayos solares absorbiéndola en un conjunto de captadores para transformarla en energía térmica.



Los sistemas principales que forman parte de una instalación solar térmica convencional para una vivienda son:

1. Sistema Captación
2. Sistema Acumulador
3. Sistema auxiliar de apoyo (caldera)
4. Estación de control
5. Consumo ACS

Fuente: canaltic.com

- **Sistema de captación**

Es la parte de la instalación encargada de captar la energía proveniente del Sol y transmitirla al fluido caloportador. De su correcto dimensionado va a depender el rendimiento general de la instalación y el buen funcionamiento de la misma.

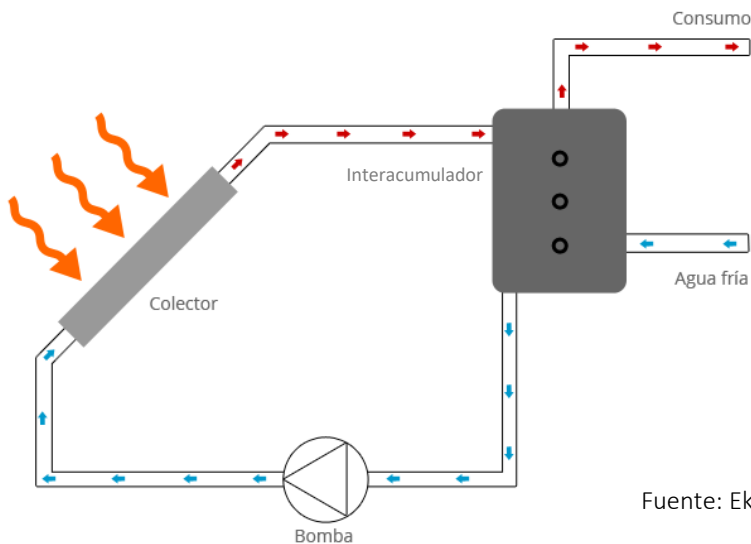
Los distintos avances en captadores solares térmicos tienen como objetivo de incrementar la cantidad de energía absorbida y disminuir las pérdidas. Los más extendidos son los captadores planos y los de vacío, siendo el primero el más utilizado. Ambos tienen rendimientos y costes diferentes, por lo que hay que buscar el tipo más apropiado para cada aplicación.

- **Colectores de placa plana.** Muy útiles en climas cálidos y con gran incidencia de rayos solares. Son económicos, se rentabilizan a los pocos años. Fácil de montar, con un mantenimiento reducido y son resistentes. Alcanzan temperaturas de hasta 65°C.
- **Colectores de tubos de vacío.** Diseñados para climas irregulares donde la incidencia del sol no sea estable durante todo el año. Tienen un rendimiento superior a los colectores planos puesto que alcanzan temperaturas superiores y las pérdidas se reducen gracias al vacío. Son más costosos por la geometría de los tubos y tienen una vida útil inferior, por pérdidas del vacío por lo que aumentan el coste de mantenimiento.

- **Sistema de distribución**

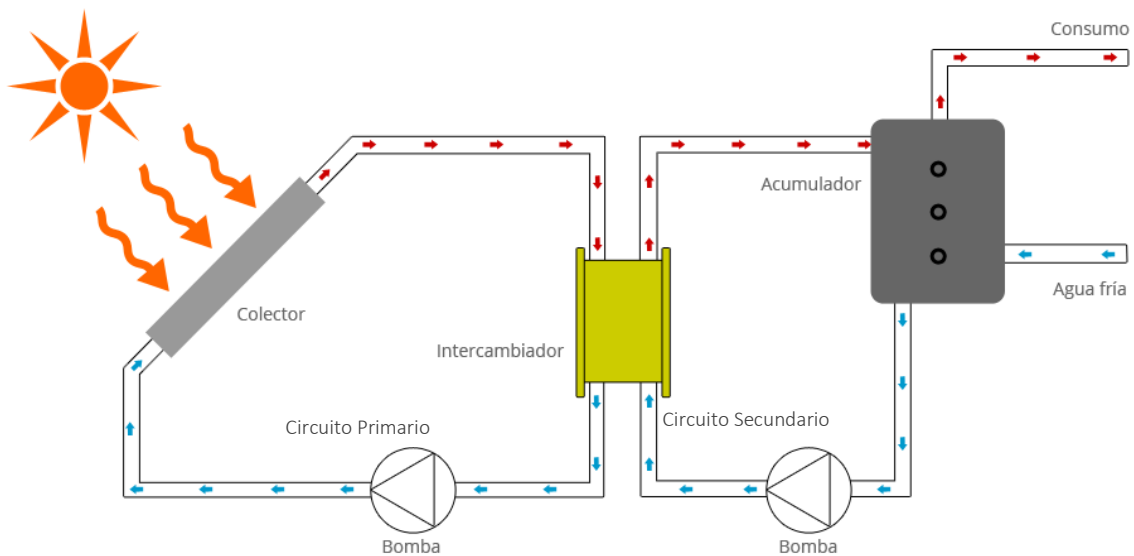
Su cometido es transportar el fluido caliente desde los captadores hasta el depósito de almacenamiento para su posterior consumo, minimizando las pérdidas térmicas en el camino. Dependiendo de las necesidades y condicionantes que afecten a la instalación, tales como condiciones climáticas o emplazamiento de la instalación en la vivienda, existen diferentes circuitos de distribución.

- **Instalaciones de circuito abierto.** Estos sistemas transfieren directamente el agua caliente al depósito de acumulación. El agua calentada en el captador disminuye su densidad y se desplaza hacia la parte superior hasta llegar al acumulador. El depósito vacía una cantidad equivalente de agua fría que se dirige al captador. Estos sistemas son sencillos de fabricar e instalar, siendo los más económicos y con gran rendimiento energético. Suele emplearse en zonas cálidas donde no hiela a lo largo del año debido a que el agua al congelarse aumenta su tamaño pudiendo ocasionar daños en la instalación y, vaciar el circuito incrementa el riesgo de corrosión. Al ser un circuito abierto no se puede utilizar anticongelante ni materiales que puedan contaminar el agua. En zonas donde el agua contiene altas cantidades de sales pueden formarse incrustaciones que causen obstrucciones en los conductos de los paneles reduciendo el rendimiento del sistema. Para evitar estos problemas se emplean:
  - o Filtros de protección autolimpiantes para retener las partículas extrañas que pueda contener el agua, se dimensiona en base al caudal y la presión conforme a la norma UNE-EN 13443-1.
  - o Para las incrustaciones se utilizan un inhibidor hidrodinámico que dosifica un producto químico preparado que no precisa de manipulación o descalcificadoras de agua.
  - o Para la corrosión se emplean materiales resistentes a la corrosión, como el acero inoxidable o acero al carbono revestidos con sistemas de vitrificados, pintura epoxi o galvanizados en caliente, puede tratarse el agua añadiendo un inhibidor hidrodinámico que dosifica un producto químico preparado que no precisa de manipulación
- **Instalaciones de circuito cerrado.** En este caso, el fluido caloportador no es agua, sino un fluido especial anticongelante. De manera que este sistema puede funcionar incluso durante periodo de heladas. Este sistema funciona mediante dos circuitos separados, el primario en el que se encuentra el captador con el fluido anticongelante y el secundario donde se encuentra el acumulador. Un intercambiador transmite el calor del circuito primario al secundario evitando que ambos líquidos puedan mezclarse. Existen dos configuraciones, intercambiadores externos o interacumuladores:



Fuente: Ekidom. Energías Renovables.

- Los exteriores se utilizan en instalaciones con grandes depósitos de almacenamiento, a partir de 3000 litros, ya que son más económicos y presentan un mejor rendimiento que los intercambiadores. El intercambio se produce con ambos fluidos en movimiento, el sentido de la circulación de los fluidos puede ser el mismo o contracorriente, siendo los del segundo tipo los más eficaces.



Fuente: Ekidom. Energías Renovables.

- Los intercambiadores se utilizan en pequeñas instalaciones, ya que pérdida de carga son inferiores que en los intercambiadores externos. El intercambiador se encuentra alojado en el interior del acumulador, lo que permite eliminar el circuito secundario, simplificando el sistema. Pueden ser:

De serpentín. El fluido caloportador es impulsado mediante una circulación forzosa por un tubo enrollado en forma de espiral situado en la parte inferior del acumulador.

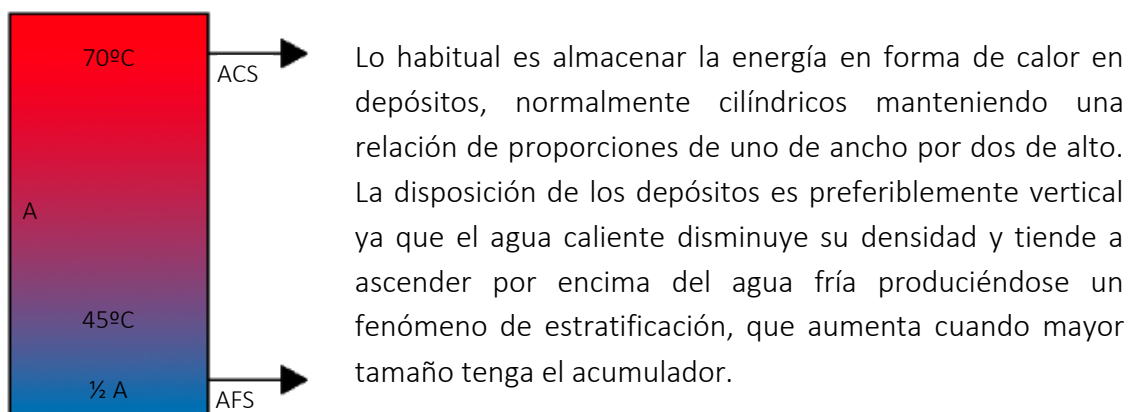


De doble envolvente. Es el más usado en los equipos compactos, el fluido circula alrededor del depósito acumulador en una capa cilíndrica concéntrica.

- **Circulación forzada de agua.** Se incorpora una bomba de impulsión en el circuito, mejorando la eficiencia de la instalación, con el objetivo de acelerar el proceso de circulación del fluido reduciendo parte de las pérdidas de las caloríficas ganadas en el proceso de distribución. Además, permite regular la circulación interrumpiendo la transferencia de agua cuando el agua de los captadores no circule más caliente que la que se encuentra en el depósito. Este sistema es muy común en climas fríos en instalaciones de cualquier tamaño. Hay que tener en cuenta que para su funcionamiento necesita aporte eléctrico exterior.
- **Circulación natural o con termosifón.** Su funcionamiento se basa en la circulación natural del agua, tiende a ascender cuando aumenta su temperatura. Su uso se limita a instalaciones de pequeño tamaño en climas cálidos.

- **Sistema de acumulación**

Debido a la rotación de la Tierra, no incide de igual manera la radiación solar a lo largo del día. Por tanto, es necesario acumular la energía en aquellos momentos del día que más radiación existe, para utilizarla posteriormente cuando se produzca la demanda. El objetivo del acumulador es almacenar la energía térmica generada en los captadores.



Una correcta dimensión es imprescindible, ya que un acumulador pequeño favorecerá altas temperaturas en los paneles desperdiciando parte de la energía obtenida y, por el contrario, un acumulador demasiado grande dificultará el alcance de la temperatura de uso. Pueden mantener la temperatura del depósito un máximo de dos días.

Los materiales de construcción más adecuados el acero, el acero inoxidable, el aluminio y la fibra de vidrio reforzado. La adecuada elección del material de construcción tiene especial importancia ya que puede afectar directamente a la calidad del agua produciéndose corrosión en las caras internas del depósito. Hay que tener especial cuidado si se utiliza varios materiales de distinta naturaleza simultáneamente ya que se favorece la creación de pares galvánico. El más utilizado es el acero, debido a su asequible coste.

Además, con el fin de disminuir las pérdidas debidas a la corrosión, están recubiertos de un material aislante, pudiendo además recubrirse con una funda para incrementar su durabilidad.

- **Sistema auxiliar de apoyo**

Es necesario disponer de un sistema de energía auxiliar para garantizar la continuidad en el abastecimiento de la energía térmica. Se debe a que la radiación solar es estacional y varía durante todo el año. Además, depende de las condiciones climatológicas, la presencia de nubes puede reducir significativamente el rendimiento del sistema. El sistema de energía auxiliar se debe dimensionar como si fuese el sistema principal, pudiendo cubrir toda la demanda como no se dispusiese del sistema solar. Los sistemas de apoyo generalmente suelen estar basados en energías convencionales.

- Eléctricos: sobre todo para equipos pequeños, en los que la energía se suministra dentro del acumulador mediante una resistencia.
- Calderas de gas o gasóleo: pueden provenir de las instalaciones preexistentes (adecuadamente modificadas) o bien realizarse de modo simultáneo a la instalación solar. Los sistemas de apoyo basados en el gas natural son los más ventajosos desde el punto de vista económico y ambiental.

En cualquier caso, siempre será necesario que exista un mecanismo de control adecuado que gestione correctamente la instalación, con el fin de reducir al máximo la entrada en funcionamiento del sistema de energía de apoyo.

- **2.2.5 APLICACIONES**

Al igual que otras fuentes de energía renovables, la energía solar térmica presenta una gran variedad de aplicaciones, como producción de agua caliente sanitaria, calefacción, climatización de piscinas, o la producción de calor en multitud de procesos industriales.

- **Producción de ACS**

Este sistema se puede aplicar a diferentes tipos de edificios, no solo a viviendas unifamiliares, los bloques de vivienda, hoteles, locales y oficinas son algunos ejemplos de los espacios donde también puede aplicarse.

Gracias a los sistemas actuales de energía solar térmica podemos cubrir el 100% de la demanda de agua caliente en verano y en torno al 50 u 80% del total a lo largo del año. Este porcentaje puede variar dependiendo de la climatología del lugar donde se aplique, en zonas con muchas horas de sol al año aumentara, como por ejemplo el sur de España.

Resulta apropiada para la producción de agua caliente sanitaria, especialmente la energía térmica de baja temperatura, debido a que la temperatura de uso prevista normalmente se encuentra entre 40°C y 50°C. La instalación puede satisfacer la demanda a lo largo de todo el año, por lo que la inversión en el sistema solar se rentabilizará más rápidamente que en el caso de otros usos solares, como la calefacción, que sólo tienen utilidad durante los meses fríos.

- **Sistemas de calefacción**

Debido a que este sistema puede suponer un ahorro energético superior al 25% y la posibilidad de satisfacer, al menos parcialmente, la necesidad de calefacción de edificios por medio de la energía solar constituye siempre un potencial atractivo,

Estos equipos suelen ser compatibles con la producción de agua caliente sanitaria, existiendo elementos de control que dan paso a la calefacción una vez que se han cubierto las necesidades de agua caliente.

El mayor inconveniente reside en la temperatura de trabajo que pueden llegar a alcanzar. Las instalaciones de calefacción convencionales, con radiadores, precisan una temperatura de trabajo en las que el fluido caloportador alcanza entre 70°C y 80°C, sin embargo, los captadores de energía solar de placa plana convencionales no suelen trabajar a temperaturas superiores a 65°C, por lo que en un sistema de calefacción convencional solo se puede utilizar como sistema de apoyo para precalentar el agua.

Existen soluciones para este problema, como usar suelo radiante o radiadores de baja temperatura, ya que funcionan a temperaturas inferiores a 45°C, temperatura a la cual los captadores trabajan con un alto rendimiento.

- **Climatización de piscinas**

El uso de colectores puede permitir el apoyo energético en piscinas alargando el periodo de baño, en piscinas exteriores. En invierno, cuando la radiación solar se reduce, podrán suministrar una parte pequeña de apoyo a la instalación convencional.

En las piscinas al aire libre resulta bastante económico lograr una temperatura estable en torno a 30°C, por lo que se puede prescindir de cubiertas o cualquier otro material aislante. El agua de la piscina circula directamente por los captadores solares y no es necesario utilizar ningún tipo de intercambiador de calor ni sistema de acumulación.

En el caso de piscinas cubiertas, el sistema es más complejo, ya que deben contar con una fuente energética de apoyo, pero son perfectamente compatibles con otras aplicaciones de aprovechamiento solar, como ACS o calefacción.

- **Refrigeración**

El aprovechamiento de la energía solar para producir frío es una de las aplicaciones térmicas con mayor futuro, pues las épocas en las que más se necesita enfriar el espacio coinciden con las que se disfruta de mayor radiación solar. Además, esta alternativa permite aprovechar las instalaciones solares durante todo el año, empleándolas en invierno para calefacción y en verano para la producción de frío.

El proceso de enfriamiento utilizado por estos sistemas es por evaporación y condensación. Hay dos clases de sistemas termosolares de refrigeración abiertos y cerrados, siendo este últimos el más utilizado. El funcionamiento de estos equipos se basa en la capacidad de determinadas sustancias para absorber un fluido refrigerante. Como absorbentes se utilizan principalmente el amoníaco o el bromuro de litio, y como líquido refrigerante, el agua.

- **Usos en la industria**

Cada vez son más las aplicaciones de esta energía en el ámbito de la industria, en procesos que requieren un considerable caudal de calor para secar, cocer, limpiar o tratar ciertos productos.

Entre los distintos sistemas basados en la energía térmica solar para uso industrial destacan tanto los secaderos solares como el precalentamiento de fluidos.

- Secaderos solares. Es posible precalentar y elevar la temperatura en una planta industrial del orden de 10°C a 15°C, suficiente en la mayoría de los procesos de secado. En estos ámbitos, los captadores de aire presentan indudables ventajas, al no ser necesario estar pendientes de posibles fugas o problemas de congelación.
- Precalentamiento de fluidos. Los elementos y diseños para esta aplicación pueden ser los mismos que los utilizados en agua caliente sanitaria, mediante captadores de baja o media temperatura.

- **2.2.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES**

- **Ventajas**

- Este tipo de energía no genera desechos ni emite gases contaminantes, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, causantes del calentamiento global.
- Es una fuente inagotable y gratuita ya que procede del Sol, además puede conseguir reducir el consumo energético por encima del 50%.
- Mientras que los combustibles fósiles son cada vez más escasos y su precio aumenta, las energías renovables actualmente están siendo subvencionadas a fondo perdido por agencia autonómicas, permitiendo amortizar las inversiones en este tipo de instalaciones en unos 5 años.
- Es una fuente de energía autónoma y descentralizada pues la disponibilidad de energía solar no depende de otros países para el abastecimiento de energía a la población.
- Los sistemas tienen una vida media estimada cercana a los 20 años realizando un mantenimiento anual.
- La energía solar no requiere ocupar ningún espacio adicional, pues puede instalarse en tejados y edificios.

- **Inconvenientes**

- Inversión inicial elevada, incluso con las subvenciones.
- El nivel de radiación de esta energía fluctúa de una zona a otra, y lo mismo ocurre entre una estación del año y otra. En zonas poco soleadas y/o muy nubladas, se puede agotar la energía almacenada si no se controla el consumo. Por tanto, es una fuente de energía inestable y limitada en su almacenamiento.
- Se debe añadir un sistema complementario debido a que con energía solar térmica no se puede cubrir toda demanda durante el año completo.
- Se necesita una instalación a parte para la electricidad.

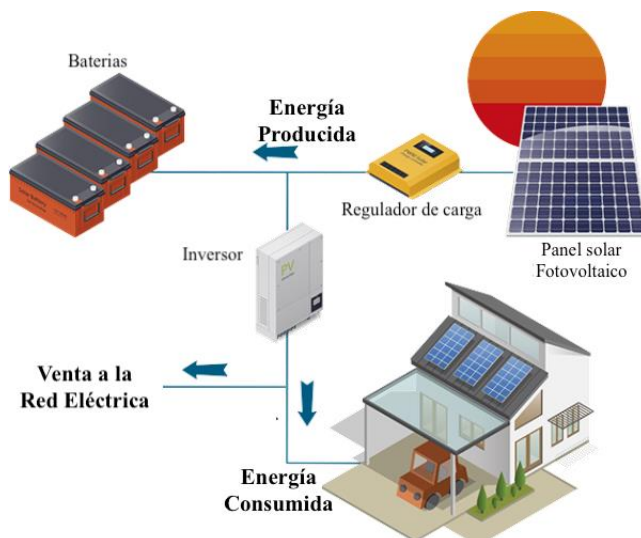
## 2. 2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

- 2.3.1 DEFINICIÓN

La energía solar fotovoltaica es una energía limpia y renovable que aprovecha de una manera directa la radiación solar para producir electricidad mediante unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Se basa en el efecto fotoeléctrico, por el cual se genera una diferencia de potencial entre dos puntos de un material cuando sobre él incide la radiación electromagnética. Esto provoca que los electrones salten de un lugar a otro produciendo corriente eléctrica. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

La tecnología fotovoltaica se conoce desde el siglo XIX cuando el físico Edmond Becquerel construyó en 1849 la primera célula fotovoltaica. Sin embargo, no fue hasta los años 50, en plena carrera espacial, cuando esta tecnología experimentó un gran desarrollo, el objetivo fue generar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los satélites geoestacionarios.

Actualmente, podemos beneficiarnos de esos avances tecnológicos para producir electricidad, tanto a gran escala en plantas fotovoltaicas, como a una escala más reducida con paneles fotovoltaicos en vivienda o incluso pequeños paneles para el funcionamiento de instrumentos y máquinas. Esta tecnología se ha convertido en una alternativa renovable para la generación eléctrica sustituyendo al empleo de combustibles fósiles.



Gracias a que la energía eléctrica se produce cerca de los puntos de consumo, se reducen las pérdidas y costes generados por el transporte y distribución. Lo que permite que zonas remotas, rurales o en islas donde no se da la posibilidad de estar conectados a la red eléctrica, puedan generar y autogestionar energía eléctrica producida con paneles solares fotovoltaicos.

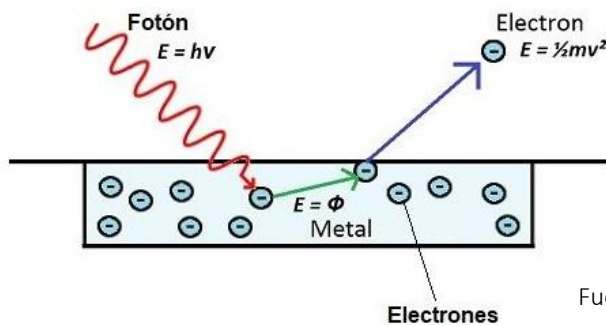
Fuente: Hogarsense. Esquema de una instalación fotovoltaica

La mayor parte de la electricidad se produce y consume durante el día, cuando la radiación lumínica del sol es más intensa. Sin embargo, el suministro de la energía solar no es continuo, la presencia de nubes reduce la eficiencia y durante la noche, en la oscuridad, las células fotovoltaicas no reciben los rayos solares y, por tanto, no funcionan.

- 2.3.2 FUNCIONAMIENTO

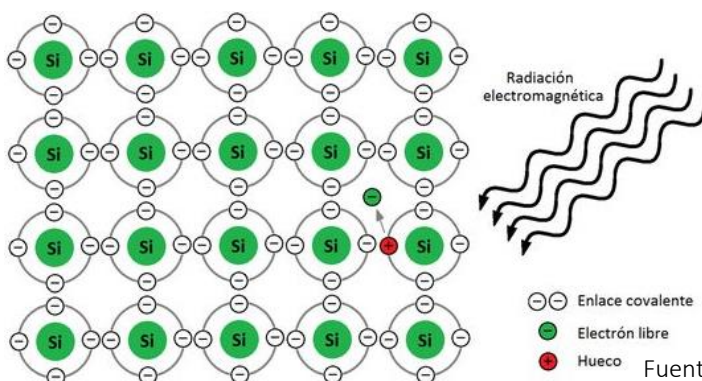
El efecto fotovoltaico se trata de un fenómeno fisicoquímico basado en el efecto fotoeléctrico cuya función es generar una corriente eléctrica mediante un material semiconductor expuesto a la irradiación solar. El efecto fotovoltaico es un proceso del efecto fotoeléctrico y, por tanto, no es lo mismo, aunque se encuentren íntimamente ligados.

**Efecto fotoeléctrico.** Los electrones de la banda de valencia de un material semiconductor **absorben energía** cuando se exponen a la radiación electromagnética, como rayos X, luz visible o cualquier otro tipo de radiación. Los fotones radiactivos ceden su energía a los electrones de la banda de valencia, produciendo una excitación debido a la energía absorbida, se denominan fotoelectrones. Si la energía que adquiere el electrón supera la fuerza de atracción del núcleo, energía de valencia, salta de la órbita del átomo liberándose y viajando por el material, banda de conducción.



Fuente: areatecnologica. Efecto fotoeléctrico

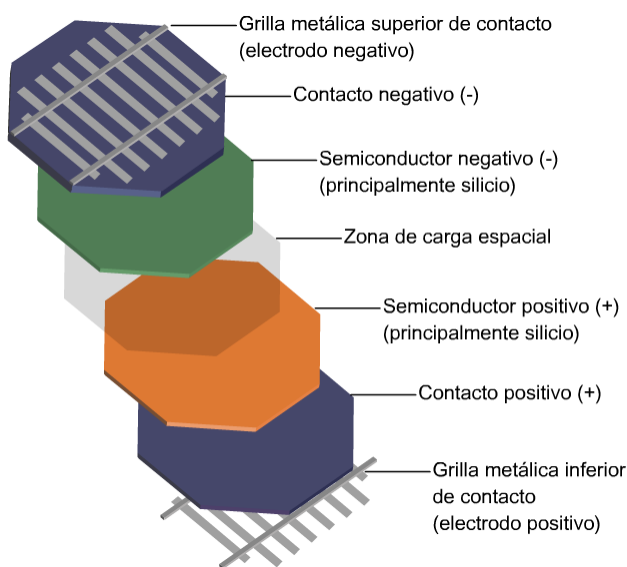
**Efecto fotovoltaico.** Los electrones de valencia, llamados así porque se encuentran en la última banda del átomo conocida como la banda de valencia, se encuentran unidos a otros electrones del átomo próximo mediante un enlace covalente. Los fotones al expulsar al electrón de su átomo, también rompen el enlace covalente dejando un hueco en el enlace y produciendo un electrón-hueco. Los electrones agitados se mueven por el material hasta que encuentran otro hueco, **liberando la energía** adquirida previamente por el fotón. Este proceso se repite continuamente en un material al exponerlo a la radiación lumínica, dando lugar a la recombinación de un par electrón-hueco. La energía liberada genera una fuerza electromotriz capaz de realizar un trabajo. Para conseguir la extracción de corriente es necesario fabricar una **unión pn**, la cual hace posible la aparición de un campo eléctrico la célula fotovoltaica (con dirección de **n a p**).



Fuente: areatecnologica. Efecto fotovoltaico

Sin embargo, no todos los fotones que inciden sobre el material son capaces de separar electrones, ya que pierden energía a medida que atraviesan el material. Es decir, existe un porcentaje de los fotones que, aunque colisionan contra los electrones, no son capaces de desplazarlos debido a que han perdido gran parte de su energía. Al igual que existe otro porcentaje de fotones que atraviesan el material semiconductor sin colisionar contra ningún electrón.

Estas pérdidas son inevitables y dependen exclusivamente de las propiedades del material, por tanto, el material es un factor decisivo a la hora de fabricar células fotovoltaicas. La mayoría de las células fotovoltaicas se fabrican silicio, se debe a la gran abundancia del mismo en el planeta y el bajo coste que implica su optimización como material de unión con otros elementos. Para superar la fuerza de atracción del núcleo en un átomo de silicio se requiere una energía superior a 1,12 eV, que corresponde con una longitud de onda inferior a 1.100 nm.



Fuente: Ecosolaresp. Estructura de una célula fotovoltaica

Generalmente, los paneles fotovoltaicos se componen de una capa de silicio, espesor inferior a 0.2mm, una de fósforo con carga negativa (n) situado en la parte superior y de boro en la inferior con carga positiva (p). En los extremos se colocan unos elementos conductores de plata “impresos” que conectan la parte superior e inferior. El resultado son dos capas de silicio con cargas iónicas distintas y separadas recubiertas de un vidrio transparente que permite el paso de la radiación solar y minimiza las pérdidas.

Los electrones buscan pasar desde la capa con inferior con boro hacia la capa superior con fósforo hasta alcanzar los conductores para llevar la corriente hacia el cargador, y esta retorna a la capa de boro para iniciar de nuevo el proceso.

El desarrollo tecnológico se ha centrado en aumentar la eficiencia de la célula fotovoltaica, en concreto, la **eficiencia de conversión**. Medido en porcentaje, es la energía contenida en la radiación solar que incide sobre la célula y es transformada en energía eléctrica. Sin embargo, los últimos avances han buscado aumentar el número de longitudes de onda de la luz utilizables, usando células con distinta “energía gap” mejorando la eficiencia de la conversión de las **células multiunión** y, mediante la **concentración** se busca enfocar la radiación solar hacia una zona específica, reduciendo la cantidad de material semiconductor.



- **2.3.3 TIPOS**

El abaratamiento de las placas solares ha ocasionado un repunte de las instalaciones solares fotovoltaicas, tanto a nivel particular en viviendas como en empresas. Se puede diferenciar entre dos tipos de instalaciones: instalaciones fotovoltaicas aisladas, cuyo propósito es cubrir la demanda completa de energía de una manera autogestionada, sin depender de la red eléctrica exterior y, las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, su objetivo es satisfacer parte de la demanda diaria y entregar el excedente a la red eléctrica, reduciendo la factura eléctrica.

- **Instalaciones aisladas de la red**

Una instalación aislada es aquella que prescinde de una conexión con la red eléctrica tradicional, o esta no es viable. Por tanto, el consumo eléctrico demandado por el edificio ha de ser generado íntegramente por las placas solares. Requieren de baterías, en la mayoría de los casos, ya que necesitan acumular energía durante las horas de mayor incidencia de rayos solares para utilizarlas cuando la irradiación solar es menor o durante la noche. Pueden ser necesarios otros equipos de apoyo para garantizar el abastecimiento durante todo el año. La ventaja principal en este tipo de instalaciones es la desvinculación con las empresas eléctricas, lo que supone no pagar impuestos ni peajes por acceso a la red, ni sufrir las fluctuaciones diarias en el precio de la electricidad.

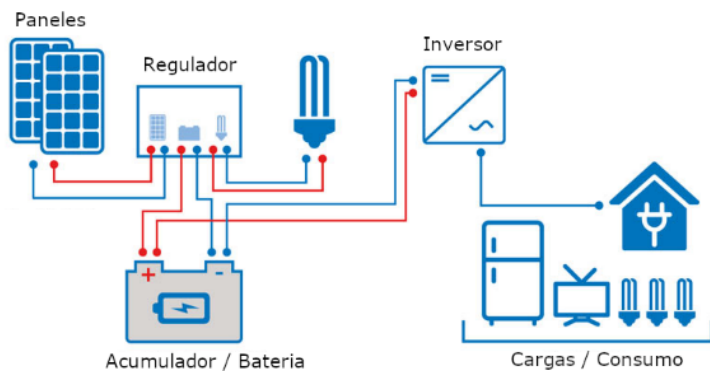
La potencia, los días de autonomía y la superficie necesaria son los parámetros que repercuten mayoritariamente en el precio de una instalación fotovoltaica autónoma.

- **Potencia.** Las instalaciones se dimensionan para producir una potencia suficiente para satisfacer el consumo habitual, tomando como referencia el mes menos favorable, es decir, con mayor demanda y menor irradiación. Se debe tener en cuenta a la hora de dimensionar las baterías y el inversor que ciertos equipos, especialmente los que posean un motor, tales como aires acondicionados, necesitan una **potencia instantánea** muy superior a la nominal para arrancar, lo que genera picos de potencia.
- **Los días de autonomía.** Son el número de días consecutivos en los que la demanda puede cubrirse con la energía almacenada en las baterías. Para garantizar el suministro frente a un fallo o avería del sistema u optimizar el coste de la instalación es recomendable instalar un equipo de apoyo, debido al alto precio actual de las baterías. Según el pliego de condiciones del Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (IDAE), “la autonomía mínima de sistemas con acumulador será de tres días”.  
Instalar un **equipo de apoyo**, normalmente un grupo electrógeno con un inversor-cargador, puede reducir el número de baterías a instalar, reduciendo también el coste de la inversión. Existen instalaciones que no precisan de baterías, son las

menos comunes ya que su funcionamiento se resume a las horas de irradiación solar, como sistemas de bombeo de agua.

- **Superficie.** Son el número de placas necesaria para satisfacer la demanda energética que tenga la instalación durante todo el año. Depende de varios factores: la radiación solar de la zona, la eficiencia de conversión de los paneles, la capacidad de los acumuladores y los días de autonomía, sobre todo en climas con abundante nubosidad. Se puede estimar la superficie requerida en base a la potencia necesaria con la siguiente fórmula.

Potencia de generada = Superficie total x Irradiancia solar x Eficiencia de conversión

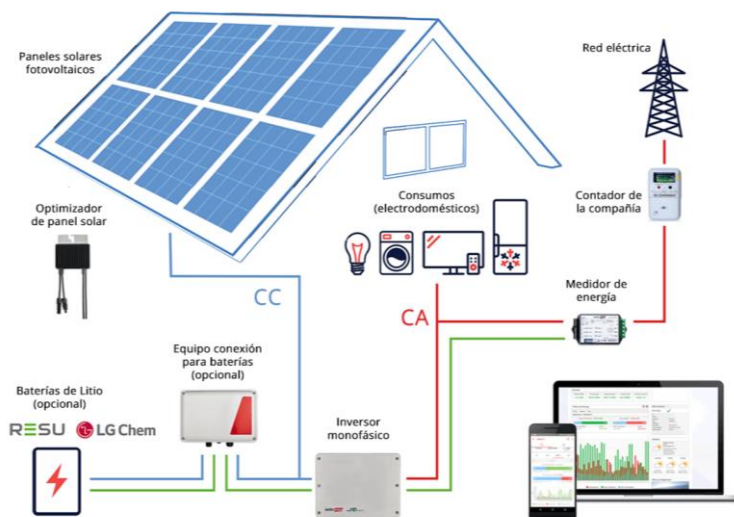


Fuente: Heliosfera. Esquema de una instalación aislada

- **Instalaciones conectadas a la Red**

En este tipo de instalaciones la demanda se cubre mediante placas solares en las horas diurnas y las nocturnas, cuando no se puede producir el efecto fotovoltaico, se suministra electricidad por parte de la red eléctrica. Al prescindir de acumuladores (baterías) y de reguladores la inversión inicial es muy menor, se debe a que el exceso de energía producida por las placas solares se vierte a la red eléctrica que actúa como disipador.

También se recurre a este tipo de instalaciones cuando la energía generada por las placas solares no pueda cubrir por completo la demanda en los picos de mayor consumo. Es un sistema fiable, que garantiza la continuidad de servicio gracias a la conexión a la red eléctrica.



Fuente: Energética futura. Esquema de una instalación conectada a la red

- **2.3.4 COMPONENTES**

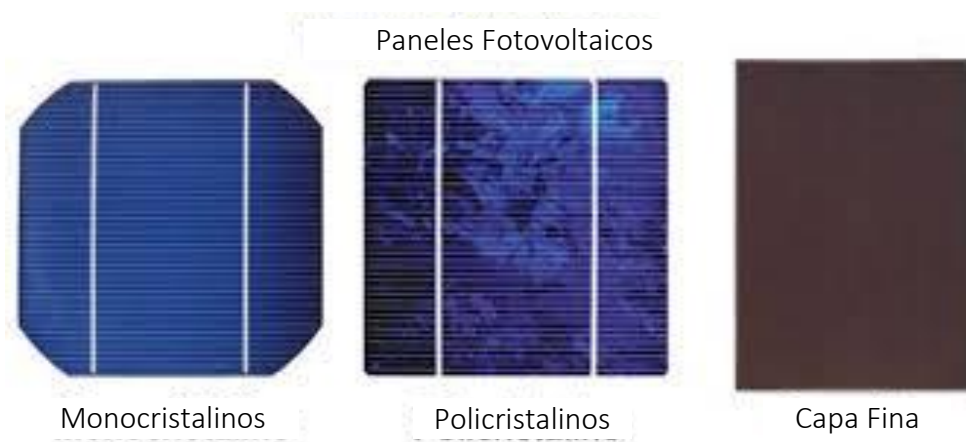
Las instalaciones de solares fotovoltaicas, sean aisladas o conectadas a la red, están formadas por: captadores, reguladores, pueden o no llevar acumuladores, inversores.

- **Captadores**

Su objetivo es **transformar radiación solar en energía eléctrica**, en forma de corriente continua, mediante el efecto fotoeléctrico. Los captadores se pueden unir en paralelos o en serie, en el primer caso se aumenta la intensidad y manteniendo la tensión, en el segundo caso se suma la tensión manteniendo la intensidad. Por tanto, es recomendable instalar captadores que tengan características lo más similares posibles, ya que el sistema se vería limitado por el captador con menor intensidad (serie) o menor tensión (paralelo).

- **Tipos células fotovoltaicas**

Dentro de las placas solares fotovoltaicas convencionales de silicio podemos distinguir tres variantes en base a la elaboración y la pureza del silicio empleado en ellas.



- **Células monocristalinas**

Construidos a partir de células fotovoltaicas fabricadas con un único cristal de silicio con una tasa alta de pureza sometido a diversos tratamientos: purificado, fundido, cristalizado y finalmente las celdas pulidas, por tanto, son las que mejor rendimiento presentan debido a que sus átomos están perfectamente alineados. Una estructura es uniforme facilita la conductividad. Las más típicas son Silicio (Si), Arseniuro de Galio (AsGa), Teluro de Cadmio (CdTe).



Son las más utilizadas aun siendo las más caras por los elevados costes de fabricación. Se identifican por un color oscuro homogéneo y una forma cuadrada con las esquinas recortadas como en un chaflán formando un octógono. Se consiguen un rendimiento medio aproximado de entre el 15% y el 20%.

Fuente: SunField - Estructura Célula Monocristalina

### ○ Células policristalinas

Formado por multitud de pequeños cristales de silicio. En su fabricación se vierte fragmentos de silicio en moldes cuadrados creando un bloque de silicio que, tras solidificarse en un crisol, se cortan en obleas dando a lugar a planchas cuadradas, que no necesitan de ser biseladas. Su rendimiento es menor que las monocristalinas, debido se dejan espacios libres entre las uniones del silicio interrumpiendo el fenómeno fotovoltaico, pero también los costes de fabricación son menores ya que se utilizan en la fabricación silicio de peor calidad.

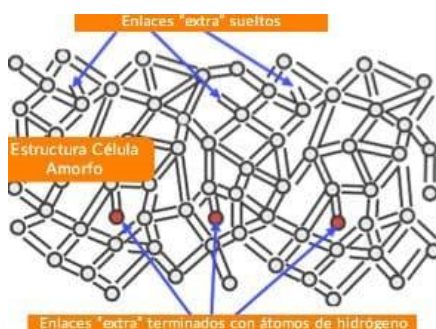


Se distinguen por ser células totalmente cuadradas con distintos tonos de azul y un patrón superficial irregular estructurado en cristales. Se consiguen un rendimiento medio aproximado de entre el 12% y el 14%.

Fuente: SunField - Estructura Célula Policristalina

### ○ Células amorfas o de capa fina

Fabricadas mediante la superposición de bandas continuas de vidrio o resinas sintéticas sobre una capa fina de silicio amorfo con incorporaciones de hidrógeno, creando un panel continuo sin interconexiones interiores. Tienen rendimiento mucho menor ya que utiliza un silicio de peor calidad que se degrada tras los primeros meses de operación, hecho por el cual son los menos extendidos aun siendo los más baratos.



Se distinguen por células uniformes de color marrón. Se consiguen un rendimiento medio aproximado de entre el 8% y el 9%.

Fuente: SunField - Estructura Célula Amorfa

El silicio es el material semiconductor más extendido en el uso de placas solares fotovoltaicas, aunque no el único. Podemos encontrar:

- **Arseniuro de Galio.** En experimentos realizados en laboratorios se han conseguido rendimientos en torno al 25%. La movilidad de sus electrones es mayor que en el silicio además de tener una elevada velocidad de saturación, velocidad a la que se desplazan los electrones.
- **Teluro de Cadmio.** Materia policristalino de capa fina que consigue un rendimiento de hasta un 16%.
- **Seleniuro de galio de indio y cobre.** Material policristalino de capa fina que consiguen rendimiento aproximado de un 20%. Se caracteriza por su gran flexibilidad. El desarrollo de esta tecnología es lento debido a la dificultad de conseguir películas uniformes y sin defectos.

Tabla comparativa de los diferentes paneles solares fotovoltaicos.

COMPUESTO	ESTRUCTURA	EFICIENCIA	ELABORACIÓN	COSTE
Silicio	Monocristalino	16% - 20%	Alto	Alto
Silicio	Policristalino	12% - 15%	Medio	Medio
Silicio Amorfo	Capa fina	< 10%	Bajo	Bajo
Arseniuro Galio	Capa fina	25%	Medio	Muy alto
Teluro de Cadmio	Capa fina	16%	Bajo	Medio
Seleniuro de galio de indio y cobre	Capa fina	20%	Medio	Medio

## - Estructura

Según el grado de integración que tenga en el edificio podemos agruparlas en dos ramas principales:

### o **BAPV** (Building Applied Photovoltaic)

Se basa en añadir a los edificios ya construidos elementos modulares de captación fotovoltaica. Generalmente, se utilizan paneles sobre una estructura fija anclada en la cubierta del edificio en las fachadas. Este tipo de soluciones son las más comunes y extendidas. No se integran en la composición del edificio, lo que afectan de manera negativa a la estética del edificio.



Fuente: Greendok. Cubierta con placas fotovoltaicas.

La principal ventaja reside en que pueden instalarse en edificios existentes de una manera sencilla sin los sobrecostes que pueden suponer una rehabilitación energética integrada. Al no tener partes móviles, los gastos de mantenimiento son mínimos.

### o **BIPV** (Building Integrated Photovoltaics)

Se incorporan soluciones técnicas que forman parte integral de estructura de un edificio, sustituyendo a los materiales convencionales de la envolvente de un edificio de una manera armoniosa e integrada, sin romper la composición arquitectónica de la construcción. Estas nuevas soluciones deben cumplir una doble función: generar energía y la función que cumplía el material sustituyente. Este tipo de tecnología puede reducir considerablemente la huella de carbono en los edificios.

Su uso se centra principalmente en edificios de nueva construcción, ya que implementar este tipo de soluciones en un edificio existente puede acarrear grandes inversiones económicas.

## Cubiertas inclinadas

**Módulos superpuestos.** Se trata de una solución que bien podría introducirse dentro de las BAPV. Consiste en superponer placas solares sobre la cubierta existente siguiendo la misma pendiente, la diferencia con las BAVP reside en la integración de estas es mayor ya que no sobresalen de la envolvente buscando una mayor pendiente o un ángulo más favorable a la irradiación solar.



Fuente: Quantum Energía. Cubierta con placas solares fotovoltaicas integradas.

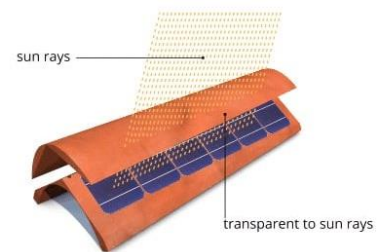
**Tejas fotovoltaicas.** En el mercado actual existe una gran variedad de tejas diseñadas para capturar y convertir la luz solar en electricidad sin comprometer la estética. Encontramos soluciones sencillas como tejas de pequeño tamaño hechas de arcilla con un módulo de cuatro células fotovoltaicas de silicio monocristalino en la parte superior. Soluciones más complejas como tejas hechas vidrio o de polímeros sintéticos de alta calidad y reciclables que utilizan células solares flexibles y que poseen canales de enfriamiento integrados para aumentar la eficiencia del sistema y prolongar su vida útil. Tejas perfectamente integradas que ocultan las células del captador. Tejas de grandes dimensiones, generalmente planas.



Fuente: Ecosolar. Teja arcilla con módulo fotovoltaico



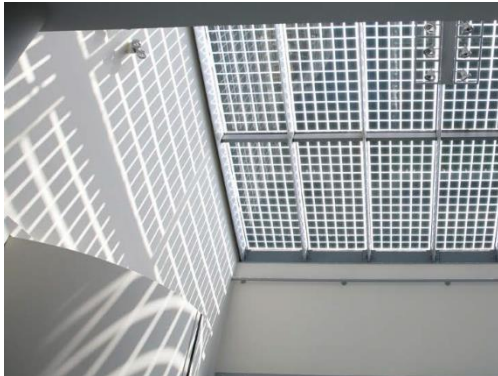
Fuente: US Tile. Teja de polímero



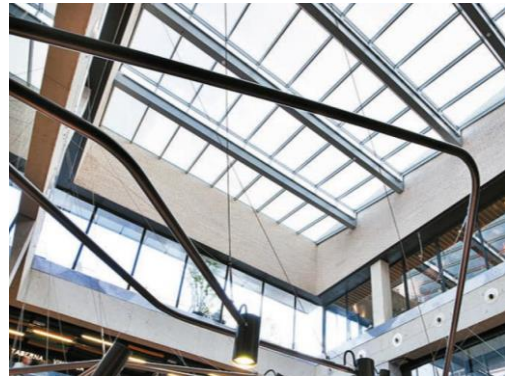
Fuente: Dyaqua. Teja fotovoltaica invisible

## Lucernarios y tejados semitransparentes

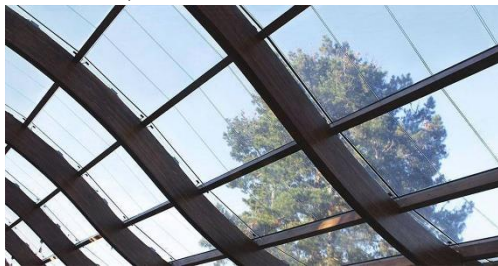
Al mismo tiempo que genera energía limpia y renovable, tiene que garantizar la impermeabilidad a los rayos ultravioleta e infrarrojos dañinos para para los usuarios. Normalmente, es el vidrio exterior el que cuenta con los filtros solares mientras que la cámara de aire interior se encarga de mejora el rendimiento térmico del edificio para alcanzar un mayor confort.



Fuente: Solar Innova. Lucernario semitransparente con células fotovoltaicas.



Fuente: Onyx Solar. Lucernario de silicio amorfo del mercado San Antón, Madrid.



Fuente: Onyx Solar. Lucernario curvo semitransparente de silicio amorfo

## Fachadas

**Revestimiento.** La proporción de superficie utilizable entre fachadas y cubiertas suele decantarse a favor de las fachadas, sobre todos en ciudades donde los edificios son altos. Esto supone una gran superficie para alojar captadores de energía solar convirtiendo las pequeñas centrales eléctricas verticales.

Fuente: David Hills. Fachada ventilada con placas solares fotovoltaicas



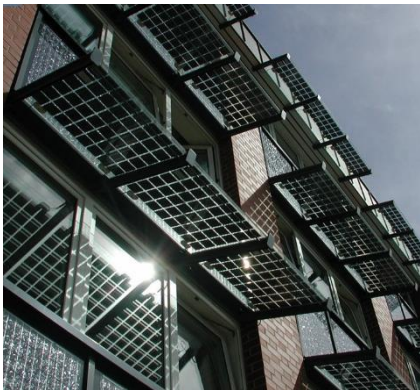


**Elementos semitransparentes.** Los huecos de fachada pueden ser aprovechados, energéticamente hablando, instalando vidrios semitransparentes fotovoltaicos de silicio amorfo. En algunos casos, la superficie de acristalada supone la mayor que la parte de una fachada, es el caso de los muros cortina.



Fuente: Onyx Solar. Muro cortina de la tienda perteneciente a la firma Balenciaga en Miami

**Elementos de sombreado.** Permiten regular la entrada de iluminación natural al interior generado al mismo tiempo electricidad a partir de la irradiación solar. Pueden ser: elementos fijos como contraventanas correderas o parasoles, o lamas móviles que, colocadas tanto en vertical como en horizontal, pueden variar la inclinación para optimizar la incidencia solar y conseguir una iluminación difusa óptima en el interior al mismo tiempo.



Fuente: Solar Nova. Parasoles del centro de Lübeck, Cuxhafen



Fuente: Estudio Lamela. Lamas móviles del centro Alzhéimer de la fundación Reina Sofia

- **Reguladores**

Son dispositivos electrónicos situados entre las placas solares y las baterías, se encargan de **regular la tensión y el voltaje** generado en las células fotovoltaicas y que circula hasta las baterías donde se acumula evitando las cargas excesivas que puedan ocasionar daños. Permite alargar la vida útil de las baterías ajustando la tensión de salida de los paneles con la tensión de carga de las baterías en función del estado de carga, evitando sobrecargas y sobrecalentamientos.

