

INDICE

1. Introducción.....	5
1.1 Objetivos.....	5
1.2 Ubicación.....	6
1.3 Estudio microclima.....	6
1.4 Descripción Edificio.....	7
1.5 Demanda calefacción.....	7
1.6 Demanda de agua caliente.....	7
1.6.1 Demanda de ACS.....	7
1.6.2 Producción de Agua Caliente.....	8
1.7 Simulación del edificio. Calificación Energética.....	8
1.8 Mejoras planteadas.....	9
1.8.1 Mínima demanda energética.....	9
1.8.2 Mínimo consumo energético.....	9
2. Emplazamiento. Descripción Panticosa.....	10
3. Características Clima.....	11
4. Energías Renovables planteadas.....	13
4.1 Arquitectura Bioclimática.....	13
4.2 Energía Solar.....	14
4.3 Fundamentos de la Energía Solar Pasiva.....	14
4.3.1 Caparazón aislante exterior.....	14
4.3.2 Una buena orientación solar.....	14
4.3.3 Colocación de ventanas.....	14
4.3.4 Cristaleras orientadas al sur.....	14
4.3.5 Masa térmica interior.....	14

4.3.6 Cristal de acristalamiento.....	15
4.4 Energía Hidroeléctrica.....	15
4.5 Biomasa.....	15
5. Objetivos.....	17
6. Descripción del edificio.....	19
7. Estudio Energético I: Demanda de Calefacción	20
7.1 Condiciones de Simulación con Lider	20
7.1.1 Selección método.....	20
7.1.2 Datos previos.....	20
7.1.3 Otros datos a considerar.....	22
7.2 Resultados con Lider	24
8. Estudio Energético II: Demanda de Agua Caliente	26
8.1 Consideración para el cálculo de la demanda de ACS	26
8.2 Resultados	28
8.2.1 Resultados Excel.....	28
8.2.2 Consumos y Demandas totales de ACS.....	28
8.2.3 Energía anual de ACS a 45°C.....	29
8.3 Producción de Agua Caliente (Calefacción y ACS)	30
9. Simulación del edificio. Calificación energética	33
9.1 Condiciones de Simulación con Calener VYP.....	33
9.2 Resultados de la calificación energética.....	36
10. Mejoras planteadas.....	38
10.1 Mínima demanda energética del edificio	38
10.2 Mínimo consumo energético	40
11. Conclusiones.....	42

12. Bibliografía	44
13. Agradecimientos.....	45

ANEXOS

Anexo 1. Datos Panticosa	47
Anexo 2. Características Embalses.....	63
Anexo 3. Documento Básico (CTE-HE1).....	67
Anexo 4. Planos Edificio.....	123
Anexo 5. Cargas Internas.....	127
Anexo 6. Materiales y Cerramientos.....	128
Anexo 7. Caldera de Condensación.....	139
Anexo 8. Caldera de Biomasa.....	142
Anexo 9. Suelo Radiante.....	145
Anexo 10. Sistemas de Captación Solar.....	155

1. INTRODUCCION

En este momento de la vida, donde las fuentes de energía renovable son un factor clave en ella y de la gran conciencia que se esta creando en la humanidad de que dependiendo de cómo se obtenga y se utilice va a depender en gran medida el futuro de la sociedad, es necesario plantearse y poner soluciones para que se frene en gran medida el deterioro medioambiental ahora existente. Por ello el siguiente informe, plantea usar fuentes de energías renovables como la solar o hidroeléctrica ya existente en esa localidad, además del uso de unos materiales, orientación y otras características que nos permita plantear una vivienda bioclimática.

El objetivo del presente informe es proponer una vivienda unifamiliar bioclimática tipo en Panticosa, municipio español situado en el Pirineo Aragonés, con el propósito de mejorar el comportamiento energético de las viviendas ya existentes en esos lugares y con la finalidad de que poco a poco se vayan instalando, en todas las partes, viviendas bioclimática, con el fin de cumplir los objetivos previstos en las nuevas ordenanzas referentes al uso de Energías Renovables.

Para ello se intentara lograr unas condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad de aire, optimizando el diseño y proveer de una herramienta informática flexible que permita realizar estimaciones sobre las necesidades de calefacción, refrigeración y Agua Caliente Sanitaria, así como proponer una serie de modificaciones en el diseño del edificio que ayuden a mejorar el comportamiento pasivo del edificio.

En primer lugar es fundamental que reseñe la dificultad que entraña la simulación de la vivienda ya que en un principio se desconoce muchos de los datos necesarios, como son las ganancias internas del edificio, datos climáticos actualizados, consumos medios de las viviendas existentes...

En cualquier caso son necesarios unos criterios de simulación bajo los cuales se puede realizar una estimación del consumo de las instalaciones. Evidentemente, los usuarios finales seguirán sus propios hábitos creando nuevos condicionantes térmicos que lleven a un consumo energético distinto al calculado en esta simulación.

1.1.OBJETIVOS

Este estudio persigue cumplir una serie de objetivos como son:

- Lograr la calidad del ambiente interior, es decir, unas condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire.
- Desarrollar un modelo matemático simulando el comportamiento energético del edificio que permita:
 1. Estimar demandas de calefacción y ACS.
 2. Proporcionar un método flexible para introducir modificaciones y comparar las variaciones en el comportamiento térmico del edificio. Este sistema permite mejorar la eficiencia del diseño del edificio y optimizar un comportamiento bioclimática.