La elección de las baterías condiciona decisivamente el regulador a instalar, ambos tienen que ser compatibles para cargar correctamente las baterías con la tensión indicada.

Existen dos tipos de dispositivos electrónicos: los reguladores de carga PWM, son los más comunes, el parámetro decisivo para su dimensionamiento es la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) de las placas solares. Los reguladores MPPT, optimizan el rendimiento controlando del punto máximo de potencia.

- **PWM.** Es la solución más económica si se utilizan placas de 36 ó 72 células, debido a que las combinaciones posibles de ambas permiten generar la tensión correcta para funcionar a 12V, 24V o 48V.

TENSIÓN DE LAS BATERÍAS	CÉLULAS EN SERIE	AGRUPACIÓN DE MÓDULOS
12V	36 células	1 panel de 36 células
24V	72 células	1 panel de 72 células 2 paneles de 36 células (conectados en serie)
48V	144 células	2 paneles de 72 células 4 paneles de 36 células (conectados en serie)

Tabla de tensiones de funcionamiento

La corriente nominal del regulador o controlador solar debe dimensionarse aproximadamente un 20% por encima de la corriente de cortocircuito de los módulos solares conectados. Es decir, debemos mayorar la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) multiplicando por 1,2, el valor obtenido será el amperaje mínimo que debe tener el regulador que necesitaremos. Si conectamos paneles en serie, el cálculo se realiza con la corriente de cortocircuito más alta de entre todos los paneles, sin embargo, si la conexión es en paralelo, sumaría el  $I_{sc}$  de todos los paneles. Por ejemplo:

- o En **serie**, un panel con un valor  $I_{sc}$  de 8,24A, el cálculo:  
 $8,24A \times 1,2 = 9,888A$ , necesitaremos un regulador mínimo de 10A.
- o En **paralelo**, dos paneles con  $I_{sc}$  de 8,24A, el cálculo:  
 $2 \times 8,24A \times 1,2 = 19,776A$ , necesitaremos un regulador mínimo de 20A.

- **MPPT.** Permite utilizar toda la potencia de los paneles solares de manera que **trabajen siempre en el punto de máxima potencia**. En el caso de generar mediante los paneles fotovoltaicos más energía de la necesaria para abastecer una instalación, un regulador MPPT permite destinar el excedente de la energía producida a las baterías, si dispusiese la instalación de acumuladores, o verterla a la red eléctrica, de manera que no se desaprovecha la energía transformada por el panel.

Se utiliza principalmente en instalaciones solares con paneles fotovoltaicos de 60 células y una tensión de 24V con potencias superiores a 230W, donde la función del regulador MPPT es aumentar el bajo voltaje de estos paneles para adaptarlo a la tensión correcta necesaria para cargar las baterías en cada momento.

Se pueden instalar reguladores MPPT en paneles de 36 o 72 células **reduciendo las pérdidas un 30%** respecto a reguladores PWM, aunque el coste de la instalación aumenta y para potencias inferiores a 200W con un regulador PWM es más que suficiente.

Si se utilizan paneles solares de 60, el número de celdas instaladas en serie tiene que ser superior al mínimo para cada tensión, sin superar la tensión máxima que admite el regulador. Para dimensionarlo se utiliza el parámetro Voc o Vca (Voltaje de Circuito Abierto), mayorado por 1,2, marca el máximo que puede aguantar el regulador. El último parámetro que debe cumplir es la potencia máxima de paneles que puede soportar el regulador en función de la tensión de las baterías.

- **Acumulador**

La radiación solar tiene un carácter intermitente, es decir, solo es posible generar electricidad a partir de la radiación lumínica del sol durante el día, además la climatología (presencia abundante de nubes) afecta negativamente el rendimiento de los captadores. Por tanto, **almacenar energía en baterías** durante los periodos de máxima irradiación para su posterior utilización cuando dicha radiación es débil o inexistente. Las baterías **son acumuladores electroquímicos** cuya función es almacenar energía eléctrica en forma de corriente continua, disponiendo de ella las 24h del día. La capacidad de una batería se define como la cantidad de electricidad que puede obtenerse de un ciclo completo de descarga de una batería llena, se mide en amperios/hora (*Ah*), para un determinado tiempo de descarga.

Aparte de la función inherente de las baterías como acumuladores, pueden ser utilizadas para: suministrar la **potencia instantánea** necesaria en el momento de arranque en los aparatos electrónicos que dispongan de un motor eléctrico y para **mantener un nivel de tensión estable** para el adecuado funcionamiento de diferentes aparatos electrónico ya que la tensión de salida del panel puede variar según la intensidad de la radiación lumínica.

Tipos de batería para una instalación solar fotovoltaica:

- **Baterías Monoblock de plomo-ácido abiertas.** Poseen un alto rendimiento y son la solución más económica para instalaciones pequeñas con un bajo consumo, como iluminación, cámaras de vigilancia, etc. Tienen una vida útil estimada de 4 a 5 años, no soportan picos de arranque altos, por lo que su uso en electrodomésticos o sistemas que lleven un motor eléctrico puede reducir drásticamente su vida útil. Necesitan mantenimiento anual del nivel de electrolito ya que durante su funcionamiento se produce evaporación de gases y, por tanto, no pueden utilizarse en lugares cerrados.
- **Baterías AGM.** Absorbent Glass Mat, se fabrican en formato Monoblock, sin embargo, tienen un rendimiento mayor ya que tienen el electrolito inmovilizado e incorporan válvulas de regulación de gases para una mejor recombinación de los mismos, evitando pérdidas. Se utilizan en instalaciones de medio tamaño en las que se produce una descarga constante de energía, gracias a que su resistencia interna es muy baja. Tienen una vida útil aproximada de 6 a 8 años y se pueden utilizar para cualquier tipo de aparato eléctrico debido a que soportan picos de arranque sin ningún problema. No necesitan mantenimiento ya que son baterías selladas y compuestas de electrolito gelificado. Este tipo de baterías permiten ir añadiendo módulos y ampliar la capacidad de carga poco a poco.
- **Baterías de electrolito gelificado.** Presenta un funcionamiento cíclico de alta calidad. Se utiliza en instalaciones de medio y gran tamaño que estén previstas para funcionar durante largos períodos de tiempo o donde el mantenimiento sea muy complicado de realizar. La consistencia de gel característico de estas baterías es el resultado de mezclar el electrolito con silicio amorfo.
- **Baterías estacionarias.** Estas baterías tienen una larga vida útil, superior a los 20 años, y permiten profundos ciclos de descarga diarios con resultados excelentes ante cualquier tipo de consumo, por lo que son perfectas para instalaciones que requieran un consumo diario y durante largos períodos de tiempo. Están formadas por vasos independientes de 2V cada uno, conectados entre sí mediante puentes flexibles para formar sistemas de 12V, 24V o 48V. Tienen capacidades de carga que pueden llegar hasta los 4500Ah, aunque los más utilizados son desde los 300Ah hasta los 1500Ah. Los vasos estacionarios utilizan una tecnología ideal para descargas profundas, y esto es debido a la construcción de placas de plomo que forman los elementos. En este grupo se encuentran diferentes tipos de baterías como OPZS, TOPZS, OPZV y EPZS.
  - o **Baterías OPZS.** Son las más utilizadas en medias o grandes instalaciones aisladas donde se necesite una batería de mayor duración que las Gel o AGM. Tienen una gran resistencia para ciclos continuos de carga-descarga, se estima una vida útil de 20 años, siempre que se realicen un correcto

mantenimiento y se coloquen en un lugar ventilado. Se trata de baterías abiertas, por lo que requiere mantenimiento cada 6 meses aproximadamente en el que se rellenarán los vasos y se comprobará que la densidad esté en los niveles adecuados.

- **Baterías TOPZS o UOPZS.** tienen prácticamente las mismas prestaciones que las OPZS. La diferencia principal reside en que están fabricadas en cadena con un material translúcido, abaratando de esta manera los costes. La vida útil es algo menor a las OPZS, pero su precio al ser inferior la convierten en una opción muy rentable para instalaciones aisladas con uso diario u ocasional. Requieren operaciones de mantenimiento cada 6 meses aproximadamente y llegando a tener una vida útil de hasta 15 años.
- **Baterías OPZV.** Como las anteriores, con la salvedad de que disponen de electrolito gelificado, por tanto, son baterías completamente selladas y no precisan de operaciones de mantenimiento. Son recomendables para instalaciones en las que las baterías no vayan a tener un fácil acceso para hacer este tipo de trabajos. Se pueden colocar en cualquier posición, ya sea en vertical u horizontal. Ideadas para instalaciones en las que la descarga de energía es constante en el tiempo, evitando los ciclos de descarga excesivamente profundos o con picos de consumo muy elevados. Tienen una vida útil de 20 años aproximadamente.
- **Baterías EPZS.** Son muy similares a las OPZS y TOPZS, la diferencia reside en que son de polipropileno oscuro y tiene una mayor densidad de electrolito. La construcción de esta batería con placa positiva tubular permite descargas profundas del 70% manteniendo una vida útil de hasta 2000 ciclos. Requieren mantenimiento mensual para comprobar el nivel de la cámara de agua situada en la parte superior debido a su reducido tamaño.
- **Baterías de Litio.** La aleación de Li-Fe de las baterías de litio tienen un tiempo de carga más rápido que el resto de baterías y permite una descarga del 100% de su potencia, por tanto, pueden realizar descargas totales sin afectar gravemente su tiempo de vida útil. No emiten gases en su funcionamiento y tienen un tamaño reducido por lo que pesan poco, gracias a esto se pueden poner en cualquier sitio. Otra ventaja de las baterías de litio es el sistema de gestión de la batería y el servicio ininterrumpido con fuente de alimentación autónoma, la cual se activa en caso de corte en la fuente de alimentación principal. La mayor desventaja actual reside en el elevado precio de estas baterías, en un futuro se prevé que los fabricantes lo puedan optimizar.

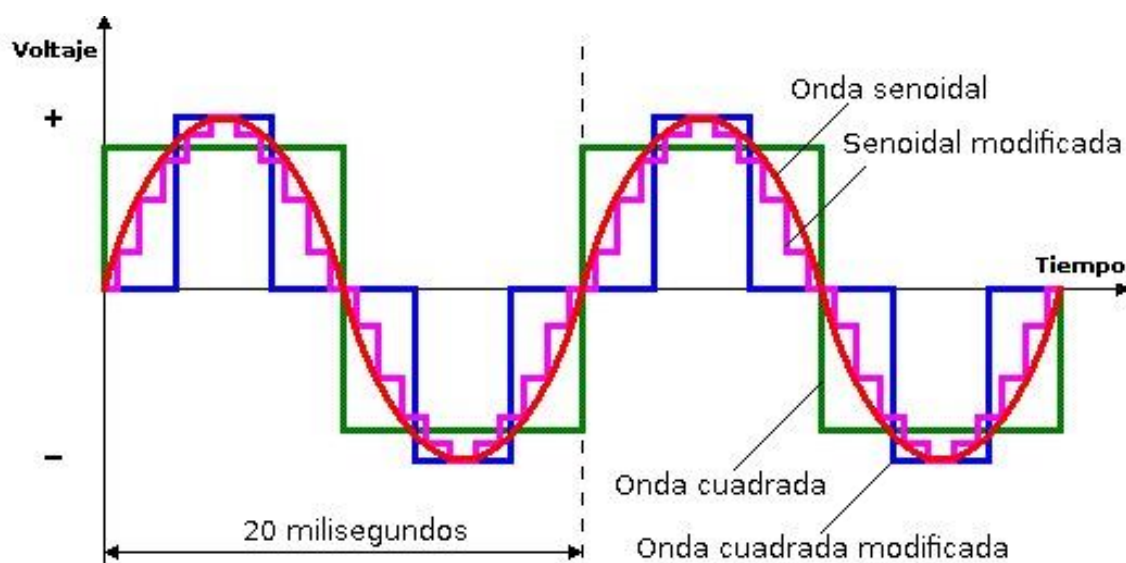
- **Inversor**

La corriente generada en los paneles y almacenada en las baterías es corriente continua, No obstante, en nuestros hogares la electricidad que consumimos se utiliza en alterna a 220 V. El inversor es el elemento encargado de transformar la corriente continua en alterna, ya que la mayoría de los aparatos eléctricos habituales están diseñados para funcionar este tipo de corriente, y elevar la tensión a 220 voltios sincronizando la onda con la de la red, permitiendo verter los excedentes a la red.

Todas estas transformaciones acarrearán una inevitable pérdida de energía, pueden llegar a valores del 20%, lo que resta eficiencia al conjunto de la instalación. Con el inversor podemos conseguir de diferentes potencias en función de las necesidades de la instalación, monofásico o trifásico. Se deben instalar sistemas de conmutación para impedir que se genere una conexión simultánea entre la generación de los paneles solares y la red pública. Para sistemas con más de 100kW, se utilizan inversores superiores a 10kW.

Hay dos tipos de convertidores:

- De **onda senoidal pura**. Son más caros, se utilizan en instalaciones que dispongan de equipos con motores que necesiten un alto pico de energía para su encendido.
- De **onda cuadrada**. Son más económicos, se utilizan en instalaciones en las que la carga sea pequeña como en alumbrado, pequeños electrodomésticos, etc.



Fuente: panelesoalres.pe. Onda de un inversor

- **Cuadro de mando y protección**

Aquí se sitúan los dispositivos de protección eléctrica como los interruptores diferenciales y los magnetotérmicos. En una instalación fotovoltaica también se debe incorporar un medidor de energía para controlar el consumo y la producción. Va conectado con el inversor lo que permite gestionar la energía según la configuración que elijamos.

- **2.3.5 APLICACIONES**

La energía solar fotovoltaica es una **energía eléctrica** limpia. Se puede generar a cualquier escala, desde la producción masiva en centrales eléctricas hasta pequeñas células fotovoltaicas para generar la electricidad suficiente para el funcionamiento de una calculadora.

Podemos agrupar las diferentes aplicaciones en dos grupos dependiendo de qué tipo de instalaciones produzca la energía, aislada o conectada a la red.

- **Instalaciones autónomas**

Permiten cubrir la demanda energética de un edificio que no cuente con conexión a la red pública de electricidad, debido a su difícil acceso, tales como: viviendas, granjas, naves, etc. Gracias a que este tipo de instalaciones requieren poco mantenimiento, uno de sus principales usos es el de alimentar a pequeños equipos electrónicos situados en lugares remotos, como bombeo de agua en el sector rural, o en sistemas de comunicación, señalización e iluminación en autopistas y estaciones meteorológicas, entre otras.

En el sector del transporte se está viendo cada vez más beneficiado por este tipo de tecnología. Aunque comenzó como alta tecnología diseñada para producir la energía necesaria para el funcionamiento de los satélites en el espacio, hoy en día se puede encontrar en autocaravanas y furgonetas “camperizadas” que cuentan con paneles solares fotovoltaicos en la parte superior, para suministrar energía a la instalación eléctrica interior.

Uno de los usos más interesantes son los **sistemas híbridos**. Es la combinación de tecnologías renovables para mejorar el rendimiento, la fiabilidad y la seguridad de la instalación. Normalmente se combina con energía eólica pues se complementan, los días fríos y de viento, normalmente nublados, apenas permiten aprovechar la luz solar, pero son ideales para los aerogeneradores.

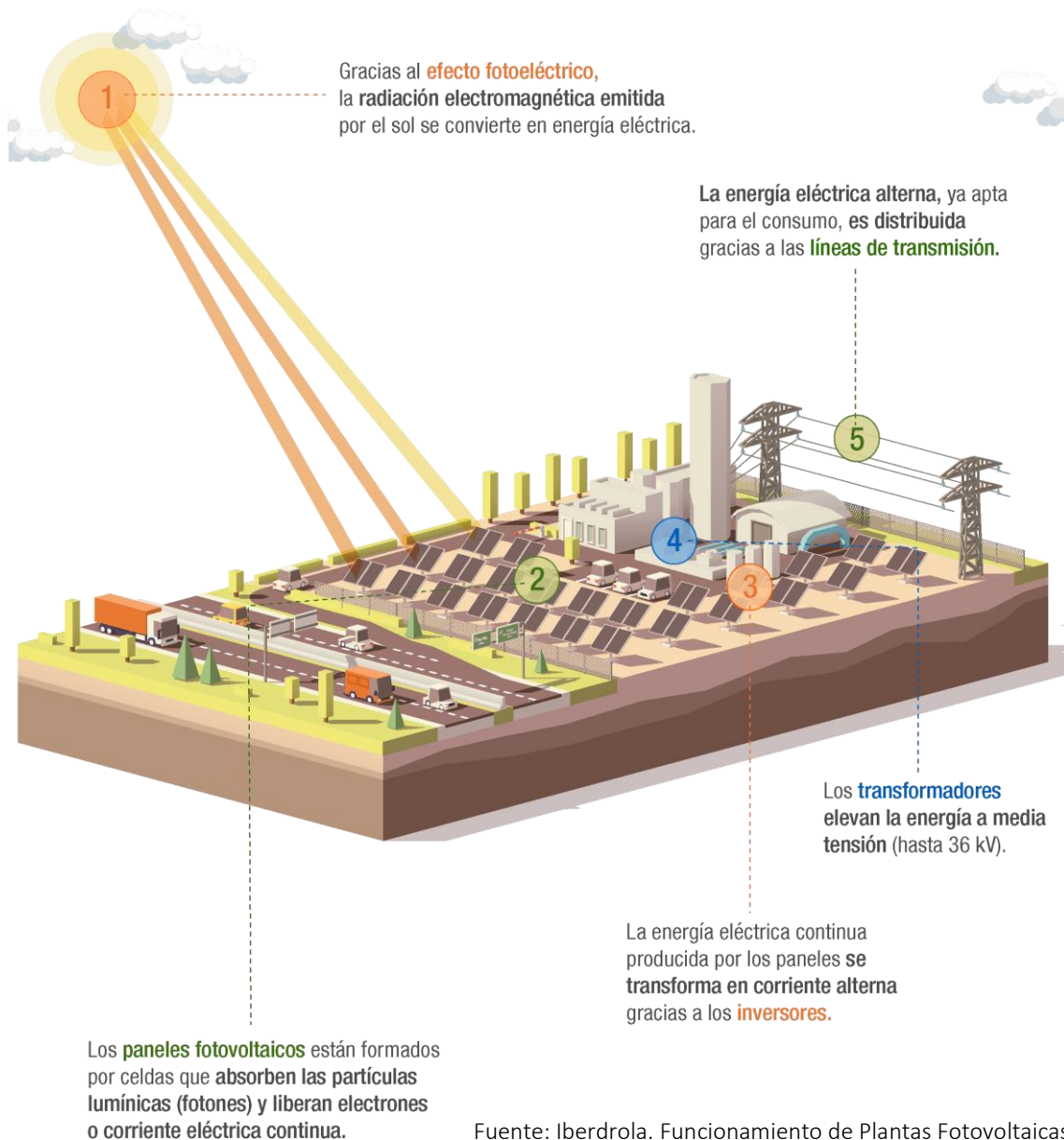
Puede servir como alimentación para las bombas de calor en las instalaciones de aerometría y geotermia, dando lugar a instalaciones eléctricas que permite cubrir toda la demanda energética de un edificio de manera renovable, limpia y gratuita.

- **Instalaciones conectadas a red**

La principal ventaja de este tipo de instalaciones es que reducen su dependencia de la energía del exterior, y únicamente toman energía de la red cuando no existe generación del sistema solar. Esto se traduce en una reducción del consumo de energías convencionales, reduciendo a su vez la contaminación por combustibles fósiles.

Se utilizan para mejorar la calidad del suministro eléctrico en zonas donde la tensión es más débil y pueden sufrir variaciones en la frecuencia, generalmente sucede al final de la línea.

Las grades centrales eléctricas tienen sistemas de seguimiento del Sol en paneles solares, mejorando la eficiencia ya que buscan la maximizar irradiación en todo momento. La energía eléctrica transformada se vierte totalmente a la red, para que esta energía sea consumida en otros lugares.





- **2.3.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES**

- **Ventajas**

- La energía procede del Sol, una fuente de energía renovable, por tanto, sus recursos son ilimitados.
- Permite abastecer de energía eléctrica a zonas remotas donde no es posible la conexión a la red eléctrica, pudiendo satisfacer el 100% de la demanda energética en latitudes cálidas y hasta el 50% en zonas frías.
- No contamina. Durante el funcionamiento no emite ningún tipo de contaminación, contribuyendo a disminuir los gases de efecto invernadero en la atmósfera.
- La producción de energía es silenciosa, de manera que pueden instalarse en casi cualquier parte sin provocar ninguna molestia.
- Modular. Los componentes de una instalación solar fotovoltaica pueden intercambiarse siendo la mayoría compatibles entre ellos, de tal manera que pueden formarse desde grandes plantas fotovoltaicas en el suelo hasta pequeños paneles para tejados.
- El transporte y montaje de la instalación es muy sencillo debido a que es modular y los elementos tienen un tamaño reducido.
- A medida que avanza y evoluciona esta tecnología el coste de los elementos que componen una instalación fotovoltaica se han reducido progresivamente.
- El mantenimiento de este tipo de instalaciones es sencillo, por lo que las operaciones tienen un bajo coste, en algunos casos basta con mantener los paneles limpios.
- Permite una mejor integración arquitectónica en los edificios, no solo en los nuevos, también los existentes. Los edificios pueden pasar de ser consumidores netos de energía a ser productores netos de energía a lo largo de su ciclo de vida, sostenibilidad energética en la edificación.
- Te permite producir y consumir tu propia energía, lo que supone desvincularse de las empresas eléctricas, por tanto, no pagar impuestos ni peajes por acceso a la red, ni sufrir las fluctuaciones diarias en el precio de la electricidad.

- Inconvenientes

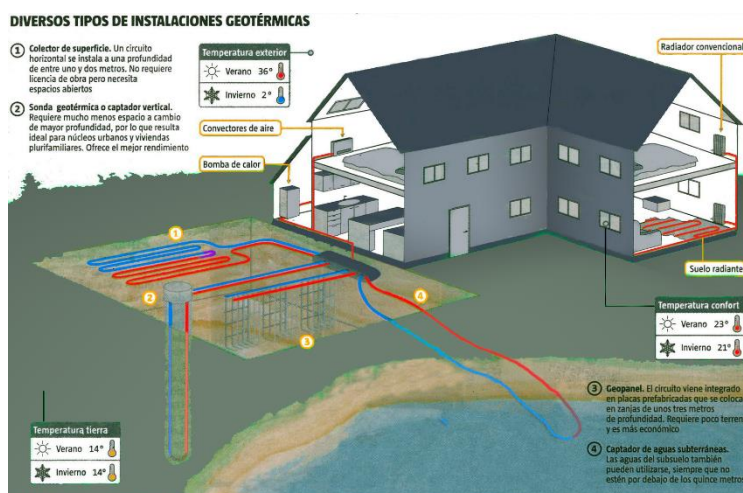
- La producción depende de la radiación solar, por lo que si la célula no se encuentra alineada perpendicularmente al Sol se pierde entre un 10 - 25% de la energía incidente.
- Las condiciones meteorológicas adversas como la presencia abundante de nubes y la suciedad de los paneles pueden afectar al rendimiento de la instalación ya que no reducen la radiación lumínica que llega a los captadores.
- Para garantizar el suministro eléctrico las 24 horas del día es necesario el uso de acumuladores, conexión a la red o apoyo de otras fuentes de energía.
- Supone una gran inversión inicial, sobre todo si se incluyen el uso de baterías. La inversión se amortiza en menos de 10 años, pero hay que tener en cuenta la vida útil de sus componentes ya que las baterías y los paneles habrá que cambiarlos una vez que se agote su vida útil.
- Residuos. Algunas de las baterías tienen en su interior químicos tóxicos o el sulfuro de cadmio y el arseniuro de galio en su fabricación. Estos químicos son altamente tóxicos y persisten en el ambiente por siglos.

## 2. 4. GEOTERMÍA

### • 2.4.1 DEFINICIÓN

Geotermia, término proveniente del griego, es el resultado de la unión de las palabras *geo* (Tierra) y *thermos* (calor). Es aquella energía que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor interior de la Tierra. Es una de las fuentes de energía renovables menos conocidas y más eficientes, disponible de forma continua las 24 horas del día los 365 días del año, siendo, por tanto, gestionable.

Al no depender de la climatología y pudiendo ser producida continuamente, no necesita ser almacenada como sucede con otros tipos de energía. En la mayoría de las energías, el almacenamiento no es factible de una manera directa, es necesario convertirla en otro tipo de energía, ya sea mecánica, química o electromagnética, para después volver a transformarla cuando se vaya a usar. Esto supone una gran limitación en el mercado de las energías.

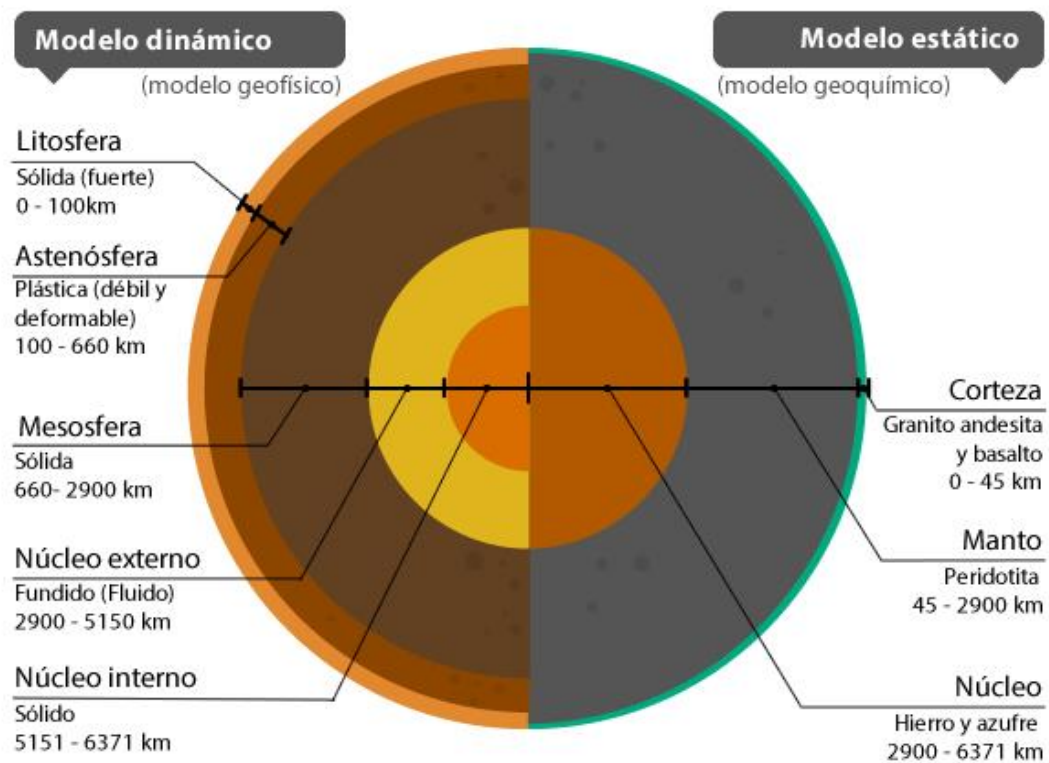


Fuente: Ginnova

Encontramos ejemplos a lo largo de la historia de cómo el hombre aprovechaba el recurso geotérmico. Los romanos se valían de los geiseres como fuentes de agua caliente para los baños o termas. Conducían el agua caliente mezclándola con agua fría para conseguir la temperatura ideal. Si vamos mucho más atrás en la historia, el hombre primitivo aprovecha el alto valor de inercia del terreno. Durante el día, la radiación solar calienta la tierra y las rocas almacenando calor. Cuando desciende la temperatura este calor va liberándose progresivamente y aprovechaban este fenómeno para resguardarse de la fría noche en las cavernas donde la temperatura se mantenía superior.

La Tierra es un cuerpo caliente estructurado en sucesivas capas cuya temperatura aumenta cuanto más hacia el interior se encuentran situadas. En raras ocasiones podemos percibir manifestaciones al exterior del calor que se disipa. Géiseres, volcanes y fuentes termales son algunos de los fenómenos observables del calor interior de la tierra que se exterioriza a la superficie y cuya energía se “desperdicia”.

El calor interno de la Tierra procede tanto de fenómenos físicos como químicos:



Fuente:Portaleducativo.net

- **Calor inicial** que se originó durante la formación del planeta se encuentra almacenado en el interior y llega progresivamente a la superficie.
- **Cristalización del núcleo.** El núcleo externo es líquido y se dan reacciones de cristalización continuamente. Estas reacciones son exotérmicas y, por tanto, desprenden calor. Este calor se denomina calor latente de cristalización. Sucede entre el núcleo interno y el núcleo externo.
- **Gravitación.** La gravedad ejerce una fuerza de compresión hacia el centro del planeta, y en el proceso de contracción de la masa terrestre se genera calentamiento por fricción.
- **Reacciones fisicoquímicas exotérmicas.** Las elevadas presiones y la alta temperatura del manto terrestre provocan que los minerales sean inestables y se produzcan cambios de fases continuos, que a su vez generan energía en forma de calor.
- **Desintegración de isótopos radiactivos.** Las rocas que forman la litosfera son ricas en minerales que contienen elementos radioactivos, principalmente uranio 235, uranio 238, torio 232 y potasio 40. Las reacciones de descomposición de estos isótopos son exotérmicas, son el proceso que más calor aporta a la superficie de la Tierra.

## • 2.4.2 FUNCIONAMIENTO

El calor terrestre es una fuente de energía duradera para la producción de calor y de electricidad, que no depende de las condiciones climatológicas ni de la estación anual. Sin embargo, no todo el calor desprendido del interior de la Tierra puede ser aprovechado, solo la fracción que por las condiciones técnicas y económicas del momento puede aprovecharse constituye el recurso geotérmico. La diversidad de temperaturas a la que se encuentra este recurso permite un gran número de posibilidades de utilización. La energía geotérmica representa una respuesta local, ecológica y eficiente para reducir costes energéticos.

La geotermia es el aprovechamiento del calor interior del planeta y depende del nivel térmico y del tipo de fluido del yacimiento. Para que se pueda aprovechar el calor es necesario que se acumule en algún cuerpo interior de la corteza. La forma más común de concentración, es agua cargada de sales minerales procedentes de las filtraciones de las rocas denominado fluido geotérmico. Se encuentra almacenada en forma de bolsas que rellenan los huecos de las formaciones rocosas que constituyen la litosfera y actúan como captador.

Se necesita extraer este fluido para poder absorber la energía calorífica almacenada en él, esta acción se realiza mediante bombeo y constituye el circuito primario. Formado por un sistema de sondas y tuberías enterradas, se encarga de intercambiar energía con el fluido geotérmico absorbiendo o cediendo calor y de transportar la energía a la bomba de calor. Una vez extraída la energía, el fluido es reinyectado de nuevo al yacimiento por medio de un segundo sondeo con el objetivo de asegurar la perdurabilidad y sostenibilidad del mismo.

Si el medio de extracción es agua de yacimientos subterráneos, la propia agua superficial renueva de forma natural el yacimiento o por inyección artificial en el subsuelo.



Fuente: Sociedad Agrícola y Ganadera de Osorno



Si no se encuentra presencia de agua en el yacimiento se introduce sondas formando un circuito cerrado con un fluido caloportador compuesto por una mezcla de agua y refrigerante.

Fuente: Renewable Energy Magazine

En estaciones más calurosas, se puede invertir el sentido de funcionamiento y transportar calor desde la vivienda unifamiliar o edificio que se quiere refrigerar, hasta el subsuelo.

Estas instalaciones precisan de una bomba de calor para calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria. Como toda bomba de calor, necesita aporte externo de energía eléctrica para el funcionamiento de los compresores eléctricos, de las bombas de circulación, de los ventiladores del interior del edificio y de los sistemas de control. Por tanto, la instalación no está exenta de consumo eléctrico pudiendo poner en duda si se trata de una energía renovable. En general, se produce entre 2 y 4 veces más energía térmica o frigorífica que la energía eléctrica que se consume. Eso significa que estos sistemas tienen rendimientos de 200 a 400%, muy superiores a las resistencias eléctricas, donde el rendimiento máximo es del 100%.

Ninguna instalación que utilice energía geotérmica necesita quemar combustibles, por lo tanto, no contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Las emisiones equivalentes de gases se corresponden únicamente a la producción de la energía eléctrica para su funcionamiento y son muy inferiores a las de los sistemas tradicionales, ya que el consumo de electricidad se reduce notablemente.

Las instalaciones para redes de calefacción local y las que trabajan con bombas de calor no producen impacto visual, son invisibles. Sólo una tapadera metálica o una pequeña estructura superficial señala la ubicación de los sondeos en el subsuelo. Las instalaciones para calefacción se encuentran en los sótanos de los edificios a los que abastecen.



Fuente: rioboconsulting.es

- **2.4.3 TIPOS**

**Energía geotérmica de alta temperatura.** La energía geotérmica de alta temperatura existe en las zonas activas de la corteza. Se localizan habitualmente sobre yacimientos geotérmicos (coincidencia de un acuífero con una zona del terreno que está a alta temperatura). Son necesarias unas condiciones determinadas de presión y temperatura para que se dé la posibilidad de existencia de un campo geotérmico, esta temperatura está comprendida entre 150 y 400 °C. Se suele explotar a profundidades comprendidas entre 1.500 y 3.000m.

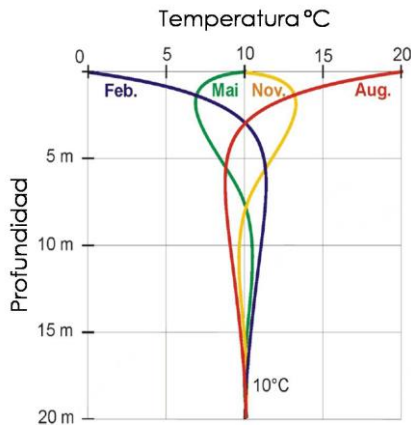
Son yacimientos de los cuales se puede extraer bastante calor para producir energía eléctrica a partir de vapor de agua mediante una turbina. Si el yacimiento geotérmico cuenta con condiciones físico-geológicas favorables, pero no existe fluido, éste podría inyectarse creando así un yacimiento de roca caliente seca (Sistemas Geotérmicos Estimulados). La explotación de un campo de estas características se hace por medio de perforaciones según técnicas casi idénticas a las de la extracción del petróleo.

**Energía geotérmica de temperaturas medias.** Se localizan en áreas con un contexto geológico y estructural favorable y un gradiente superior a la media. Generalmente, en cuencas sedimentarias, como los de baja temperatura, pero a profundidades comprendidas entre 2.000 y 4.000 m. Los fluidos de los acuíferos están a temperaturas comprendidas generalmente entre 70 y 150 °C. Se consigue un rendimiento menor en comparación con los de alta temperatura en la producción de electricidad. El aprovechamiento también puede ser directo en forma de calor para sistemas de calefacción urbanos o usos industriales.

Se suele explotar mediante pequeñas centrales eléctricas, aunque el mejor aprovechamiento se consigue mediante sistemas urbanos de reparto de calor para su uso en calefacción y en refrigeración (mediante máquinas de absorción).

**Energía geotérmica de baja temperatura.** La energía geotérmica de baja temperaturas, entre 30 y 70 °C, pueden encontrarse en todas las cuencas sedimentarias en las que el gradiente geotérmico sea el normal o ligeramente superior. La única condición geológica requerida es la existencia a profundidad adecuada, entre 1.500 y 2.500 m, de formaciones geológicas permeables, capaces de contener y dejar circular fluidos que extraigan el calor de las rocas. Los fluidos están a temperaturas de 30 a 70 °C.

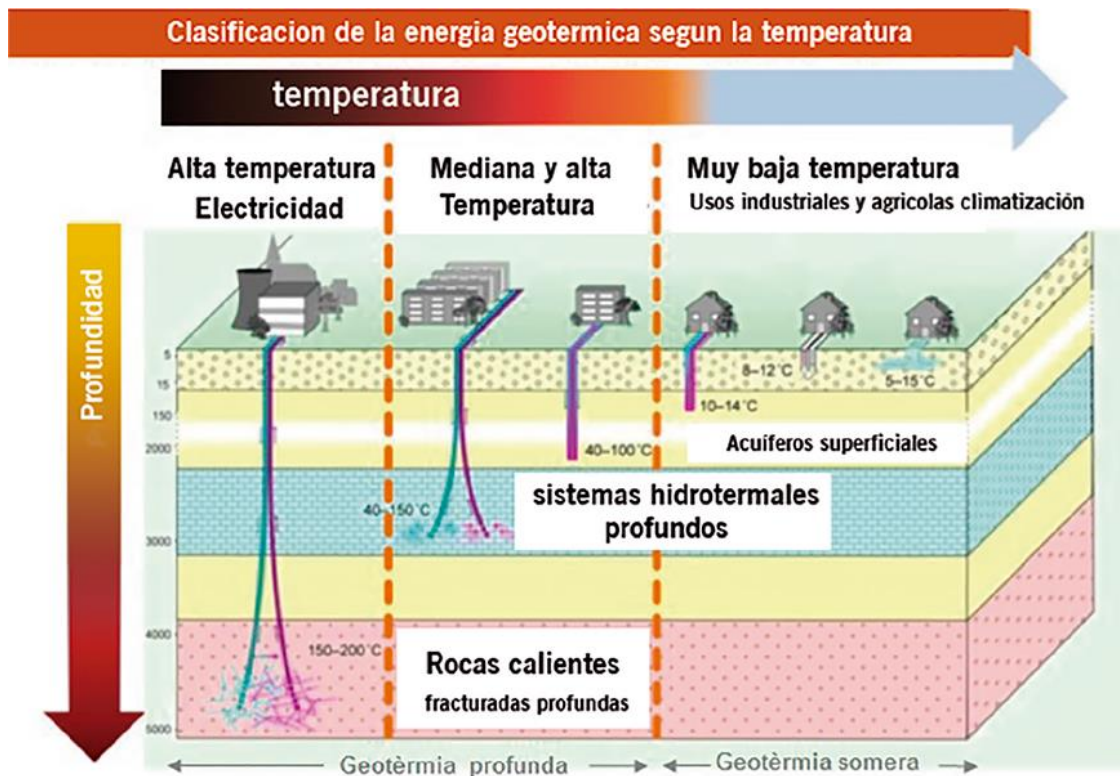
**Energía geotérmica de muy baja temperatura.** Estos yacimientos se pueden localizar en cualquier punto, ya que el gradiente geotérmico sólo condiciona la eficiencia del sistema. Se explota a profundidades de hasta 500 metros, y a una temperatura es inferior a los 30°C. Se suelen utilizar como intercambiador térmico en sistemas de climatización mediante bomba de calor para cubrir necesidades domésticas, urbanas o agrícolas.



Su funcionamiento se basa en la temperatura del interior del terreno, a partir de 10 metros se mantiene prácticamente constante durante todo el año, permitiendo que el intercambio de calor se produzca en condiciones estables en todas las estaciones. A partir de los 20 m de profundidad, la temperatura aumenta progresivamente unos 3°C cada 100 m como consecuencia del gradiente geotérmico. Por el contrario, en verano el edificio se refrigera al cederse calor al terrero a través del mismo circuito de intercambio

Existen dos tipologías principales de sistema de aprovechamiento de la energía geotérmica de muy baja temperatura: **sistemas abiertos**, donde la energía se obtiene del agua acuífero; y **sistemas cerrados**, las bombas de calor hacen circular un fluido a través de un circuito cambiador cerrado situado en el subsuelo.

Según cómo estén situados los cambiadores en el subsuelo podemos distinguir entre aprovechamientos con cambiadores verticales o con cambiadores horizontales.



Fuente: Bayerisches Landesamt Für Umwelt



RECURSO GEOTÉRMICO	RANGO DE TEMPERATURA EN EL TERRENO	PROFUNDIDAD	USO	APLICACIONES
Alta entalpia	150 °C < Tº < 400 °C	1.500 m - 2.000 m	Generación eléctrica	Eléctricas
Media entalpia	70 °C < Tº < 150 °C	2.000 m - 4.000 m	Generación eléctrica (Ciclos Binarios) Destilación de aguas Secados industriales	
Baja entalpia	30 °C < Tº < 70 °C	1.500 m - 2.500 m	Balnearios Invernaderos District Heating Secados industriales	Térmicas
Muy baja entalpia	5 °C < Tº < 400 °C	< 500 m	Bomba de calor (agua-agua)	

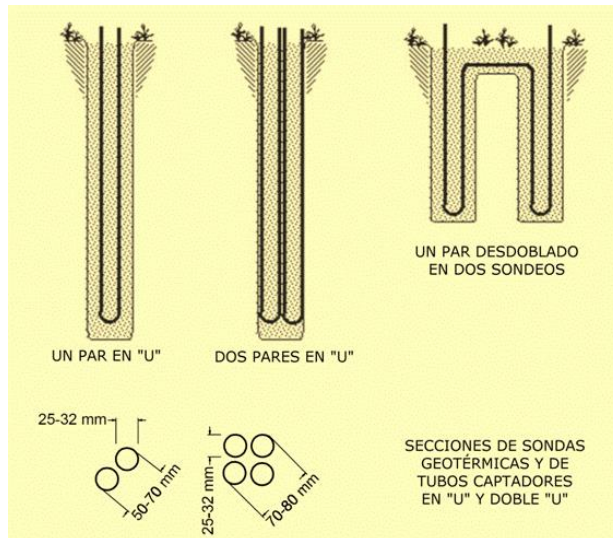
La entalpia nos permite cuantificar la cantidad de energía que se encuentra almacenada en la corteza terrestre y es susceptible de ser intercambiada a una presión constante. En el caso de la energía geotermia, el proceso es endotérmico ya que consume energía del medio ambiente.

- **2.4.4 COMPONENTES**

Tres componentes principales son los que forman una instalación de intercambio de calor subterráneo. Un **circuito primario** formado por los pozos y sondas (tuberías) preparadas para resistir las posibles agresiones de los contaminantes que puede haber en el terreno, de propileno, PVC o de polietileno de alta densidad. El fluido geotérmico cargado de energía calorífica circula a través de ellas hasta la **bomba de calor** que extrae el calor del fluido (en modo calefacción en invierno) o evacua el calor del inmueble (en modo refrigeración en verano) y lo distribuye al interior del edificio mediante el **circuito secundario**. Sólo es posible extraer calor si la temperatura de entrada geotérmica es superior a la de retorno del circuito secundario.

- El **circuito primario** corresponde a un intercambiador geotérmico en el que un fluido, generalmente con base de agua, **capta la energía calorífica** del subsuelo. Puede ser de diferentes tipos, según la forma de extraer la energía del subsuelo:

- **Captador geotérmico vertical**, es la más usada pues requerimiento de superficie exterior es menor. Se instalan de 2 a 4 sondas, de 10 a 15 cm de diámetro a profundidades de entre de 50 y 150 metros bajo la superficie. A través de los tubos instalados circula agua (con anticongelante añadido) que eleva el calor para templar el fluido refrigerante.

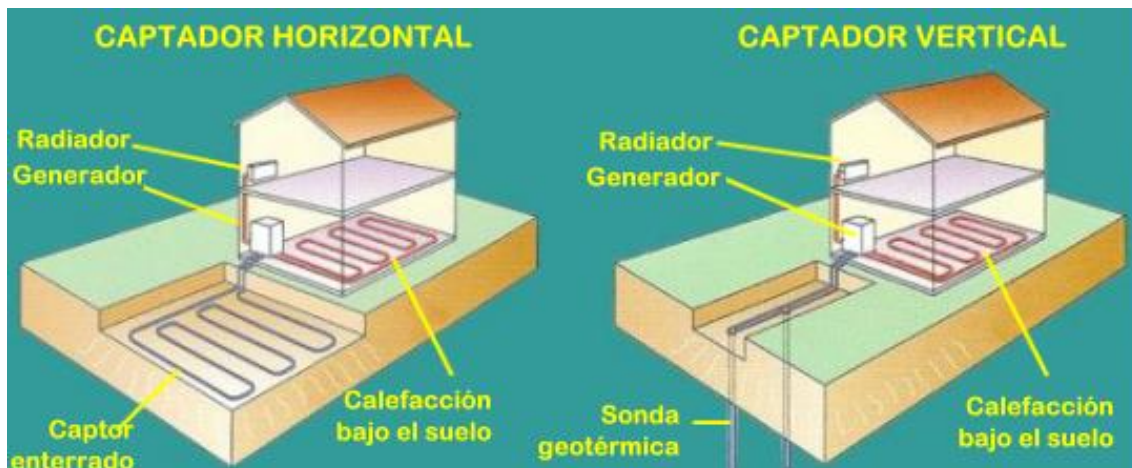


Si el terreno es estable se realiza el sondeo mediante rotopercusión.

Si el terreno es inestable se realiza el sondeo a circulación directa.

Fuente: Geothermal Applications. Climate Master. 2006

- **Captador geotérmico horizontal**, requiere mayor superficie exterior para poder generar el calor, en caso de vivienda nueva es necesario un espacio despejado que sea 1,5 veces la superficie habitable a calentar y hasta 3 veces para casas antiguas con malos aislamientos térmicos. Pueden satisfacer las necesidades de calefacción de una vivienda familiar de alrededor de 150 m<sup>2</sup>. El terreno sirve de acumulador de la energía del sol, restándole importancia la energía geotérmica. Su eficiencia depende de la composición del suelo, pues el intercambio de calor es mayor cuanto mayor es la humedad. Los tubos llenos de agua son enterrados en zanjas a profundidades entre 1,2 y 1,5 metros. Si la edificación se encuentra cerca de una fuente de agua (lagos, ríos, etc.), es posible usarla directamente como fuente de calor externa.



Fuente: Bayerisches Landesamt Für Umwelt

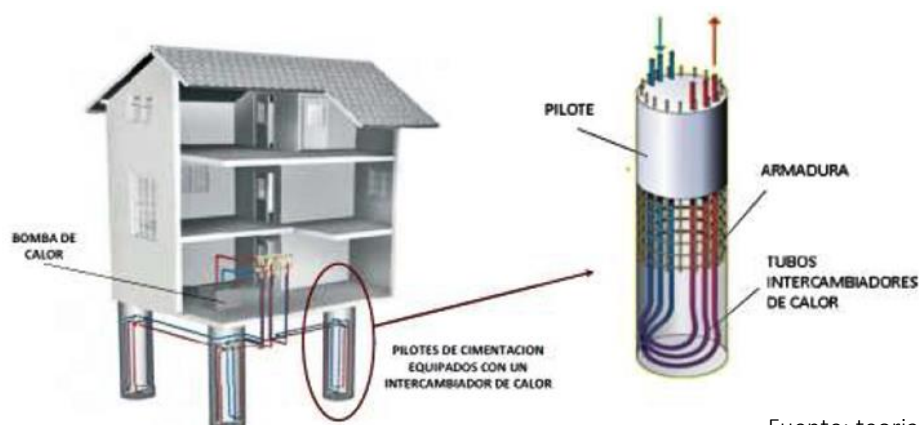
	VERTICAL	HORIZONTAL
Requerimiento de terreno	Mínimo	Alto
Uso del terreno en el futuro	Mínimo	Limitado
Temperatura del suelo	Constante todo el año	Varia en verano
Transmisión de energía	Muy buena	Buena
Consumo de energía eléctrica	Muy bajo	Bajo
Coste de instalación	Mayor	Menor
Permisos	Especiales	Solo obra
Mantenimiento	Prácticamente nulo	Prácticamente nulo

Tabla comparativa ente captadores verticales y horizontales

- Un caso particular de intercambiado geotérmico es la **cimentación térmica** o “cimentación activa”. Tiene una doble función: transmitir las cargas al terreno (capacidad portante) y como intercambiador de energía (climatización) para la calefacción y refrigeración del edificio. El circuito primario se colocaría previamente al vertido del hormigón, unos tubos enrollados formando un bucle se anclan a la cara interna de la armadura.

Es necesario el desarrollo conjunto de la cimentación y la climatización para llevarlo a cabo correctamente. La principal ventaja reside en un considerable ahorro económico y de espacio puesto que el circuito de intercambio se situaría bajo la propia edificación y no habría que realizar pozos de cimentación a posteriori para la instalación geotérmica.

Los tubos intercambiadores se pueden colocar en pilotes, micropilotes, muros pantalla, muro de sótano, losas y revestimiento de túneles.



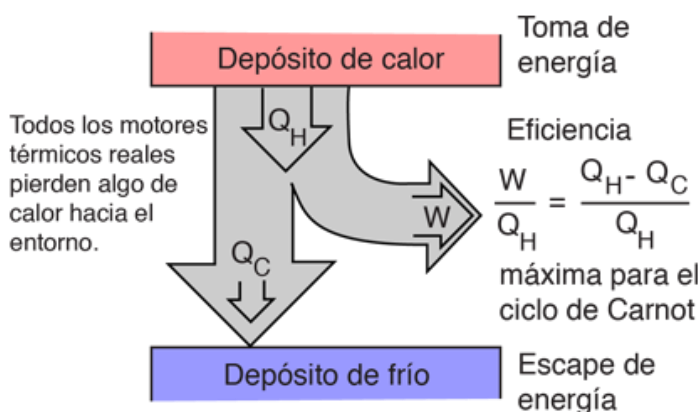
Fuente: teoriadeconstruccion.net

- **Bomba de calor geotérmica**

Una Bomba de Calor Geotérmica, que transfiere el calor del intercambiador subterráneo al sistema de distribución del edificio. Llamada Bomba de calor geotérmica (BCG) o Geothermal heat pump (GHP). Se extrae el calor del subsuelo para poder calentar un fluido de alta compresibilidad y bajo punto de vaporización con el objetivo de transmitir ese calor a una instalación en invierno, invirtiendo el proceso en verano.

El funcionamiento de una bomba de calor geotérmica es prácticamente el mismo que el funcionamiento de la bomba calor común, con la salvedad que la energía térmica procede del calor interior del subsuelo.

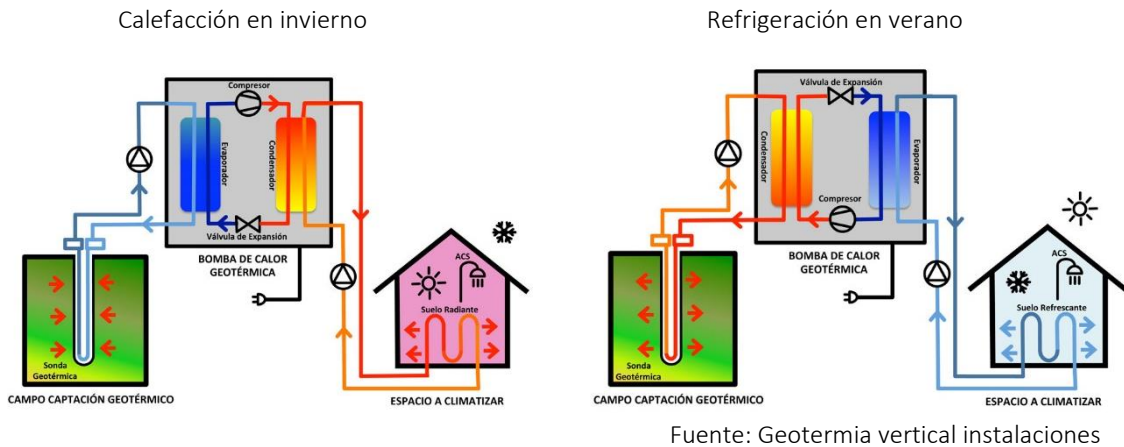
Una bomba de calor es un dispositivo que extrae una cantidad de calor ( $Q_C$ ) de un foco frío y entregar calor ( $Q_H$ ) a un foco caliente para ello es necesario a trabajo externo ( $W$ ). Como cualquier motor térmico, bomba está sujeta a las limitaciones de la segunda ley de la termodinámica y, por lo tanto, se puede calcular la máxima eficiencia a partir del ciclo de Carnot. El ciclo de Carnot se puede considerar como el ciclo de motor térmico más eficiente permitido por las leyes físicas y consistente en dos procesos isotérmicos y dos procesos adiabático.



La expresión de eficiencia dada es una forma general, pero la máxima eficiencia está limitada a la del ciclo de Carnot. Esta limitación se llama a menudo, cuello de botella térmico.

Fuente: hyperphysics

El flujo espontaneo del calor va del foco caliente al foco frío. Pero algunas bombas de calor también pueden refrigerar la casa, si se trata de bombas de calor reversibles. Una válvula controla la dirección del fluido, con lo que el calor puede circular en las dos direcciones.



- **Modo calefacción.** El evaporador capta calor del foco frío, que en este caso es el campo de captación geotérmico. El condensador cede calor al foco caliente, que es el espacio a climatizar para lo que se dispone otro circuito cerrado, como el suelo radiante por el que circula agua.
- **Modo refrigeración.** Para refrigerar, lo que se pretende es dirigir la energía del foco frío al caliente, es decir, a la inversa del flujo espontáneo, para ello es necesario un aporte de trabajo externo. En un refrigerador perfecto esto se podría realizar sin aporte externo al estar sujeto segunda ley de la termodinámica, esto es imposible. Para producir frío la bomba de calor invierte su funcionamiento, de modo que el evaporador realiza el intercambio con el foco frío que en este caso son los circuitos de distribución interior, y el condensador realiza el intercambio con el foco caliente, que en este caso es el terreno.
- El **circuito secundario** corresponde a un intercambiador geotérmico en el que un fluido, generalmente con base de agua, **cede la energía calorífica** a las diferentes estancias que se encuentran en el interior de un edificio.

Los sistemas por el cual se climatiza pueden ser: suelo radiante, fan-coils o incluso radiadores. La máxima eficacia de este sistema se consigue cuando trabaja a baja temperatura. El suelo radiante es el método más adecuado porque trabaja a una temperatura de unos 35 °C mientras que otros métodos como los radiadores lo hacen a unos 85 °C. El acumulador donde se mantiene caliente el agua sanitaria también forma parte de este circuito secundario.

- **2.4.5 APLICACIONES**

Según la temperatura y presión del fluido geotérmico los yacimientos pueden ser explotados tanto para la generación de energía eléctrica, en grandes centrales de transformación, como con fines térmicos, ya sea climatización y/o para la preparación de agua caliente sanitaria.

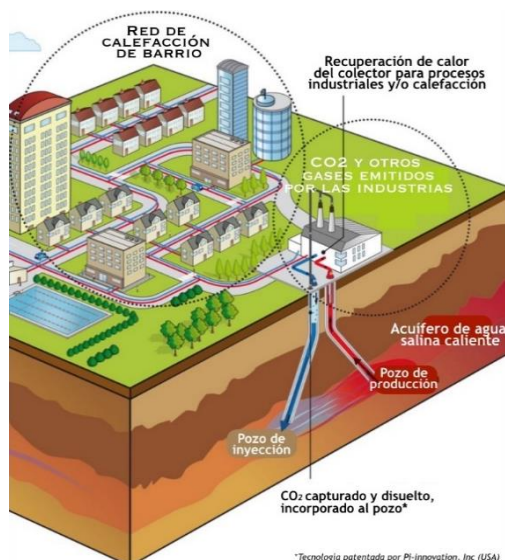
- **Climatización y ACS**

En el sector residencial y de servicios el uso de sistemas geotérmicos permite prescindir de combustibles fósiles. El sistema de climatización geotérmico funciona correctamente con cualquier instalación de calefacción actual, bien sea por radiadores, suelo radiante o aire.

En general, un esquema simplificado de un sistema de energía geotérmica aplicado a este sector consta de tres circuitos diferenciados:

- Circuito primario: formado por un equipo completo de captación, acondicionamiento, intercambiador y sistema de reinyección.
- Red de distribución: formado por un sistema cerrado de tuberías, ida y retorno, para distribuir el agua caliente a los usuarios, un equipo de bombeo y una centralita de conexión con el particular.
- Circuito de distribución privado: formado por dos circuitos claramente diferenciados en función del nivel térmico de funcionamiento al que trabajan, uno en circuito abierto para el agua caliente sanitaria (ACS) y otro en circuito cerrado de calefacción.

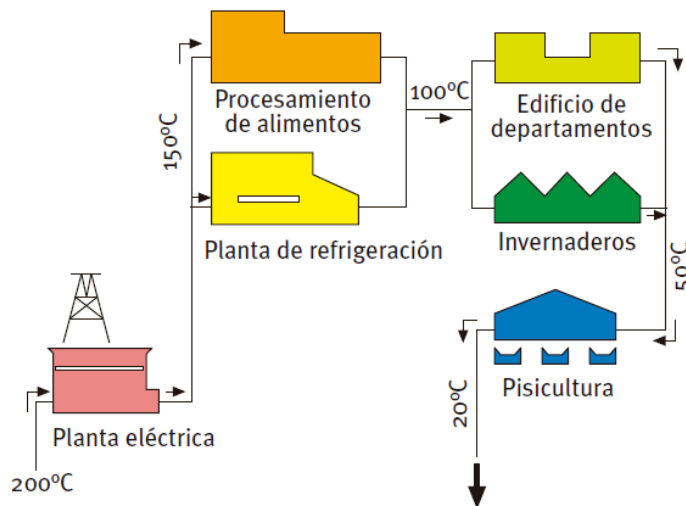
### Calefacción de Distrito, “District Heating”



El aprovechamiento directo de los recursos geotermales permite diseñar un sistema de calefacción centralizado. El sistema satisface la demanda de calor de un conjunto de usuarios, distribuidos dentro de una zona extensa, del tamaño de un barrio, distrito o incluso una ciudad entera. Inicialmente solo se satisfacía la demanda de calefacción, pero posteriormente se amplió al suministro de refrigeración.

Fuente: geotermiaonline.com

**Utilización en cascada**, el uso de los recursos geotérmicos se encuentra condicionado por su temperatura y presión. El recurso energético para la generación de energía eléctrica proviene de yacimientos de alta y muy alta entalpia, sin embargo, en el proceso solo se utiliza principalmente la alta presión a la que se encuentra, desaprovechando la energía calorífica del fluido. A menudo, se reutiliza el fluido para extraer de él la energía térmica para la calefacción de viviendas e incluso puede volver a utilizarse para una tercera vez para otros usos con menor requerimientos de temperatura (invernaderos, etc).



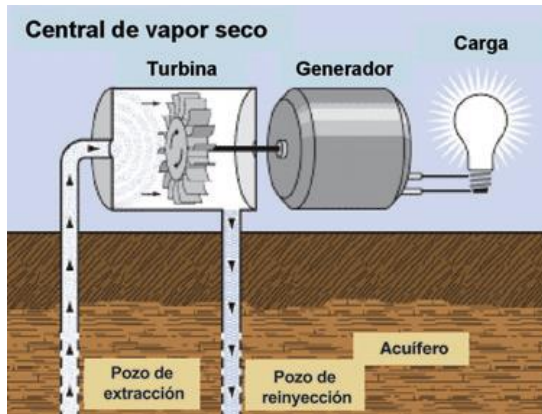
Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía – Manual de geotermia

- **Electricidad**

Solo los yacimientos geotérmicos de alta y muy alta temperatura pueden aprovecharse para generar electricidad. Funcionan como una manera muy similar a las centrales termoeléctricas convencionales. Según el estado del fluido almacenado en el yacimiento geotérmico (vapor de agua, agua en estado líquido o mezcla de ambos) y de su temperatura y presión podemos encontrar tres tipos diferentes de centrales para la producción de electricidad.

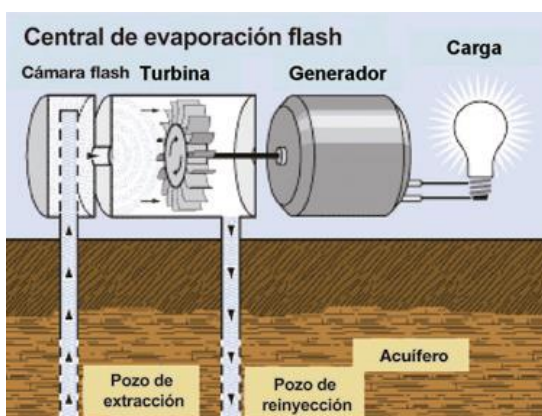
El fluido geotérmico suele ser reinyectado en el propio yacimiento una vez extraída su energía térmica. Con una buena planificación en la extracción y en la reinyección en el pozo se consigue que las plantas geotérmicas funcionen las 24 horas del día y 365 días al año, salvo las necesidades de mantenimiento, pudiendo ser explotados sin disminución de su capacidad.

- **Plantas de vapor seco:** se aprovecha el fluido en forma de vapor en estado de saturación, proveniente de geiseres, fracturas del suelo y de perforaciones conduciéndolo directamente a una turbina-generator para producir electricidad.



Fuente: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy-EERE. U. S. Department of Energy-DOE

- **Plantas flash:** se aprovecha el fluido que llega a la superficie, bien sea agua en estado líquido o en una mezcla de líquido y vapor, normalmente a temperaturas superiores a 180 °C y presiones elevadas. La mezcla se pasa por un separador ciclónico donde el fluido tiende a circular por las paredes mientras el vapor sube y es recogido en un tubo vertical. Si la mezcla a alta temperatura se expande rápidamente se produce lo que se conoce evaporación “flash” donde una parte se vaporiza instantáneamente y esta se utiliza para generar electricidad. En las **plantas tipo *doblé-flash*** para aumentar el rendimiento se puede añadir una segunda etapa de vaporización para producir una mayor fracción de vapor para turbinar y aumentar así la producción de energía eléctrica. El líquido sobrante, a excepción de alguna maquina experimental que lo utiliza para generar electricidad, se reinyecta al acuífero.

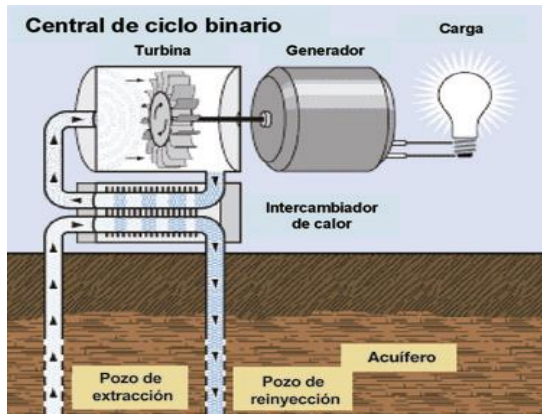


Fuente: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy-EERE. U. S. Department of Energy-DOE

- **Plantas de ciclo binario:** permite el aprovechamiento de yacimientos cuando los recursos geotérmicos no tienen una temperatura demasiado alta, menor de 150°C, cuando el fluido geotérmico tiene una elevada salinidad, gases disueltos



o corrosivos. El fluido geotérmico en este tipo de plantas no atraviesa la turbina, sino que cede su energía térmica a un fluido orgánico secundario de bajo punto de ebullición en un intercambiador de calor, y este fluido es calentado y vaporizado, en un ciclo Rankine convencional. Este vapor acciona la turbina y posteriormente es enfriado y condensado.



Fuente: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy-EERE. U. S. Department of Energy-DOE

- **2.4.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES**

- **Ventajas**

- Al extraer el calor de la tierra, la temperatura se mantiene constante todo el año, no depende de la climatología del exterior.
- Los recursos geotérmicos son prácticamente inagotables a escala humana por la procedencia de su energía.
- Se disminuye la dependencia de los combustibles fósiles y otros recursos no renovables.
- Los residuos que generan son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por el resto de combustibles fósiles, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero.
- Puede ser producida continuamente las 24 horas del día, salvo operaciones de mantenimiento que son casi nulas.
- Infraestructura centralizada, al desarrollarse a escala local y nacional, no está sujeta a precios internacionales.
- Pese a la que la inversión económica inicial es superior que el resto de los sistemas tradicionales de climatización, las bombas de calor geotérmicas son rentables a largo plazo ya que reducen el consumo y por tanto la factura energética.
- Gran capacidad para trabajar con otros sistemas de energías renovables.
- Poco impacto medioambiental ya que no precisa de presas ni de la tala de bosques.

- **Inconvenientes**

- En yacimientos secos se han producido a veces microsismos como resultado del enfriamiento brusco de las piedras calientes, y su consiguiente fisuración.
- Contaminación de aguas próximas a las zonas de extracción con sustancias como arsénico y amoniaco.
- Al extraer calor del terreno puede deteriorar el paisaje.
- No se puede transportar (como energía primaria), salvo que se haga con un intercambiador y un caloportador distinto del de las aguas del acuífero.
- Las centrales geotérmicas no pueden usarse en todos los lugares ya que precisa de unas condiciones específicas del subsuelo. Aunque en el caso de baja y muy baja temperaturas esto se puede solucionar con una bomba de calor.

## 2. 5. AEROTERMIA

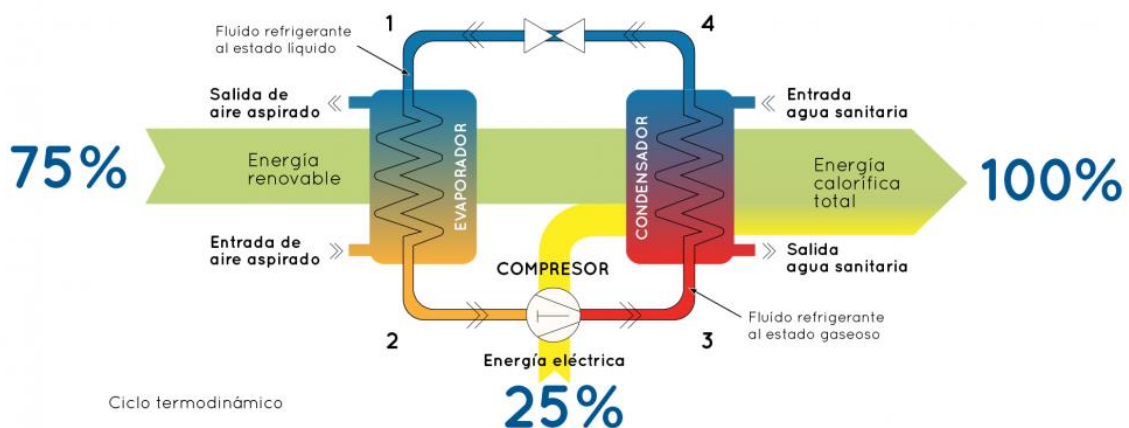
- 2.5.1 DEFINICIÓN

La **aerothermia** es una fuente de energía renovable que extrae la energía ambiental de aire. Aprovecha la energía almacenada en forma de calor en el aire que nos rodea y nos permite cubrir la demanda de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de una forma sencilla, económica y respetuosa con el medio ambiente. Se considera una energía renovable, virtualmente inagotable, porque es capaz de regenerarse por medios naturales, con la energía solar. El uso de la aerothermia puede suponer un ahorro energético de hasta un 75%.

La mayoría de equipos de climatización y producción de agua caliente sanitaria emplean combustibles fósiles o electricidad para su funcionamiento. Sin embargo, las bombas de calor pueden generar la misma cantidad de energía calorífica con un consumo mucho más reducido si los comparamos con los calentadores convencionales.

Para lograrlo utiliza una **bomba de calor**. La energía es absorbida y se transfiere desde un foco frío a otro caliente utilizando un fluido refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado. El fluido circula entre la unidad exterior y la interior. En la unidad exterior se encuentra el evaporador, su función es absorber calor del ambiente evaporando el fluido. En la interior se alberga el condensador, se encarga de ceder el calor al agua del circuito de calefacción condensando el refrigerante.

Todo ello de una forma muy eficiente, ya que la bomba de calor es capaz de transportar más calor que la energía eléctrica que consume.



Fuente: Sanigrif

En el consumo de la aerotermia se pueden diferenciar dos tipos de energía según la procedencia de la energía. Un 75% de consumo es energía renovable, del calor latente en aire exterior, por tanto, es gratuita. El 25% restante es de origen eléctrico. Además, de energéticamente ser muy eficiente tiene un rendimiento muy alto, superior al 100%, lo que quiere decir que produce más energía que la que consume.

- **2.5.2 FUNCIONAMIENTO**

En un sistema de climatización basado en aerotermia, la **bomba de calor** se encarga de captar la energía latente en el aire. Como cualquier máquina térmica, su funcionamiento está sujeto las **leyes de la termodinámica**:

- **Primer Principio de la Termodinámica**

Establece que la energía total del universo ni se crea, ni se destruye, solo se transforma. Es decir, en una bomba de calor la energía eléctrica consumida por el compresor, y aportada por el motor de accionamiento, se convierte en calor que se transmite al refrigerante durante el proceso de compresión. Como consecuencia, el calor cedido al foco caliente ( $Q_2$ ) será igual al calor extraído del foco frío ( $Q_1$ ) más el calor asociado al trabajo de compresión ( $W$ ).

$$Q_2 = Q_1 + W$$

- **Segundo Principio de la Termodinámica**

El segundo principio de la termodinámica establece que la transmisión de energía no es posible sin la existencia de dos focos a diferente temperatura ( $T$ ). El calor se dirige de manera espontánea de un foco caliente a otro frío, y no al revés, hasta que sus temperaturas se igualan.

Los equipos bomba de calor son “transportistas” eficientes de energía entre dos focos. Sin embargo, la transmisión de calor se produce de manera inversa, es decir, del foco frío al foco caliente. Para ello se vale de la propiedad que tienen los gases de absorber calor cuando se expanden y liberarlo cuando se comprimen. Para poder realizar esta operación, es necesario disponer de un trabajo adicional. La eficiencia de un equipo es la relación entre el calor cedido al foco caliente y la energía consumida para llevar a cabo dicho transporte.

$$\eta = Q_2/W$$

En el **teorema de Carnot** se establece que el rendimiento de una máquina térmica es siempre menor o igual que el de una máquina térmica reversible que opere entre las mismas temperaturas. El ciclo de Carnot consta de cuatro etapas: dos procesos isotermos, realizados a temperatura constante, y dos adiabáticos, aislados térmicamente.

El **coeficiente de rendimiento (COP)** nos indica la eficiencia de una bomba de calor. Pone en relación la energía eléctrica que produce un aparato de calefacción en base a la que consume para su funcionamiento. El valor se expresa como un ciclo de Carnot inverso y permite comparar la eficiencia de diferentes equipos, siempre y cuando los valores se hayan medido bajo las mismas condiciones. El COP puede variar según la época del año, se debe a que depende de la energía calorífica del aire y según el clima puede fluctuar estacionalmente.



Fuente: hyperphysics

Cuando se invierte el sistema y la máquina trabaja en modo refrigeración, se mide con el coeficiente de eficiencia energética (EER). Es la relación entre la capacidad frigorífica y la potencia absorbida por la unidad.

$$EER = Q_c / Q_h - Q_c$$

**Ley de Conservación de la Energía** indica que el COP nunca podría ser superior a 1. Es decir, dado que no se puede crear energía de la nada, es decir, no se puede extraer más de un kilovatio-hora por cada kilovatio-hora disponible. Y eso suponiendo que tuviéramos un método de transformación perfecto que no implicara pérdidas.

Sin embargo, las **bombas de calor** toman la energía térmica del aire y conducirla allá donde se necesite. No la transforma ni la libera de la red eléctrica, como haría una resistencia. El consumo de energía eléctrica se limita al propio transporte de la energía térmica, por tanto, es capaz de aportar mucha más a una estancia de la que consume para ello. Este sistema puede conseguir una efectividad superior al 400%, es decir, que por cada kWh que consumimos de electricidad podemos obtener más de 4 kWh. Esto se traduce en un **COP ≥ 4**.

Tanto el **EER** y el **COP** se mide la potencia de un equipo a plena carga con unas determinadas condiciones ambientales. Los consumos que reflejan no son del todo reales, se debe a que un equipo no mantiene un uso constante a pleno rendimiento. Por ello, con la aplicación del Reglamento Delegado 626/2011, a partir del 01/01/13 se introdujeron como obligatorio para los nuevos equipos los conceptos **sEER** y **sCOP**, se diferencian con los primeros en que estos últimos **son estacionales**.

El **sEER** y el **sCOP** miden el rendimiento energético estacional teniendo en cuenta otras variables y condiciones para ajustarse más a un uso real del equipo con el fin de obtener el consumo anual del equipo. Algunas de estas variables que tienen se tienen en cuenta son las siguientes:

- Se mide con cargas parciales.
  - o Equipo funcionando al 100% de su capacidad, con una temperatura exterior de 35°C y una temperatura interior de 27°C.
  - o Equipo funcionando al 74% de su capacidad, con una temperatura exterior de 30°C y una temperatura interior de 27°C.
  - o Equipo funcionando al 47% de su capacidad, con una temperatura exterior de 25°C y una temperatura interior de 27°C.
  - o Equipo funcionando al 21% de su capacidad, con una temperatura exterior de 20°C y una temperatura interior de 27°C.
  
- Consumo que tiene el equipo cuando está apagado, desactivado por termostato o en la función standby (consumo fantasma).

CONSUMO	RENDIMIENTO EN REFRIGERACION	RENDIMIENTO EN CALEFACCION	ETIQUETA
Bueno	$sEER \geq 8,50$	$sCOP \geq 5,10$	A+++
	$6,10 \leq sEER \leq 8,50$	$4,60 \leq sCOP \leq 5,10$	A++
	$5,60 \leq sEER \leq 6,10$	$4,00 \leq sCOP \leq 4,60$	A+
	$5,10 \leq sEER \leq 5,60$	$3,40 \leq sCOP \leq 4,00$	A
	$4,60 \leq sEER \leq 5,10$	$3,10 \leq sCOP \leq 3,40$	B
	$4,10 \leq sEER \leq 4,60$	$2,80 \leq sCOP \leq 3,10$	C
Moderado	$3,60 \leq sEER \leq 4,10$	$2,50 \leq sCOP \leq 2,80$	D
	$2,60 \leq sEER \leq 3,60$	$2,20 \leq sCOP \leq 2,50$	E
Alto	$6,10 \leq sEER \leq 2,60$	$1,90 \leq sCOP \leq 2,20$	F
	$sEER < 2,60$	$sCOP < 1,90$	G

- **2.5.3 TIPOS**

La diferencia principal entre los diferentes tipos de bombas de calor es el elemento que emplean para la obtención de energía y que elemento utiliza para cederla al espacio interior. Dependiendo del elemento que se emplee existen las siguientes bombas de calor para sistemas de aerotermaia.:

- **Bomba de Calor Aire-Aire.** La más habitual en el mercado tradicional, un claro ejemplo lo encontramos en las máquinas de aire acondicionado. Se toma el calor procedente del aire del exterior y se trasfiere directamente al interior del local que se va a climatizar liberándola en el mismo medio aéreo. No requiere transformar la energía por lo que el coste para realizar el transporte es mínimo. De esta manera, no calienta ningún circuito de agua, sino directamente el aire, es el ejemplo de los aires acondicionados o los splits.

Las bombas de calor aire son capaces de enfriar y calentar un hogar, pero no pueden producir agua caliente sanitaria. Puesto que solo calienta el aire, su uso está bastante limitado ya que solo se puede utilizar climatizar. Se necesitaría la instalación de un sistema aparte de agua caliente sanitaria para cubrir completamente las necesidades una vivienda o local, reduciendo la rentabilidad del producto.

Aunque el aire acondicionado con bomba de calor es uno de los sistemas más populares del mercado desde hace mucho tiempo, progresivamente va quedando en desuso en pro de la popularización de la aerotermia.

- **Bomba de Calor Aire-Agua.** En los últimos años los sistemas aerotermicos basados en este tipo de bombas de calor han tenido una gran acogida destacando sobre otros sistemas. Aprovechan la energía térmica latente en el ambiente exterior, transformándolo en energía útil para calentar un fluido, generalmente agua o refrigerante, dentro de un circuito cerrado en el interior de la bomba. El fluido se evapora transfiriendo la energía calorífica al sistema de calefacción, por ejemplo radiadores o suelo radiante, y al depósito de agua caliente sanitaria. Al enfriarse, el refrigerante vuelve a su estado líquido, iniciando de nuevo el circuito.

Se trata de un sistema muy eficaz de alto rendimientos. Producen 4 veces más energía de la que recogen, consiguiendo un 75% de energía gratuita en su desempeño. Son capaces de absorber energía calorífica a pesar de las bajas temperaturas. Trabajan dentro de un rango de temperatura comprendida entre -25°C y +35°C y producen agua caliente sanitaria a una temperatura de entre 30°C y 60°C. Se puede realizar en cualquier lugar ya que el aire es un recurso ilimitado los gastos ligados a la misma reducidos. La instalación resulta sencilla y, por tanto, el coste económico.

- **2.5.4 COMPONENTES**

La aerotermia es una gran opción para climatizar pisos y viviendas unifamiliares, bien sean de nueva construcción o una rehabilitación energética. No requieren complejas instalaciones ni amplios espacios ya que en su funcionamiento no precisan la combustión de ningún recurso, por tanto, no necesitan espacio de almacenamiento ni evacuación de humos.

Los equipos de aerotermia constan de una bomba de calor que absorbe el calor del aire exterior y un circuito de distribución interior que cede el calor y lo distribuye para climatizar una vivienda o un local.

- **Bomba de calor**

Las bombas de calor están formadas por una unidad exterior y una interior, en algunos casos solo existe una única unidad exterior. La unidad exterior contiene los elementos del circuito frigorífico mientras que unidad interior contiene los elementos que se ubican en el interior del local y dan servicio al mismo. En ambos casos incorporan los respectivos intercambiadores que funcionan como evaporador o como condensador según el modo de funcionamiento.

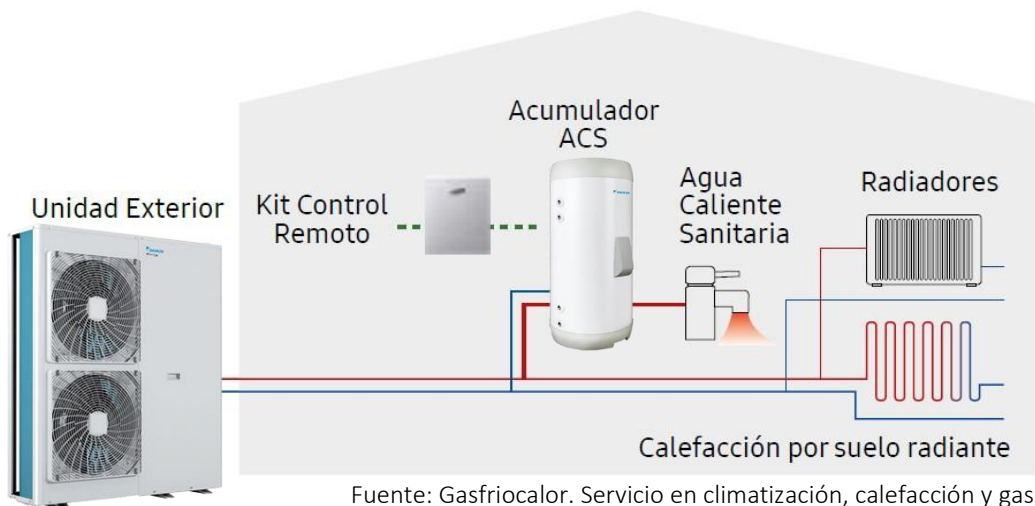
Dentro de las instalaciones de aerotermia nos encontramos con 2 tipos diferentes. En ambos casos la energía térmica procede del calor latente en el aire exterior y tienen los mismos componentes, la diferencia viene por el lugar en que se sitúan los mismos:

- **Sistema Monobloc.** Todo el sistema se instala en el exterior formado un único bloque compacto. El coste de la instalación se reduce ya que solo necesita conectar con el circuito de calefacción interior para funcionar.

La aerotermia de sistema único implementa en un único equipo el compresor y el hidrokít. Pueden suministrar tanto calefacción en invierno como refrigeración en verano producir refrigeración, sin embargo, no pueden producir *per se* agua caliente sanitaria. Se necesita instalar un depósito de ACS para conseguir una climatización integral.

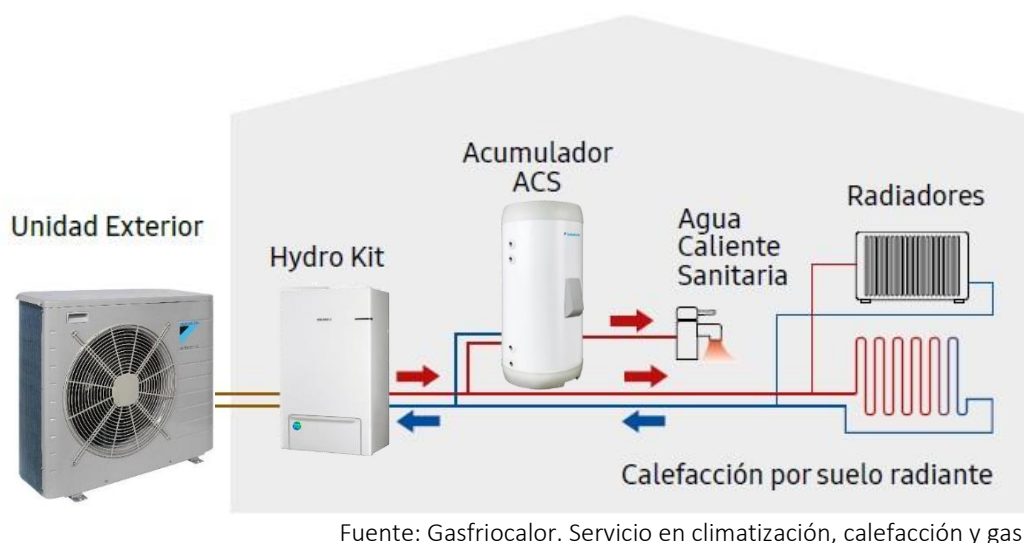
La ventaja de este sistema reside en la sencillez de montaje, su reducido tamaño y un coste inferior a las Bibloc.





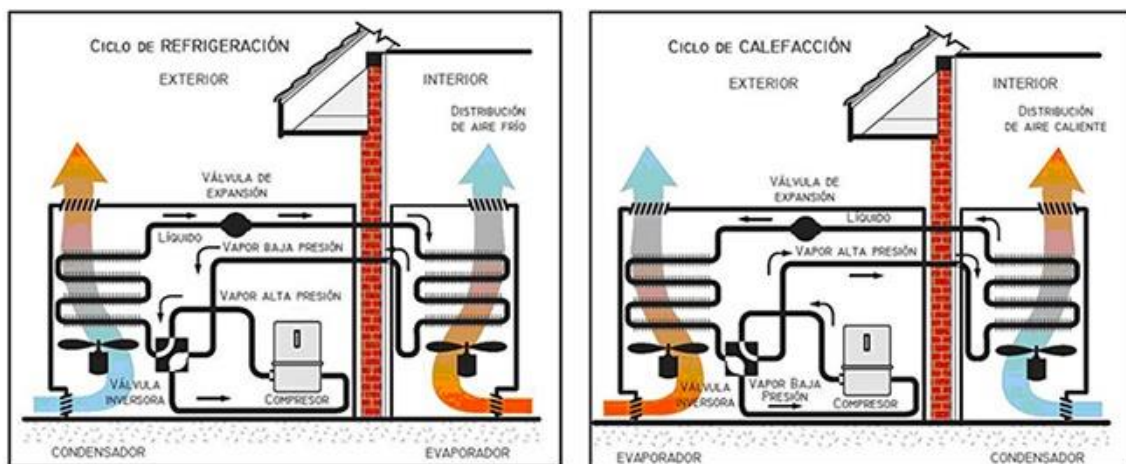
- **Sistema Bibloc.** Los componentes de la bomba de calor se encuentran en extremos opuestos del sistema, aunque se mantienen unidos mediante las conexiones de refrigerante y agua. La unidad exterior alberga el compresor y se encarga de absorber la energía en forma de calor del aire. En la unidad interior se encuentra el hidrokita, cuyo objetivo es enviar el fluido cargado de energía calorífica al circuito interior para su distribución.

El beneficio del sistema por bomba de calor bibloc reside en la posibilidad de conexión de componentes de diferentes fabricantes. Muchos de ellos han implementado depósitos de ACS integrados en el propio hidrokita, uniendo la bomba de calor y acumulador, lo que permite la climatización total de una vivienda o local con un solo equipo.



Los principales componentes de toda bomba de calor son los siguientes:

- **Compresor:** Se comprime un fluido refrigerante a baja presión procedente del evaporador, **elevando su temperatura y su presión** y, por tanto, su entalpía (cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno). Es decir, la energía eléctrica consumida por el compresor se transforma en calor transmitido al refrigerante.
- **Condensador:** El fluido, ahora caliente procedente del compresor, se hace pasar por el condensador. En este intercambiador de calor, **el fluido cede su calor** y al enfriarse se produce la condensación del refrigerante, pasando de estado gaseoso a estado líquido (proceso exotérmico).
- **Válvula de expansión:** se hace pasar el fluido, todavía a presión, por una válvula de expansión, que consiste en un dispositivo que produce una **reducción de presión** isoentálpica del fluido desde la presión de condensación hasta la presión de entrada en el evaporador, **reduciéndose por lo tanto la temperatura** del fluido.
- **Evaporador:** el fluido pasa por otro intercambiador, situado en la fuente fría, llamado evaporador en el que se produce un cambio de fase endotérmico, donde **el refrigerante se evapora absorbiendo calor** de nuevo, para volver a reiniciar el ciclo en el compresor.



Fuente: Caloryfrio. El portal sectorial de las instalaciones

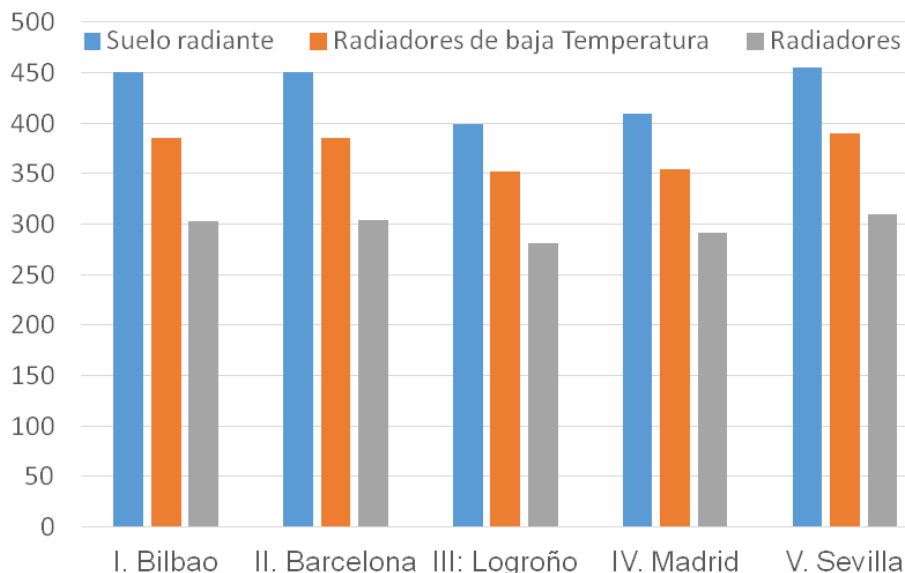
Gracias a este proceso, estos equipos son capaces de proporcionar calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS).

- **Circuito de distribución**

En los sistemas de aerotermia, las bombas de calor pueden ser de tipo aire-aire o aire-agua.

- En el primer tipo, el medio de salida es **por aire**, es decir, la red de distribución se realiza a través de una unidad de splits o multisplit. Compuesto por una unidad exterior (condensador) y una o varias unidades interiores (evaporador). Se puede disponer también de aire acondicionado por conductos cuya distribución se realiza expulsando aire refrigerando a través de un sistema de rejillas estratégicamente colocadas en un falso techo.
- En el segundo tipo, el medio de distribución es **por agua**, pueden ser fan-coil, radiadores, radiadores de baja temperatura o suelo radiante/refrescante. Los fan-coil reciben agua fría o caliente desde la unidad exterior. Un ventilador impulsa el aire que atraviesa los tubos por los que circula el agua produciéndose un intercambio de temperatura, el resultado es el enfriamiento o calentamiento del aire. La temperatura de salida es inferior a 60°C, por lo que este tipo de bombas funcionan muy bien con sistemas de distribución extensivos que no concentren el intercambio en pocos puntos, como el suelo radiante/refrescante

Esta tabla muestra el percentil del rendimiento medio anual del sistema aerotérmico según la red de distribución de una bomba de calor tipo Aire-Agua.



Fuente: Tesis Doctoral de Esther Jiménez Macías. Universidad de la Rioja. 2017

Sin importar la zona climática evaluada, el empleo de suelo radiante es la mejor opción a la hora de implementar este tipo de sistema en una vivienda. El empleo de radiadores convencionales debido a su baja eficiencia, en este caso, provoca los mayores consumos de la bomba de calor para conseguir cubrir la misma demanda. Si bien, es posible implementar soluciones de radiadores a baja temperatura ampliando el número de elementos que faciliten la cesión de la energía térmica al ambiente interior.

- **2.5.5 APLICACIONES**

El uso principal para bombas de calor aerotérmicas es en la climatización de viviendas unifamiliar y locales. Las bombas de tipo aire-agua además pueden utilizarse en la producción de agua caliente sanitaria.

A pesar de ser un sistema muy eficiente y con un alto rendimiento, está diseñado para climatizar pequeñas estancias ya que su poder calorífico no alcanza altas temperaturas necesarias para climatizar grandes espacios. Se emplea generalmente en viviendas unifamiliares.

Para su funcionamiento necesita un aporte aproximado de un 20-25% de energía eléctrica exterior. En este tipo de sistema puede conseguir hasta un rendimiento térmico (COP) que varía en los mejores casos entre 4-5, en porcentaje estaríamos hablando de un rendimiento del 400-500%. Esto significa que por cada 1kW/h de consumo eléctrico se consigue 4-5kW/h de energía térmica.

Este tipo de sistema puede ser empleado en invierno a muy bajas temperaturas con poca pérdida de eficiencia. Sin embargo, a medida que disminuye la temperatura exterior más se reduce el rendimiento de la máquina y menos será el ahorro energético. Con temperaturas exteriores de entre 4 a 6°C, por cada kW-h eléctrico consumido se generan entre 3-4 kW térmicos.

- **Modo Calefacción**

El ciclo frigorífico, en modo calefacción. Extrae energía en forma de calor latente almacenado en el aire exterior para impulsarlo en el interior mediante una bomba de calor, tipo aire-aire o aire-agua.

- **Modo ACS**

Se utiliza el calor contenido de forma natural en el aire para producir agua caliente sanitaria. El fluido refrigerante de la bomba de calor realiza un ciclo termodinámico que le permite transmitir esta energía del aire ambiente, o del aire exterior, al agua almacenada en depósito del acumulador.

- **Modo Refrigeración**

El ciclo frigorífico, en modo refrigeración. Se invierte el sistema respecto al modo calefacción. El calor se absorbe del interior de la vivienda y se expulsa en el exterior. En este caso el intercambiador situado en el interior funciona como evaporador y el intercambiador exterior actúa como condensador.

- **2.5.6 VENTAJAS E INCONVENIENTES**

- **Ventajas**

- Es una energía renovable, limpia y sostenible. No depende de los combustibles fósiles consiguiendo unas emisiones de CO<sup>2</sup> muy reducidas.
- Alta eficiencia energética con unos costes reducidos para su explotación. La mayor parte de la energía procede del aire (alrededor del 70%) aunque necesita una pequeña parte de aporte eléctrico (consumo energético reducido).
- Instalación sencilla y adaptable a instalaciones existentes. Requiere poco espacio para su instalación. Al situarse la unidad en el exterior, se mantiene un nivel bajo sonoro.
- Son más seguras. No consume ninguna clase de combustible por lo que no se necesitan ni espacios de almacenamiento ni conductos de evacuación de humos o chimeneas.
- Con un mismo equipo, invirtiendo el ciclo, se pueden cubrir tanto las necesidades de calefacción y refrigeración como de producción de agua caliente sanitaria, de manera sencilla y respetuosa con el medio ambiente.
- Buena opción para lugares sin suministro de gas natural.
- Mantenimiento muy reducido y menos exigente que en otros sistemas puesto que no generan residuos ni humos.
- Se pueden combinar sus salidas, ya sean radiadores tradicionales, suelo radiante, radiadores de bajo temperatura o fan-coils.
- Trabaja en un amplio rango de temperaturas, de -20 grados hasta una temperatura de + 48 grados centígrados, por lo que se adapta prácticamente a todas las zonas climáticas.

- **Inconvenientes**

- Desembolso inicial más alto que otros sistemas. (se compensa con el ahorro en el consumo con el paso de los años)
- Necesita un aporte de trabajo externo para su funcionamiento. Este trabajo conlleva un coste eléctrico lo que puede significar un que haya que ampliar la potencia contratada de electricidad.
- Requiere espacio para la ubicación de la unidad exterior.
- Se reduce la eficiencia del sistema en zonas climáticas muy frías.
- Funciona a menor temperatura que otros sistemas. Para obtener el máximo ahorro es necesario instalarlo con suelo radiante o radiadores de baja temperatura.

## 2. 6. COMPARATIVA DE LAS ENERGIAS RENOVABLES

En el mercado se encuentran diversos sistemas basados en energía renovable que sustituyen a los combustibles fósiles en la climatización y producción de agua caliente de un edificio. Cabe destacar en el ámbito de viviendas, la biomasa, la solar térmica, la energía fotovoltaica, la geotermia y la aerotermia. El uso de ellas contribuye al cuidado del medio ambiente a la vez que nos permite ahorrarnos dinero a medio y largo plazo. Se fomenta la implantación de los sistemas de energía renovable por parte del Estado mediante subvenciones, de manera que se reduce la inversión inicial.

Cada una de ellas tiene ventajas y desventajas, como se ha comentado con anterioridad en su apartado correspondiente. Las condiciones del lugar y las características de la edificación determinan cuál de ellas es más apropiada para su instalación.

Por establecer una referencia, una instalación de climatización y producción de ACS con una caldera de gas natural para una vivienda unifamiliar con una superficie comprendida entre 100m<sup>2</sup> y 200m<sup>2</sup> puede suponer una inversión de 2500€ y 6000€. Estas calderas alcanzan rendimientos con valores entre 70% - 80%.

	BIOMASA	S. TERMICA	S.FOTOVOLTAICA	GEOTERMIA	AEROTERMIA
INVERSION	6000€ y 10000€. Depende del suministro local del material de combustión.	2000€ - 6000€	5000€ - 8000€. Depende, generalmente, del tipo de célula fotovoltaica y de si se instalan acumuladores y sus características.	20000€ - 35000€. Para captar energía calorífica de la tierra, es necesario excavar en ella, puede llegar a elevar mucho el coste de la instalación.	10000€ - 20000€. Los equipos de aerotermia se basan en bombas de calor, hay una gran variedad de ellos en el mercado.
EFICIENCIA	< 90%	80% - 90%	< 25%	500% - 600%	300% - 500%
AMORTIZACION	3 - 5 Años	6 - 7 Años	7 - 10 Años	< 10 Años	< 5 Años
APLICACIONES	Calefacción ACS	Calefacción ACS	Electricidad Calefacción	Calefacción Refrigeración ACS	Calefacción Refrigeración ACS
ZONA CLIMATICA Y TEMPERATURAS DE TRABAJO	Cualquier zona climática, la energía se genera por combustión de materiales. La humedad reduce el rendimiento.	Climas soleados, en zonas muy nubladas puede llegar a agorarse la energía almacenada.	Climas templados, la temperatura de trabajo se ideal está en torno a los 25°C, superarla reduce el rendimiento.	Cualquier zona climática, a partir de 20m de profundidad la temperatura es constante	Climas cálidos, el rendimiento se reduce con temperaturas inferiores a 0°C
MANTENIMIENTO	Bajo y sencillo. Tecnología poco compleja que suele incorporar sistemas de control electrónico.	Bajo, basta con inspecciones visuales periódicas, generalmente cada 3 meses.	Bajo, suele bastar con revisiones periódicas y limpieza de la superficie de la placa.	Bajo, al tratarse de un sistema estanco sin riesgo de fugas.	Medio, debido a la exposición de la unidad exterior a la intemperie ya que hay más riesgo producir averías.

VIDA UTIL	20 Años	25 Años	25 Años	50 Años	25 años
INTEGRACION CON E. SOLAR	Únicamente con energía solar térmica	Sistemas híbridos	Sistemas híbridos	Excelente, tanto con solar térmica como con fotovoltaica.	Excelente, tanto con solar térmica como con fotovoltaica.

De acuerdo a todo lo mencionado con anterioridad, se considera que la Aerotermia supone el mejor exponente de aplicación en la rehabilitación de viviendas, debido a que con un coste de la inversión no muy elevado se pueden conseguir la climatización y producción de agua caliente sanitaria de un edificio completo. El gran rendimiento de las bombas de calor en la Aerotermia reduce el consumo energético si lo comparamos con los sistemas tradicionales de climatización: gas natural, propago o gasoil. Además, si se combina con energía solar fotovoltaica de manera que sea esta la que produzca la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de las bombas de calor, se puede llegar a conseguir una instalación completamente autónoma, es decir, pasado el periodo de amortización de la inversión la climatización y la producción de ACS sería gratuita. Es por esto, por lo que se selecciona la aerotermia como sistema energético para su implementación en un modelo real.