- Analizar los resultados obtenidos y extraer conclusiones sobre el comportamiento energético del edificio.
- Optimizar el diseño y el comportamiento Pasivo del edificio a través de la proposición de mejoras en el proyecto que disminuyan los consumos.

Para alcanzar los objetivos indicados se ha seguido el siguiente procedimiento:

1. Ubicación, estudio del clima.
2. Breve descripción de las energías Renovables usadas.
3. Forma y orientación del edificio
4. Estimación de consumos de calefacción y ACS del edificio:
 - Estudio de las características de los distintos cerramientos que forman la envolvente térmica del edificio (materiales, transmitancia, espesores, áreas). ***Hoja Excel de demanda de ACS y calefacción***
 - Optimización del diseño y comportamiento pasivo del edificio a través de la proposición de mejoras en el proyecto que disminuyan el consumo de calefacción y de ACS.
 - Cálculo de la superficie de placas solares necesaria, junto con el tipo de captador y el número de captadores necesarios para obtener la mayor cobertura solar. ***Hoja Excel de cálculo horario de captadores térmicos.***
 - Herramienta informática. Simulación con LIDER.
5. Simulación del edificio junto con la calificación energética.
6. Planteamiento de mejoras con el fin de conseguir:
 - Mínima demanda energética.
 - Mínimo consumo energético.

1.2. UBICACIÓN

Panticosa es un municipio español situado en el valle de Tena, perteneciente a la comarca de Alto Gallego, al norte de la provincia de Huesca, Comunidad Autónoma de Aragón.

Dicho municipio se encuentra a 1184 m de altitud, y 42,7° de latitud; en el cual confluyen numerosos ríos, ibones y lagos, por lo que gracias a esto posee dos centrales hidroeléctricas las cuales suministran la electricidad a este municipio.

1.3. ESTUDIO DEL MICROCLIMA

Nos encontramos en una zona de clima de alta montaña, según el CTE HE4 se encuentra en zona climática II, el cual provoca que las temperaturas sean bajas y la radiación solar tome valores altos.

Debido a este clima tan severo es necesario tener muy en cuenta las necesidades de calefacción y usar materiales que formen unos cerramientos con unas transmitancia muy específicas.

1.4. DESCRIPCION DEL EDIFICIO

La vivienda unifamiliar consta de dos plantas habitables, además de sótano y gatera. En las plantas habitables se sitúan la cocina, el salón, los baños y los tres dormitorios.

La orientación del edificio está basada en que tanto el salón como el dormitorio de matrimonio se sitúen cara Sur ya que son los dos espacios con mayores dimensiones y de esta manera se las demandas de calefacción necesarias son menores.

En este caso, todas las zonas calefactadas se clasifican como espacios habitables y el resto como no habitables, teniendo ambos una clase de higronometría 3 ya que en estos espacios no se prevé una alta producción de humedad.

1.5. DEMANDA DE CALEFACCIÓN

Para realizar este estudio se ha usado el programa informático LIDER, ya que es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia de limitación de Demanda Energética (HE1), establecida en el Documento Básico de Habitabilidad y Energía del Código Técnico de la edificación ofrecida por el Ministerio de Vivienda y por el IDEA.

El cumplimiento de esta normativa es obligatorio para todos edificios de nueva construcción o reformas mayoritarias. Dada la obligatoriedad de la norma se ha simulado la vivienda unifamiliar de nueva construcción incluyendo todas las mejoras planteadas.

El edificio precisa calefacción desde los meses de Octubre a Mayo, no siendo necesaria refrigeración. Es decir, el clima plantea unos 8 meses de invierno y 4 meses de verano con temperaturas muy suaves, lo que nos indica las condiciones de frío intenso a las que se enfrenta.

1.6. DEMANDA DE AGUA CALIENTE

1.6.1 Demanda de ACS:

Para establecer las necesidades de ACS, es necesario conocer los litros de agua consumida al día por los usuarios del edificio.

Siendo un edificio de nueva construcción en el que no tenemos datos de los consumos anteriores, se hará una previsión del consumo de ACS a partir de cálculos estadísticos.

Como se trata de una vivienda unifamiliar con tres dormitorios y considerando una temperatura de acumulación de ACS de 45°C, se obtiene para cada mes una demanda mensual la cual depende de la Temperatura de agua fría en red para cada mes en la localidad de Panticosa.

Tras obtener la demanda mes a mes, la demanda tota será la suma de ellas.

Si se toma como aproximación que la Temperatura de agua fría en red es la media de todas Temperaturas de agua fría en red (Ti red) desde Enero a Diciembre, se obtendrá una Ti red constante, con lo que la Demanda mensual solo dependerá del numero de días de cada mes.

Para una temperatura de 60°C, se obtiene un consumo diario de ACS constante, considerando tres dormitorios, es decir, cuatro personas en la vivienda, según tablas se tiene un consumo de 30 litros por persona y día, con lo que el consumo de ACS a 60°C es de 120 litros por día.

1.6.2 Producción de Agua Caliente:

Para la producción de agua caliente, se ha planteado la solución de la instalación de sistemas de aprovechamiento de baja temperatura, como es el caso de colectores solares térmicos, con el fin de ahorrar energía y obtener incentivos fiscales.

A la hora de diseñar instalaciones de colectores a escalar residencial, se usará el método F-chart, que permite realizar el cálculo de cobertura de unos sistemas solares. Este método nos proporcionará una estimación del porcentaje de energía que es suministrado por el sistema solar, del total de las necesidades energéticas que tenemos.

Se ha elegido colectores solares de la marca VIESSEMAN VITOSOL, ya que son colectores de alto rendimiento que han dado buenos resultados en otros proyectos ya realizados, realizando el calculo de la cobertura solar anual con colectores normales y de vacío de esta marca para distintas inclinaciones.

La elección del colector solar se hará en función de la cobertura anual para distintas inclinaciones y del coste de instalación, eligiendo aquel que nos de la mayor cobertura anual y menor coste y por lo tanto mayor energía anual cubierta.

1.7. SIMULACION DEL EDIFICIO. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.

Para la calificación energética del edificio se usará el programa Calener VYP.

Los pasos seguidos son los siguientes:

1. Estudiar el sistema de acondicionamiento instalado en el edificio, decidiendo la combinación de elementos del programa (Sistemas, Equipos, Unidades Terminales, Factores de Corrección) que serán necesarios para modelarlo.
2. Recopilar la información relativa al dimensionado (potencias y rendimientos nominales, caudales, temperaturas, etc.) requerida por los elementos del programa.
3. Cargar en el programa la definición geométrica y constructiva obtenida con LIDER.

Tras haber estudiado el sistema de acondicionamiento instalado, en un principio el caso de partida planteado (Sistema Mixto de ACS y calefacción con radiadores), además de considerar la contribución solar mínima exigida (70%) y una demanda de ACS de 90 l/día.m² (estipulado por el programa Calener), se obtendrá la calificación energética del edificio en función de las emisiones de CO₂ totales del edificio.

1.8. MEJORAS PLANTEADAS

Tras haber calculado en caso partida, se plantea una serie de mejoras en el edificio, tanto a nivel de obtener una demanda energética mínima del edificio como un consumo energético mínimo.

1.8.1 Mínima demanda energética:

Se planteará una serie de modificaciones en las variables siguientes: renovaciones/hora del aire, espesores de aislamientos y materiales de los cerramientos del suelo de las zonas habitables.

Tras comparar los resultados se elegirá la solución que obtenga una menor emisión de CO₂ y demanda de calefacción con el fin de mejorar la calificación energética del edificio.

1.8.2 Mínimo consumo energético:

Obtenida la mínima demanda energética se plantea obtener un consumo energético mínimo, para ello se cambiara la caldera convencional por una caldera de condensación, una caldera de biomasa o un suelo radiante con caldera convencional. Eligiendo finalmente aquella que dé el mínimo consumo energético, mínima emisión de CO₂ y con ello mejor calificación energética del edificio.

2. EMPLAZAMIENTO. DESCRIPCIÓN PANTICOSA



Panticosa es un municipio español situado en el valle de Tena, perteneciente a la comarca de Alto Gállego, al norte de la provincia de Huesca, comunidad autónoma de Aragón.

Se encuentra a 1184 m de altitud y tiene un área de 95,9 km² con una población de 837 habitantes (INE 2008) y una densidad de 8,73 hab/km².

Este pueblo pirenaico se emplaza en el Valle de Tena, el cual es uno de los valles más extensos y poblados del Pirineo. Tiene una superficie de unos 400 km² y, altitudinalmente, va desde los 600 metros de altitud en su parte más baja hasta superar los 3.000 en muchas de sus cimas (Balaitus, Gran Facha, Argualas o los Picos del Infierno). Cuenta además con dos grandes embalses, el de Lanuza y el de Búbal. (Más datos **Anexo2. Características Embalses**)

Panticosa se sitúa junto a la confluencia del Caldarés y el Bolática, ríos que descienden de las más altas cumbres del municipio. Dentro del término también se encuentra la estación de esquí alpino "Panticosa-los Lagos", además de un afamado balneario de aguas termales a 8 kilómetros de la población y numerosos ibones y lagos de gran interés turístico.

Su economía, antaño basada en la ganadería, hoy en día está basada en el turismo ya que dispone de numerosos hoteles y restaurantes que se llenan al completo en invierno y en verano, y cada vez mas jóvenes ubican su residencia habitual allí, debido a las numerosas actividades que pueden realizar a lo largo de todo el año.

En invierno, Panticosa es un lugar excelente para realizar la práctica del deporte del esquí alpino. En verano, este lugar es particularmente maravilloso para las numerosas personas que se acercan a disfrutar de la naturaleza y de la montaña. No sólo se trata de la montaña sino que la pesca, la bicicleta, el barranquismo, footing... otras numerosas actividades acompañan durante casi todo el año a esta población.

Los numerosos picos que superan los 3000 metros de altura o las peñas con vistas hermosas, son un aliciente para acercarse a pasear y practicar distintos deportes por este pueblo del Valle de Tena.