### 3. APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS BASADAS EN LA AEROTERMIA EN LA REHABILITACIÓN

Se define la **rehabilitación energética** como el conjunto de acciones realizables con el fin de mejorar e incrementar la eficiencia energética de un edificio. De manera que reduzca la demanda de energía necesaria para alcanzar las condiciones de confort y bienestar dentro de un edificio.

Una obra de rehabilitación energética persigue 2 objetivos:

- **Reducir la factura eléctrica.** Al reducir la demanda, se reduce el consumo y, por tanto, el precio de la factura eléctrica.
- **Reducir la emisión de CO<sub>2</sub> mediante un consumo responsable de energía.** Además de reducir la demanda, se prima los sistemas de energía renovables de modo que se minimizan las emisiones de CO<sub>2</sub> frenando el cambio climático y conservando el medio ambiente y los recursos energéticos.

#### Medidas de rehabilitación:

- **Envolvente del edificio.** Consiste en mejorar las partes opacas de la envolvente, fachada y cubierta, incrementando el aislamiento térmico y eliminando cualquier posible puente térmico.
- **Carpinterías.** La parte transparente de un edificio, ventanas, suele ser el punto más débil en cuanto a aislamiento. Si son de baja calidad, son una vía de escape del calor interior de una vivienda. Por ello, se recomiendan sistemas que garanticen una continuidad entre el aislamiento térmico y las carpinterías, de manera que no se produzcan puentes térmicos, además del uso de carpinterías con rotura de puente térmico y vidrios bajo emisivos.
- **Optimización de instalaciones y equipos.** Estudiar las instalaciones con el fin de sustituir aquellos equipos que se consideren ineficientes, colocando en su lugar aparatos con mejores rendimientos y menor consumo.
- **Uso de energías alternativas.** Estudiar las diferentes fuentes de energías renovables para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio y conseguir un rendimiento mayor de las instalaciones.



Entre las principales ventajas de los sistemas de aerotermia, descritas con anterioridad, cabe destacar: la sencillez, el reducido tamaño de los equipos y la adaptabilidad a las instalaciones preexistentes que, junto al escaso mantenimiento y una vida útil aproximada de las bombas de calor de unos 25 años hacen de la aerotermia una buena elección en rehabilitaciones energéticas que permiten cubrir la climatización completa de un edificio y la producción de agua caliente sanitaria).

El precio suele ser uno de los factores decisivos que determinan el tipo de sistema que se va a instalar. Una inversión reducida y periodos de amortización del coste de la instalación inferior a 10 años explican el auge de las instalaciones de aerotermia.

A continuación, se plasmará la rehabilitación de una vivienda aislada en la cual la climatización se realiza a través de un equipo de aerotermia y la distribución interior mediante un circuito de suelo radiante/refrescante.

### **3.1 DESCRIPCIÓN**

El objeto de la intervención es una vivienda aislada situada en una parcela cuya morfología es similar a un rectángulo con una extensión de 789,00 m<sup>2</sup>. (ANEXO I).

En la actualidad se encuentra edificada por una edificación en condiciones adecuadas para su habitabilidad, disponiendo de los servicios de abastecimiento de agua potable, electricidad, recogida de residuos y viario, realizándose el saneamiento mediante fosa séptica existente.

El edificio existente, consta de dos plantas sobre la rasante del terreno, retranqueadas de los 4 linderos existentes, con mayor distancia en el lindero Noreste (frontal) es por lo que esa parte de la parcela, se conforma como área principal de esparcimiento al aire libre (jardín principal), siendo la parte opuesta del Suroeste la que se conforma como aparcamiento de vehículos al aire libre.

La planta baja, se compone por dos dependencias: un garaje con acceso rodado desde la calle y un trastero anexo con acceso desde el garaje. El resto de edificación de planta baja, por las condiciones de altura y acabados que presentan, se considera espacio no habitable. No se realiza ninguna intervención de reforma alguna.

La planta primera, se accede de manera peatonal mediante dos escaleras situadas en el lindero Suroeste, con arranques desde Noroeste y Sureste. En el lindero trasero o aparcamiento al aire libre (SE) que, por tener menor altura, la escalera cuenta con 7 tabicas y desde el lindero frontal o la parte del jardín principal (NO) que, debido a una mayor altura respecto al terreno de la parcela, cuenta con mayor número de tabicas, (14

unds.). Ambas escaleras, desembarcan en una terraza existente de manera perimetral al edificio en dos de sus lados; la parte de la terraza situada en el lado Sureste que está sin cubrir y es por donde se accede a la cocina de la vivienda actual, que de manera anexa posee un dormitorio de servicio que en la actualidad se utiliza como despensa. Mientras que la parte de la terraza localizada en el lado Noreste, está cubierta y es por donde se realiza el acceso principal a la vivienda existente, a través del salón-comedor que conecta con la cocina anteriormente mencionada y con un distribuidor central, por el que se accede los dos dormitorios y al cuarto de baño con los que cuenta la actual vivienda.

- Desglose de superficies.

Las superficies tanto útiles como construidas de la vivienda son:

	SUP. ÚTIL		SUP. ÚTIL
<b>P. BAJA</b>		<b>P. 1º</b>	
GARAJE	18.60	ENTRADA*	3.40
TRASTERO	14.90	RECIBIDOR	4.25
LEÑERO	11.40	COCINA	16.50
<b>TOTAL UTIL P. BAJA</b>	<b>44.90</b>	DESPENSA	5.00
<b>TOTAL CONST. P. BAJA</b>	<b>53.80</b>	SALON COMEDOR	45.55
		ESTUDIO	9.10
		TERRAZA*	4.80
		DISTRIBUIDOR	4.35
		VESTIDOR	8.30
		C. BAÑO 1	6.75
		DORMITORIO 1	15.60
		DORMITORIO 2	11.35
		DORMITORIO 3	13.10
		C. BAÑO 2	6.55
		<b>TOTAL UTIL P. 1º</b>	<b>154.60</b>
		<b>TOTAL CONST. P. 1º</b>	<b>176.30</b>
<b>TOTAL S. ÚTIL S.R.</b>			<b>199.50 M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL S. CONST.VIVIENDA</b>			<b>176.30 M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL S. CONST. GARAJE-ALM.</b>			<b>53.80 M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL S. CONSTRUIDA S.R.</b>			<b>230.10 M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL S. CONST.VIVIENDA REFORMADA</b>			<b>109.00 M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL S. CONST.VIVIENDA AMPLIADA</b>			<b>67.30 M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL S. CONST. GARAJE-ALM. ACTUAL</b>			<b>42.40 M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL S. CONST. GARAJE-ALM. AMPLIADA</b>			<b>11.40 M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL S. CONSTRUIDA S.R.</b>			<b>230.10 M<sup>2</sup></b>

- 3.1.1 CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS E INSTALACIONES

- Cimentación

Actual

La cimentación es a base de muros pantallas de hormigón armado de 1.00m y zapatas de hormigón armado 1.50x1.50x0.60m con solera en contacto con el terreno.

Ampliación

Dadas las características del terreno en la parte de la edificación donde se pretende ampliar, se proyecta una cimentación superficial a base de zapatas y vigas de atado, con un encachado con aislamiento y solera. El conjunto de la cimentación y las posibles modificaciones vendrán condicionadas al estado del terreno.

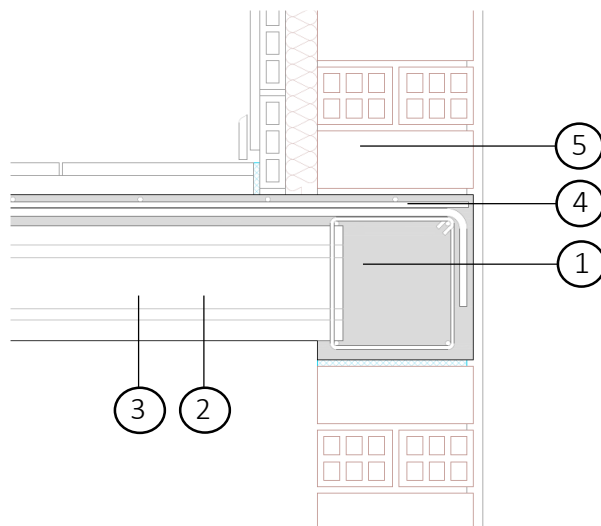
- Estructura

Actual

Estructura mediante muros de carga a base de tabiques huecos dobles con un espesor de 35 cm en el semisótano y de espesor 25cm en la planta primera.

Forjados de 18+5cm a partir de bovedillas de hormigón y viguetas prefabricada.

Zunchos perimetrales de 20x25cm de hormigón armado recubiertos por un enfoscado en las fachadas exteriores, y en las interiores por un guarnecido y enlucido de yeso.



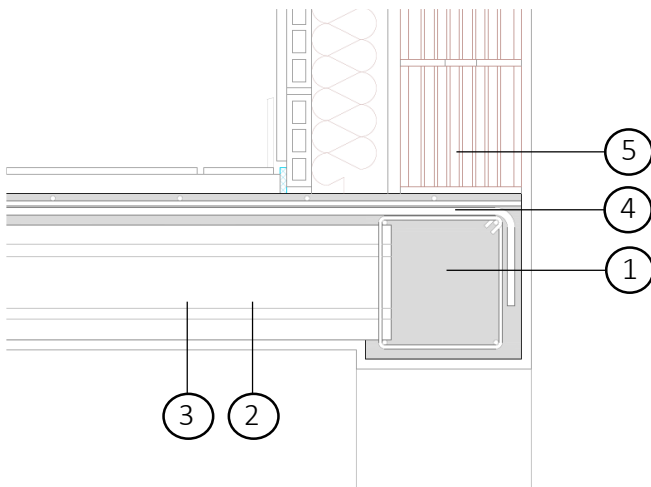
Leyenda

1. Viga de coronación. 25x25cm
2. Vigueta autoportante. 18cm
3. Bovedilla hormigón. 18cm
4. Capa de compresión. 5cm
5. Ladrillo hueco doble. 24cm

Ampliación

Dadas las características del edificio proyectado, se ha optado por el uso de dos tipologías estructurales:

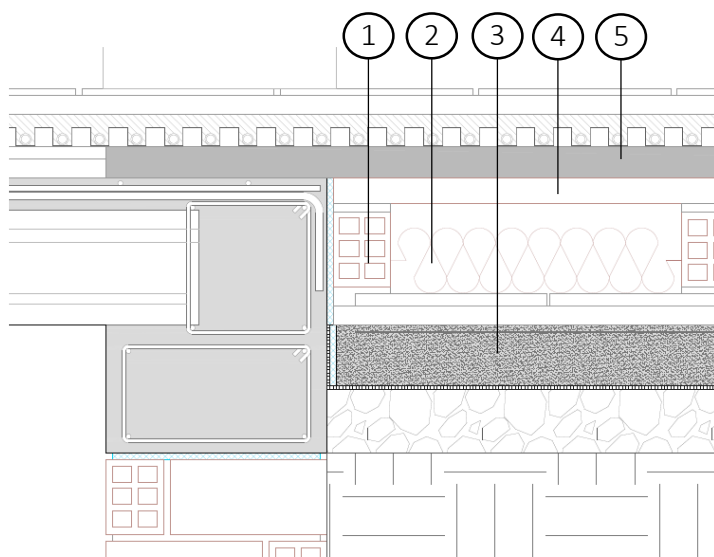
La correspondiente a la zona ampliada del estudio, la cual nace de una nueva cimentación y se realizará mediante una estructura de pórticos unidireccionales de hormigón armado, compuesto por pilares (de hormigón armado), jácenas embebidas o descolgadas y zunchos perimetrales o de borde. Solidariamente, se emplean forjados unidireccionales de hormigón armado formados por viguetas armadas in situ, de 70 cm de intereje; bovedillas tipo de poliestileno expandido de canto 25+5/70; capa de compresión de 5 cm de espesor como mínimo; Armadura de reparto, mallazo mínimo  $\varnothing 6 \# 20 \times 20$  cm y conectores de enlace por solape, completándose con brochales y zunchos perimetrales y de borde.



Leyenda

- 1. Viga de coronación. 25x25cm
- 2. Vigueta autoportante. 25cm
- 3. Bovedilla poliestileno. 25cm
- 4. Capa de compresión. 5cm
- 5. Bloque termoarcilla. 19cm

Mientras que el área correspondiente a la cocina en la ampliación de la vivienda, se realizará sobre la solera de la terraza actual elevando la cota hasta nivelar con la cota interior mediante tabiques hiladas de fábrica de ladrillos huecos dobles sobre los que colocan rasillones dejando una cámara de aire donde se sitúa 10cm de aislamiento de lana de roca y, sobre ellos, una capa de mortero de nivelación.



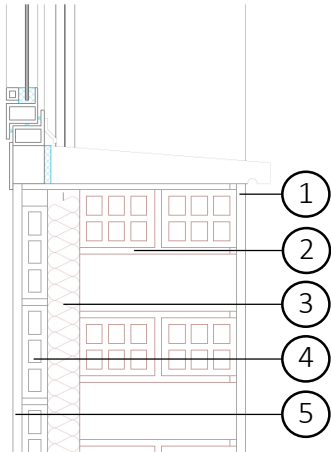
Leyenda

- 1. Ladrillo hueco doble. 11.5cm
- 2. Lana de roca. 10cm
- 3. Solera 15cm
- 4. Rasillón 120cm
- 5. Hormigón ligero 5cm

- Cerramientos Exteriores

Actual

Las cuatro fachadas del edificio se componen por un cerramiento de dos hojas, que es a su vez muro de carga, formado por tabiques hueco doble con un acabado exterior de revoco, adosado en la cara interna tiene una cámara de aire con una capa de 5cm aislamiento encerrado con un tabique de ladrillo hueco simple rematado con guarnecido y enlucido de yeso.

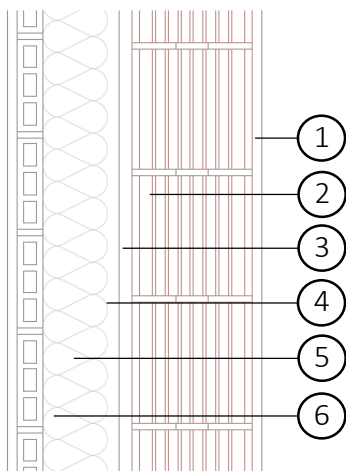


Leyenda

1. Revoco.	2cm
2. L. hueco doble.	25cm
3. Aislamiento térmico.	5cm
4. L. hueco simple.	4cm
5. Enlucido de yeso.	1.5cm

Ampliación

En la zona ampliada se realizará mediante un cerramiento formado por acabado exterior, bloque de termoarcilla de 19cm, enfoscado interiormente con mortero de cemento y arena de río, cámara de aire de 8 cm. con aislamiento térmico mediante espuma rígida de poliuretano fabricada in situ realizado por proyección sobre la cara interior del cerramiento de fachada, con una densidad mínima de 30 kg/m<sup>3</sup>. y 5 cm. de espesor medio y tabicón de ladrillo hueco simple y acabado interior revestidos con un guarnecido maestreado con yeso negro y enlucido con yeso blanco de 15 mm de espesor, con maestras cada 1,50 m. Las mochetas se harán de ladrillo perforado sin roturas, de forma que no permitan el paso de humedades. Los vierteaguas de todos los huecos se realizarán con piedra natural y con goterón, mientras que los dinteles se resolverán a base de ángulos de acero L 50 x 50 x 5 mm.

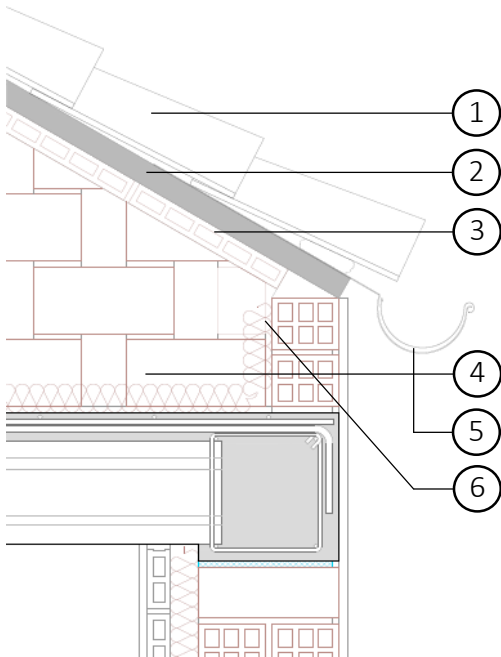


Leyenda

1. Revoco.	2cm
2. Bloque termoarcilla.	19cm
3. Mortero hidrófugo.	2cm
4. Aislamiento térmico.	5cm
5. Ladrillo hueco simple.	4cm
6. Enlucido de yeso.	1.5cm

- Cubierta

Actual



La cubierta es inclinada en toda su extensión, construida a base de tabique palomero y rasillón rematado con teja curva cerámica y canalón visto. Entre los tabiques palomeros se encuentra 5cm de aislamiento térmico. La evacuación de agua se realiza a través de canalones vistos y bajantes ocultas.

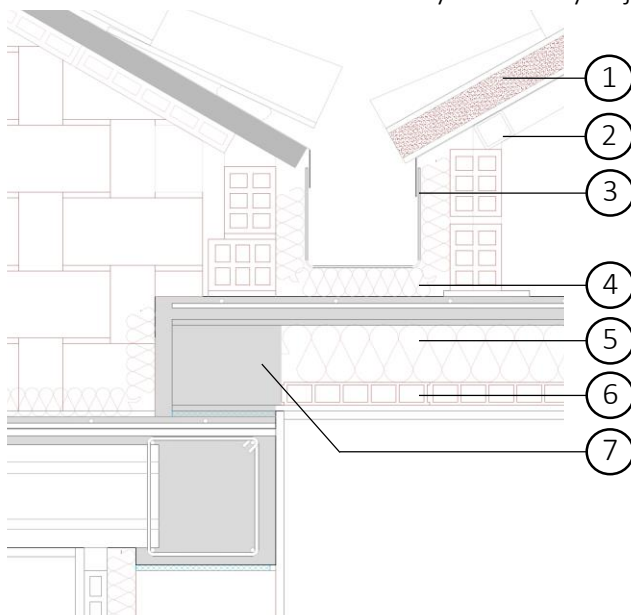
Leyenda

1. Teja curva cerámica.	2cm
2. Capa de compresión.	4cm
3. Rasillón.	6cm
4. Aislamiento térmico.	5cm
5. Ladrillo hueco simple.	4cm
6. Enlucido de yeso.	1.5cm

Ampliación

Con el fin de adaptarse a la geometría de la cubierta actual se realizan dos tipos de cubierta:

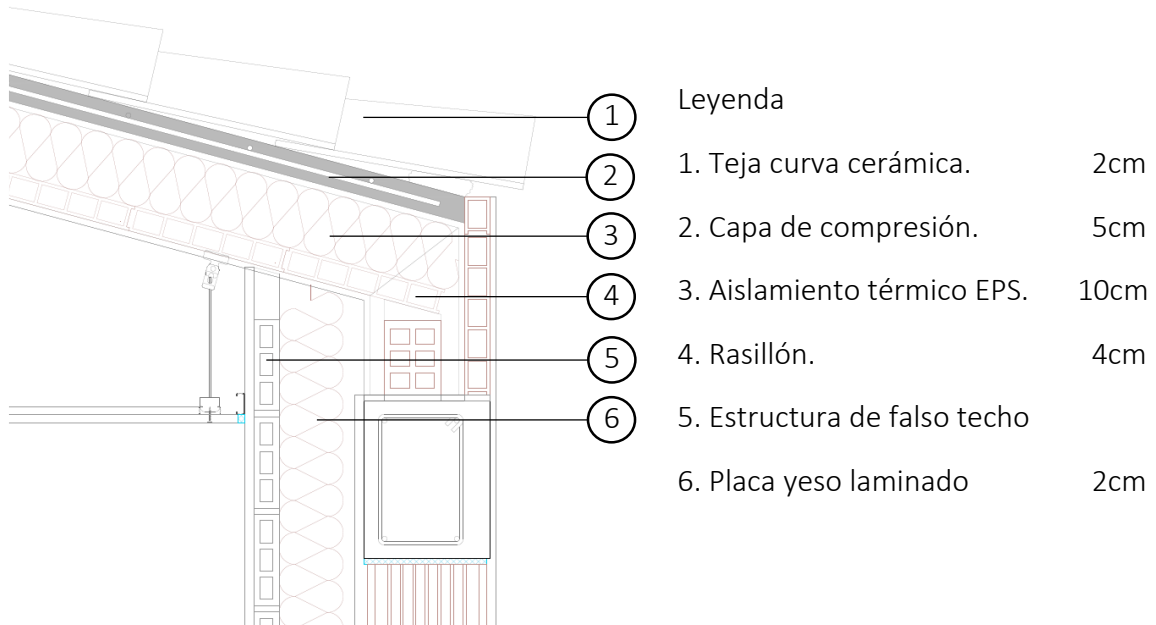
La cubierta para la zona correspondiente a la cocina, se realizará mediante paños a dos aguas con correas de acero para la formación de pendientes y, sobre ellas panel sándwich. Se construirán sobre un forjado de viguetas metálicas a base de perfiles IPE 160 apoyadas encima del forjado existente y, en la parte opuesta, el forjado se apoyará en el nuevo cerramiento estructural que se amplía en la planta de vivienda, mediante un zuncho perimetral de apoyo. La evacuación de agua se realiza a través de un canalón oculto entre la cubierta existente y la nueva y bajantes ocultas.



Leyenda

1. Panel Sandwich.	7cm
2. Subestructura auxiliar.	5cm
3. Canalón oculto.	6cm
4. Aislamiento térmico.	5cm
5. Aislamiento térmico EPS.	10cm
6. Rasillón	4cm
7. IPE 160	1.5cm

El área correspondiente al estudio y terraza se realiza una cubierta ligera inclinada a base de perfiles de acero IPE 160 disponiendo rasillas entre los perfiles y aislamiento de lana de roca con un espesor de 10cm y sobre él, una capa de compresión de 4cm donde se coloca la teja curva cerámica.



- Carpintería exterior

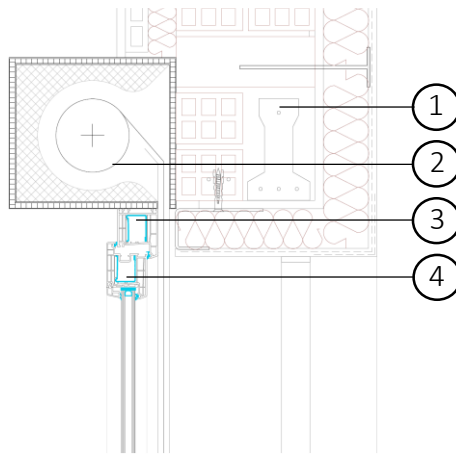
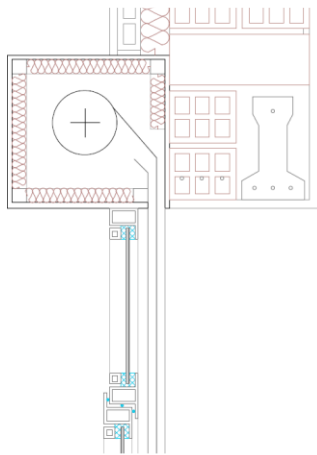
#### Actual

Las carpinterías del edificio son de marco metálico (acero) sin rotura de puente térmico y vidrio monolítico de 4mm.

#### Ampliación

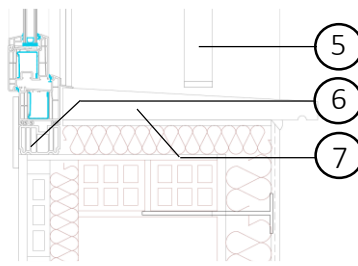
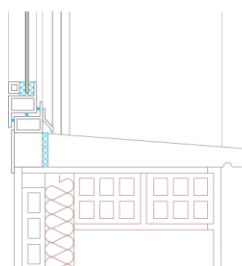
La carpintería será de PVC, tanto en dimensiones como en cantidades y calidades se definirá en el proyecto de ejecución. La vidriería de todos los huecos se resolverá a base de doble luna transparente con cámara 4+12+6mm de espesor.

Las persianas serán de PVC, enrollable y con caja de persiana empotrada en los muros, la forma, aislamiento y construcción de las mismas queda definida en los planos correspondientes.



Leyenda

- 1. Dintel. 10cm
- 2. Cajonera de persiana.
- 3. Marco. 8cm
- 4. Hoja. 8cm
- 5. Rejería. 5cm
- 6. Premarco. 8cm
- 7. Alfeizar.



Actual

Ampliación

- Instalación de calefacción y refrigeración

Actual

En cuanto a la climatización y la producción de agua caliente sanitaria en la vivienda se encuentran varios sistemas. La calefacción más utilizada en la vivienda es una estufa de leña alojada donde se encontraba el hogar original. Para la refrigeración se utilizan dos equipos tipo splits 1x1, que también se utilizan para la calefacción eventualmente. El ACS se produce en una caldera de gas propano con un acumulador de 150l, si bien la vivienda dispone de radiadores para la calefacción, los propietarios no hacen uso de ellos.

Ampliación

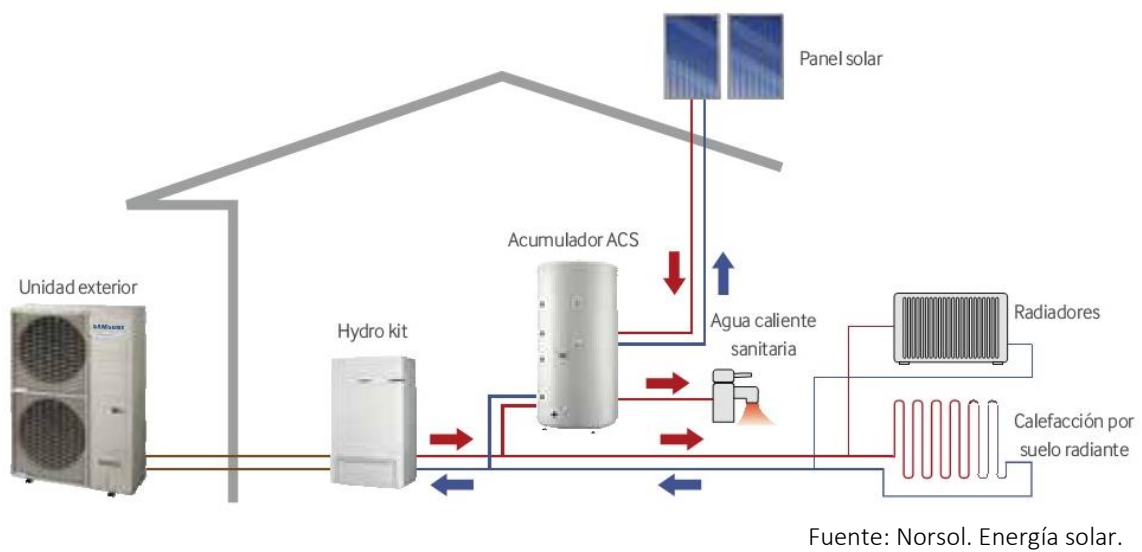
Dada la tipología edificatoria, la edificación se ha proyectado provista de instalación de climatización y producción de ACS mediante un equipo de aerotermia combinado con suelo radiante/refrescante para la calefacción y refrigeración de la vivienda. La estufa de leña se mantendrá, aunque no se tendrá en cuenta en el dimensionamiento de la aerotermia.



Se dispone en la cubierta un sistema de placas solares fotovoltaicas conectadas a red para cubrir parte de la demanda eléctrica necesaria para el funcionamiento de la instalación de aerotermia.

Su finalidad será la de poder lograr unas condiciones óptimas de confort y bienestar para sus ocupantes, tanto en invierno como en verano, garantizando la salubridad del aire respirado en el edificio.

Esquema de funcionamiento de una instalación combinada con un sistema de aerotermia alimentado con paneles solares fotovoltaicos.



Fotografías del estado actual:



Fotografía 1. Entrada y comedor



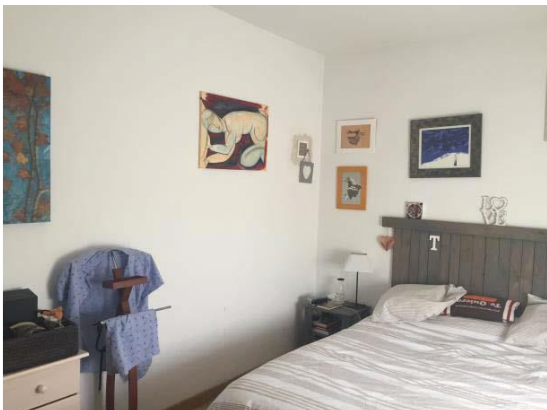
Fotografía 2. Salón y distribuidor



Fotografía 3. Cocina



Fotografía 4. Despensa



Fotografía 5. Habitación doble



Fotografía 6. Habitación individual

### 3.2 REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Previamente a la elección del tipo de instalación para acondicionar una vivienda ya existente, lo conveniente sería reducir la demanda energética. Para ello se puede llevar a cabo una serie de medidas enfocadas principalmente a mejorar el aislamiento térmico. Las condiciones en las que se encuentre el inmueble, el tipo de construcción y los materiales son algunos de los factores determinantes a la hora de elegir las propuestas de mejora.

Las intervenciones principales se realizarán en la primera planta.

Las obras que se van a acometer para la rehabilitación mejorarán las condiciones de habitabilidad de la vivienda mejorando las condiciones energéticas de la misma produciéndose un cambio en: (ANEXO III)

- Carpinterías: Sustitución de ventanas de acero con vidrio monolítico, a ventanas con doble acristalamiento con vidrio bajo emisivo y carpintería de PVC.
- Incremento de aislamiento térmico en el cerramiento opaco actual mediante un sistema SATE con placas de poliestireno expandido.
- Se incorporará una nueva instalación de frío-calor con un equipo de aerotermia. Eliminando los equipos split 1x1 existentes actualmente.

Con todos estos cambios la vivienda mejora tanto a nivel funcional como energético disminuyendo el consumo energético de la misma.

ACTUACIONES	MEJORA DE EFICIENCIA	MEJORA DE CONSERVACIÓN
Sustitución de carpinterías	- Disposición de carpinterías de PVC con doble aislamiento.	- Albañilería necesaria para disposición de ventanas.
Incremento de aislamiento térmico	- Disposición de un sistema de aislamiento térmico exterior en el cerramiento vertical actual.	- Acabado fachadas exterior.
Instalación de climatización	- Disposición de equipo de producción de sistemas aerotermia. - Suelo radiante/refrescante. - Estufa de leña.	- Suelo vivienda.

- **3.2.1 ENVOLVENTE**

Características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

- Descripción de las características energéticas de la zona opaca del edificio.

NOMBRE	TIPO	SUPERFICIE [M <sup>2</sup> ]	TRANSMITANCIA [W/M <sup>2</sup> ·K]	MODO DE OBTENCIÓN
Muro de fachada S	Fachada	35.42	0.22	Conocidas
Muro de fachada E	Fachada	40.60	0.22	Conocidas
Muro de fachada O	Fachada	45.88	0.31	Conocidas
Muro de fachada N	Fachada	30.62	0.22	Conocidas
Forjado techo garaje sin cambios	Partición Interior	31.85	0.68	Estimadas
Forjado ampliación sobre terraza	Partición Interior	89.15	0.19	Estimadas
Forjado ampliación nueva construcción	Partición Interior	11.40	0.38	Estimadas
Partición bajocubierta actual	Partición Interior	119.0	0.26	Estimadas
Partición bajocubierta ampliación	Partición Interior	54.4	0.29	Estimadas
Cubierta terraza ampliación	Cubierta	11.40	0.39	Estimadas

Donde las características de muro de fachada sur, este y norte, se corresponde con el sistema SATE sobre el cerramiento actual y son las siguientes, de exterior a interior:

MATERIAL	R (m <sup>2</sup> K/W)	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	P (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)
Mortero de cemento	0.019	0.015	0.8	1525	1000
EPS Poliéstileno Expandido	2.174	0.10	0.046	30	1000
Mortero de cemento	0.019	0.015	0.8	1525	1000
1 pie de ladrillo	0.423	0.24	0.567	1150	1000
MW Lana mineral	1.613	0.05	0.031	40	1000
Tabique hueco sencillo	0.09	0.04	0.445	1000	1000
Yeso	0.05	0.015	0.3	750	1000

$$R_n = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 4.39 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Transmitancia térmica} = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

La fachada oeste, sin embargo, corresponde con la ampliada y son las siguientes, de exterior a interior:

MATERIAL	R (m <sup>2</sup> K/W)	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	P (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)
Mortero de cemento	0.011	0.02	1.8	2100	1000
Bloque Termoarcilla	0.439	0.19	0.433	1080	1000
Mortero hidrófugo	0.19	0.015	0.8	1525	1000
Cámara de aire	0.19	-	-	-	-
PUR Proyección de celda cerrada	2.286	0.08	0.035	50	1000
Tabique hueco sencillo	0.09	0.04	0.445	1000	1000
Yeso	0.06	0.015	0.25	825	1000

$$R_n = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 3.09 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Transmitancia térmica} = 0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Descripción de las características energéticas de los huecos del edificio.

NOMBRE	TIPO	SUPERFICIE [m <sup>2</sup> ]	TRANSMITANCIA [W/m <sup>2</sup> ·K]	FACTOR SOLAR	MODO DE OBTENCIÓN. TRANSMITANCIA	MODO DE OBTENCIÓN. FACTOR SOLAR
Hueco S	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco E_1	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco E_2	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco E_3	Hueco	4.2	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco O_1	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco O_2	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco N_1	Hueco	2.8	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco N_2	Hueco	6.0	2.58	0.49	Estimado	Estimado

Las características estimadas de todas las carpinterías al igual que los vidrios se repiten en todas ellas y son las siguientes.

**Carpintería, de PVC:** Marco estanco = 50m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>, índice de absorción de 0.2  
Transmitancia, U = 2.2 W/m<sup>2</sup>K

**Vidrio, doble bajo emisivo:** Factor solar, g = 0.65  
Transmitancia, U = 2.7 W/m<sup>2</sup>K

- **3.2.2 INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN**

Actualmente la vivienda dispone de dos equipos 1x1 tipo Split, por ello se propone la sustitución de dicho sistema por uno de calefacción y ACS por aerotermia.

- Criterio para la zonificación de la instalación

Se opta por una zonificación basada en el régimen de uso del edificio, para lo cual se prevé la colocación de suelo radiante/refrescante para la climatización con equipo de producción de bomba de calor con aerotermia.

- Cálculo de la instalación (ANEXO II)

Los reglamentos que afectan a esta instalación son los siguientes:

- o R.I.T.E. y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- o C.T.E. Documento básico HE. Ahorro de energía (20 diciembre 2019)
- o Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002)
- o Normas UNE para Instalaciones de Climatización. Referente a las bombas de calor: norma UNE-EN 12102 y norma UNE-EN 14511.

- Características de la instalación

Dadas las características del edificio se prevé la colocación de 1 equipos de producción para el sistema de calefacción/refrigeración mediante suelo radiante/refrescante.

La unidad exterior se ubica en el exterior en una zona junto al almacén de planta baja.

El funcionamiento de los equipos consiste en extraer la energía contenida en el aire exterior, incluso con temperaturas bajo cero y la transfiere al local.

- Zonificación de la instalación



Esquema de distribución sistema de Climatización y ACS. Fuente: Daikin.

- Unidad productora Aerotermia (Unidad exterior):

Se dispondrá de un equipo de Aerotermia de Daikin-ALThERMA de 11Kw.

Unidad exterior: Modelo ERHQ011BV3

Unidad Hidrokit: EHVX16S26CB9W.

Mando: EKRUCBL3.

Acumulador 260 l.

UNIDADES EXTERIORES MONOFÁSICAS			ERHQ011BV3	ERHQ014BV3	ERHQ016BV3	
CON UNIDADES INTERIORES MODELO:			EBHX11CB3V		EBHX16CB3V	
Temperatura ambiente	impulsión					
Calefacción	7	45	Capacidad Nominal/Consumo kW	10,30 / 3,06	13,10 / 3,88	15,20 / 4,66
			COP	3,37	3,38	3,26
	7	35	Capacidad Nominal/Consumo kW	11,20 / 2,46	14,00 / 3,17	16,00 / 3,83
			COP	4,55	4,42	4,18
Refrigeración	35	7	Capacidad Nominal/Consumo kW	10,00 / 3,60	12,50 / 5,29	13,10 / 5,95
			EER	2,78	2,36	2,20
	35	18	Capacidad Nominal/Consumo kW	13,90 / 3,79	17,30 / 5,78	17,80 / 6,77
			EER	3,67	2,99	2,63
Refrigerante R-410A			kg / TCO <sub>eq</sub> / PCA	2,7 / 5,6 / 2.087,5	2,7 / 5,6 / 2.087,5	2,7 / 5,6 / 2.087,5
Dimensiones		Al.xAn.xF.	mm	1.170 x 900 x 320	1.170 x 900 x 320	1.170 x 900 x 320
Peso			Kg	103	103	103
Compresor				SCROLL	SCROLL	SCROLL
Potencia sonora		Refrig. / Calef.	dB(A)	64 / 64	66 / 64	69 / 66
Presión sonora		Refrig. / Calef.	dB(A)	50 / 49	52 / 51	54 / 53
Alimentación eléctrica				1 / 220 V (monofásico)	1 / 220 V (monofásico)	1 / 220 V (monofásico)
Conexión Refrigerante		Líquido - Gas	mm	Ø 9,5 (3/8") - Ø 15,9 (5/8")	Ø 9,5 (3/8") - Ø 15,9 (5/8")	Ø 9,5 (3/8") - Ø 15,9 (5/8")
Distancias línea refrigerante			m	5<d<75	5<d<75	5<d<75
Clase de eficiencia energética 55°C LOT1				A+	A+	A+
Clase de eficiencia energética 35°C LOT1				A	A	A

UNIDAD INTERIOR (HIDROKIT + ACUMULADOR)			EHVX04S18CB3V	EHVX08S18CB3V	EHVX11S18CB3V	EHVX16S18CB3V	EHVX08S26CB9W	EHVX11S26CB9W	EHVX16S26CB9W
Volumen acumulador			l	180	180	180	180	260	260
Dimensiones		Al.xAn.xF.	mm	1.732 x 600 x 728	1.732 x 600 x 728	1.732 x 600 x 728	1.732 x 600 x 728	1.732 x 600 x 728	1.732 x 600 x 728
Peso en vacío			Kg	115	117	119	121	126	128
Presión sonora		Refrig. / Calef.	dB(A)	28 / 28	28 / 28	28 / 28	33/33	28 / 28	28 / 28
Perfil de carga LOT2				L	L	L	L	XL	XL
Clase eficiencia energética LOT2				A	A	A	A	A	A

- Tipo de suelo radiante

Disposición de suelo radiante FERCO, compuesto por film de polietileno, banda de espuma (PE) de 150x10mm, modelo Multi Autofijación, perfil autoadhesivo para formación de junta de dilatación, modelo Multi Autofijación, panel de tetones de poliestireno expandido modificado NEO-EPS y recubrimiento termoconformado de polietileno (PE), aislante a ruido de impacto, de 1450x850 mm y 19 mm de espesor, modelo Comfort Nubos PLUS IB 75, tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), de 5 capas según el método UAX, con barrera de oxígeno (EVOH) y capa de protección de polietileno (PE) modificado, de 17 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, modelo Comfort Pipe PLUS, y mortero autonivelante Agilia Suelo A "LAFARGE", CA-C20-F4 según UNE-EN 13813, de 50 mm de espesor, incluso piezas especiales.



Fuente: fercofloor. Ferco Group, especialistas en suelo radiante

- Cumplimiento de la normativa

Cumplimiento exigencia de la sección HE-0 y HE1.

Edificio existente en que se ejecutará una ampliación en las que se incrementa más de un 10% la superficie o el volumen construido de la unidad o unidades de uso sobre las que se intervenga, cuando la superficie útil total ampliada supere los 50 m<sup>2</sup>.

Reformas en las que se renueven de forma conjunta las instalaciones de generación térmica y más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio.



**Cumplimiento exigencia 2.2.1. de la sección HE-0**

Consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o la parte ampliada	<b>55.0</b> kWh/m <sup>2</sup> año	<b>CUMPLE</b>
Consumo energético de energía primaria no renovable límite	<b>58.5</b> kWh/m <sup>2</sup> año	

**Cumplimiento exigencia 2.2.1.1.1 de la sección HE-1**

<b>Limitación de la demanda energética de calefacción</b>		
Demanda de calefacción del edificio o la parte ampliada	<b>24.9</b> kWh/m <sup>2</sup> año	<b>CUMPLE</b>
Demanda de calefacción límite	<b>25.7</b> kWh/m <sup>2</sup> año	
<b>Limitación de la demanda energética de refrigeración</b>		
Demanda de refrigeración del edificio o la parte ampliada	<b>19.4</b> kWh/m <sup>2</sup> año	<b>CUMPLE</b>
Demanda de refrigeración límite	<b>20.0</b> kWh/m <sup>2</sup> año	

Los cálculos se han realizado con el complemento “efinovatic” para el programa de certificaciones energéticas CE3X, basándose en el modelo generado en CE3X. (ANEXO IV)

## Cumplimiento exigencia de la sección HE-2.

Las instalaciones térmicas de las que dispongan los edificios serán apropiadas para lograr el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio. (ANEXO II)

## Cumplimiento exigencia de la sección HE-4.

Las bombas de calor destinadas a la producción de ACS se consideran como contribución renovable a efectos de esta sección cuando dispongan de un valor de rendimiento medio estacional ( $SCOP_{dhw}$ ) superior a 2,5 en el caso de ser accionadas eléctricamente y superior a 1,15 cuando sean accionadas mediante energía térmica. El valor de  $SCOP_{dhw}$  se determinará para la temperatura de preparación del ACS, que no será inferior a 45°C.

El rendimiento estacional de la bomba de calor elegida es superior al límite, exactamente 2,78 por lo que queda justificado el CTE HE-4.

- **3.2.3 PLANOS**

ANEXO III. Planos de la rehabilitación.

En ellos se recoge la información de las diferentes carpinterías propuestas para sustituir a las anteriores de acero con vidrio simple. Se añaden detalles constructivos verticales y horizontales visualizando viendo las diferentes capas del muro y la posición final de las carpinterías. Se añade, además, un plano de instalaciones donde aparece la distribución del suelo radiante.

### **3.3 INFORME DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

ANEXO IV.

Informe de eficiencia energética actual y rehabilitación. Se recoge ambos informes de eficiencia energética, el actual y el supuesto, una vez se realizase la mejora. Realizado mediante el programa CE3X de manera que pueden compararse resultados viendo una clara diferencia a mejor después de la propuesta de mejora.

### **3.4 SISTEMA DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS**

ANEXO V.

Se plantea la posibilidad de combinar el equipo de aerotermia con un sistema de captación de placas solares fotovoltaicas para producir la electricidad. Durante las horas solares el sistema funciona de manera autosuficiente sin necesidad de aporte externo de la red eléctrica convencional, aunque permanecerá conectada para aportar electricidad al resto de sistemas de la vivienda y durante la noche cuando no haya radiación solar o cuando debido a las condiciones meteorológicas, falta de mantenimiento o problemas en el sistema no se genere la suficiente electricidad para abastecer el sistema.

Se opta por el no uso de acumuladores debido a que el precio de estos elevaría considerablemente el coste de la instalación, además:

En época invernal, la vivienda dispone de una estufa de biomasa de manera que puede suministrar energía calorífica en momentos puntuales sin necesidad de incrementar por ello el consumo de energía eléctrica.

En época estival, el sol está presente durante más horas al día y, por tanto, hay más horas de radiación solar, como consecuencia el sistema puede funcionar autónomamente más tiempo.

## 4. RESULTADOS Y ANALÍSIS CRÍTICO

- La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

A continuación, se muestran los datos de demanda de la vivienda antes y después de la rehabilitación. Los cálculos se han realizado previamente al sistema de placas solares fotovoltaicas.

Estado previo:

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	47.0 C		24.2 C
<i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i>		<i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i>	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

La demanda de calefacción. Actualmente solo se cubre alrededor del 50% de la superficie total de la vivienda mediante una chimenea, al usar leña como combustible se considera como biomasa, energía renovable, lo que repercute positivamente en la calificación energética obtenida.

La demanda de refrigeración. Actualmente solo se cubre alrededor del 36% de la superficie total de la vivienda mediante dos equipos tipo split 1x1.

Estado final:

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	24.9 B		19.4 B
<i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i>		<i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i>	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

La demanda de calefacción y refrigeración. Se cubrirá el 100% de la superficie total de la vivienda mediante un equipo de aerotermia de frío-calor. La estufa de leña se mantendrá, aunque su uso no se prevé en los cálculos.

Los datos muestran una demanda energética anual global de 71,2 kWh/m<sup>2</sup> año en la situación de partida, frente a 44,3 kWh/m<sup>2</sup> año tras la intervención en la vivienda, lo que supone una reducción del 37,78%.

- En cuanto a las emisiones globales de CO<sub>2</sub>.

Estado previo:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	22.2 C	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	B	<i>Emisiones ACS [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	G
		7.29		8.05	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<i>Emisiones refrigeración [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	C	<i>Emisiones iluminación [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	-	
	6.81		-		

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	8.53	929.34
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	13.63	1485.20

Estado final:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	9.6 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	A	<i>Emisiones ACS [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	C
		3.33		1.98	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<i>Emisiones refrigeración [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	B	<i>Emisiones iluminación [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	-	
	4.28		-		

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	9.05	1593.48
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	0.53	93.39

- Calificación energética obtenida:

Estado previo:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	109.9 D	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	B	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	G
		31.63		38.06	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
		40.22		-	

Estado final:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	55.0 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	A	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	E
		18.12		11.67	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	C	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
		25.24		-	

- Calificación energética obtenida:

Estado previo:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m² año]	
	109.9 D		22.2 C

Estado final:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m² año]	
	55.0 B		9.6 B

Los datos muestran una demanda energética anual global de 132,10 kWh/m<sup>2</sup> en la situación de partida con una superficie inicial de 114,07 m<sup>2</sup>. Esto supone un total de 15.068,64 kWh anualmente de demanda inicial total.

Los datos de demanda tras la rehabilitación son de 64,60 kWh/m<sup>2</sup> al año en la situación final con una superficie final de 167,70 m<sup>2</sup>. Esto supone un total de 10.833,42 kWh totales. La nueva demanda energética total será 10.833,42 kWh / 15.068,64 kWh = 0.7189 = 72%. Por lo que la reducción total será del 28%. Teniendo en cuenta que se amplía la superficie de la vivienda un 49%, el ahorro energético es notorio ya que si no se realizase la rehabilitación energética alcanzaríamos unos valores superiores a 22.000 kWh anuales, el doble del consumo que se obtendría con la reforma energética.

El sistema de captación de placas solares fotovoltaicas se compone de:

- 24 módulos fotovoltaicos monosilicios 370 Wp Twin 120 half-cells dispuestos en 2 filas de 12 módulos que suman una potencia nominal total de 8,88 kWp.
- 1 inversor modelo Platinum 9000 R3-MDX-10 752659 potencia nominal de 8 kW.

El sistema produce 15,24 MWh/año = 15.240 kWh. La energía producida supera la energía consumida anual, ya que la demanda anual después de la rehabilitación energética es de 10.833,42 kWh. El excedente de energía será vertido a la red eléctrica de manera que no se “pierda”. Por tanto, el consumo de energía primaria no renovable y las emisiones de dióxido carbono del edificio se considerarían nulas ya que se genera más energía (de origen renovable) de la energía que se consume, consiguiendo una **clasificación energética A**.