Debido a gran numero de ríos de alta montaña, ibones y lagos que existen en este valle, es lógico que se hayan construido varias centrales hidroeléctricas muy próximas entre ellas. Alrededor de Panticosa nos encontramos con 2 centrales muy próximas, una situada en el Balneario de Panticosa y la otra entre Panticosa y Biescas, las cuales

proporcionan la energía eléctrica necesaria usando energía renovable proveniente de los ríos. (Más datos en *Anexo 1. Datos de Panticosa*).

3. CARACTERÍSTICAS CLIMA

Debido a la situación de Panticosa, esta se sitúa en zona de clima de alta montaña, el cual provoca que las temperaturas sean bajas y la radiación solar tome valores altos.

A la hora de analizar el clima es muy importante tener en cuenta una serie de variables las cuales definen las características necesarias en los cerramientos del edificio, orientación de fachada principal, demandas de calefacción, refrigeración y de Agua caliente sanitaria del edificio, tipo de captadores solares, junto con su inclinación y dimensiones, aprovechamiento de las ganancias solares, iluminación,...

Estas variables a analizar son: Radiación solar, Temperatura, Humedad relativa y Viento. Todos los valores de estas variables se han incluido en una hoja Excel (***DATOS CLIMATICOS.xcl***).

4. ENERGÍAS RENOVABLES PLANTEADAS

4.1. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Es un nuevo tipo de arquitectura donde el equilibrio y la armonía son una constante con el medio ambiente, el que se busca lograr un gran nivel de confort térmico.

Tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort térmico interior mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y la construcción del edificio adaptado a las condiciones climáticas de su entorno. Juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos, que más bien se consideran como sistemas de apoyo.

Pero una casa bioclimática no tiene por qué ser más cara o más barata que una convencional. No necesita de la compra y/o instalación de sistemas mecánicos de climatización, sino que juega con los elementos arquitectónicos de siempre para incrementar el rendimiento energético y conseguir el confort de forma natural. Para ello, el diseño bioclimático supone un conjunto de restricciones, pero siguen existiendo grados de libertad para el diseño según el gusto de cada cual.

La arquitectura bioclimática tiene en cuenta las condiciones del terreno, el recorrido del Sol, las corrientes de aire, etc., aplicando estos aspectos a la distribución de los espacios, la apertura y orientación de las ventanas, etc., con el fin de conseguir una eficiencia energética.

No consiste en inventar cosas extrañas sino diseñar con las ya existentes y saber sacar el máximo provecho a los recursos naturales que nos brinda el entorno. Sin embargo, esto no tiene porque condicionar el aspecto de la construcción, que es completamente variable y perfectamente acorde con las tendencias y el diseño de una buena arquitectura.

Las ventajas son:

- Un edificio verde es una estructura que se ha concebido con el objeto de aumentar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental, al tiempo que mejora el bienestar de sus usuarios. Por ejemplo, la potenciación de la luz natural en el interior de un edificio no solo supondrá un ahorro económico y un menor impacto ambiental, debido al menor consumo de electricidad (un importante porcentaje de producción de electricidad se realiza a partir de la quema de combustibles fósiles con la consiguiente liberación de gases contaminantes de efecto invernadero, especialmente CO₂), sino que también podrá reducir el posible estrés de sus ocupantes.
- Ahorro monetario en las facturas de electricidad y gas.
- La construcción sostenible no se caracteriza por un rasgo concreto ni se limita a un conjunto de normas o requisitos. Se trata de un proceso completo que abarca desde la elección del solar en que iniciará la construcción hasta la proyección de la estructura y la utilización de materiales ecológicos o la posibilidad de reciclaje de los mismos.

- Lograr una mayor armonía entre el hombre y la naturaleza. Se pasaría de la casa-“bunker” que no tiene en cuenta su entorno climático y utiliza potentes aparatos de climatización para resolver el problema, a una casa que se integra y utiliza su entorno y el clima para resolver sus necesidades energéticas.

4.2. ENERGÍA SOLAR

España, gracias a su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecida con respecto al resto de los países europeos, ya que cada metro cuadrado de su suelo recibe al año unos 1.500 kWh de energía solar.

La forma activa más importante de utilización de la energía solar es la conversión térmica, aprovechando la energía que transporta la radiación para aumentar la temperatura de algún sistema, pudiéndose aumentar el rendimiento de conversión concentrando la radiación solar mediante lentes o espejos.

La Energía Solar Térmica es un método de aprovechamiento en el que se transforma la energía radiante del sol en calor. El lugar en el que tiene lugar la transformación de la energía radiante en calor recibe el nombre de captador solar. (Más datos en *Anexo 10. Sistema de captación Solar*)

4.3. FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA SOLAR PASIVA.

La Arquitectura solar pasiva o bioclimática optimiza las relaciones energéticas con el entorno mediante el propio diseño arquitectónico. Tiene en cuenta el clima del lugar (Energía Solar recibida, temperatura, dirección del viento, etc.), la vegetación y la orientación; con el fin de que el edificio reciba el máximo de Energía Solar.

Los ingredientes de una estructura solar bien construida incluyen un caparazón bien aislado, masa térmica, orientación este-oeste, una forma del edificio apropiada para un ambiente determinado, buen emplazamiento de las ventanas, y un beneficio solar directo, que tiene lugar a través de cristaleras orientadas al sur. Así, se puede conseguir una casa que se calienta y enfría por sí misma.