## 5. BIBLIOGRAFIA

Energía de la biomasa. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE). <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biomasa>

Biomasa Edificios. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE). <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biomasa>

Guía técnica instalaciones de biomasa térmica en edificios. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE). <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biomasa>

Biomasa para proyectistas. Agencia extremeña de la energía. <https://www.agenex.net/images/stories/deptos/biomasa-para-proyectistas.pdf>

Guía básica de almacenamiento y transporte de pellets de madera. Asociación española de valorización de la biomasa (AVEBIOM). <https://www.avebiom.org/>

Calderas de biomasa para sistemas de calefacción doméstica. Proyecto RES & RUE Dissemination. Confederación de consumidores y usuarios (CECU). <https://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/5%20biomasa.htm>

Manual de energía solar térmica. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE). <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/energia-solar-termica>

Energía solar térmica a baja temperatura. Agencia andaluza de la energía. [https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/energia\\_solar\\_termica\\_a\\_baja\\_temperatura\\_generalidades.pdf](https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/energia_solar_termica_a_baja_temperatura_generalidades.pdf)

Energía solar térmica. Oriol Planas. <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>

Placas solares fotovoltaicas. Universidad a distancia de Madrid (UDIMA). <https://blogs.udima.es/ingenieria-industrial/tag/placas-solares-fotovoltaicas/>

Guía de integración solar fotovoltaica. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid (FENERCOM). <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-de-integracion-solar-fotovoltaica-2009/>

Diferencia entre efecto fotoeléctrico y efecto fotovoltaico. Heliosfera. <https://www.heliosfera.com/diferencia-entre-efecto-fotoelectrico-y-efecto-fotovoltaico/>

La célula fotovoltaica. Ecosolar. <https://www.ecosolaresp.com/la-celula-fotovoltaica/>

La integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos para captación de energía solar. Blog "Aula Greencities" Colegio oficial de arquitectos de Málaga. <http://aulagreencities.coamalaga.es/la-integracion-arquitectonica-de-los-sistemas-fotovoltaicos-para-captacion-de-energia-solar/>

Vidrio fotovoltaico. OnyxSolar. <https://www.onyxSolar.com/es/>

Manual de geotermia. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE). [https://www.idae.es/publicaciones?field\\_taxref\\_collection\\_tid=1019](https://www.idae.es/publicaciones?field_taxref_collection_tid=1019)

Guía de la energía geotérmica. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid (FENERCOM). <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-de-la-energia-geotermica-2008/>

Instalaciones de geotermia. Construye 2020. Rubén Munguía Rivas, fundación laboral de la construcción. <http://construye2020.eu/plataforma-sobre-formacion-profesional/recurso-de-formacion/instalaciones-geotermia/descarga>

Energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos. Estado actual y perspectivas a nivel mundial. Dr. ingeniero industrial César Chamorro-Camazón, departamento de Ingeniería energética y fluidomecánica de la Universidad de Valladolid. <http://www.revistadyna.com/Documentos/pdfs%5C200901feb%5C2222DYNAINDEX.pdf>

Aeroterminia e hidrotérminia. Energía renovable capturada por bombas de calor. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE). <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/aeroterminia-e-hidrotérminia>

Aeroterminia. Manuel Herrero Fuerte, ingeniero Industrial del ICAI y adjunto a dirección de AFEC (Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización). <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/aeroterminia/como-funciona-la-aeroterminia-sistema-eficiente-ahorra-energia.html>

Bomba de calor: principios termodinámicos y modos de funcionamiento. Asociación de fabricantes de equipo de climatización (AFEC). <https://www.bombadecolor.org/noticias/principios-termodinamicos>

Aire tóxico: el precio de los combustibles fósiles. Greenpeace. <https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/documentos/aire-toxico-el-precio-de-los-combustibles-fosiles-2/>



## 6. ANEXOS

ANEXO I. Levantamiento y propuesta de rehabilitación.

ANEXO II. Cálculo de climatización.

ANEXO III. Planos de las propuestas de mejora e instalación de climatización.

ANEXO IV. Informe de eficiencia energética actual y el resultante de la rehabilitación.

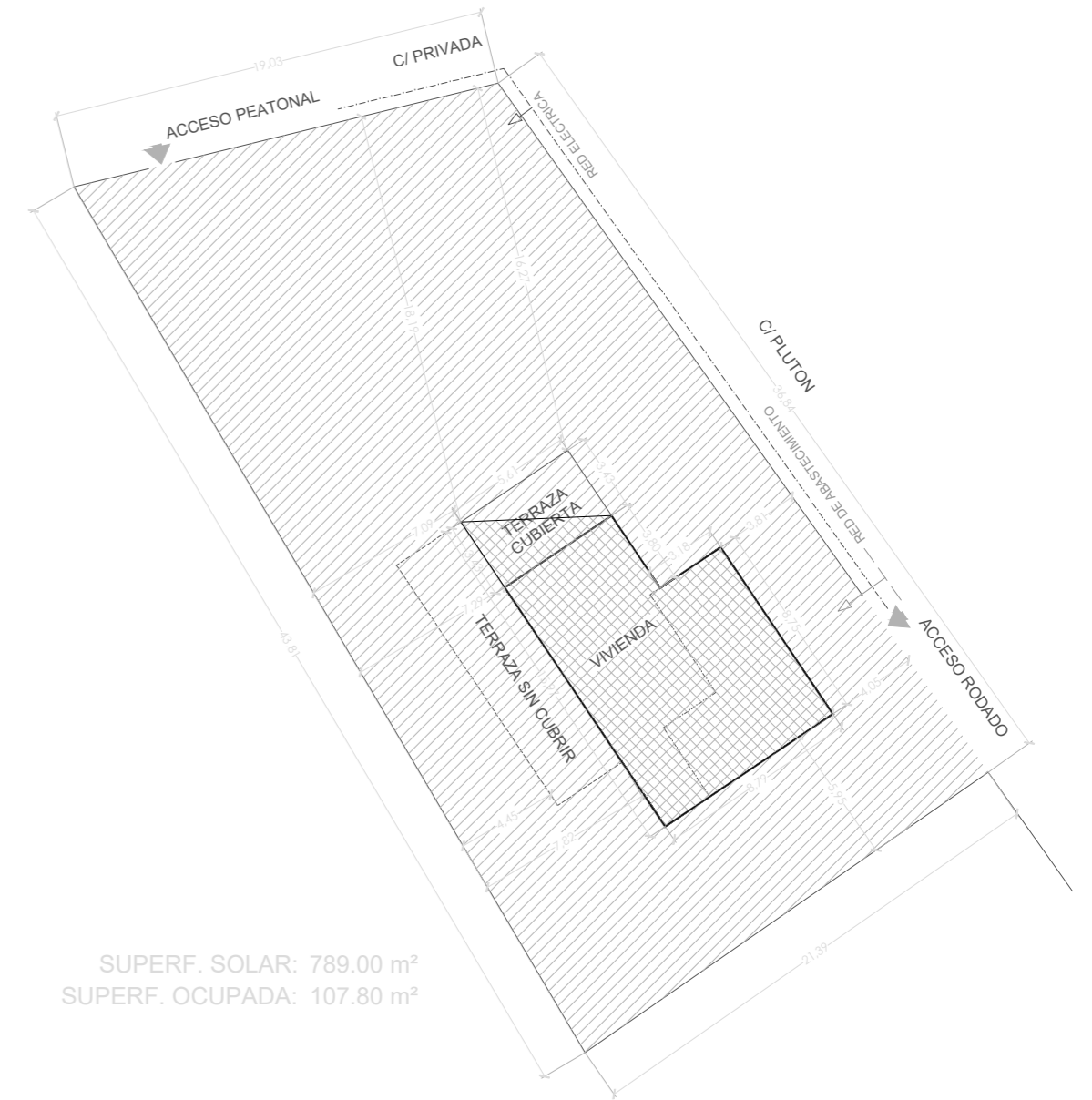
ANEXO V. Simulación de sistema de placas solares fotovoltaicas conectadas a red.



FOTO 1



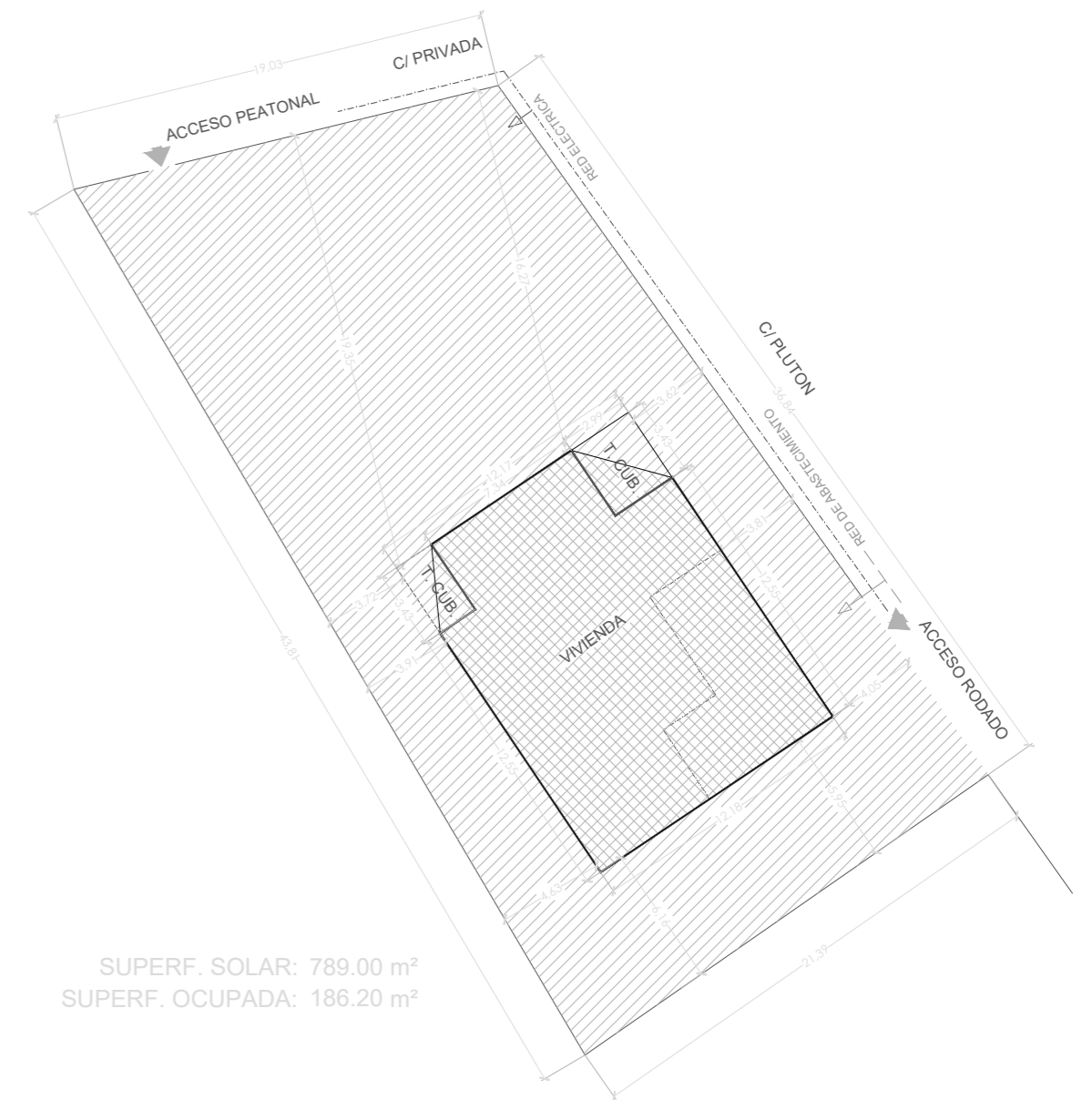
FOTO 2



SUPERF. SOLAR: 789.00 m<sup>2</sup>  
 SUPERF. OCUPADA: 107.80 m<sup>2</sup>

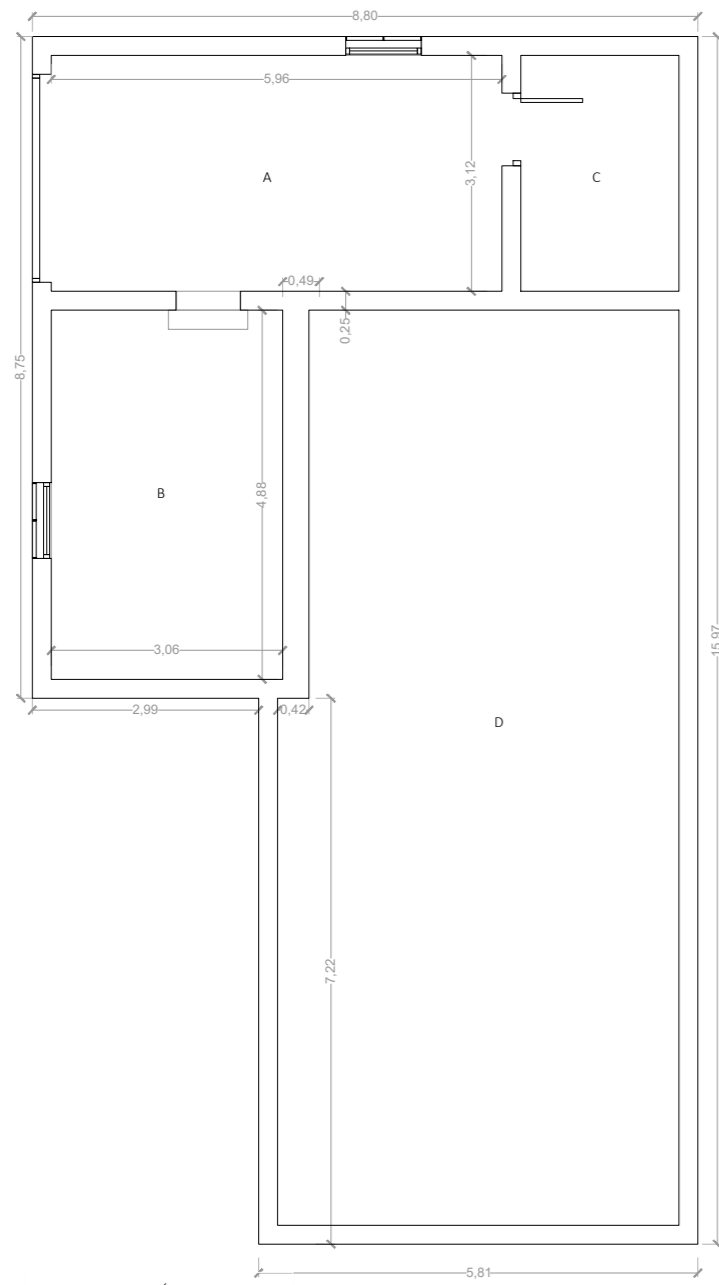
SOLAR ESTADO ACTUAL

ESCALA 1/300



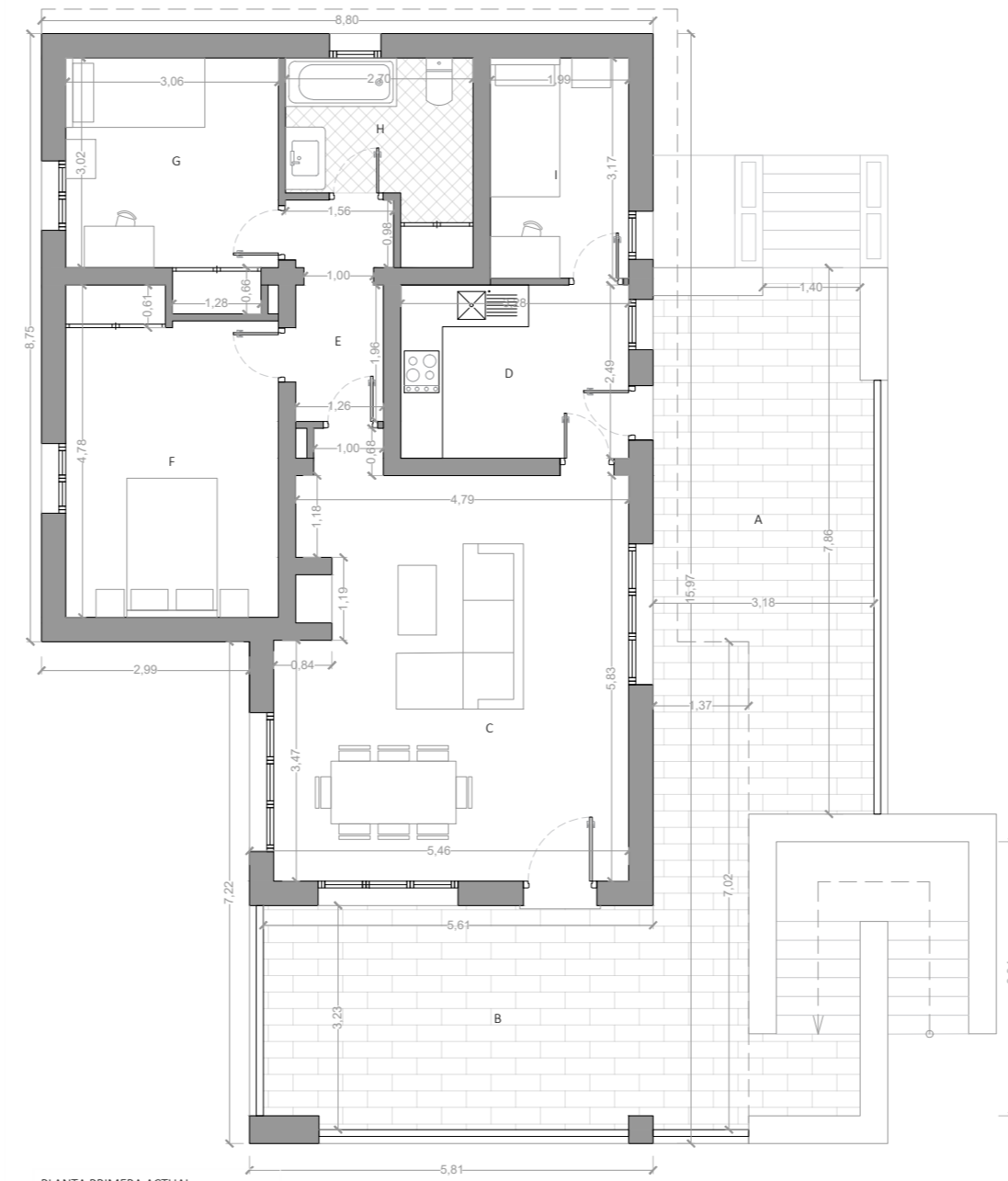
SUPERF. SOLAR: 789.00 m<sup>2</sup>  
 SUPERF. OCUPADA: 186.20 m<sup>2</sup>

ESCALA 1/300



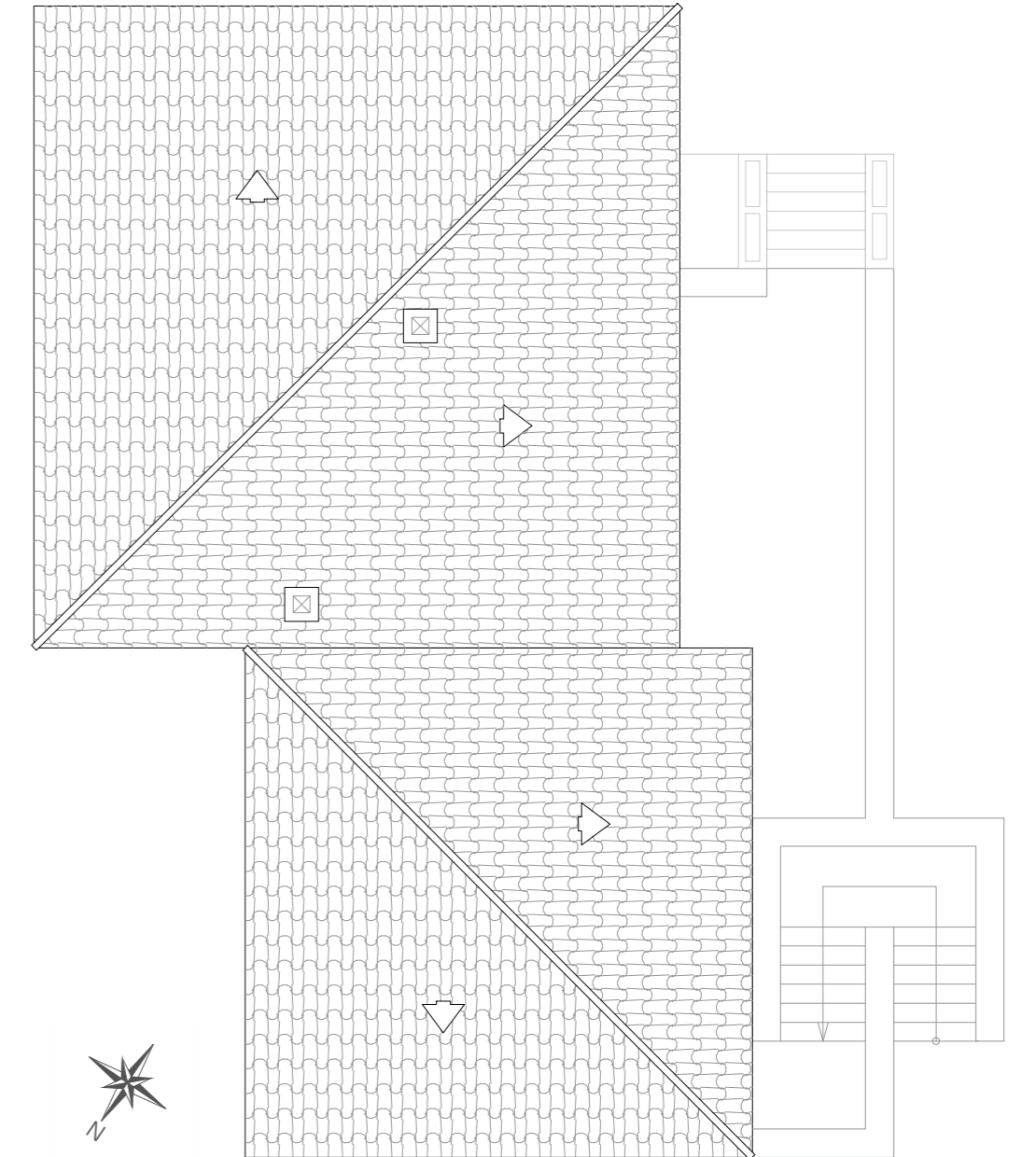
PLANTA BAJA-SEMISÓTANO ACTUAL

A. GARAJE	18,60 m <sup>2</sup>
B. TRASTERO	18,90 m <sup>2</sup>
C. CUARTO DE INSTA.	6,30 m <sup>2</sup>
D. ESPACIO NO HABITABLE	6,30 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA ACTUAL</b>	<b>43,80 m<sup>2</sup></b>

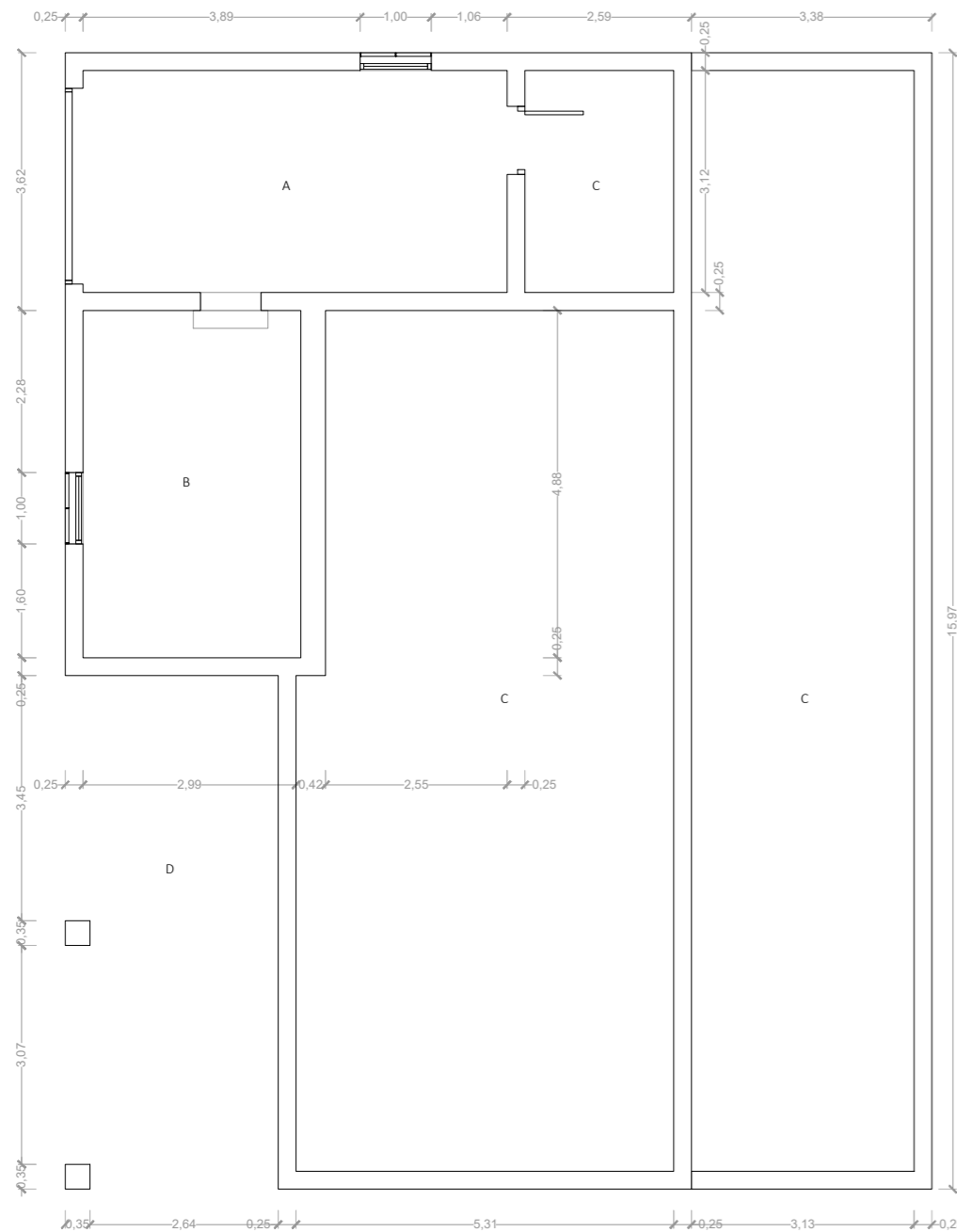


PLANTA PRIMERA ACTUAL

A. TERRAZA	20,50 m <sup>2</sup>	F. DORMITORIO 1	13,80 m <sup>2</sup>
B. TERRAZA	27,50 m <sup>2</sup>	G. DORMITORIO 2	10,10 m <sup>2</sup>
C. SALÓN-COMEDOR	29,50 m <sup>2</sup>	H. BAÑO 1	6,35 m <sup>2</sup>
D. COCINA	8,50 m <sup>2</sup>	I. DORMITORIO 3	6,30 m <sup>2</sup>
E. DISTRIBUIDOR	4,20 m <sup>2</sup>		
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA ACTUAL</b>	<b>109,00 m<sup>2</sup></b>		

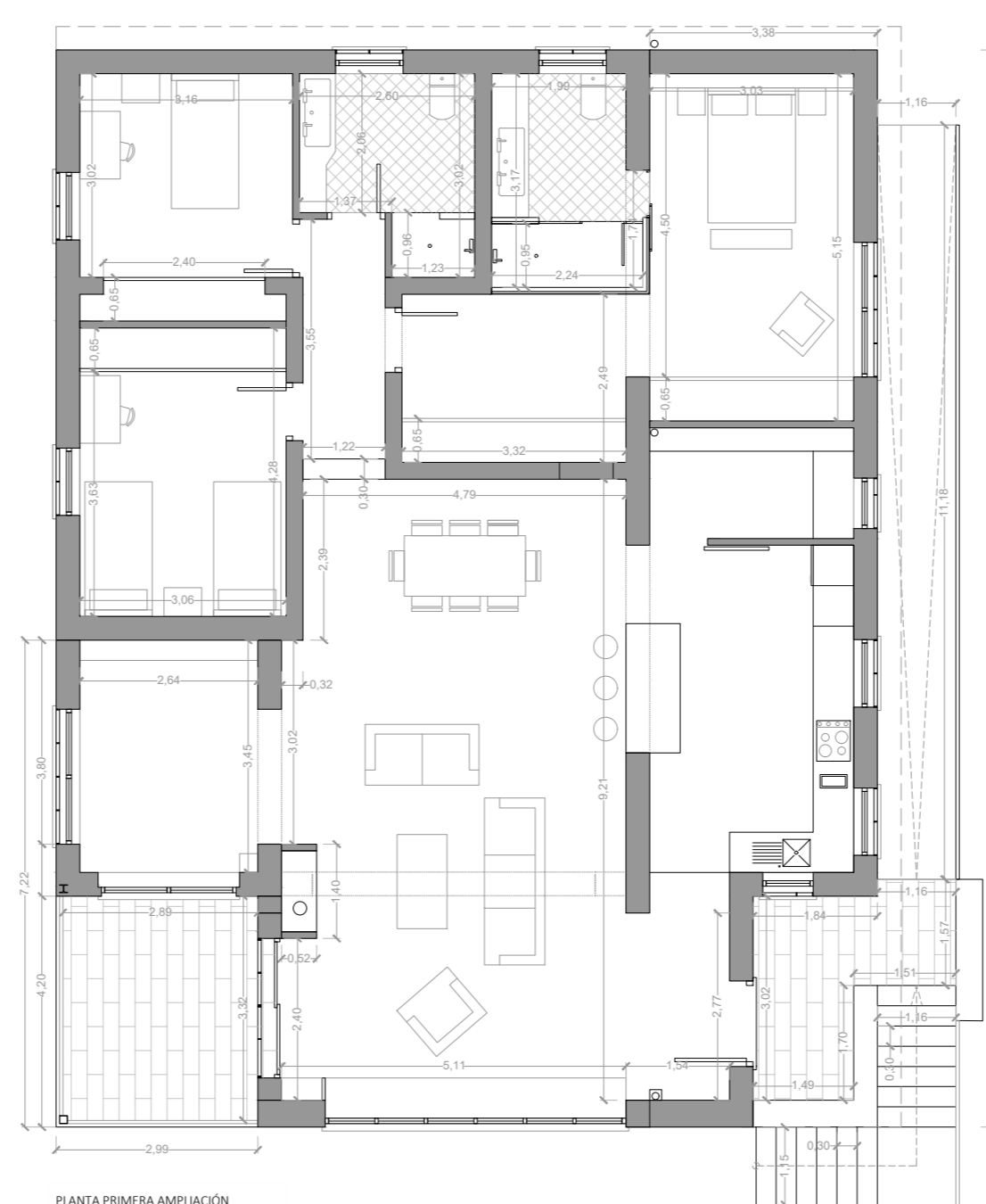


PLANTA PRIMERA ACTUAL



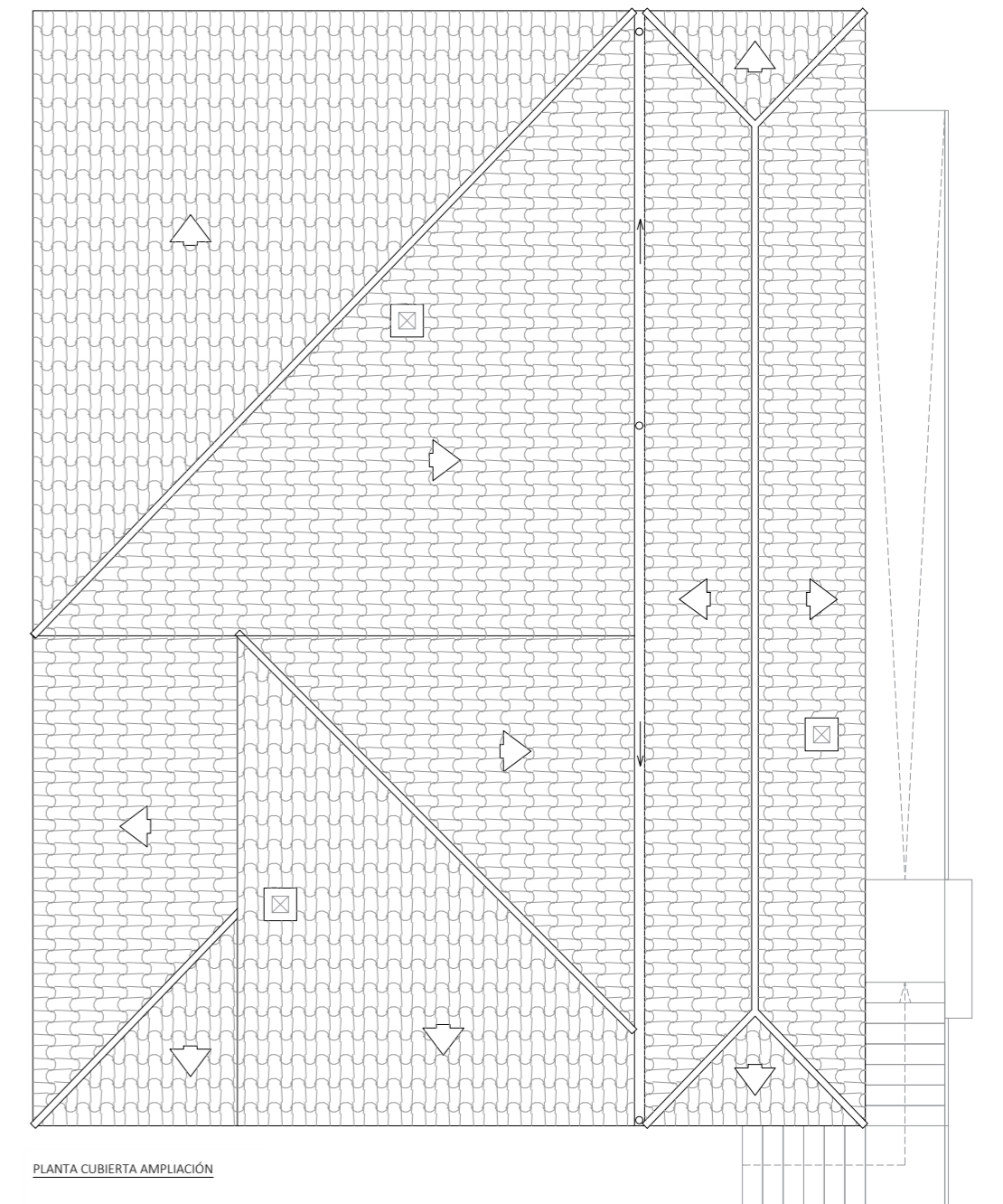
PLANTA BAJA-SEMISÓTANO AMPLIACIÓN

A. GARAJE	18,60 m <sup>2</sup>
B. TRASTERO	18,90 m <sup>2</sup>
C. CUARTO DE INSTA.	6,30 m <sup>2</sup>
D. ESPACIO NO HABITABLE	6,30 m <sup>2</sup>
E. LEÑERO	11,40 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA ACTUAL</b>	<b>43,80 m<sup>2</sup></b>
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA AMPLIADA</b>	<b>11,40 m<sup>2</sup></b>

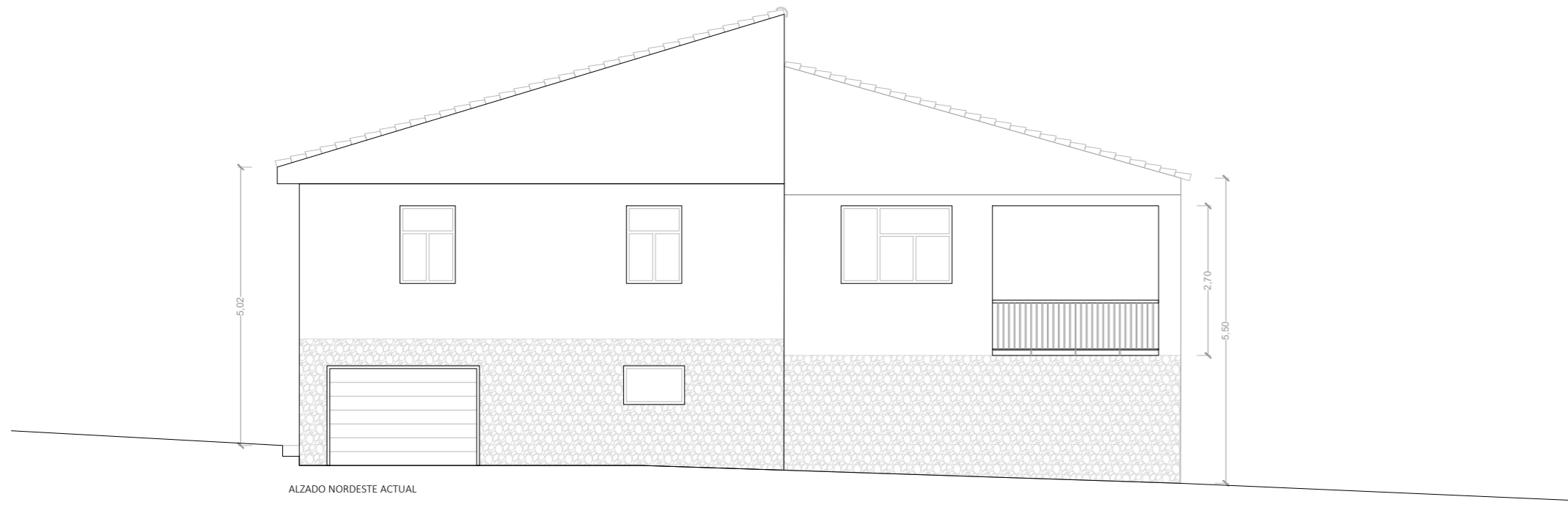


PLANTA PRIMERA AMPLIACIÓN

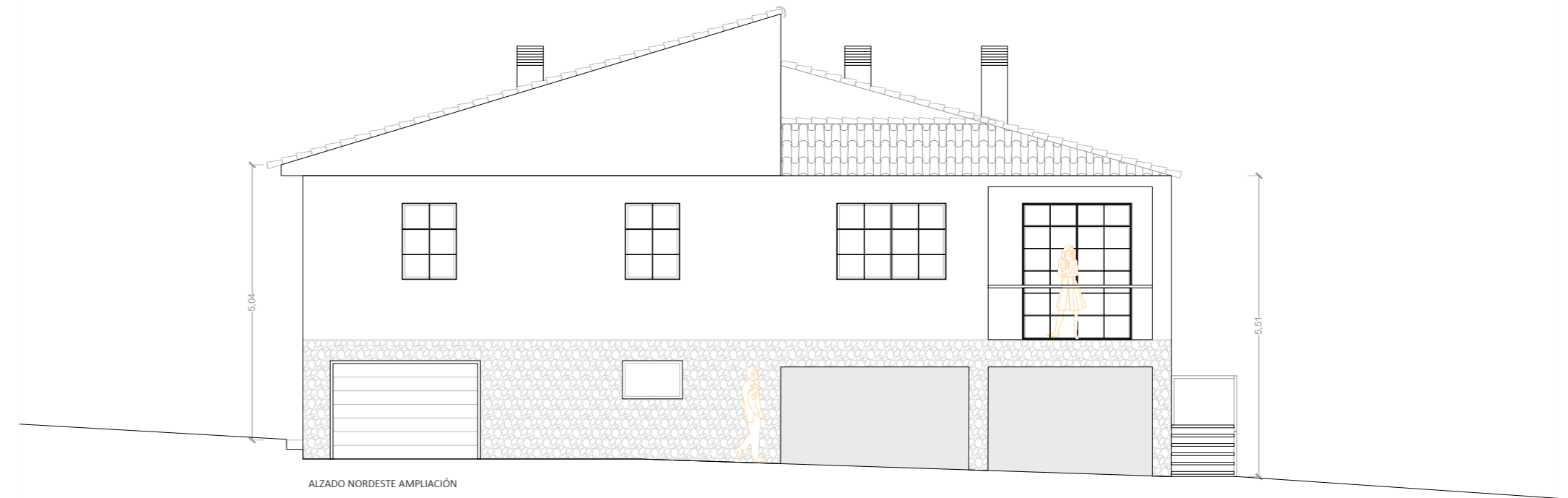
A. ENTRADA	3,40 m <sup>2</sup>	F. TERRAZA	4,80 m <sup>2</sup>	K. BAÑO 1	6,55 m <sup>2</sup>
B. RECIBIDOR	4,25 m <sup>2</sup>	G. ESTUDIO	9,10 m <sup>2</sup>	L. DORMITORIO 3	15,60 m <sup>2</sup>
C. SALÓN-COMEDOR	45,55 m <sup>2</sup>	H. DISTRIBUIDOR	4,35 m <sup>2</sup>	M. VESTIDOR	8,30 m <sup>2</sup>
D. COCINA	16,50 m <sup>2</sup>	I. DORMITORIO 1	13,10 m <sup>2</sup>	N. BAÑO 2	6,75 m <sup>2</sup>
E. DESPENSA	5,88 m <sup>2</sup>	J. DORMITORIO 2	11,35 m <sup>2</sup>		
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA AMPLIADA</b>	<b>16,50 + 50,80 = 67,30 m<sup>2</sup></b>				