4.3.1 Caparazón aislante exterior.

Cuanto mejor sea el aislamiento de los muros, tejado, cimientos, suelo, puertas y ventanas (el caparazón de la casa), menor será el escape de calor y frío del interior al exterior de la casa.

A menudo, es difícil aislar bien puertas y ventanas que pueden ser las zonas de la casa con mayor pérdida o ganancia de calor. Una estructura súper aislada y bien sellada, con pocas o ninguna abertura, conservará eficazmente el frío o el calor dentro del edificio. Las aberturas por ventanas para tener luz y ventilación disminuirán la cantidad de calor conservada, pero pueden hacer que aumente el calor, una fuente gratuita de calefacción. Además, la ganancia de calor puede limitarse durante los meses de verano si la casa está adecuadamente orientada para funcionar con los movimientos cíclicos naturales del sol,

recibiendo luz solar en invierno y excluyendo la fuerte luz solar del verano con métodos de sombreado.

4.3.2 Una buena orientación solar.

Idealmente, una casa debería estar orientada hacia el sur verdadero, no al sur magnético, pero una casa que esté a 15° al este o al oeste del sur verdadero todavía podrá recibir el 90% del sol disponible. Cualquier brújula buena o mapa ayudará a determinar cual es el verdadero sur para un emplazamiento concreto.

4.3.3 Colocación de ventanas.

El desafío es conseguir el máximo de calor y aumento de luz en los meses de invierno y un mínimo de aumento de calor en meses de verano, al mismo tiempo que una buena ventilación y vistas.

En una casa debidamente orientada, las ventanas que dan al sur permiten que el sol entre en la casa durante el invierno, y, por diferencia de la trayectoria solar en el verano, habrá menor luz solar directa durante la estación cálida. Las ventanas orientadas al norte no tendrán aumento directo del sol ni en invierno ni en verano. Las ventanas orientadas al este siempre recibirán sol por las mañanas, lo que puede ser muy efectivo para calentar la casa temprano por las mañanas durante el invierno. Las ventanas orientadas al oeste siempre tendrán sol por las tardes, lo que es poco deseable durante el verano.

4.3.4 Cristaleras orientadas al sur.

En diseños solares, las cristaleras orientadas al sur son el principal elemento generados de calor. Cuanto mayor sea la superficie de cristal orientada al sur, más ganancia de calor habrá. Cuanto más cristal, sin embargo, menos aislamiento, y la capacidad de la casa para conservar el calor también se verá reducida, incrementando así la cantidad de pérdida de calor por la noche y durante las horas en las que no hay ganancia solar, y aumentando la cantidad de calor que entra durante el verano.

En climas fríos con gran cantidad de sol disponible, es más efectivo incrementar la cantidad de cristaleras orientadas al sur, y confiar más en grandes cantidades de calor acumulado que en un alto acristalamiento.

4.3.5 Masa térmica interior.

La masa térmica en el interior de un edificio puede almacenar calor o frío y después soltarlo lentamente al aire de alrededor.

La masa térmica es necesaria para prevenir el recalentamiento diurno de la estructura y para estabilizar su temperatura ambiente por las noches y periodos de tiempo nublosos; cuanta más masa haya, más estable será la temperatura interior. También, cuanto más directo llegue el sol a la masa térmica, mayor será la ganancia de calor.

Los pisos pueden proporcionar un buen foco de masa. Cemento, ladrillo, losa u otros materiales de albañilería funcionan especialmente bien. El aislamiento bajo el piso ayuda a devolver la ganancia de calor al interior del edificio con mayor rapidez. Las

paredes interiores de las casas a menudo se construyen con madera, pero si se construyen con materiales de albañilería, como roca o adobe, pueden proporcionar una excelente masa, especialmente esas paredes interiores que reciben directamente el sol.

4.3.6 Cristal de aislamiento.

El cristal de doble hoja o las ventanas con aislamiento minimizan la pérdida de calor a través de esas aberturas y tendrán muchas ventajas en todos los climas excepto los más templados.

4.4. ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

La energía hidroeléctrica es una de las energías más rentables. Aunque costes iniciales son bastante elevados, por contra, los gastos de explotación y mantenimiento son relativamente bajos.

Se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a una cota inferior. Esta caída induce el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas.

Requiere una serie de condicionantes:

- pluviosidades medias anuales favorables
- lugar de emplazamiento, supeditado a las características y configuración del terreno por donde discurre la corriente de agua.

La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere la construcción de pantanos, presas, canales de derivación y la instalación de grandes turbinas y el equipamiento necesario para generar electricidad.

4.5. BIOMASA

La biomasa vegetal es la materia constituida por las plantas. La energía que contiene es energía solar almacenada durante el crecimiento por medio de la fotosíntesis. Por esta razón, la biomasa, si es utilizada dentro de un ciclo continuo de producción-utilización, constituye un recurso energético renovable y respetuoso con el medio ambiente.

Quemando gas o gasóleo para la calefacción, se transfiere y se acumula en la atmósfera carbono extraído del subsuelo profundo, alimentando así el efecto invernadero. Por el contrario, la combustión de biomasa no contribuye de ninguna manera al efecto invernadero, porque el carbono que se libera quemando la madera procede de la atmósfera misma y no del subsuelo.

Actualmente, la contribución de la biomasa a la necesidad de energía primaria está muy por debajo del potencial disponible, y se produce fundamentalmente por la utilización de leña para quemar en chimeneas y estufas, a menudo obsoletas y poco eficaces. No

obstante, las tecnologías para la utilización de combustibles vegetales en sistemas de calefacción doméstica han experimentado un gran desarrollo en los últimos años y han alcanzado niveles de eficiencia, fiabilidad y confort muy parecidos a los de los sistemas tradicionales de gas y de gasóleo.

Básicamente hay tres tipologías, según las tres principales categorías de combustibles vegetales:

- leña para quemar en tarugos.
- madera desmenuzada (astillas).
- pastillas de madera molida y prensada (pellet).

5. OBJETIVOS

El estudio que se plantea surge de la idea de la creación de una vivienda unifamiliar tipo en el Pirineo Aragonés con el propósito de mejorar el comportamiento energético de las viviendas ya existentes en esos lugares y con el objetivo de poco a poco se vayan instalando en todas las partes viviendas bioclimáticas, con el fin de cumplir los objetivos previstos en las nuevas ordenanzas referentes al uso de Energías Renovables.

El estudio persigue los siguientes objetivos:

1. Lograr la calidad del ambiente interior, es decir, unas condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire.
2. Desarrollar un modelo matemático simulando el comportamiento energético del edificio que permita:
 - Estimar demandas de calefacción y ACS.
 - Proporcionar un método flexible para introducir modificaciones y comparar las variaciones en el comportamiento térmico del edificio. Este sistema permite mejorar la eficiencia del diseño del edificio y optimizar un comportamiento bioclimático.
3. Analizar los resultados obtenidos y extraer conclusiones sobre el comportamiento energético del edificio.
4. Optimizar el diseño y el comportamiento Pasivo del edificio a través de la proposición de mejoras en el proyecto que disminuyan los consumos.

Para alcanzar los objetivos indicados se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Ubicación, forma y orientación del edificio.
- Estimación de consumos de calefacción y ACS del edificio:
 - Estudio de las características de los distintos cerramientos que forman la envolvente térmica del edificio (materiales, transmitancias, espesores, áreas). ***Hoja Excel de demanda de ACS y calefacción***
 - Optimización del diseño y comportamiento pasivo del edificio a través de la proposición de mejoras en el proyecto que disminuyan el consumo de calefacción y de ACS.
 - Cálculo de la superficie de placas solares necesaria, junto con el tipo de captador y el número de captadores necesarios para obtener la mayor cobertura solar. ***Hoja Excel de cálculo horario de captadores térmicos.***
 - Herramienta informática. Simulación con LIDER.

6. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio se divide en dos plantas habitables, además de sótano y gatera. En la planta baja se encuentra la cocina, un aseo, el salón y el pasillo-escalera para acceder a planta primera; y en planta primera esta el dormitorio de matrimonio, dos dormitorios individuales para los niños, un baño y el correspondiente pasillo-escalera.

La orientación del edificio esta basada en que tanto el salón como el dormitorio de matrimonio se sitúen cara Sur debido no solo a que son los dos espacios en los que mas horas están habitados sino que también son los dos espacios que tienen mayores ventanales y mayores áreas. *(archivos disponibles en el cd. planos y Anexo4. Planos del edificio)*

A la hora de la construcción de los forjados interiores se ha planteado como idea de partida que los dormitorios, salón y pasillo-escalera tengan como capa superior parquet de madera; siendo para el resto de espacios suelo de baldosa de gres.

A continuación se describe brevemente algunos aspectos de la construcción propuesta por los arquitectos de la vivienda unifamiliar:

- **Estructura:** Vertical de pilares metálicos, con cerramientos de muro portante.
- **Fachada o muro exterior:** Formada por hoja exterior de piedra, aislante y hoja interior de bloque.
- **Tabiquería interior:** De tipo pladur.
- **Ventanas:** Cristales con doble cámara de aire, con herrajes limpios y sencillos.
- **Solados:** Resistentes al desgaste y rotura por la climatología.
- **Forjados internos:** como se ha nombrado antes, dependiendo del espacio estará formado por una capa superior de madera o de baldosa, una capa de aislante, entrevigado metálico y un bloque de yeso.
- **Cubierta:** Panel tipo sándwich atornillado a las cerchas que conforman la estructura.

Debido a la situación geográfica de Panticosa estamos en una zona climática de Clase E, por lo que los cerramientos del edificio tienen que tener según Código Técnico de la Edificación unas transmitancias máximas (U_{max}), las cuales son:

Muros fachadas: $U_{max}= 0,74 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Particiones interiores: $U_{max}= 0,74 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Suelos: $U_{max}= 0,62 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Cubiertas: $U_{max}= 0,46 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Vidrios y huecos: $U_{max}= 3,10 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Medianeras: $U_{max}= 1,00 \text{ W/m}^2.\text{K}$

7. ESTUDIO ENERGÉTICO I: DEMANDA DE CALEFACCIÓN.

7.1.CONDICIONES DE SIMULACION CON LIDER

7.1.1 Selección del método.

La aplicación LIDER es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia de limitación de Demanda Energética (HE1), establecida en el Documento Básico de Habitabilidad y Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE), ofrecido por el Ministerio de la Vivienda y por el IDEA.

En el Anexo3 se puede consultar el Documento Básico (CTE-HE1).