PLANTA CUBIERTA AMPLIACIÓN



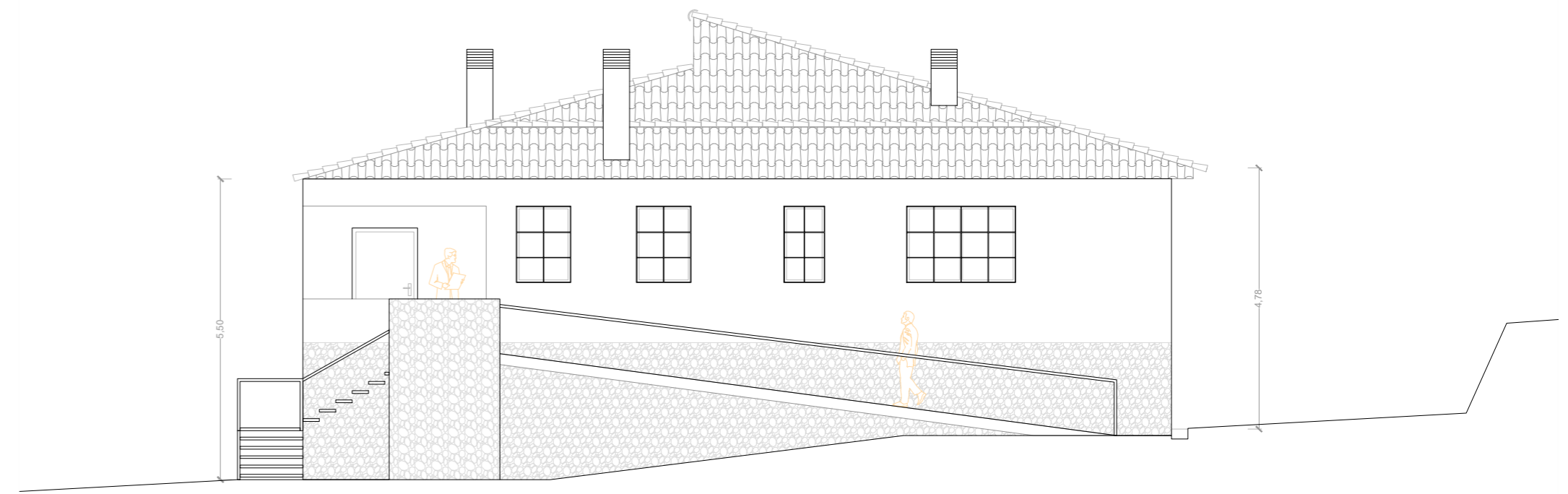
ALZADO NORDESTE ACTUAL



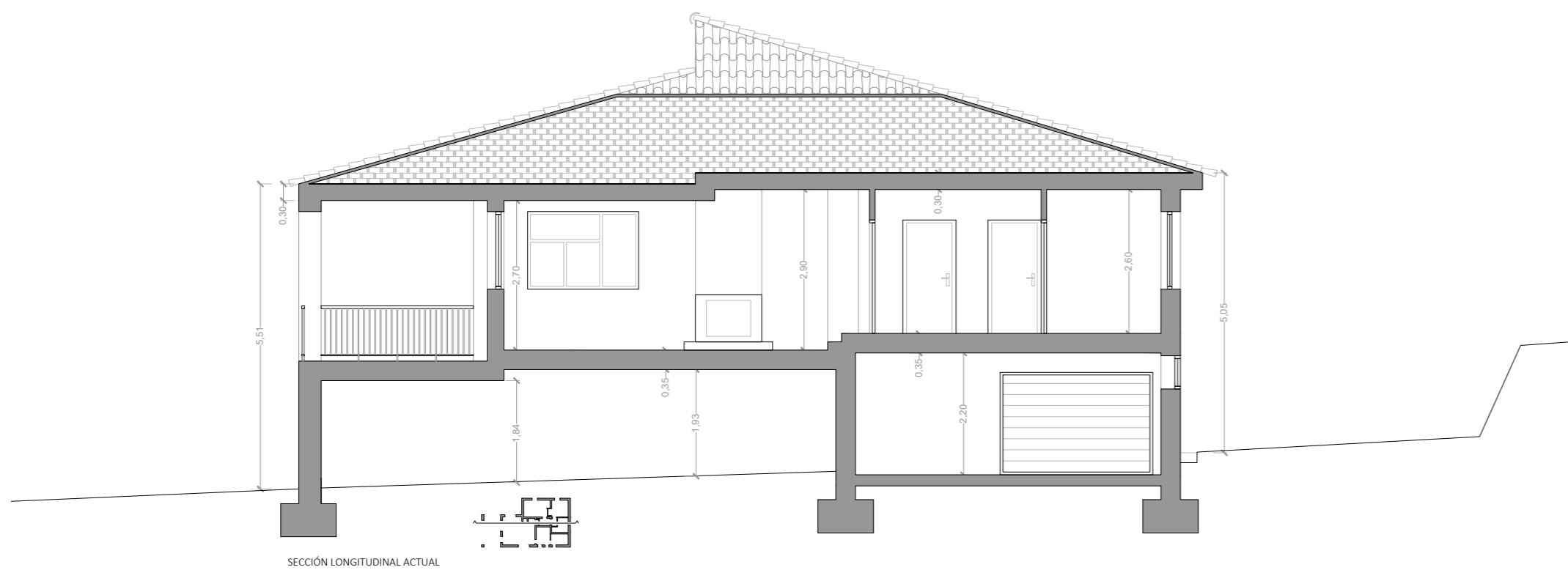
ALZADO NORDESTE AMPLIACIÓN



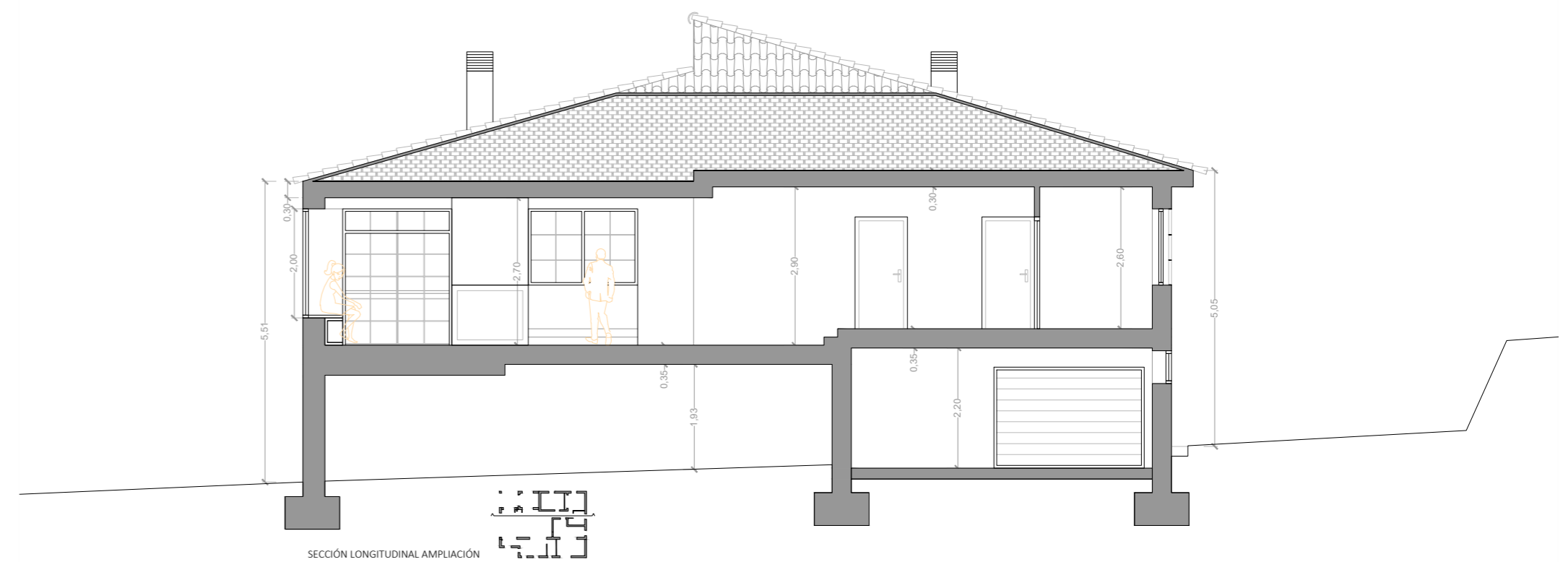
ALZADO SUROESTE ACTUAL



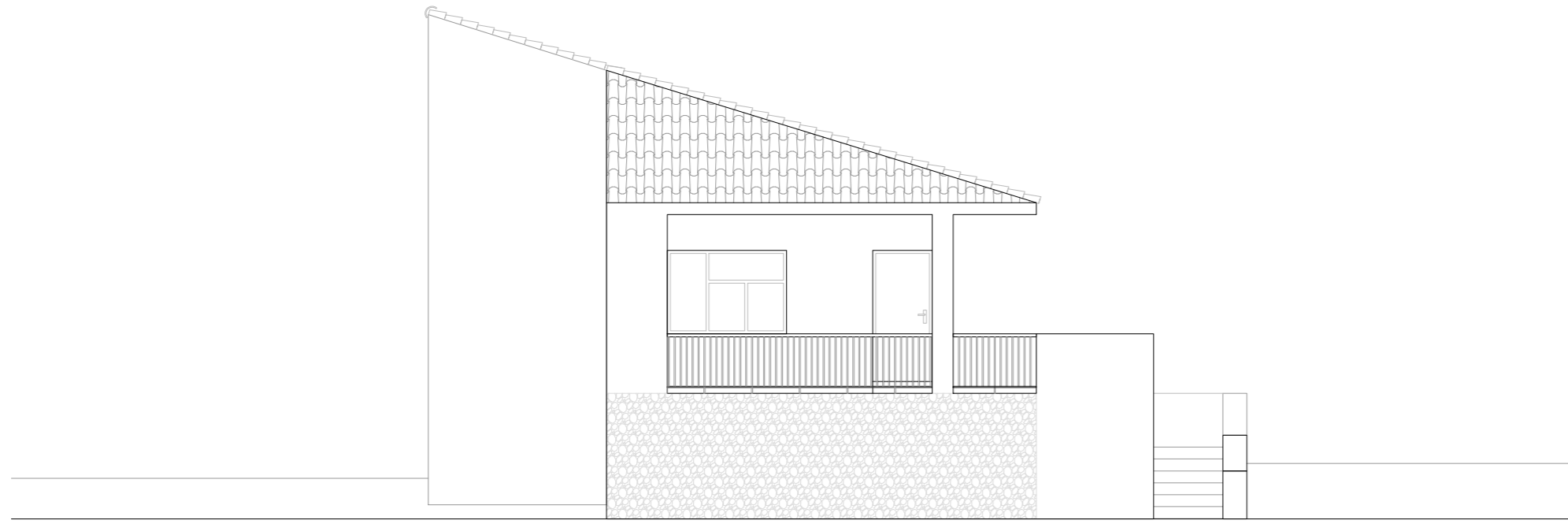
ALZADO SUROESTE AMPLIACIÓN



SECCIÓN LONGITUDINAL ACTUAL



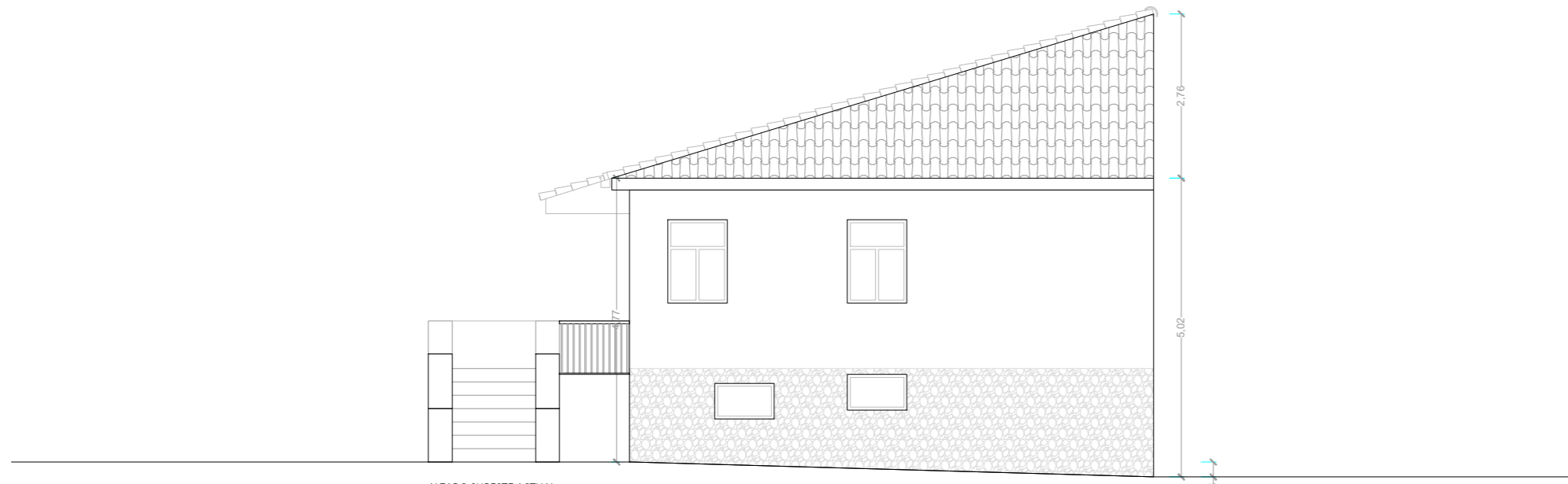
SECCIÓN LONGITUDINAL AMPLIACIÓN



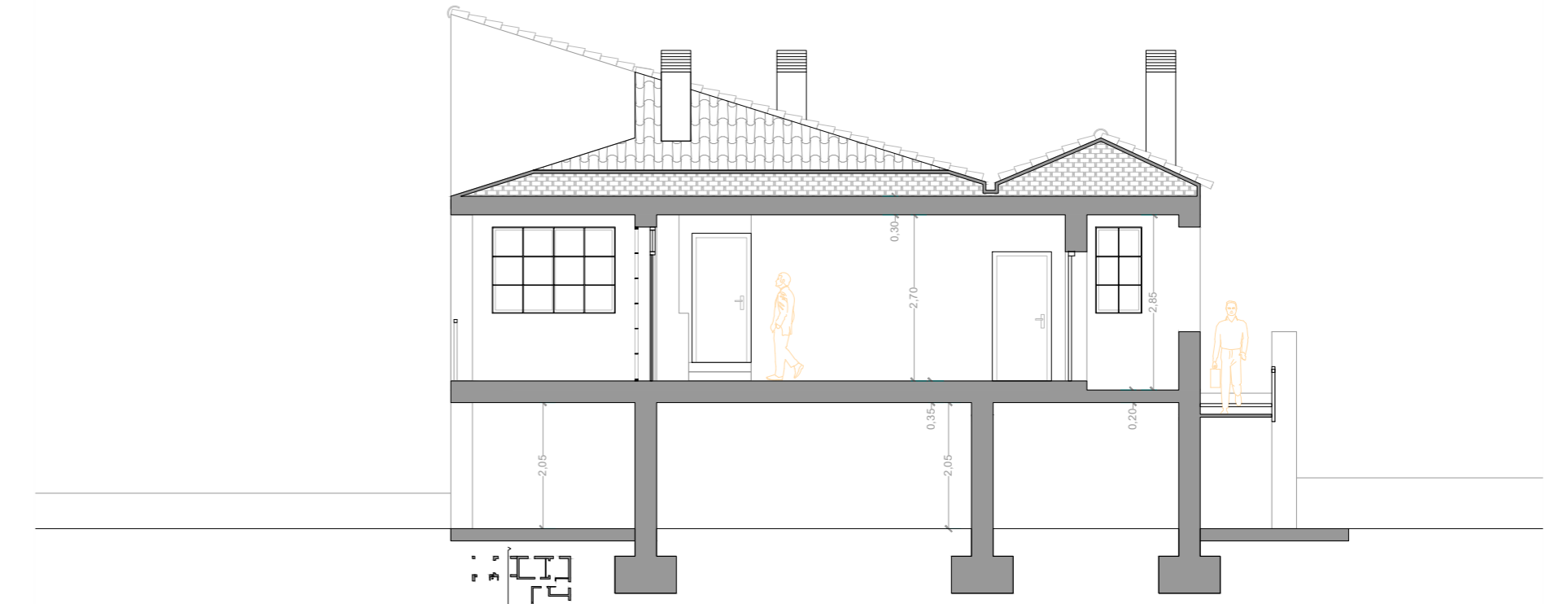
ALZADO NOROESTE ACTUAL



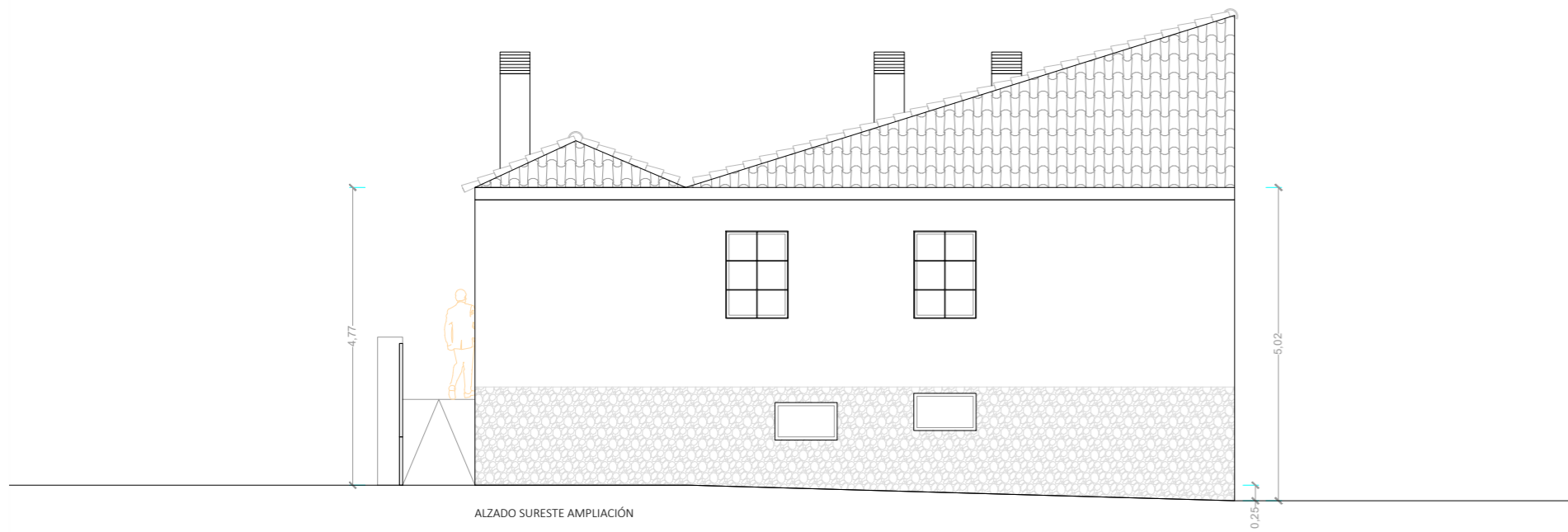
ALZADO NOROESTE AMPLIACIÓN



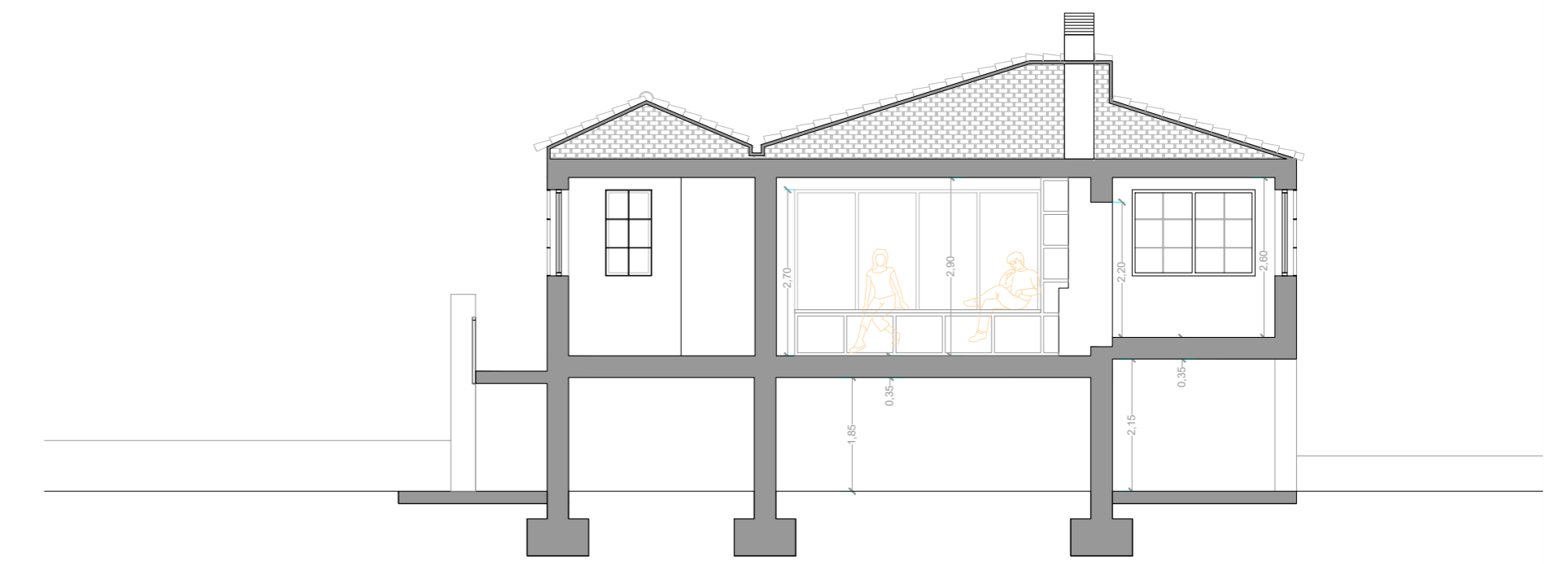
ALZADO SURESTE ACTUAL



SECCIÓN TRASVERSAL AMPLIACIÓN

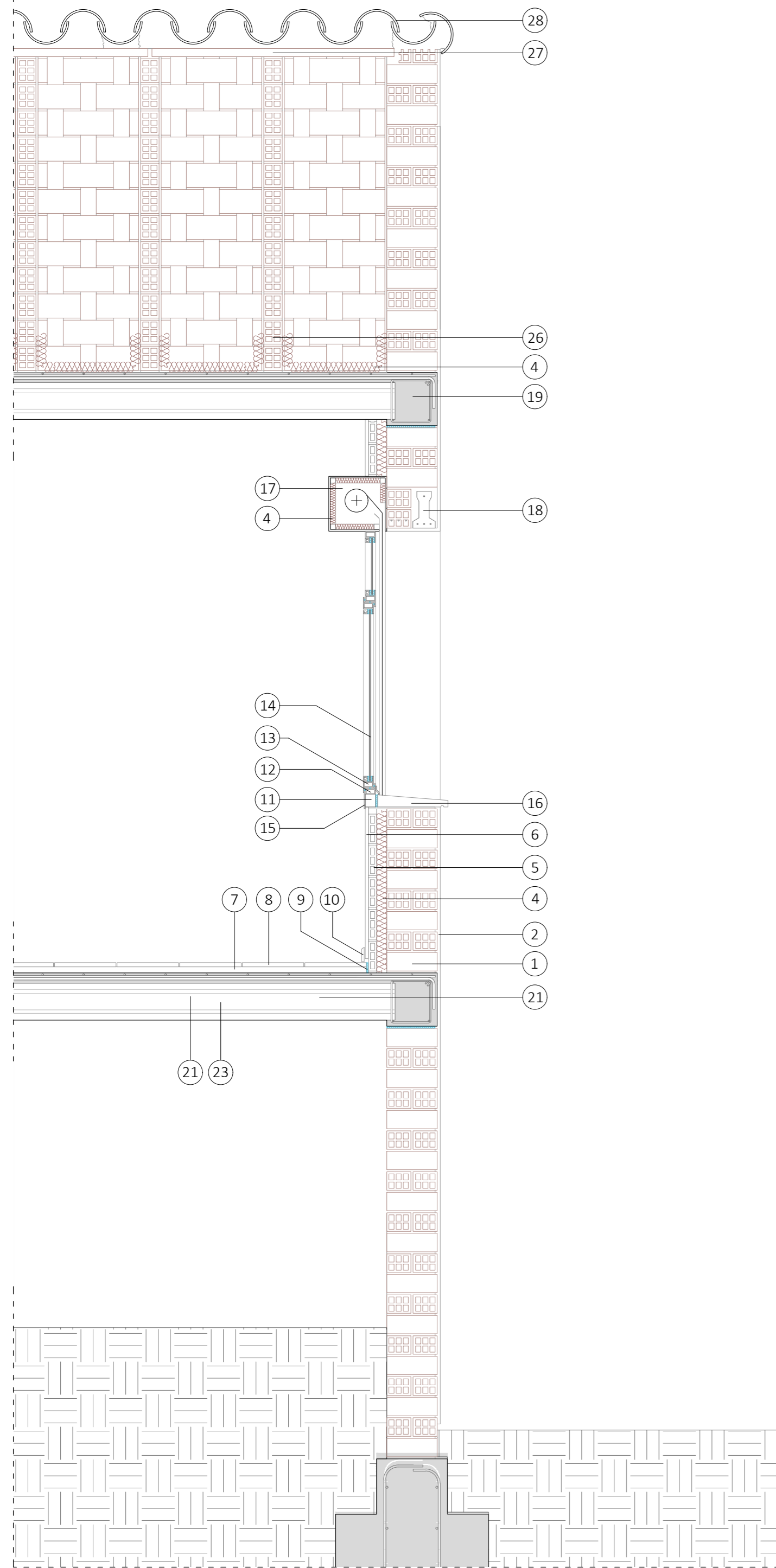


ALZADO SURESTE AMPLIACIÓN

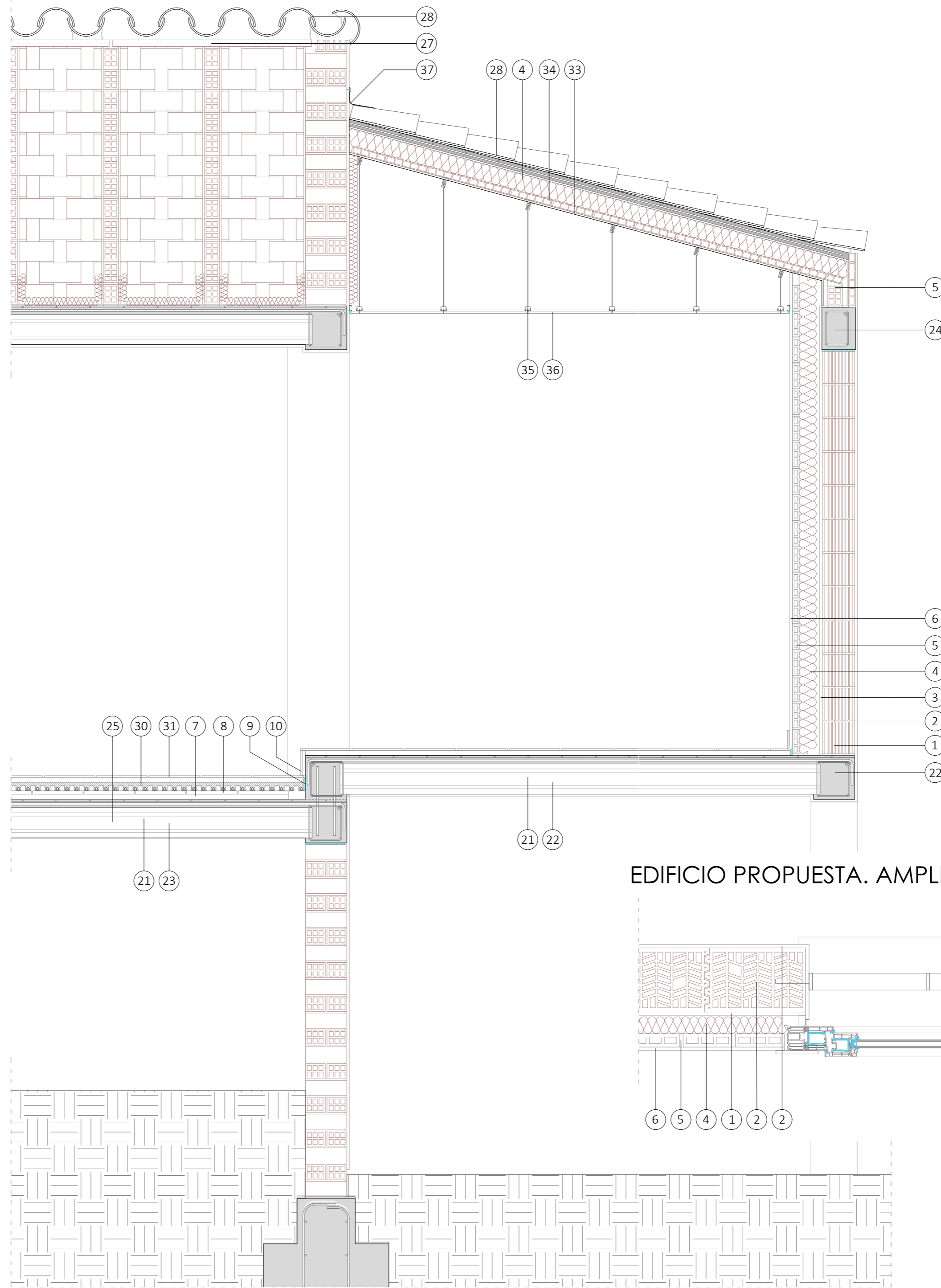


SECCIÓN TRASVERSAL AMPLIACIÓN

## EDIFICIO EXISTENTE. ESTADO ACTUAL



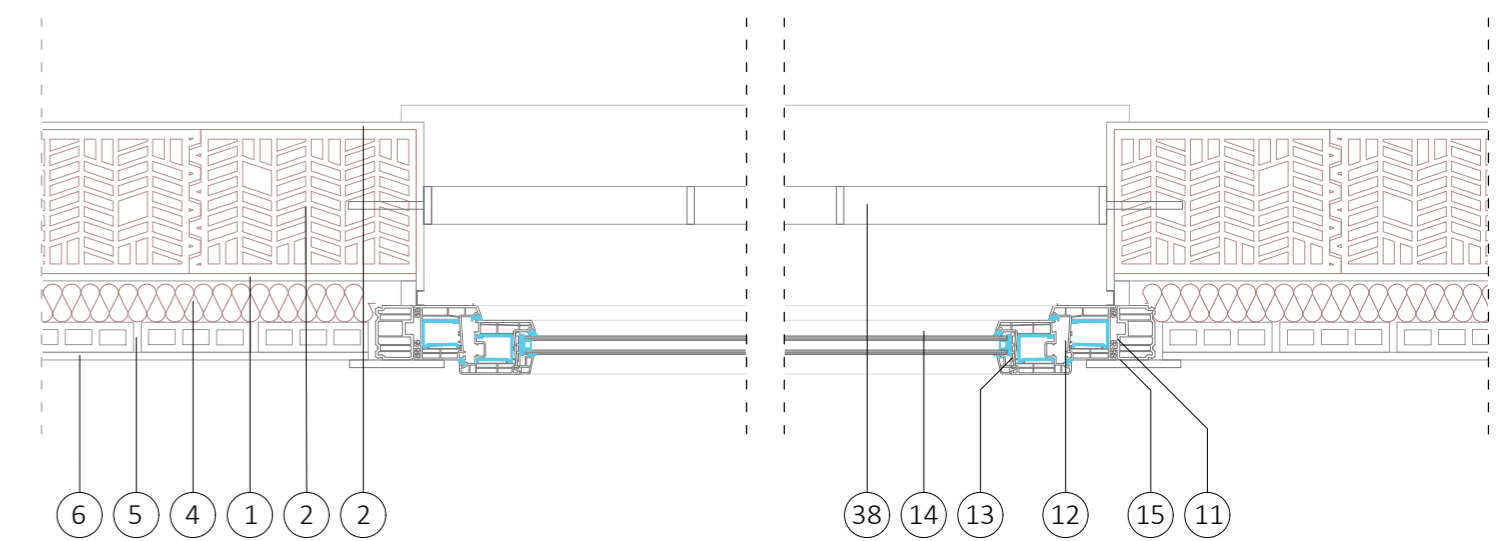
## EDIFICIO PROPUESTA. AMPLIACIÓN DE LA SALA DE ESTUDIO



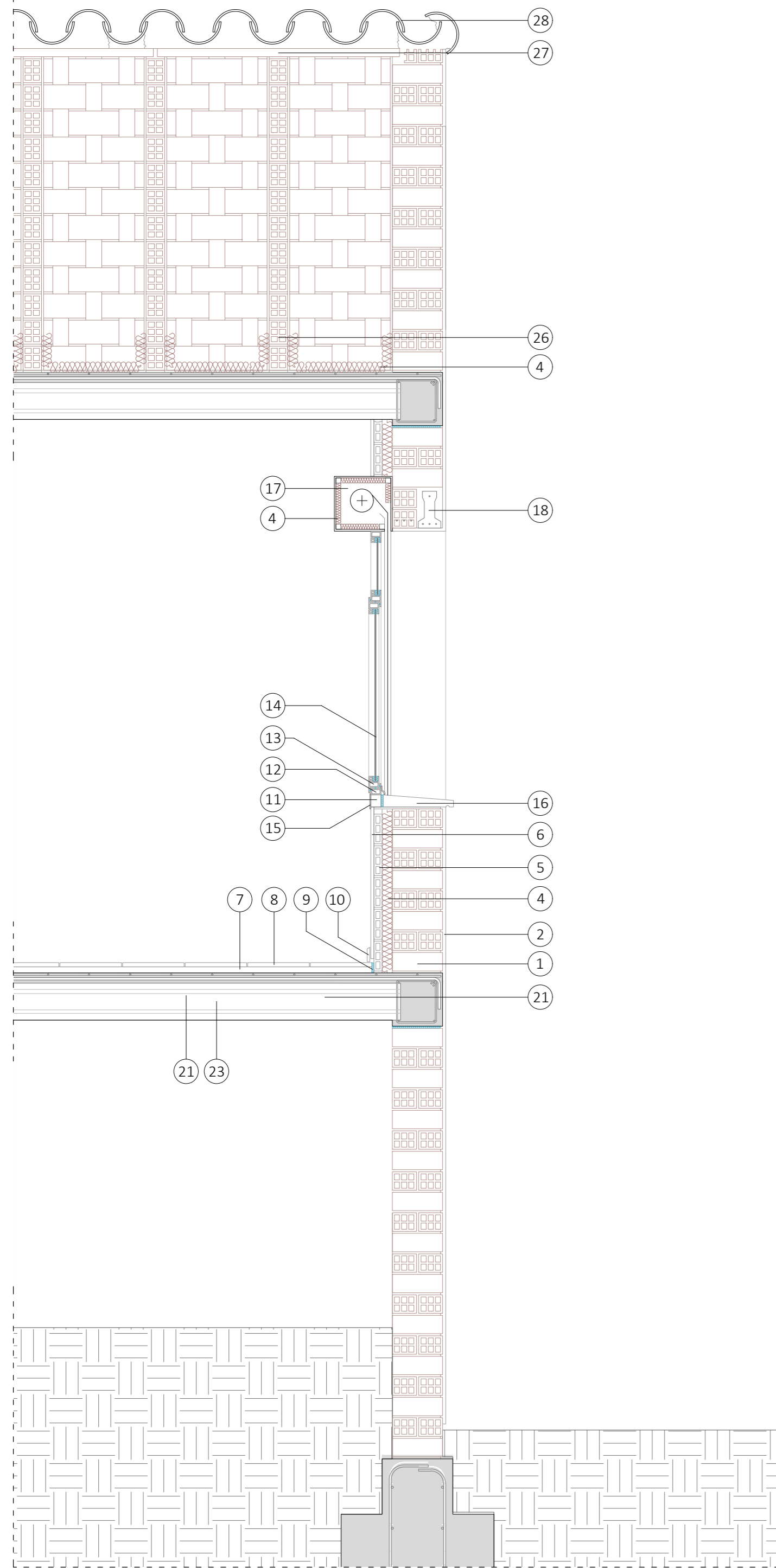
## LEYENDA

1. LADRILLO HUECO DOBLE
2. ENFOSCADO
3. MORTERO HIDROFUGO
4. AISLAMIENTO TERMICO
5. TABIQUE HUECO SIMPLE
6. ENLUCIDO DE YESO
7. LECHO DE ARENA Y MORTERO
8. TERRAZO
9. JUNTA ELASTICA
10. RODAPIE
11. PREMARCO
12. MARCO
13. HOJA
14. VIDRIO
15. TAPAJUNTA
16. VIERTEGUAS
17. CAJONERA PERSIANA
18. DINTEL
19. VIGA DE CORONACION
20. VIGUETA AUTOPORTANTE
21. BOVEDILLA DE POREX
22. BOVEDILLA DE HORMIGON
23. ZUNCHO
24. FORJADO
25. TABIQUE PALOMERO
26. RASILLON
27. TEJA ARABE
28. CANALON
29. SUELO RADIANTE
30. SUELO CERAMICO
31. BLOQUE TERMOARCILLA 19cm
32. IPN ACERO
33. RASILLA
34. SUBESTRUCTURA FALSOTECHO
35. FALSOTECHO
36. LAMINA IMPERMEABLE
37. REJERIA
38. SUBESTRUCTURA AUXILIAR
39. PANEL SANDWICH
40. HORMIGON FOMACION DE PENDIENTE
41. SOLERA

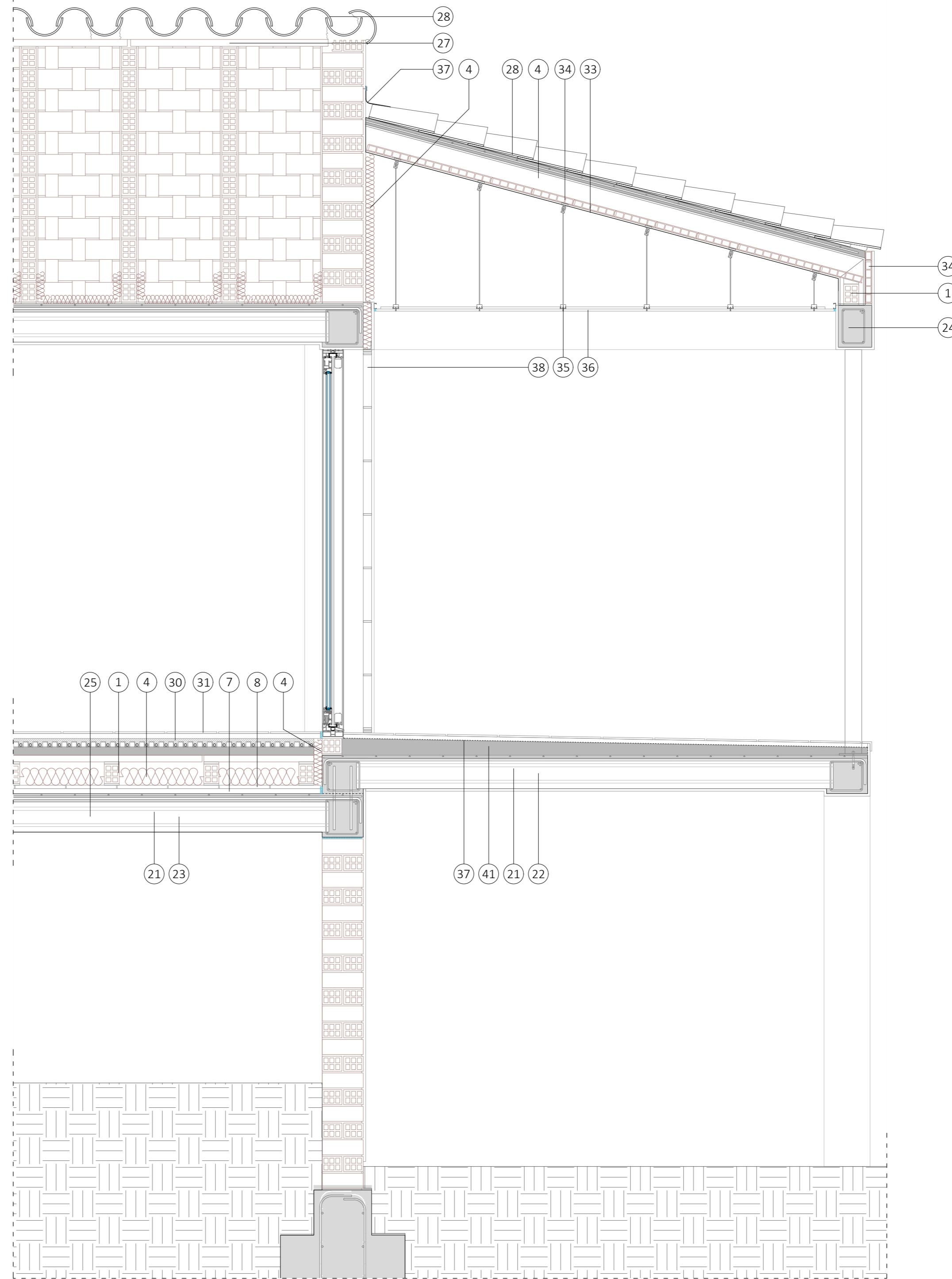
## EDIFICIO PROPUESTA. AMPLIACIÓN DE LA SALA DE ESTUDIO



## EDIFICIO EXISTENTE. ESTADO ACTUAL



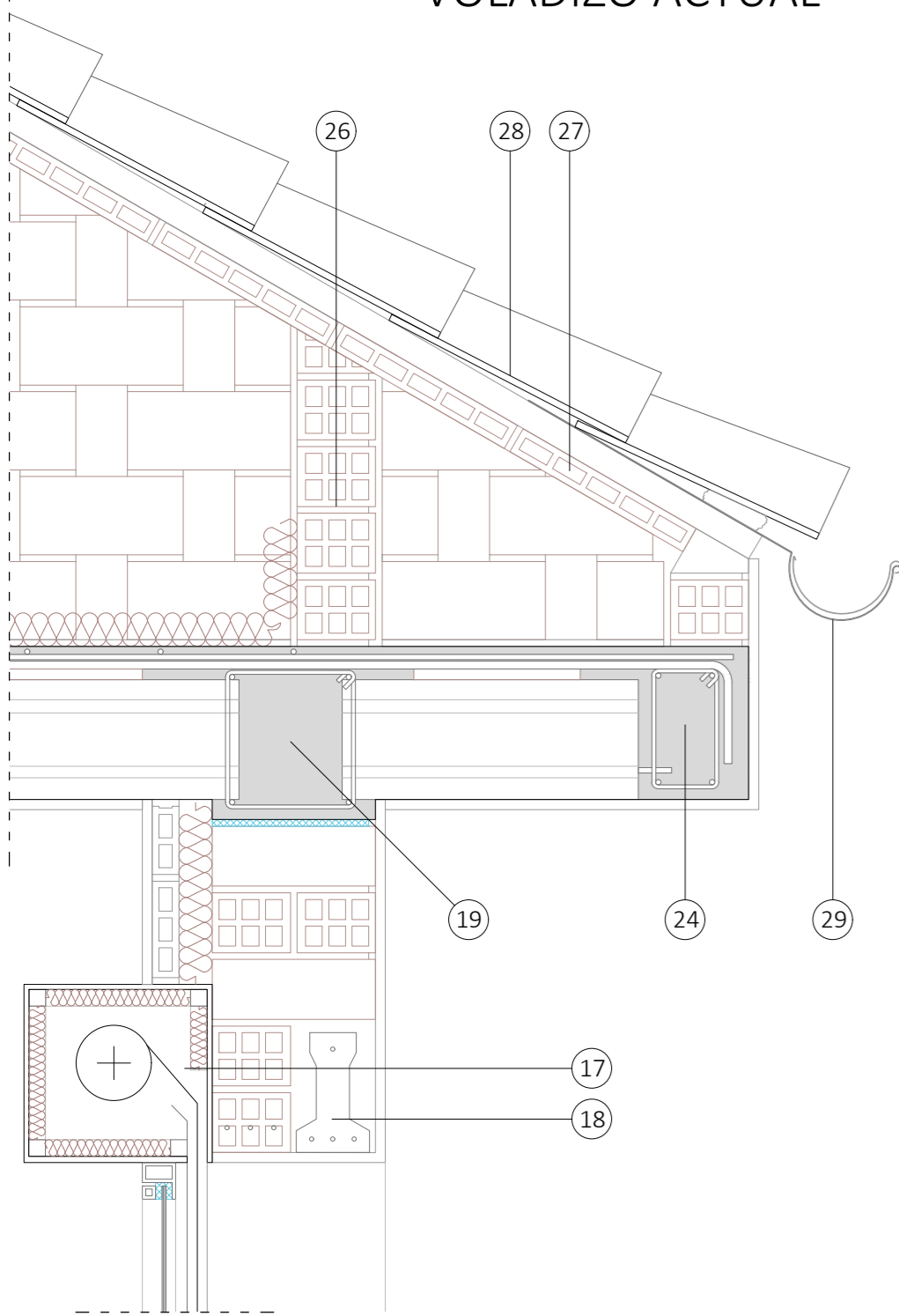
## EDIFICIO PROPUESTA. AMPLIACIÓN DE LA TERRAZA



## LEYENDA

1. LADRILLO HUECO DOBLE
2. ENFOSCADO
3. MORTERO HIDROFUGO
4. AISLAMIENTO TERMICO
5. TABIQUE HUECO SIMPLE
6. ENLUCIDO DE YESO
7. LECHO DE ARENA Y MORTERO
8. TERRAZO
9. JUNTA ELASTICA
10. RODAPIE
11. PREMARCO
12. MARCO
13. HOJA
14. VIDRIO
15. TAPAJUNTA
16. VIERTEGUAS
17. CAJONERA PERSIANA
18. DINTEL
19. VIGA DE CORONACION
21. VIGUETA AUTOPORTANTE
22. BOVEDILLA DE POREX
23. BOVEDILLA DE HORMIGON ZUNCHO
24. ZUNCHO
25. FORJADO
26. TABIQUE PALOMERO
27. RASILLON
28. TEJA ARABE
29. CANALON
30. SUELO RADIANTE
31. SUELO CERAMICO
32. BLOQUE TERMOARCILLA 19cm
33. IPN ACERO
34. RASILLA
35. SUBESTRUCTURA FALSOTECHO
36. FALSOTECHO
37. LAMINA IMPERMEABLE
38. REJERIA
39. SUBESTRUCTURA AUXILIAR
40. PANEL SANDWICH
41. HORMIGON FOMACION DE PENDIENTE
42. SOLERA

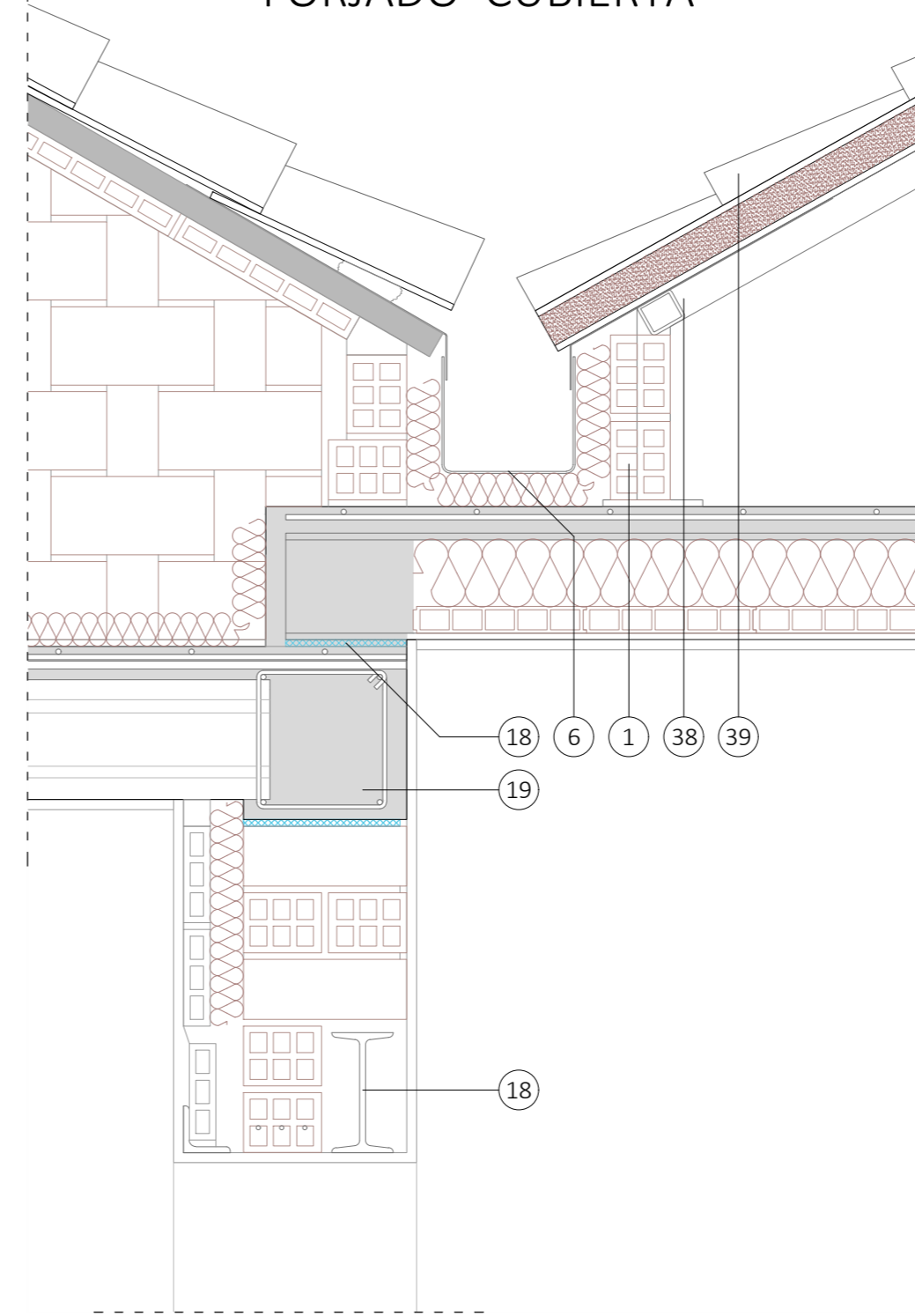
### EDIFICIO EXISTENTE. VOLADIZO ACTUAL



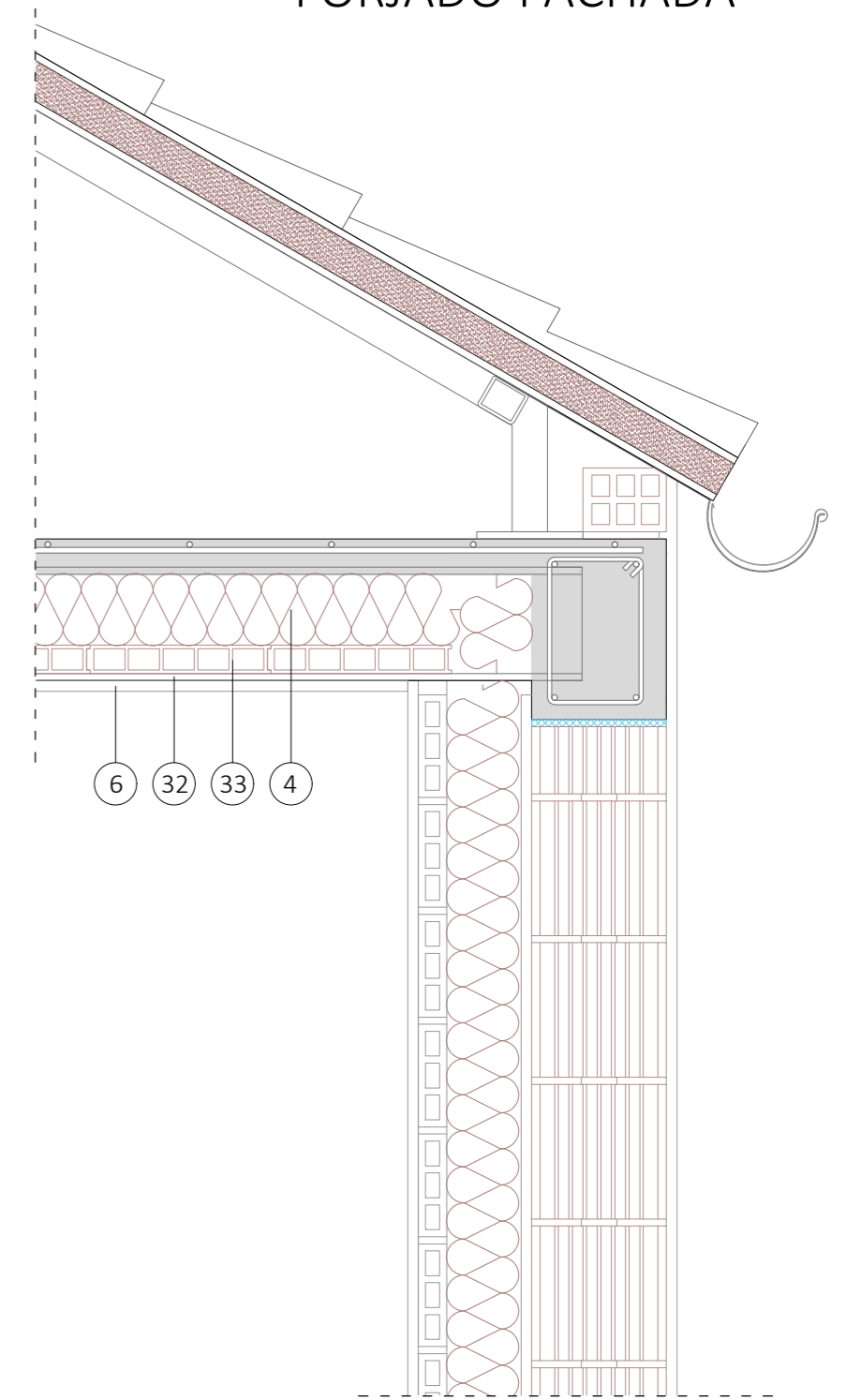
### LEYENDA

- |                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. LADRILLO HUECO DOBLE      | 36. FALSOTECHO                     |
| 2. ENFOSCADO                 | 37. LAMINA IMPERMEABLE             |
| 3. MORTERO HIDROFUGO         | 38. REJERIA                        |
| 4. AISLAMIENTO TERMICO       | 39. SUBESTRUCTURA AUXILIAR         |
| 5. TABIQUE HUECO SIMPLE      | 40. PANEL SANDWICH                 |
| 6. ENLUCIDO DE YESO          | 41. HORMIGON FOMACION DE PENDIENTE |
| 7. LECHO DE ARENA Y MORTERO  | 42. SOLERA                         |
| 8. TERRAZO                   |                                    |
| 9. JUNTA ELASTICA            |                                    |
| 10. RODAPIE                  |                                    |
| 11. PREMARCO                 |                                    |
| 12. MARCO                    |                                    |
| 13. HOJA                     |                                    |
| 14. VIDRIO                   |                                    |
| 15. TAPAJUNTA                |                                    |
| 16. VIERTEAGUAS              |                                    |
| 17. CAJONERA PERSIANA        |                                    |
| 18. DINTEL                   |                                    |
| 19. VIGA DE CORONACION       |                                    |
| 21. VIGUETA AUTOPORTANTE     |                                    |
| 22. BOVEDILLA DE POREX       |                                    |
| 23. BOVEDILLA DE HORMIGON    |                                    |
| 24. ZUNCHO                   |                                    |
| 25. FORJADO                  |                                    |
| 26. TABIQUE PALOMERO         |                                    |
| 27. RASILLON                 |                                    |
| 28. TEJA ARABE               |                                    |
| 29. CANALON                  |                                    |
| 30. SUELO RADIANTE           |                                    |
| 31. SUELO CERAMICO           |                                    |
| 32. BLOQUE TERMOARCILLA 19cm |                                    |
| 33. IPN ACERO                |                                    |
| 34. RASILLA                  |                                    |
| 35. SUBESTRUCTURA FALSOTECHO |                                    |

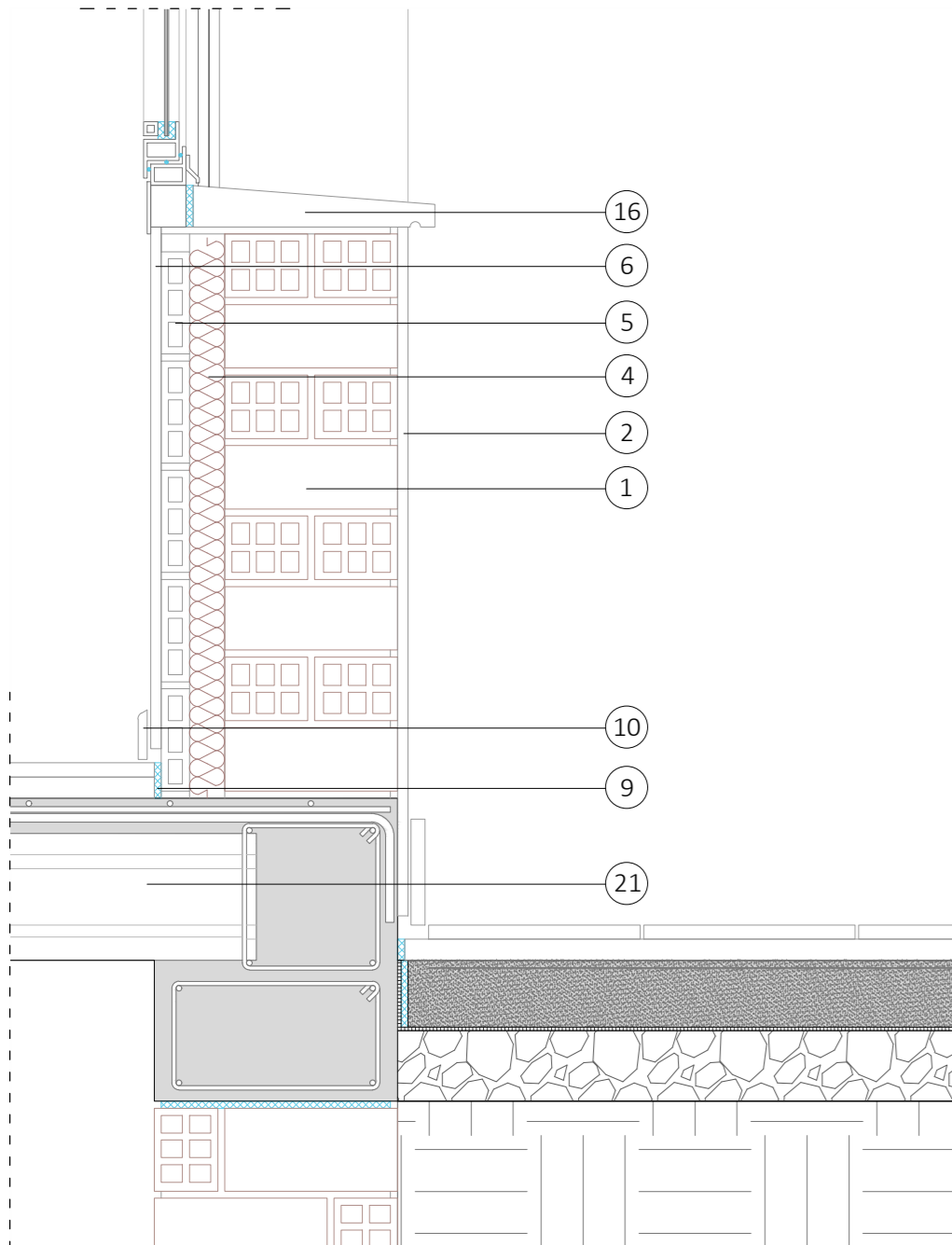
### EDIFICIO PROPUESTA. ENCUENTRO FORJADO CUBIERTA



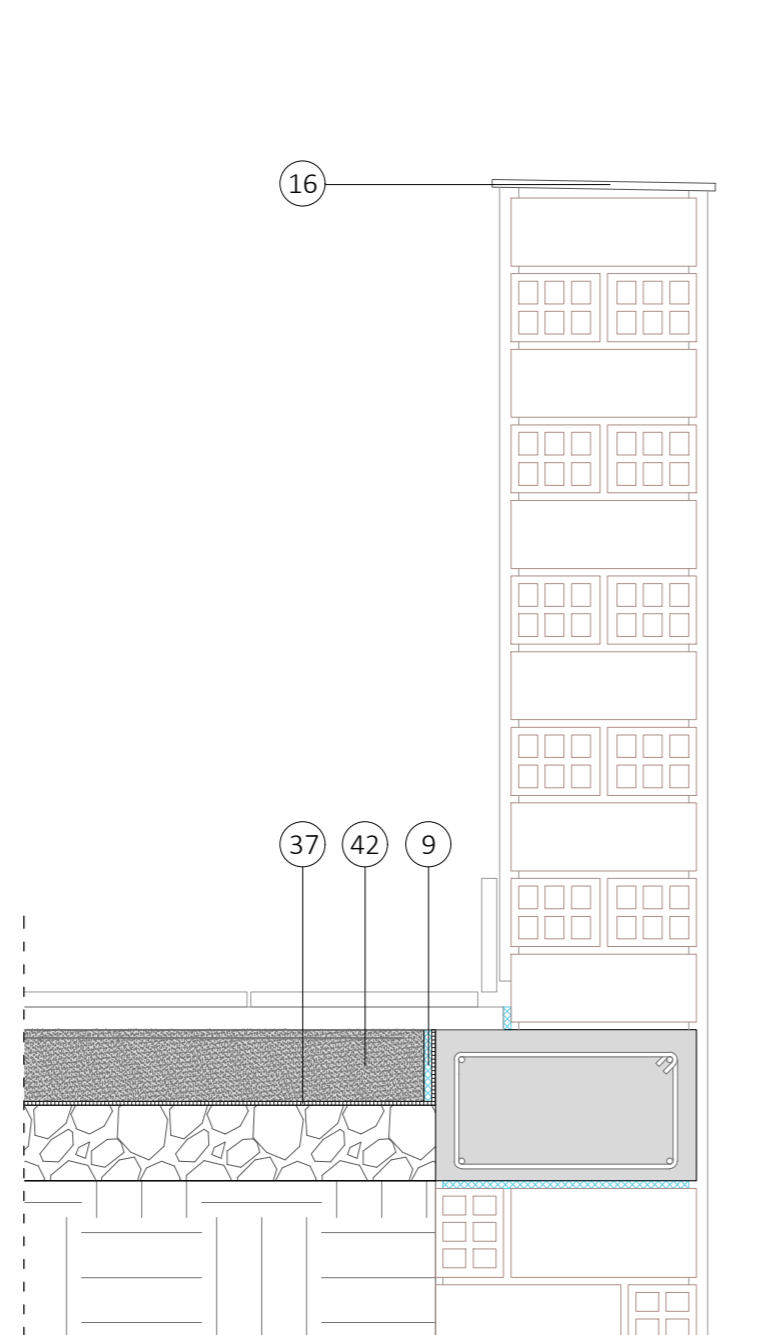
### EDIFICIO PROPUESTA. ENCUENTRO FORJADO FACHADA



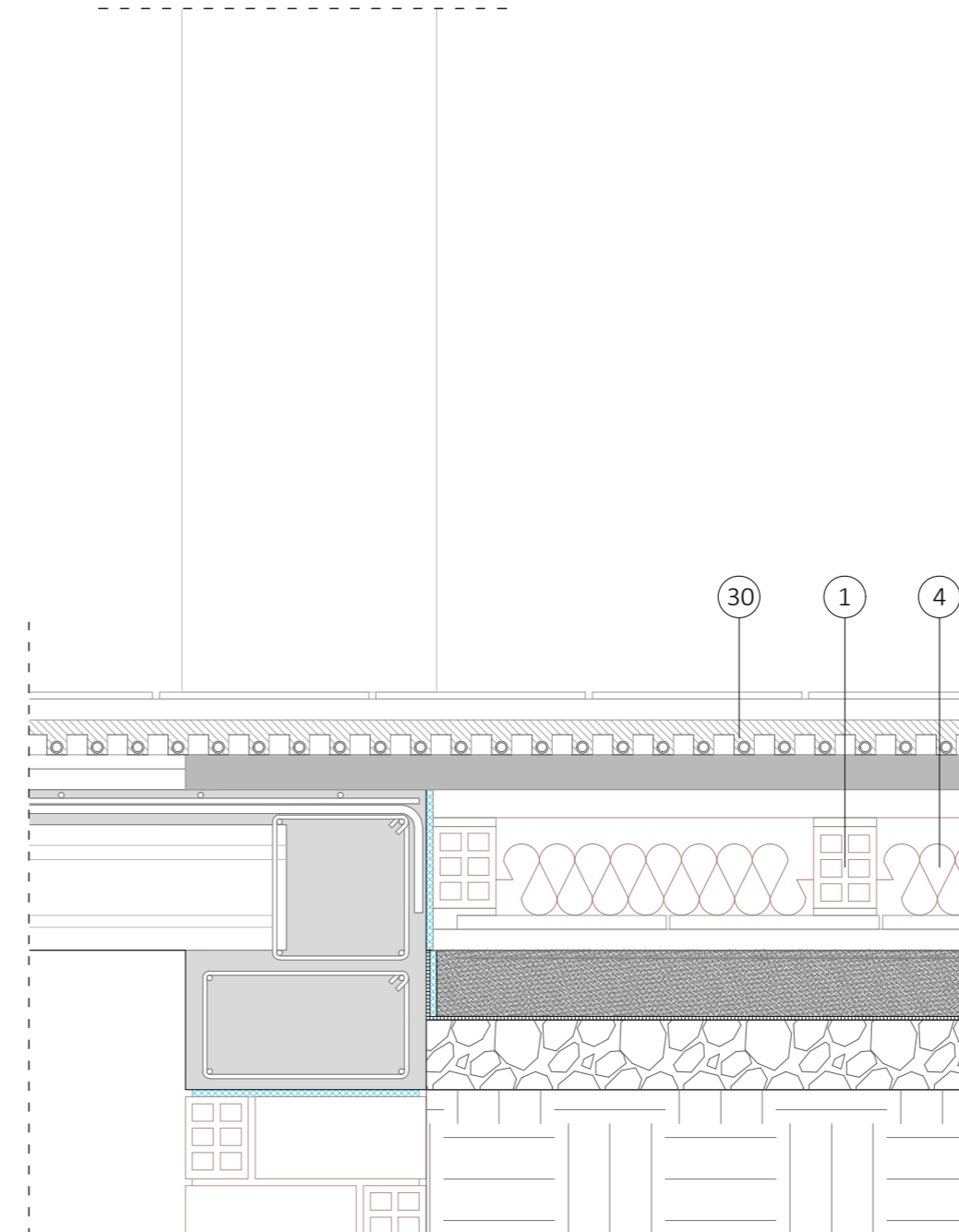
### EDIFICIO EXISTENTE. TERRAZA



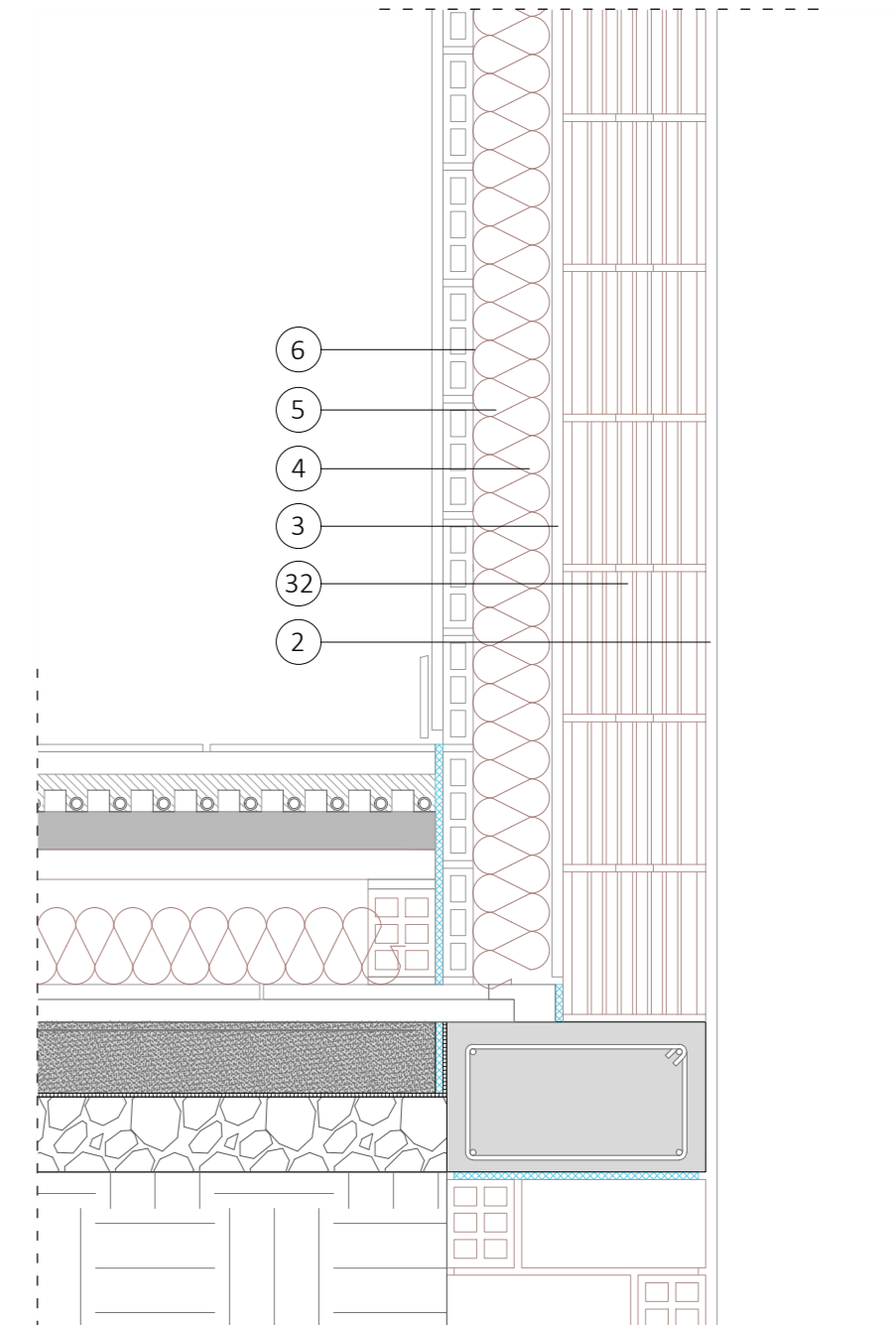
### EDIFICIO EXISTENTE. ANTEPECHO



### EDIFICIO PROPUESTA. AMPLIACIÓN COCINA



### EDIFICIO PROPUESTA. FACHADA





## ANEXO II. CALCULO DE CLIMATIZACIÓN

### 1. CARGAS DE LA INSTALACIÓN

#### 1.1. VARIABLES FUNDAMENTALES

Para determinar con precisión todas las propiedades psicrométricas del aire en unas ciertas condiciones se debe partir de tres variables independientes. Para ello, nos tomaremos los datos guía técnica redactada por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía: Condiciones climáticas exteriores de proyecto.

- Para el verano la temperatura seca y la temperatura húmeda coincidente.
- Para el invierno la temperatura seca y la humedad relativa coincidente.

La tercera variable en ambos casos será la presión total a considerar, que depende fundamentalmente de la altura sobre el nivel del mar de la localidad, y para la cual se propone la siguiente expresión:

$P_t = 101.325 (1 - 2,25577 \cdot 10^{-5} \cdot z)^{5,2559}$  donde: z: altura sobre el nivel del mar (m)

Según la normativa UNE 100014:2004: "Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo", donde se indican los niveles de percentiles estacionales (NPE) a utilizar para el cálculo de las cargas térmicas de un edificio.

Para el cálculo de las cargas térmicas máximas de invierno, las temperaturas secas a considerar son las correspondientes a los siguientes niveles:

- TS<sub>99,6</sub> (°C) para hospitales, clínicas, residencias de ancianos, centros de cálculo y cualquier otro espacio que el técnico proyectista considere necesario que tenga este grado de cobertura.
- TS<sub>99</sub> (°C) para todos los tipos de edificios y espacios no mencionados anteriormente.

Para el cálculo de las cargas térmicas máximas de verano, las temperaturas seca y húmeda coincidente a considerar son las correspondientes a los siguientes niveles:

- TS<sub>0,4</sub> (°C), THC<sub>0,4</sub> (°C) para hospitales, clínicas, residencias de ancianos, centros de cálculo y cualquier otro espacio que el técnico proyectista considere necesario que tenga este grado de cobertura.
- TS<sub>1</sub> (°C), THC<sub>1</sub> (°C) para todos los tipos de edificios y espacios no mencionados anteriormente.

Tabla: Guía Técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto. IDAE

Provincia	Estación	Indicativo
Badajoz	Badajoz (Talavera-Base Aérea)	4452

**UBICACIÓN: AEROPUERTO**

**Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO**

a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
185	38°53'00"	06°49'45"W	87.600 (1998-2007)	(3) 29.200 (1998-2007)	14.600 (1998-2007)	

**CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)**

TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-7,2	-1,0	0,3	15,9	92	39,4

**CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)**

TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
44,8	38,4	23,2	36,8	22,9	35,2	22,5	19,7

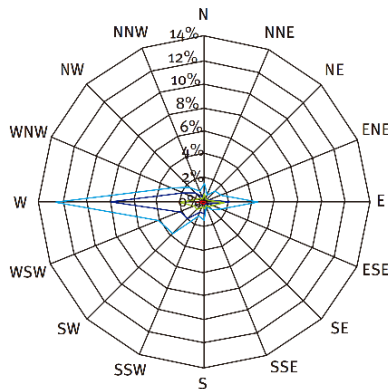
**CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)**

TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)
24,0	37,1	23,4	36,6	22,6	35,6

**VALORES MEDIOS MENSUALES**

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	8,1	9,9	217	370	0		8,4
Febrero	10,1	12,2	150	282	0		10,1
Marzo	13,2	15,4	94	218	8		13,5
Abril	15,0	17,1	61	167	17		17,0
Mayo	19,1	21,2	22	91	63		21,1
Junio	24,2	26,6	2	26	152		26,8
Julio	26,0	28,4	0	15	201		29,7
Agosto	26,0	28,3	0	13	197		29,6
Septiembre	22,6	25,3	2	32	110		25,5
Octubre	17,7	20,2	24	102	30		19,3
Noviembre	12,1	14,2	108	240	1		13,1
Diciembre	9,0	10,9	189	341	0		9,6

Rosa de los vientos: velocidad media 2,92 m/s



Valores normales. Periodo 1971-2000. Badajoz. Talavera la Real  
Rosa de los vientos. Anual

- 0,5-2 m/s
- 2-4 m/s
- 4-8 m/s
- > 8 m/s

Calmas: 23%

## 1.2. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO

- Cálculo de pérdidas térmicas para un espacio calefactado

$$P_{\text{Total}} = [(P_{\text{Transmisión}} + P_{\text{Ventilación}}) \cdot f_1] + P_{\text{Intermitencia}}$$

$P_{\text{Total}}$  = pérdida térmica de diseño totales en un espacio calefactado (W).

$P_{\text{Ventilación}}$  = pérdida térmica de diseño por transmisión en un espacio calefactado (W).

$P_{\text{Transmisión}}$  = pérdida térmica de diseño por ventilación en un espacio calefactado (W).

$f_1$  = factor de corrección de la temperatura, según norma UNE-EN 12831-2003.

- o Normal = 1,00
- o Más elevada = 1,60

$P_{\text{Intermitencia}}$  = capacidad de calentamiento necesaria para compensar los efectos del calentamiento intermitente del espacio calefactado (W).

- Pérdida térmica de diseño por trasmisión.

$$P_{\text{Transmisión}} = \sum S_n \cdot U_n \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \cdot f_2$$

$S_n$  = superficie del componente n del cerramiento del recinto (m<sup>2</sup>).

$U_n$  = transmitancia térmica del componente n del cerramiento del edificio (W/m<sup>2</sup>·K).

$f_2$  = factor de corrección del salto térmico en el componente n del cerramiento del edificio, a partir de la diferencia entre la temperatura del caso apropiado considerado y la temperatura exterior de diseño.

- Pérdida térmica de diseño por ventilación.

$$P_{\text{Ventilación}} = 0,34 \cdot Q_n \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$Q_n$  = caudal mínimo de ventilación en los locales de admisión de aire (m<sup>3</sup>/h), según DB-HS3.

- Pérdida térmica de diseño por ventilación.

$$P_{\text{Intermitencia}} = A_n \cdot f_{RH}$$

$A_n$  = superficie útil del espacio calefactado ( $m^2$ ).

$f_{RH}$  = factor de corrección que depende del tiempo de recalentamiento y de la caída de temperatura interna asumida durante la desconexión ( $W/m^2$ ).

Factor recalentamiento,  $f_{RH}$  para edificios residenciales parada nocturna máximo 8h.

Tiempo de recalentamiento en horas	$f_{RH} W/m^2$		
	Caída de temperatura interior asumida durante la desconexión <sup>(1)</sup>		
	1K	2K	3K
	Masa del edificio alta	Masa del edificio alta	Masa del edificio alta
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

<sup>(1)</sup> En edificios estancos y bien aislados, no es frecuente asumir una caída de la temperatura mayor de 2K a 3K durante la parada nocturna. Dependerá de las condiciones climáticas y de la masa térmica del edificio.

### 1.3. CÁLCULO DE PERDIDAS

- 1.3.1 Datos del edificio

	CERRAMIENTO	LONGITUD	ALTURA	SUPERFICIE	SUPERFICIE TOTAL
	Muro nuevo Sur	3,40	3,00	10,20	10,20
	Muro SATE Sur	2,00	3,00	6,00	14,25
	Ventana Sur	1,00	1,20	1,20	1,20
	Muro nuevo Oeste	5,15	3,00	15,45	13,05
DORMITORIO	Ventana Oeste	2,00	1,20	2,40	2,40
Y BAÑO 1	Suelo Nivelación			15,50	15,50
	Suelo Actual			15,95	15,95
	Techo Nuevo			15,50	15,50
	Techo Actual			15,95	15,95
	Muro SATE Sur	2,60	3,00	7,80	6,60
	Ventana Sur	1,00	1,20	1,20	1,20
BAÑO 2	Suelo Actual			6,55	6,55
	Techo Actual			6,55	6,55
	Muro SATE Sur	3,15	3,00	9,45	9,45
	Muro SATE Este	3,75	3,00	11,25	10,05
DORMITORIO 2	Ventana Este	1,00	1,20	1,20	1,20
	Suelo Actual			11,35	11,35
	Techo Actual			11,35	11,35
	Muro SATE Este	4,30	3,00	12,90	11,70
	Ventana Este	1,00	1,20	1,20	1,20
DORMITORIO 3	Suelo Actual			13,10	13,10
	Techo Actual			13,10	13,10
	Muro SATE Este	3,80 -2,40	3,00	4,20	1,80
	Ventana Este	2,00	1,20	2,40	2,40
	Muro nuevo Norte	2,9	3,00	8,70	6,30
SALA ESTUDIO	Ventana Norte	2,00	1,20	2,40	2,40
	Suelo Actual			9,10	9,10
	Techo Actual			9,10	9,10
	Muro nuevo Este	3,40	3,00	10,20	6,00
	Ventana Este	2,00	2,10	4,20	4,20
SALON -	Muro nuevo Norte	7,35	3,00	22,05	16,05
COMEDOR	Ventana Norte	4,00	1,50	6,00	6,00
	Muro nuevo Oeste	3,40	3,00	10,20	10,20
	Suelo Actual			46,75	46,75
	Techo Actual			46,75	46,75
	Muro nuevo Norte	1,85	3,00	5,55	4,65
	Ventana Norte	0,75	1,20	0,90	0,90
	Muro nuevo Oeste	7,35	3,00	22,05	16,05
COCINA	Ventana Oeste	4,00	1,50	6,00	6,00
	Suelo Nivelación			14,70	14,70
	Techo Nuevo			14,70	14,70
	Muro nuevo Oeste	1,85	3,00	5,55	4,65
	Ventana Oeste	0,75	1,20	0,90	0,90
DESPENSA	Suelo Nivelación			5,00	5,00
	Techo Nuevo			5,00	5,00

- 1.3.2 Pérdida térmica de diseño por transmisión

	CERRAMIENTO	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	f <sub>2</sub>	f <sub>2</sub> ·A·U	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>ext</sub> (°C)	P <sub>transmisión</sub> (W)	
	Muro nuevo Sur	0,31	1,00	3,16	23,00	0,30	71,78	
	Muro SATE Sur	0,22	1,00	3,14	23,00	0,30	71,16	
	Ventana Sur	2,70	1,00	3,24	23,00	0,30	73,55	
	Muro nuevo Oeste	0,31	1,00	4,05	23,00	0,30	91,83	
DORMITORIO Y BAÑO 1	Ventana Oeste	2,70	1,00	6,48	23,00	0,30	147,10	<b>1015,56</b>
	Suelo Nivelación	0,19	1,00	2,95	23,00	0,30	66,85	
	Suelo Actual	0,62	1,26	12,46	23,00	0,30	282,85	
	Techo Nuevo	0,29	0,90	4,05	23,00	0,30	91,83	
	Techo Actual	0,26	1,26	5,23	23,00	0,30	118,61	
	Muro SATE Sur	0,22	1,00	1,45	23,00	0,30	32,96	
	Ventana Sur	2,70	1,00	3,24	23,00	0,30	73,55	
BAÑO 2	Suelo Actual	0,62	1,26	5,12	23,00	0,30	116,15	<b>271,37</b>
	Techo Actual	0,26	1,26	2,15	23,00	0,30	48,71	
	Muro SATE Sur	0,22	1,00	2,08	23,00	0,30	47,19	
	Muro SATE Este	0,22	1,00	2,21	23,00	0,30	50,19	
DORMITORIO 2	Ventana Este	2,70	1,00	3,24	2,00	0,30	5,51	<b>388,57</b>
	Suelo Actual	0,62	1,26	8,87	23,00	0,30	201,27	
	Techo Actual	0,26	1,26	3,72	23,00	0,30	84,40	
	Muro SATE Este	0,22	1,00	2,57	23,00	0,30	58,43	
	Ventana Este	2,70	1,00	3,24	23,00	0,30	73,55	
DORMITORIO 3	Suelo Actual	0,62	1,26	10,23	23,00	0,30	232,31	<b>461,70</b>
	Techo Actual	0,26	1,26	4,29	23,00	0,30	97,42	
	Muro SATE Este	0,22	1,00	0,40	23,00	0,30	8,99	
	Ventana Este	2,70	1,00	6,48	23,00	0,30	147,10	
	Muro nuevo Norte	0,31	1,00	1,95	23,00	0,30	44,33	
SALA ESTUDIO	Ventana Norte	2,70	1,00	6,48	23,00	0,30	147,10	<b>506,57</b>
	Suelo Estudio	0,38	1,00	3,46	23,00	0,30	78,50	
	Techo Estudio	0,39	1,00	3,55	23,00	0,30	80,56	
	Muro nuevo Este	0,31	1,00	1,86	23,00	0,30	42,22	
	Ventana Este	2,70	1,00	11,34	23,00	0,30	257,42	
SALON - COMEDOR	Muro nuevo Norte	0,31	1,40	6,97	23,00	0,30	158,12	
	Ventana Norte	2,70	1,00	16,20	23,00	0,30	367,74	<b>2073,97</b>
	Muro nuevo Oeste	0,31	1,00	3,16	23,00	0,30	71,78	
	Suelo Actual	0,62	1,26	36,52	23,00	0,30	829,03	
	Techo Actual	0,26	1,26	15,32	23,00	0,30	347,66	
	Muro nuevo Norte	0,31	1,00	1,44	23,00	0,30	32,72	
	Ventana Norte	2,70	1,00	2,43	23,00	0,30	55,16	
	Muro nuevo Oeste	0,31	1,00	4,98	23,00	0,30	112,94	
COCINA	Ventana Oeste	2,70	1,00	16,20	23,00	0,30	367,74	<b>712,72</b>
	Suelo Nivelación	0,19	0,9	2,51	23,00	0,30	57,06	
	Techo Nuevo	0,29	0,9	3,84	23,00	0,30	87,09	
	Muro nuevo Oeste	0,31	1,00	1,44	23,00	0,30	32,72	
	Ventana Oeste	2,70	1,00	2,43	23,00	0,30	55,16	
DESPENSA	Suelo Nivelación	0,19	0,9	0,86	23,00	0,30	19,41	<b>136,92</b>
	Techo Nuevo	0,29	0,9	1,31	23,00	0,30	29,62	

- 1.3.3 Pérdida térmica de diseño por ventilación

El Documento Básico HS3 del Código Técnico de la Edificación establece los caudales mínimos de ventilación de las viviendas. Los caudales de ventilación en impulsión y extracción vienen dados en la Tabla 2.1., donde se considera que el aire entra a la vivienda por las habitaciones y el salón y sale por los aseos y la cocina.

Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables

Tipo de vivienda	Caudal mínimo $q_v$ en l/s				
	Locales secos <sup>(1) (2)</sup>			Locales húmedos <sup>(2)</sup>	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores <sup>(3)</sup>	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorio	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor.

(2) Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente.

(3) Otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Nuestra vivienda, por tanto:

Locales	Nº	Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s	
		Por estancia	Total
Dormitorios principal	1	8 l/s	9 l/s Impulsión
Resto de dormitorios	2	4 l/s	12 l/s Impulsión
Salón de estar-comedor	1	10 l/s	12 l/s Impulsión
Aseos y cuartos de baño	2	8 l/s, mínimo 33 l/s	33 l/s Extracción
Cocinas	1	8 l/s, mínimo 33 l/s	

Resulta:

	Caudal de admisión $m^3/h$	$T_{int}$ (°C)	$T_{ext}$ (°C)	$P_{ventilación}$ (W)
Dormitorio 1	20 l/s = 72 $m^3/h$	23	0,3	<b>285</b>
Baño 1	0	23	0,3	<b>0</b>
Baño 2	0	23	0,3	<b>0</b>
Dormitorio 2	10 l/s = 36 $m^3/h$	23	0,3	<b>171</b>
Dormitorio 3	10 l/s = 36 $m^3/h$	23	0,3	<b>171</b>
Sala Estudio	0	23	0,3	<b>0</b>
Salón-Comedor	26 l/s = 93,6 $m^3/h$	23	0,3	<b>342</b>
Cocina	0	23	0,3	<b>0</b>
Despensa	0	23	0,3	<b>0</b>

- 1.3.4 Pérdida térmica de diseño por intermitencia

	SUPERFICIE (m2)	$f_{RH}$	$P_{Intermitencia}$ (W)
DORMITORIO			
Y BAÑO 1	31,45	11	<b>345,95</b>
BAÑO 2	6,55	11	<b>72,05</b>
DORMITORIO 2	11,35	11	<b>124,85</b>
DORMITORIO 3	13,10	11	<b>144,1</b>
SALA ESTUDIO	9,10	11	<b>100,1</b>
SALÓN-COMEDOR	46,75	11	<b>514,25</b>
COCINA	14,70	11	<b>161,7</b>
DESPENSA	5,00	11	<b>55</b>

- 1.3.5 Pérdida térmica de diseño total.

	$P_{Transmisión}$ (W)	$P_{Ventilación}$ (W)	$P_{Pérdida térmica}$ (W)	$P_{Intermitencia}$ (W)	$P_{Carga térmica}$ (W)
DORMITORIO Y BAÑO 1	1015,56	250	<b>1265,56</b>	345,95	<b>1611,51</b>
BAÑO 2	271,37	0	<b>271,37</b>	72,05	<b>343,42</b>
DORMITORIO 2	388,57	167	<b>555,57</b>	124,85	<b>680,42</b>
DORMITORIO 3	461,70	167	<b>628,70</b>	144,1	<b>772,80</b>
SALA DE ESTUDIO	506,57	0	<b>506,57</b>	100,1	<b>606,67</b>
SALON-COMEDOR	2073,97	334	<b>2407,97</b>	514,25	<b>2922,22</b>
COCINA	712,72	0	<b>712,72</b>	161,7	<b>874,42</b>
DESPENSA	136,92	0	<b>136,92</b>	55	<b>191,92</b>
TOTAL	<b>5567,37</b>	<b>918,00</b>	<b>6485,37</b>	<b>1518,00</b>	<b>8003,37</b>



## 2. CALEFACCIÓN RADIANTE

### 2.1. CÁLCULO

Baldosa cerámica ( $e \approx 10\text{mm}$ )  $\rightarrow R_{\lambda,B} = 0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

Capa de mortero autonivelante de elevada conductividad térmica ( $e \approx 45\text{mm}$ )  $\rightarrow \lambda_E \approx 2 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$

Separación entre tubos.

S (sep. Tubos)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
B	6,70				
$a_B$	1,14				
$a_W$	1,22				
$a_U$	1,070	1,062	1,056	1,050	1,039
$a_D$	1,013	1,028	1,039	1,045	1,053
$m_W$	0,333	-0,333	-1	-1,667	-3
$m_U$	0				
$m_D$	-1				
$B \cdot \pi \cdot a_i^{mi}$	8,0932	6,9627	6,0178	5,2257	3,9589

$$q = B \cdot a_B \cdot a_W^{mW} \cdot a_U^{mU} \cdot a_D^{mD} \cdot \Delta T_H$$

Se realizan los cálculos según el recinto con demanda de flujo de calor por unidad de superficie más elevada:

$$\text{SALA DE ESTUDIO} \rightarrow q = 55,67 \text{ W}/\text{m}^2$$

RECINTO	ÁREA (m2)	CARGA (W)	q (W/m2)
DORMITORIO Y BAÑO 1	31,45	1265,56	40,24
BAÑO 2	6,55	271,37	41,43
DORMITORIO 2	11,35	555,57	48,95
BDORMITORIO 3	13,10	628,70	47,99
SALA ESTUDIO	9,10	506,57	55,67
SALÓN-COMEDOR	46,75	2407,97	51,51
COCINA	14,70	712,72	48,48
DESPENSA	5,00	136,92	27,38

Se determina el valor de la temperatura diferencial  $\Delta T_{H-necesaria}$  (o diferencia media logarítmica de temperaturas)

$$\Delta T_{H-necesaria} = q/B \cdot a_B \cdot a_W^{Mw} \cdot a_U^{mU} \cdot a_D^{mD}$$

s (SEP. TUBOS)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
RECINTO	$\Delta T_{H-necesaria}$				
DORMITORIO					
Y BAÑO 1	4,97	5,78	6,69	7,70	10,17
BAÑO 2	5,12	5,95	6,88	7,93	10,47
DORMITORIO 2	6,05	7,03	8,13	9,37	12,37
DORMITORIO 3	5,93	6,89	7,98	9,18	12,12
SALA ESTUDIO	6,88	8,00	9,25	10,65	14,06
SALÓN-COMEDOR	6,36	7,40	8,56	9,86	13,01
COCINA	5,99	6,96	8,06	9,28	12,25
DESPENSA	3,38	3,93	4,55	5,24	6,92
$B \cdot \pi \cdot a_{imi}$	8,0932	6,9627	6,0178	5,2257	3,9583

Se calcula la temperatura de  $T_{imp}$  en base al local más desfavorable (SALA DE ESTUDIO) y la mayor separación posible de tubos ( $s=0,3m$ ):

$$\Delta T_{H-necesaria} = \frac{\Delta T_{imp-T_{ret}}}{\ln \frac{T_{imp}-T_s}{T_{ret}-T_s}} \rightarrow \ln \frac{T_{imp}-20}{T_{ret}-20} = \frac{5}{15,21} \rightarrow \ln(1,389) = 0,328$$

s (SEP. TUBOS)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
$\Delta T_H$	6,88	8,00	9,25	10,65	14,06
$T_{imp}$	29,7	30,8	32,0	33,3	36,7
$T_{ret}$	24,7	25,8	27,0	28,3	31,7
$\ln(x)$	2,07	1,87	1,72	1,60	1,43
$\Delta T_{imp} - T_{ret}$	5°C				

Se impone  $\Delta T_{imp} - T_{ret} = 5$  para obtener una temperatura mas homogénea en el suelo.

A partir de  $T_{imp}$  se calcula la  $\Delta T_{H-disponible}$  para diferentes gradientes  $\Delta T_{imp} - T_{ret}$  dentro del rango 5-15° para el local más desfavorable (SALA DE ESTUDIO).

s (SEP. TUBOS)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
$T_{imp}$	29,7	30,8	32,0	33,3	36,7
RECINTO	$\Delta T_{H-disponible}$				
5	6,88	8,00	9,25	10,65	14,06
6	6,20	7,35	8,63	10,05	13,49
7	5,45	6,65	7,97	9,42	12,90
8	4,57	5,87	7,25	8,75	12,28
9	3,39	4,96	6,46	8,02	11,64
10		3,76	5,55	7,23	10,96
11			4,39	6,33	10,25
12				5,23	9,48
13				3,56	8,64
14					7,70
15					6,58

Para calcular la instalación con menor longitud de tubería, se busca la la  $\Delta T_{H-disponible}$  del local más desfavorable que proporcione el salto térmico suficiente con la mayor separación de tubos.

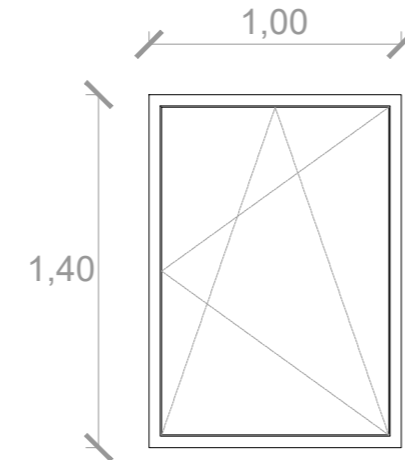
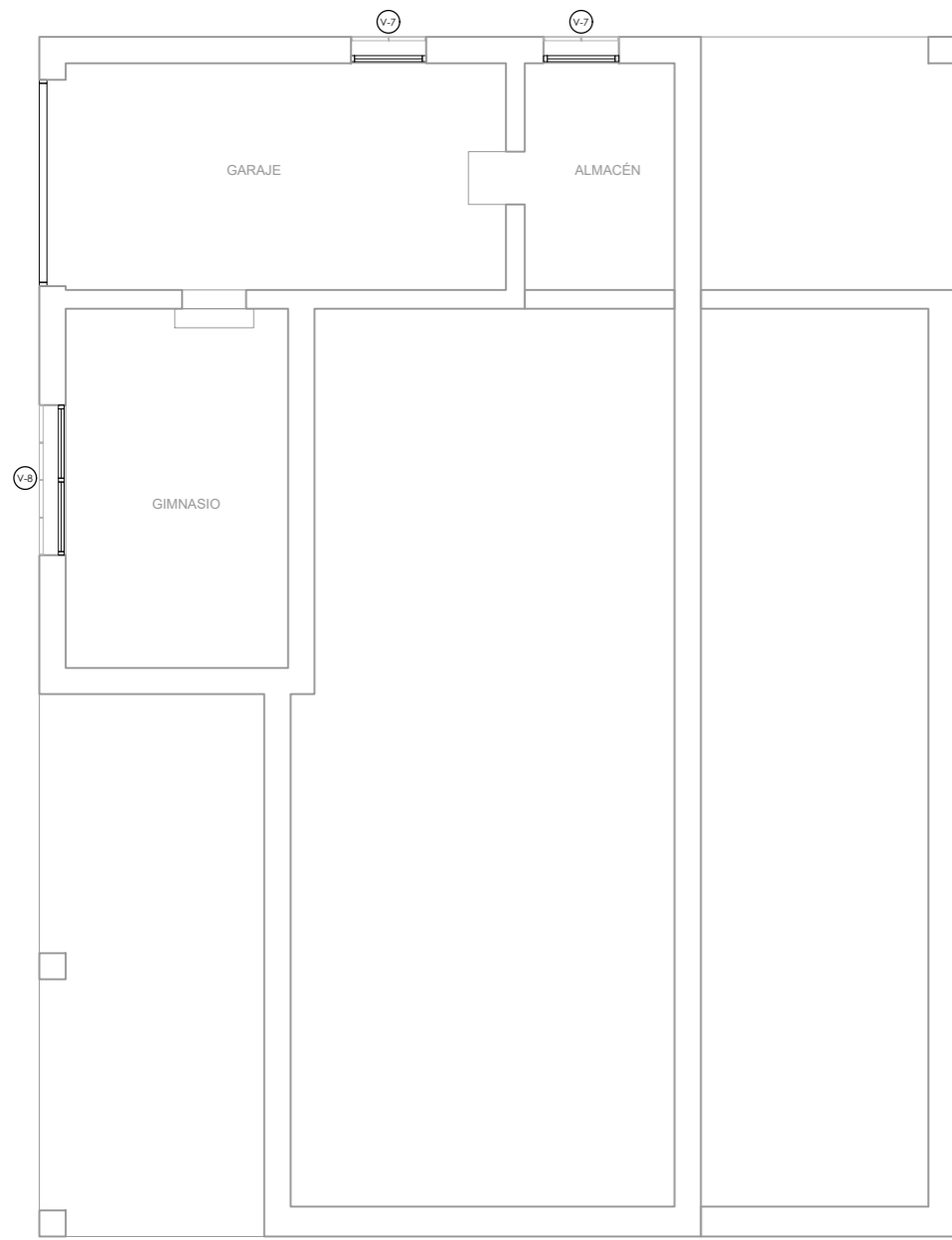
s (SEP. TUBOS)		0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
RECINTO	$\Delta T_{H-necesaria}$	$T_{imp} = 36,7 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow \Delta T_{H-necesaria}$				
DORMITORIO						
Y BAÑO 1	10,17					$\Delta T_{imp} - T_{ret} = 11^\circ$
BAÑO 2	10,47					$\Delta T_{imp} - T_{ret} = 10^\circ$
DORMITORIO 2	12,37					$\Delta T_{imp} - T_{ret} = 8^\circ$
DORMITORIO 3	12,12					$\Delta T_{imp} - T_{ret} = 8^\circ$
SALA ESTUDIO	14,06					$\Delta T_{imp} - T_{ret} = 5^\circ$
SALÓN-COMEDOR	13,01					$\Delta T_{imp} - T_{ret} = 7^\circ$
COCINA	12,25					$\Delta T_{imp} - T_{ret} = 8^\circ$
DESPENSA	6,92					$\Delta T_{imp} - T_{ret} = 15^\circ$

Para determinar la longitud de tubería necesaria.

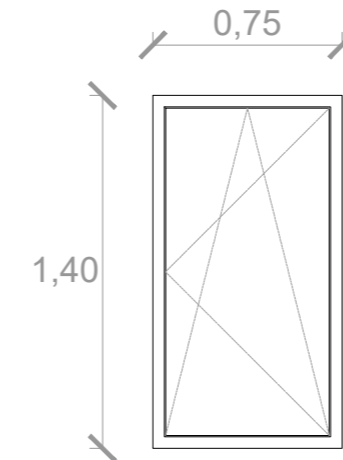
$$L = \text{sup. Local (m}^2\text{)} / \text{distancia entre tubos (m}^2\text{)}$$

RECINTO	CARGA (W)	$\Delta T_{imp} - T_{ret}$	ÁREA (2)	S(sep. tubos)	$L_{tub}$ (m)
DORMITORIO					
Y BAÑO 1	1265,56	11°	31,45	0,30	104,83
BAÑO 2	271,37	10°	6,55	0,30	21,83
DORMITORIO 2	555,57	8°	11,35	0,30	37,83
DORMITORIO 3	628,70	8°	13,10	0,30	43,66
SALA ESTUDIO	506,57	5°	9,10	0,30	30,33
SALÓN-COMEDOR	2407,97	7°	46,75	0,30	155,83
COCINA	712,72	8°	14,70	0,30	49,00
DESPENSA	136,92	15°	5,00	0,30	16,67

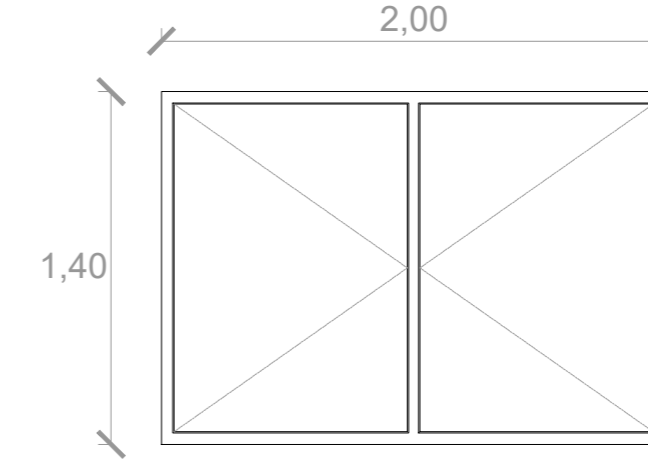
Un intervalo entre 50 y 100 metros sería lo recomendable para un circuito de suelo radiante, por lo que estancias que compartan el mismo uso podrían unirse para optimizar el sistema. En este caso, se podría combinar COCINA-DESPENSA y DORMITORIO 2-3 en sendos circuitos. También se podría dividir el SALON-COMEDOR en dos circuitos diferenciados a pesar de ser la misma estancia.