El cumplimiento de esta normativa es obligatorio para todos edificios de nueva construcción o reformas mayoritarias. Dada la obligatoriedad de la norma se ha simulado la vivienda unifamiliar de nueva construcción incluyendo todas las mejoras planteadas.

7.1.2 Datos previos.

Análisis del edificio y recopilación de la información necesaria para la ejecución de la aplicación.

- **Zonas climáticas:**

Se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división en invierno y un número, correspondiente a la división en verano.

Nuestro edificio se encuentra en la zona E1 (E: severidad climática de invierno alta; 1: severidad climática de verano baja).

- **Carga interna:**

Tenemos un caso de baja carga interna; es decir, poca disipación de calor, ya que estamos en caso de una vivienda residencial

- **Divisiones en plantas y espacios para su introducción en el programa y clasificación de los espacios del edificio:**

Uno de los criterios que sigue LIDER para las divisiones del edificio es que la división en espacios debe ser coherente con la definición posterior de los sistemas de climatización.

Los espacios interiores de los edificios se clasifican en espacios habitables y no habitables. Los espacios habitables se caracterizan por exceso de humedad interior.

En nuestro caso, todas zonas calefactadas se clasifican como espacio habitables (calefactadas o no) y el resto como no habitables, teniendo los habitables una clase de higrometría 3 ya que en estos espacios no se prevé una alta producción de humedad.

Tanto el sótano como la buhardilla son zonas no habitables las cuales tienen una clase de higrometría 3 y con un nivel de estanqueidad de 3 y de 2 respectivamente.

- **Recopilación de todas propiedades de todos materiales y productos de construcción:**

Descripción: indicamos la localidad, orientación y datos generales del proyecto.

Figura 1. Descripción proyecto

Base de datos: en la cual se definirán los cerramientos del edificio junto con los materiales que forman cada uno de ellos. Los cerramientos del edificio de incluirán en ‘Cerramientos y particiones interiores’ y en ‘Huecos y lucernarios’. Inicialmente se generan grupos de materiales y luego sus cerramientos o huecos añadiendo capas de la bases de datos de materiales.

No	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Piedra	0,1000	3,500	2400	1000	
2	XPS	0,1000	0,028	33	1210	
3	capa 1 mm	0,0010	230,000	2700	880	
4	bloque hormigon	0,2000	0,490	760	1000	
5	enfoscado y pintado	0,0200	1,400	1500	1000	
6						

Figura 2. Base de datos

Todos cerramientos junto con los materiales están incluidos en el **Anexo6. Materiales y Cerramientos y en los PDF's del cd.resultados.pdfs.**

Opciones de diseño: se asigna la composición constructiva de los distintos cerramientos y particiones interiores del edificio, incluyendo los puentes térmicos.

Figura 3. Opciones de diseño

Definición de geometría 3D del edificio: el proceso de definición de la geometría se realiza sucesivamente planta por planta y de abajo a arriba repitiendo los pasos siguientes.

1. Cargamos los planos de cada planta cuando se definan cada una de ellas (*archivos disponibles en el cd. plantasotano.dfx, plantabaja.dfx,...*)
2. Creamos planta especificando su cota.
3. Definimos espacios de la planta.
4. Modificamos las condiciones de operación de aquellos espacios cuyas características sean distintas a las definidas por defecto.
5. Definimos particiones horizontales y/o suelo.
6. Levantamos automáticamente los cerramientos y particiones interiores verticales.
7. Definimos huecos de cerramientos, asegurándonos de que se encuentran en "planta actual" correspondiente.
8. Definimos cubierta.
9. Calculamos.

7.1.3 Otros datos a considerar.

Las infiltraciones están definidas por cada una de las topologías de los huecos, esto puede ser bueno si se conocen en detalle, pero normalmente no se conocen con exactitud y la aproximación a un valor global de infiltraciones es más adecuado.

En este caso las infiltraciones tienen un papel importante, ya que la Temperatura exterior en un clima de alta montaña es extremadamente baja, con lo que puede ser un factor importante de pérdidas.

Otro parámetro importante en LIDER es el valor de renovaciones horas. LIDER da un valor por defecto de 1 ren/h, para asegurar que no existan condensaciones. Para asegurar la calidad del aire no es necesario poner un valor tan elevado, ya que una ventilación excesiva provocaría grandes pérdidas. El nuevo reglamento es muy exigente con los aislamientos pero también con la ventilación, así que la ganancia gracias a los

aislamientos se pierde a causa de la ventilación. En nuestro caso partida tras haber calculado el volumen total habitable ($324,6 \text{ m}^3$) como los espesores de los forjados interiores, del terreno y el de la cubierta tenemos un volumen de aire del edificio de $287,81 \text{ m}^3$, y tener un caudal máximo de $197,71 \text{ m}^3/\text{h}$ se obtiene $0,7 \text{ ren/h}$. (***cálculos realizados en calculo_de Renovaciones_hora.xcl***)

Las demandas energéticas deben ser inferiores a las del edificio de referencia tanto para régimen de calefacción (Octubre a Mayo) como para el de refrigeración (Junio a Septiembre). “ Si una demanda es inferior al 10% de la otra, se ignora el cumplimiento”.