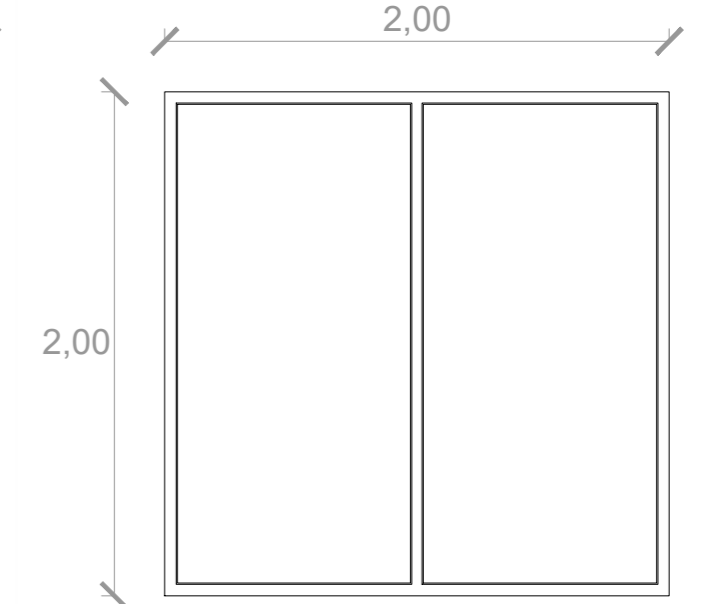
V-1
VENTANA COCINA, BAÑO Y HABITACIONES
Oscilobatiente
Mixta PVC aluminio blanco int.+ imit.madera ext.
Vidrio transp. bajo emisivo tipo CLIMALIT 44/16/6 b.e.
Persianas monoblock enrollab. de alumin. imitación madera
Unidades: 6



V-2
VENTANA COCINA y DESPENSA
Oscilobatiente
Mixta PVC aluminio blanco int.+ imit.madera ext.
Vidrio transp. bajo emisivo tipo CLIMALIT 44/16/6 b.e.
Persianas monoblock enrollab. de alumin. imitación madera
Unidades: 2



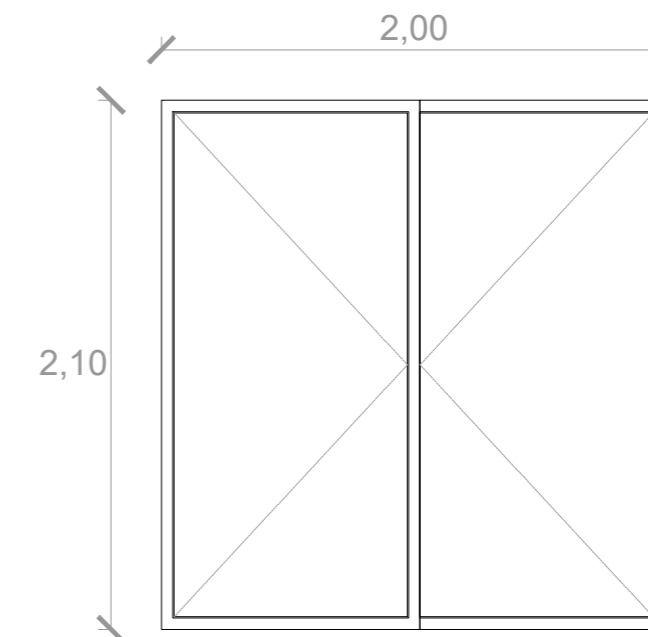
V-3
VENTANA HABI. MATRIMONIO Y ESTUDIO
Abatible
Mixta PVC aluminio blanco int.+ imit.madera ext.
Vidrio transp. bajo emisivo tipo CLIMALIT 44/16/6 b.e.
Persianas monoblock enrollab. de alumin. imitación madera
Unidades: 2



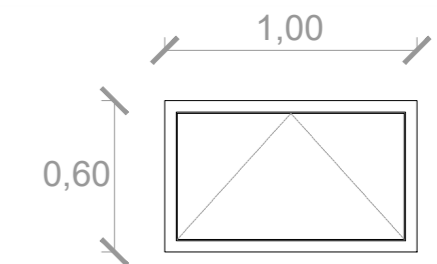
V-4
VENTANA ESTUDIO
Fijo
Mixta PVC aluminio blanco int.+ imit.madera ext.
Vidrio transp. bajo emisivo tipo CLIMALIT 44/16/6 b.e.
Unidades: 1



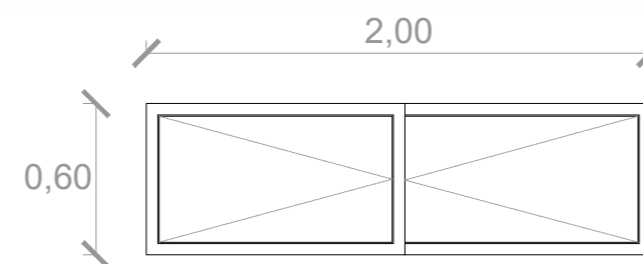
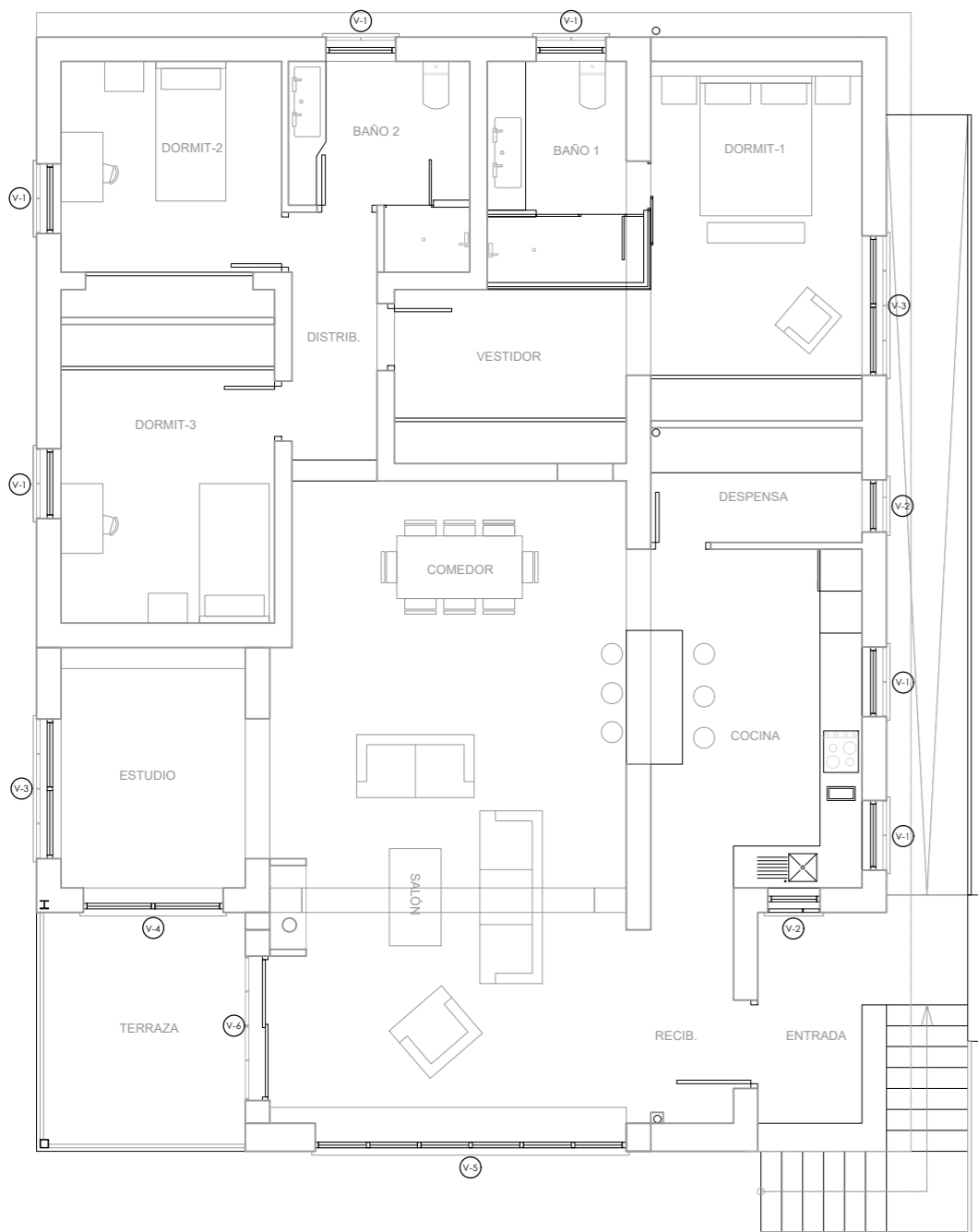
V-5
VENTANA FIJA SALÓN
Fijo
Mixta PVC aluminio blanco int.+ imit.madera ext.
Vidrio transp. bajo emisivo tipo CLIMALIT 44/16/6 b.e.
Unidades: 1



V-6
VENTANA BALCÓN
Corredera
Mixta PVC aluminio blanco int.+ imit.madera ext.
Vidrio transp. bajo emisivo tipo CLIMALIT 44/16/6 b.e.
Unidades: 1

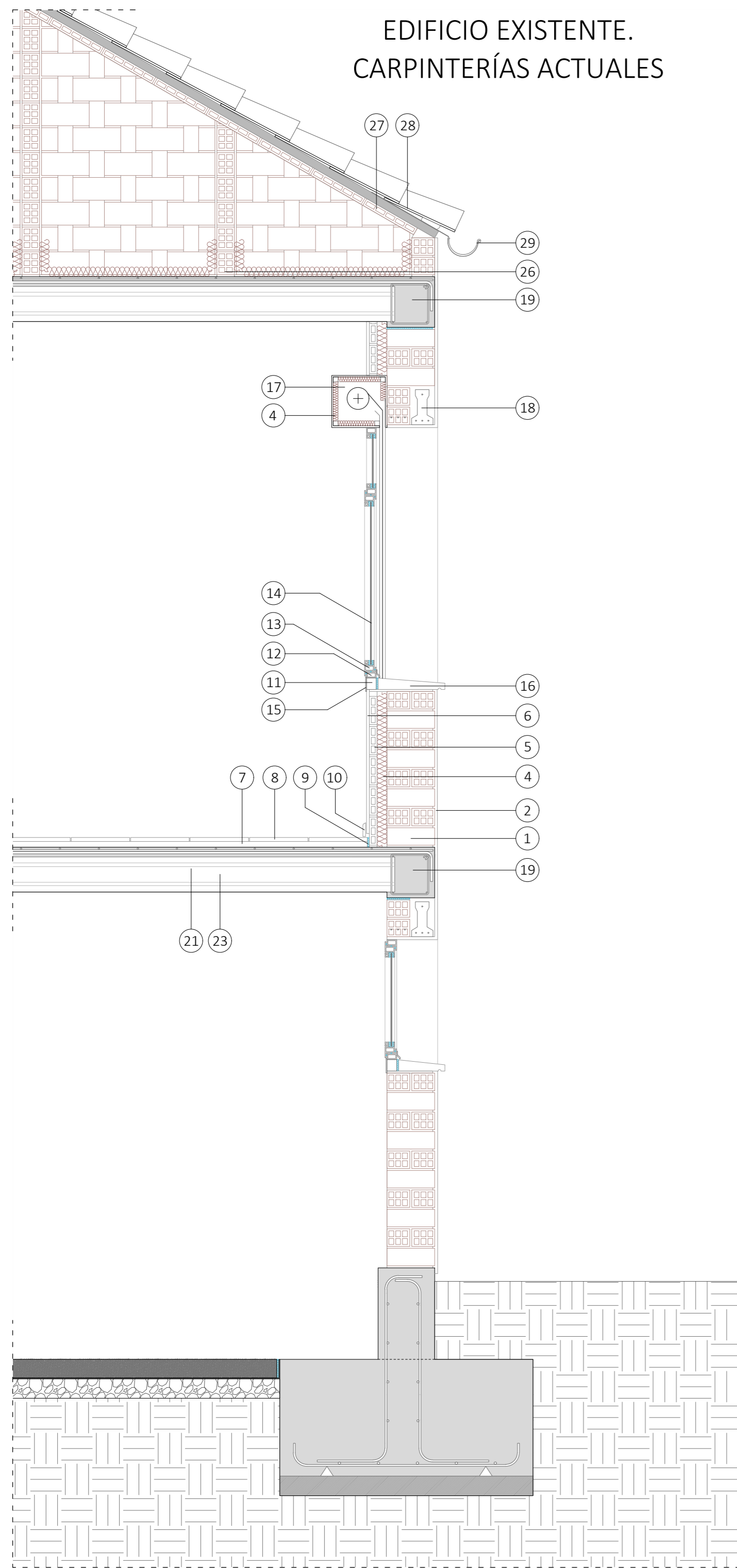


V-7
VENTANA GARAJE
Abatible
Mixta PVC aluminio blanco int.+ imit.madera ext.
Vidrio transp. bajo emisivo tipo CLIMALIT 44/16/6 b.e.
Unidades: 2

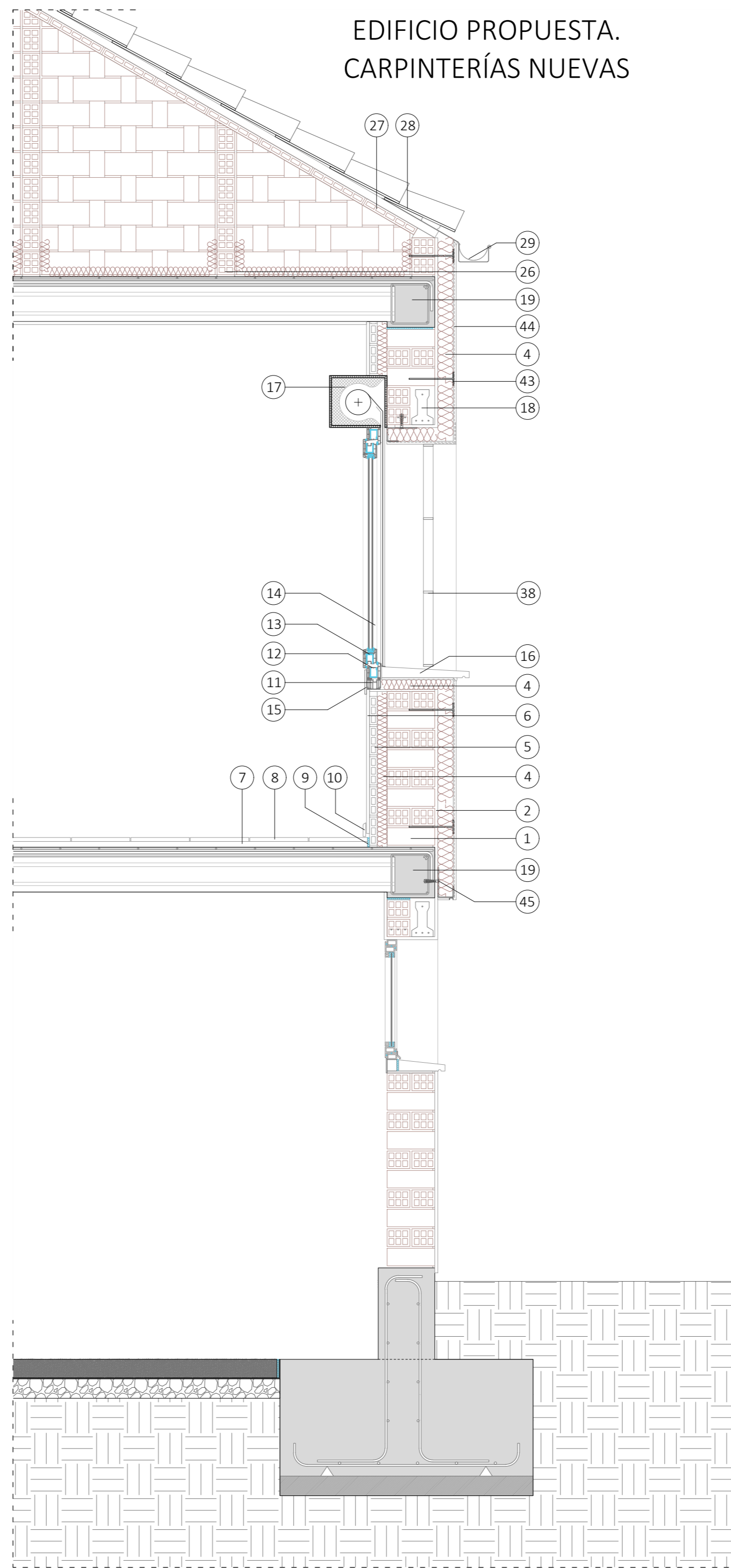


V-8
VENTANA GIMNASIO
Corredera
Mixta PVC aluminio blanco int.+ imit.madera ext.
Vidrio transp. bajo emisivo tipo CLIMALIT 44/16/6 b.e.
Unidades: 1

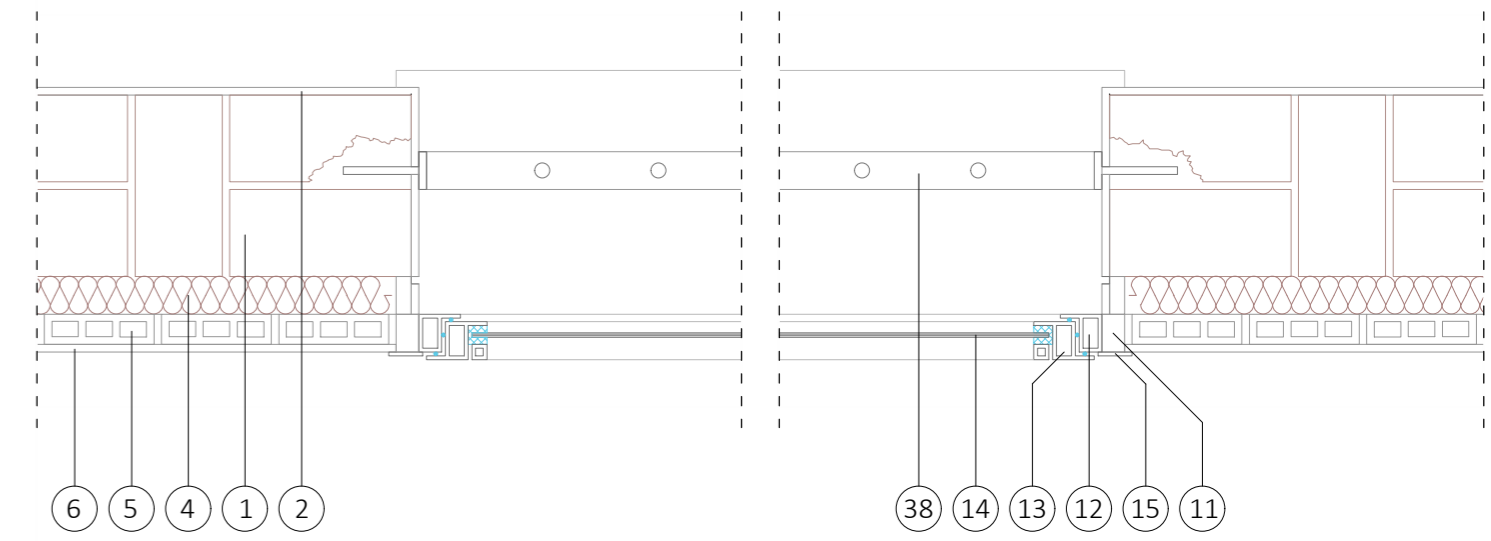
EDIFICIO EXISTENTE.  
CARPINTERÍAS ACTUALES



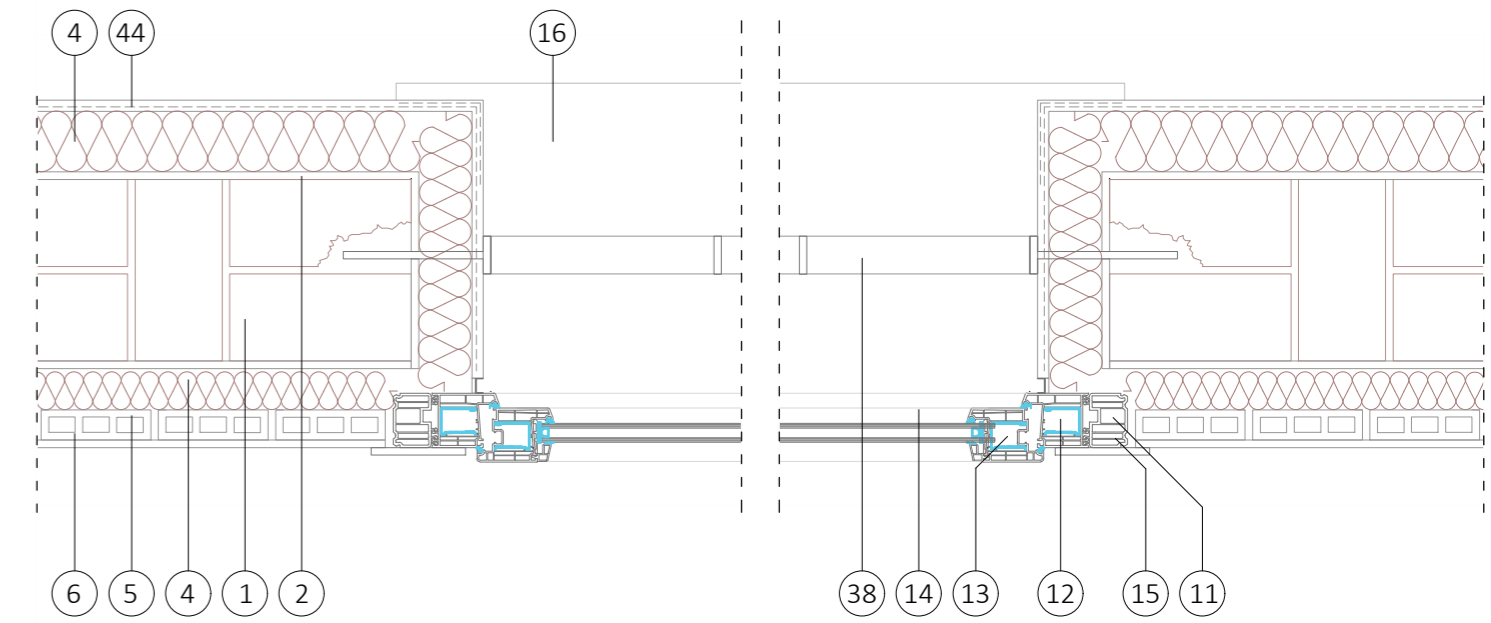
EDIFICIO PROPUESTA.  
CARPINTERÍAS NUEVAS



EDIFICIO EXISTENTE. CARPINTERÍAS HORIZONTAL

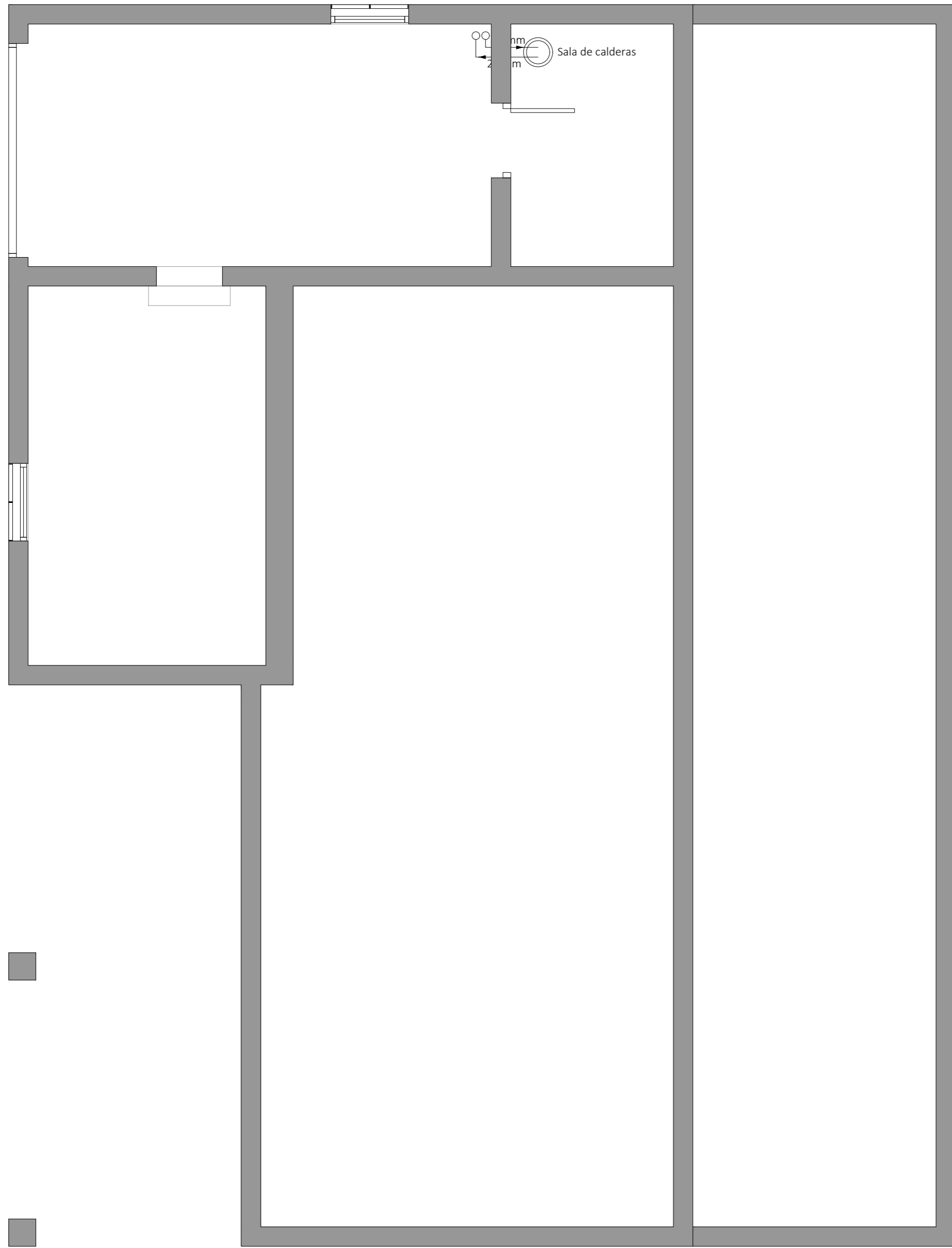


EDIFICIO PROPUESTA. CARPINTERÍAS HORIZONTAL

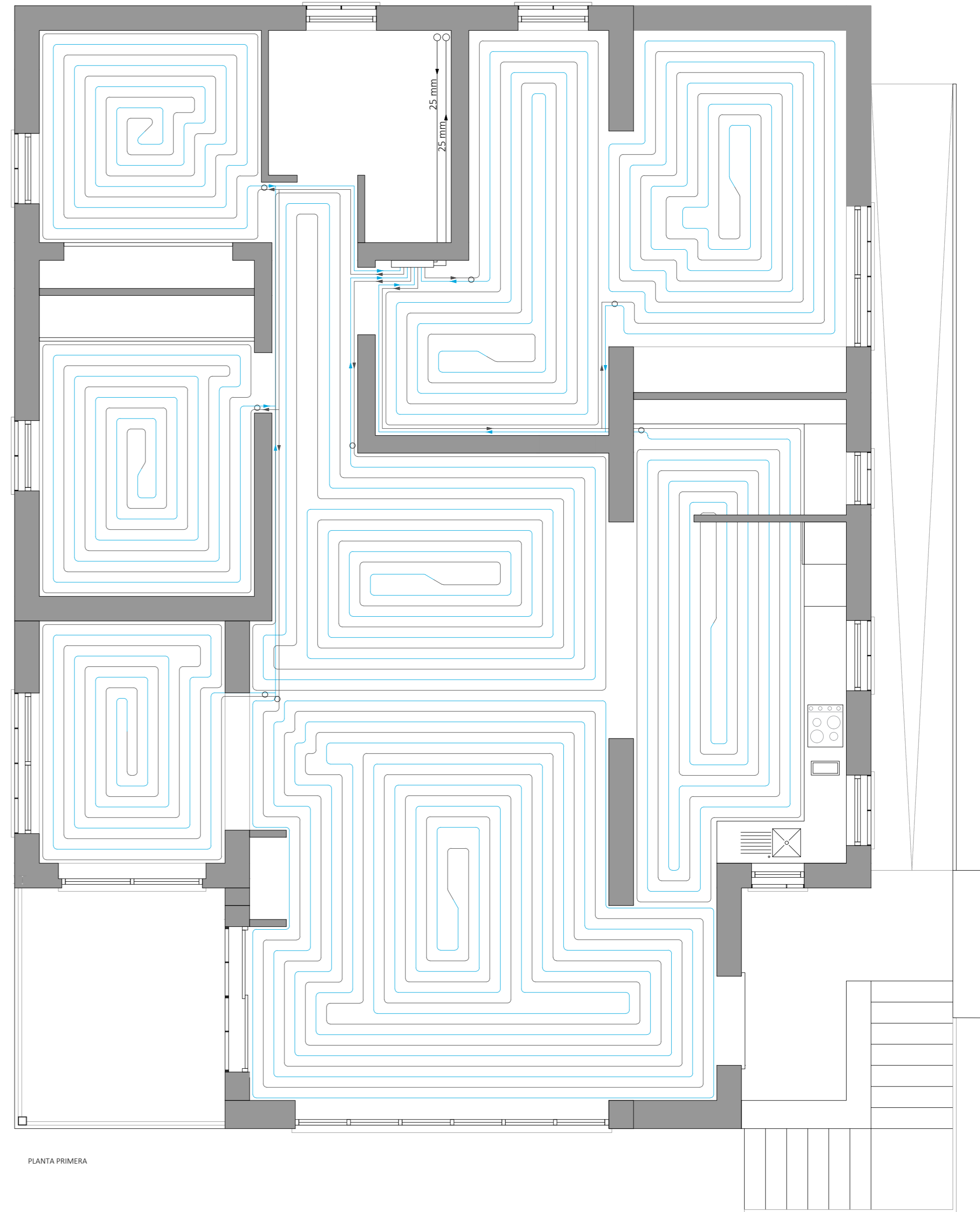


LEYENDA

- |                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. LADRILLO HUECO DOBLE      | 35. SUBESTRUCTURA FALSOTECHO       |
| 2. ENFOSCADO                 | 36. FALSOTECHO                     |
| 3. MORTERO HIDRÓFUGO         | 37. LAMINA IMPERMEABLE             |
| 4. AISLAMIENTO TÉRMICO       | 38. REJERIA                        |
| 5. TABIQUE HUECO SIMPLE      | 39. SUBESTRUCTURA AUXILIAR         |
| 6. ENLUCIDO DE YESO          | 40. PANEL SANDWICH                 |
| 7. LECHO DE ARENA Y MORTERO  | 41. HORMIGÓN FONACIÓN DE PENDIENTE |
| 8. TERRAZO                   | 42. SOLERA                         |
| 9. JUNTA ELÁSTICA            | 43. FIJACIÓN MECÁNICA DE ESPIGA    |
| 10. RODAPIÉ                  | 44. MALLA DE FIBRA DE VIDRIO       |
| 11. PREMARCO                 | 45. PIEZA DE ARRANQUE              |
| 12. MARCO                    |                                    |
| 13. HOJA                     |                                    |
| 14. VIDRIO                   |                                    |
| 15. TAPAJUNTA                |                                    |
| 16. VIERTEGUAS               |                                    |
| 17. CAJONERA PERSIANA        |                                    |
| 18. DINTEL                   |                                    |
| 19. VIGA DE CORONACIÓN       |                                    |
| 21. VIGUETA AUTOPORTANTE     |                                    |
| 22. BOVEDILLA DE POREX       |                                    |
| 23. BOVEDILLA DE HORMIGÓN    |                                    |
| 24. ZUNCHO                   |                                    |
| 25. FORJADO                  |                                    |
| 26. TABIQUE PALOMERO         |                                    |
| 27. RASILLÓN                 |                                    |
| 28. TEJA ARABE               |                                    |
| 29. CANALÓN                  |                                    |
| 30. SUELO RADIANTE           |                                    |
| 31. SUELO CERÁMICO           |                                    |
| 32. BLOQUE TERMOARCILLA 19cm |                                    |
| 33. IPN ACERO                |                                    |
| 34. RASILLA                  |                                    |



PLANTA BAJA-SEMISOTANO



PLANTA PRIMERA

# CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Vivienda unifamiliar aislada		
Dirección	Calle Plutón nº10 Urbanización Proserpina, Mérida. Badajoz		
Municipio	Mérida	Código Postal	06800
Provincia	Badajoz	Comunidad Autónoma	Extremadura
Zona climática	C4	Año construcción	1984
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	8665038QD2186N0001QO		

## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alberto Martín-Macho González	NIF(NIE)	NIF
Razón social	Alberto Martín-Macho González	NIF	12345678A
Domicilio	Rúa Oscura, Nº10		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47003
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	alberto.martin-macho@alumnos.uva.es	Teléfono	612345678
Titulación habilitante según normativa vigente	Estudiante de arquitectura		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]
<p style="text-align: center;"><b>109.9 D</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>22.2 C</b></p>

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 18/12/2019

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

Registro del Órgano Territorial Competente:

# ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

## 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	109.0
---	-------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

## 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Muro de fachada S	Fachada	24.88	0.42	Conocidas
Muro de fachada E	Fachada	34.15	0.42	Conocidas
Muro de fachada O	Fachada	33.31	0.42	Conocidas
Muro de fachada N	Fachada	24.48	0.42	Conocidas
Partición superior	Partición Interior	109.0	0.26	Estimadas
Partición inferior	Partición Interior	84.0	0.46	Estimadas

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco S	Hueco	2.4	5.70	0.63	Estimado	Estimado
Hueco E_1	Hueco	1.96	5.70	0.63	Estimado	Estimado
Hueco O_1	Hueco	2.8	5.70	0.63	Estimado	Estimado
Hueco O_2	Hueco	2.8	5.70	0.63	Estimado	Estimado
Hueco E_2	Hueco	2.8	5.70	0.63	Estimado	Estimado
Hueco N_1	Hueco	2.8	5.28	0.62	Estimado	Estimado



### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Estufa de leña	Caldera Estándar	15	32.2	Biomasa no densificada	Estimado
Calefacción y refrigeración con split	Bomba de Calor		136.3	Electricidad	Estimado
Caldera ACS y Calefacción	Caldera Estándar	24.0	61.8	GLP	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y refrigeración con split	Bomba de Calor		117.4	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

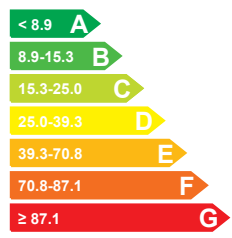
<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	112.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Caldera ACS y Calefacción	Caldera Estándar	24.0	61.8	GLP	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C4	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

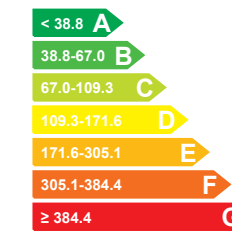
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	<b>22.2 C</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>B</b>	<i>Emisiones ACS [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>G</b>
		<b>7.29</b>		<b>8.05</b>	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
		<i>Emisiones refrigeración [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>C</b>	<i>Emisiones iluminación [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	-
		<b>6.81</b>		-	
<i>Emisiones globales [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>					

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	8.53	929.34
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	13.63	1485.20

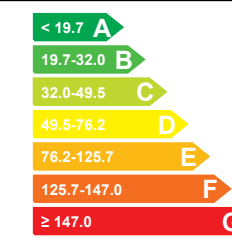
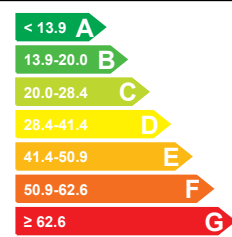
### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	<b>109.9 D</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		<i>Energía primaria calefacción [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>B</b>	<i>Energía primaria ACS [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>G</b>
		<b>31.63</b>		<b>38.06</b>	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>D</b>	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	-
		<b>40.22</b>		-	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>					

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	
<b>47.0 C</b>	<b>24.2 C</b>
<i>Demanda de calefacción [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<i>Demanda de refrigeración [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

# CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Vivienda unifamiliar aislada		
Dirección	Calle Plutón nº10 Urbanización Proserpina, Mérida. Badajoz		
Municipio	Mérida	Código Postal	06800
Provincia	Badajoz	Comunidad Autónoma	Extremadura
Zona climática	C4	Año construcción	1984
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	8665038QD2186N0001QO		

## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alberto Martín-Macho González	NIF(NIE)	NIF
Razón social	Alberto Martín-Macho González	NIF	12345678A
Domicilio	Rua Oscura, Nº10		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47003
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	alberto.martin-macho@alumnos.uva.es	Teléfono	612345678
Titulación habilitante según normativa vigente	Estudiante de arquitectura		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 18/12/2019

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.


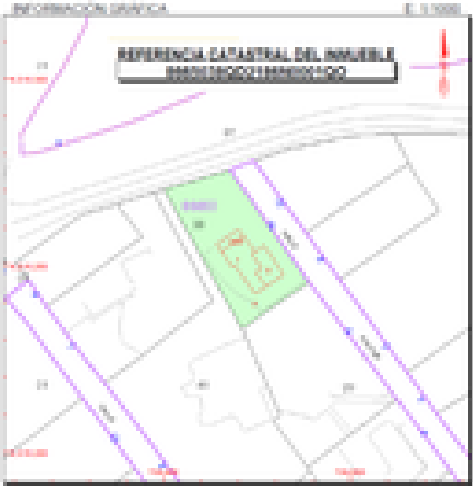
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

Registro del Órgano Territorial Competente:

# ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

## 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	176.0
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

## 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Muro de fachada S	Fachada	35.42	0.22	Conocidas
Muro de fachada E	Fachada	40.6	0.22	Conocidas
Muro de fachada O	Fachada	34.11	0.31	Conocidas
Muro de fachada N	Fachada	18.88	0.22	Conocidas
Partición inferior sin cambios	Partición Interior	31.85	0.62	Estimadas
Partición inferior nivelacion terraza	Partición Interior	89.15	0.19	Estimadas
Partición inferior nueva construccion	Partición Interior	11.4	0.38	Estimadas
Partición superior bajocubierta actual	Partición Interior	119.0	0.26	Estimadas
Partición superior nueva ampliacion	Partición Interior	54.4	0.29	Estimadas
Cubierta terraza ampliación	Cubierta	11.4	0.39	Estimadas

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco S	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco E_1	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco O_1	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco O_2	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco E_2	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco N_1	Hueco	2.4	2.58	0.49	Estimado	Estimado
Hueco E_3	Hueco	4.2	2.58	0.49	Estimado	Estimado

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco N_2	Hueco	6.0	2.58	0.49	Estimado	Estimado

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Estufa de leña	Caldera Estándar	15	32.2	Biomasa no densificada	Estimado
Aerotermin. Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable		216.0	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Aerotermin. Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable		150.1	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	112.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Aerotermin. Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable		277.6	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

### 6. ENERGÍAS RENOVABLES

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C4	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	<b>9.6 B</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	A	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	C
		3.33		1.98	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	B	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-
		4.28		-	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]					

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	9.05	1593.48
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	0.53	93.39

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	<b>55.0 B</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	A	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	E
		18.12		11.67	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	C	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
		25.24		-	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]					

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<b>24.9 B</b>	<b>19.4 B</b>
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

## Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación

**Proyecto :** C/ Platón, N°10

**Sitio geográfico** Estación de Aljucén País España

**Situación** Latitud 38.97° N Longitud -6.36° W  
 Tiempo definido como Hora Legal Zona horaria UT+1 Altitud 252 m  
 Albedo 0.20

**Datos meteo:** Estación de Aljucén Meteoronorm 7.3 (2002-2010), Sat=100% - Sintético

**Variante de simulación :** Nueva variante de simulación 1

Fecha de simulación 28/06/20 13h03

**Parámetros de simulación** Tipo de sistema Sin escena 3D definida, sin sombras

**Orientación plano de colector** Inclclinación 20° Azimut 0°

**Modelos usados** Transposición Perez Difuso Perez, Meteoronorm separado  
 Circunsolar separado

**Horizonte** Horizonte libre

**Sombreados cercanos** Sin sombreados

**Necesidades del usuario :** Carga ilimitada (red)

### Características del conjunto FV

**Módulo FV** Si-mono Modelo Mono 370 Wp Twin 120 half-cells  
 Base de datos PVsyst original Fabricante Generic  
 Número de módulos FV En series 12 módulos En paralelo 2 cadenas  
 Número total de módulos FV núm. de módulos 24 Unidad Nom. Potencia 370 Wp  
 Potencia global del conjunto Nominal (STC) 8.88 kWp En cond. de funcionam. 8.07 kWp (50°C)  
 Caract. funcionamiento del conjunto (50°C) U mpp 371 V I mpp 22 A  
 Área total Área del módulo 44.8 m<sup>2</sup> Área celular 39.7 m<sup>2</sup>

**Inversor** Modelo Platinum 9000 R3-MDX-10 752659  
 Base de datos PVsyst original Fabricante Platinum GmbH (Diehl)  
 Características Unidad Nom. Potencia 8.00 kWca Voltaje de funcion. 350-720 V  
 Paquete de inversores Potencia total 8.0 kWca Proporción Pnom 1.11  
 Núm. de inversores 1 unidades

**Total** Potencia total 8 kWca Proporción Pnom 1.11

### Factores de pérdida del conjunto FV

Factor de pérdida térmica U<sub>c</sub> (const) 20.0 W/m<sup>2</sup>K U<sub>v</sub> (viento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K / m/s

Pérdida óhmica en el cableado Res. conjunto global 286 m Fracción de pérdida 1.5 % en STC

Pérdida de calidad módulo Fracción de pérdida -0.4 %

Pérdidas de desajuste de módulo Fracción de pérdida 2.0 % en MPP

Pérdidas de desajuste de cadenas Fracción de pérdida 0.10 %

Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

## Sistema conectado a la red: Resultados principales

**Proyecto :** Nuevo Proyecto

**Variante de simulación :** Nueva variante de simulación 1

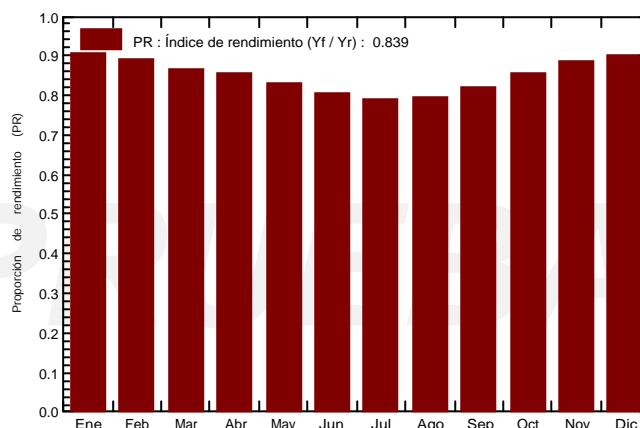
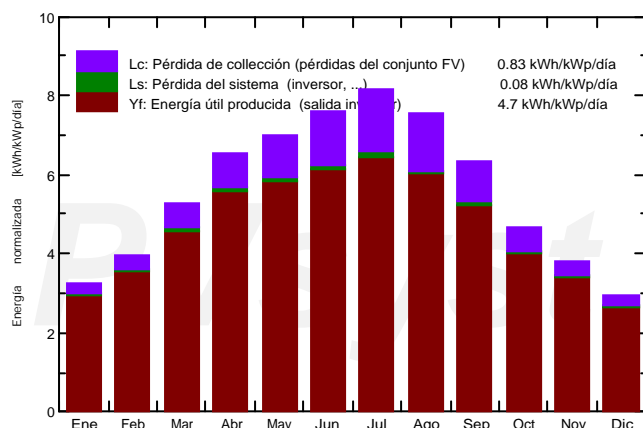
<b>Principales parámetros del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>	
Orientación campo FV	inclinación	20°	azimut 0°
Módulos FV	Modelo	Mono 370 Wp Twin 120 half-cells	370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total <b>8.88 kWp</b>
Inversor	Platinum	9000 R3-MDX-10 752659	Pnom 8.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

### Resultados principales de simulación

Producción del sistema **Energía producida 15.24 MWh/año** Prod. específica 1716 kWh/kWp/año  
 Proporción de rendimiento (PR) 83.90 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 8.88 kWp

Proporción de rendimiento (PR)



### Nueva variante de simulación 1 Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	70.0	30.06	8.50	100.7	97.3	0.822	0.809	0.904
Febrero	85.3	36.67	10.52	111.1	107.7	0.895	0.880	0.892
Marzo	137.6	51.06	14.10	164.0	158.7	1.281	1.260	0.865
Abril	179.2	61.61	15.62	195.6	189.3	1.508	1.484	0.854
Mayo	213.5	71.03	20.14	216.4	208.9	1.627	1.601	0.833
Junio	231.4	65.77	25.16	228.5	220.3	1.665	1.638	0.807
Julio	253.4	48.50	26.93	253.4	244.8	1.808	1.779	0.791
Agosto	219.3	51.93	27.10	233.7	225.6	1.682	1.656	0.798
Septiembre	164.7	44.36	23.47	190.9	185.2	1.415	1.392	0.821
Octubre	114.4	41.28	18.72	145.3	140.8	1.123	1.105	0.856
Noviembre	79.8	28.59	12.26	114.7	110.9	0.918	0.903	0.887
Diciembre	60.9	24.64	9.06	91.6	88.5	0.746	0.734	0.902
<b>Año</b>	<b>1809.4</b>	<b>555.52</b>	<b>17.67</b>	<b>2045.9</b>	<b>1978.1</b>	<b>15.489</b>	<b>15.242</b>	<b>0.839</b>

Leyendas: GlobHor	Irradiación horizontal global	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
T_Amb	T amb.	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Proporción de rendimiento

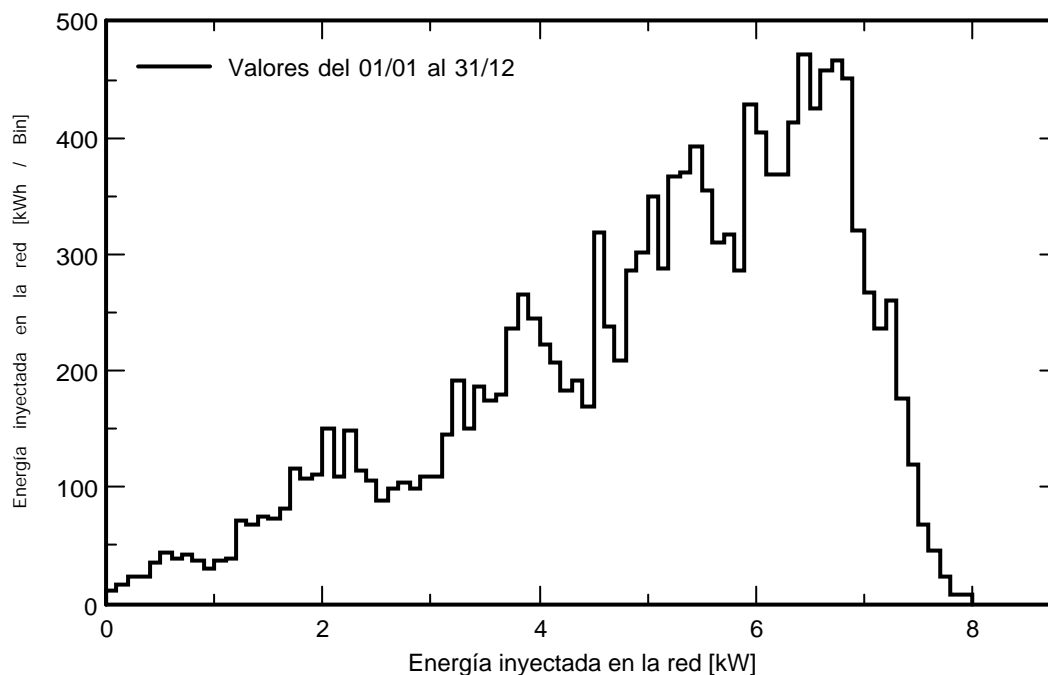
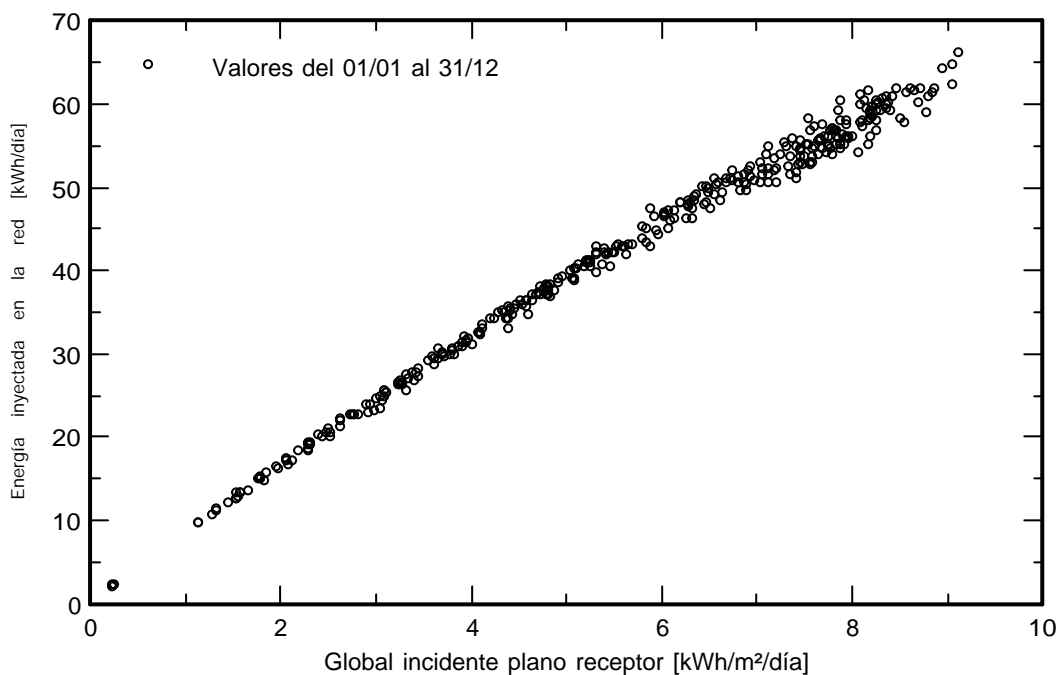


## Sistema conectado a la red: Gráficos especiales

**Proyecto :** Nuevo Proyecto

**Variante de simulación :** Nueva variante de simulación 1

<b>Principales parámetros del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>	
Orientación campo FV	inclinación	20°	azimut 0°
Módulos FV	Modelo	Mono 370 Wp Twin 120 half-cells	370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total <b>8.88 kWp</b>
Inversor	Platinum 9000 R3-MDX-10 752659	Pnom	8.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		



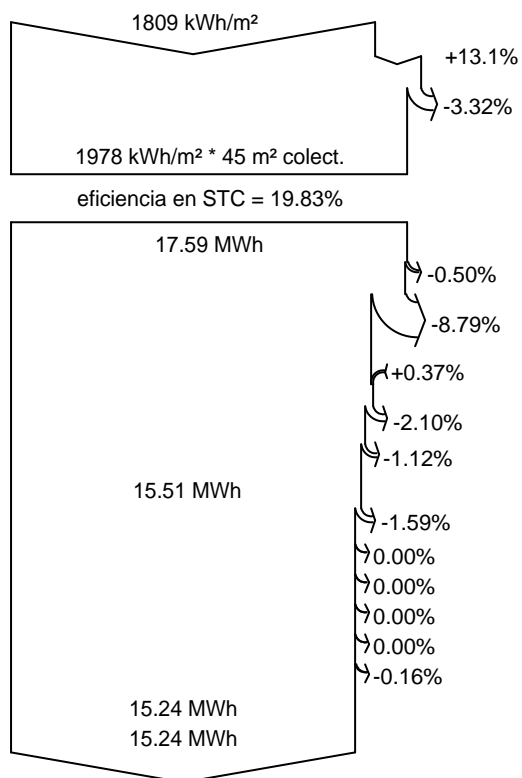
## Sistema conectado a la red: Diagrama de pérdida

**Proyecto :** Nuevo Proyecto

**Variante de simulación :** Nueva variante de simulación 1

<b>Principales parámetros del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>		
Orientación campo FV	inclinación	20°	azimut	0°
Módulos FV	Modelo	Mono 370 Wp Twin 120 half-cells		370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total	<b>8.88 kWp</b>
Inversor	Platinum	9000 R3-MDX-10 752659	Pnom	8.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

### Diagrama de pérdida durante todo el año



**Irradiación horizontal global**

**Global incidente plano receptor**

Factor IAM en global

**Irradiancia efectiva en colectores**

Conversión FV

**Conjunto de energía nominal (con efic. STC)**

Pérdida FV debido al nivel de irradiancia

Pérdida FV debido a la temperatura.

Pérdida calidad de módulo

Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas

Pérdida óhmica del cableado

**Energía virtual del conjunto en MPP**

Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)

Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal

Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima

Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal

Pérdida del inversor debido al umbral de potencia

Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje

**Energía disponible en la salida del inversor**

**Energía inyectada en la red**