El control de condensaciones superficiales para HR media mensual tiene que ser del 80%, además de que la humedad de cada capa se seca en un año y de que la condensación máxima mensual tiene que ser admisible por el aislante.

7.2 RESULTADOS CON LIDER

Tras calcular el edificio, se muestra la comparación entre demanda de calefacción y refrigeración del edificio objeto con el de referencia, en % y un diagrama de barras.

La barra de color azul es para el edificio de referencia, y para el edificio objeto es de color verde si su demanda es menor que la del edificio de referencia o rojo si es mayor.

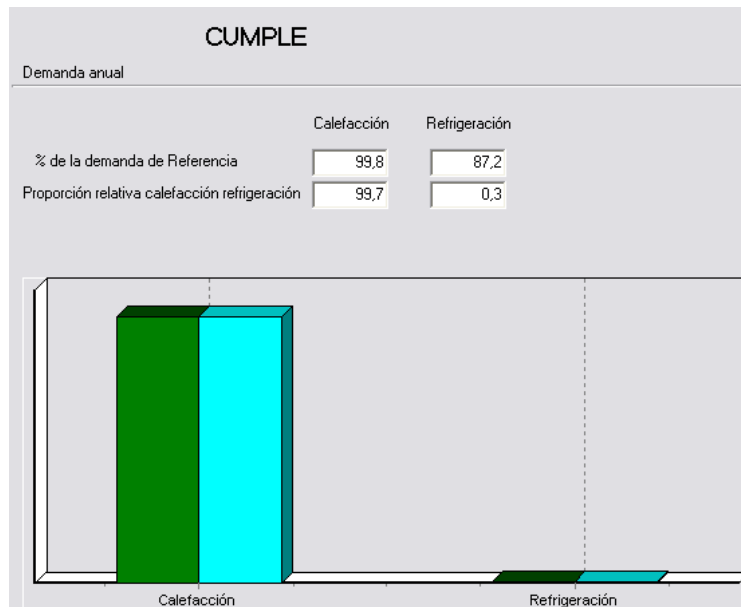


Figura 4. Comparativa demandas

Para el caso de partida se observa que prácticamente son iguales las demandas de calefacción del edificio objeto y las de referencia. No tiene sentido el 0,3 % que calcula el programa para la demanda de refrigeración del edificio objeto ya que es evidente que no vamos a necesitar ningún sistema de refrigeración en Panticosa (Huesca), de todos modos esta demanda es menor al 10% y no se tiene en cuenta para la verificación de la normativa -> el edificio CUMPLE la normativa.

También podemos consultar el resultado por espacios:

Espacios	m²	nº espacios iguales	Calefacción		Refrigeración	
			% de max	% de ref	% de max	% de ref
P02_E01	3,0	1	91,9	95,3	0,0	0,0
P02_E02	9,8	1	60,4	74,2	0,0	0,0
P02_E03	12,5	1	100,0	90,2	0,0	0,0
P02_E04	25,9	1	97,9	106,6	100,0	87,2
P03_E01	7,9	1	66,1	100,8	0,0	0,0
P03_E02	5,4	1	51,5	105,4	0,0	0,0
P03_E03	28,2	1	64,2	106,2	0,0	0,0
P03_E04	7,9	1	52,4	105,4	0,0	0,0
P03_E05	7,5	1	96,4	105,6	0,0	0,0
Total	108,2					

Figura 5. Demandas por espacios

Además de la superficie de cada espacio y el número de veces que se repite se muestran, tanto para calefacción como para refrigeración:

- El % del máximo valor hallado entre todos los espacios (columna de % de máx.). El espacio con mayor demanda ‘ P02_E03, cocina’ aparece con 100%. Respecto a este valor, la demanda del resto de espacios representan el % del máximo. Esta columna nos ayuda a localizar los espacios que mayor contribución tienen a la demanda.
- El % de la demanda respecto a la de referencia (columna % de ref.). Como para el edificio completo un valor superior al 100% indicaría una demanda superior al de referencia.

Además de estos resultados el programa nos proporciona un informe en formato PDF (*archivos disponibles en **cd.resultados.pdf**s*) y los valores exactos de la demanda.

8. ESTUDIO ENERGETICO II: DEMANDA DE AGUA CALIENTE.

8.1 CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE DEMANDA DE ACS

Para establecer las necesidades de ACS, es necesario conocer los litros de agua consumida al día por los usuarios del edificio, bien midiendo lo que se consume o haciendo una previsión del consumo a partir de cálculos estadísticos.

Como se trata de una instalación nueva, pero similar a otras ya existentes realizaremos una previsión del consumo.

Para el cálculo de la demanda de ACS se ha construido una hoja EXCEL (*demanda acs y calefacción.xls*), donde para las condiciones de vivienda unifamiliar con 3 dormitorios y temperatura de acumulación del ACS de 45°C y T_i temperatura de agua fría en red para cada mes en la localidad de Panticosa se ha obtenido la demanda de ACS para 45°C mes a mes.

La demanda mensual la obtenemos mediante la fórmula:

$$D_i \text{ (kWh)} = (q_i \text{ (l/s)} \cdot C_p \text{ (Kj/kg}^\circ\text{C)} \cdot (T_{uso} \text{ (}^\circ\text{C)} - T_{redi} \text{ (}^\circ\text{C)}) \cdot N_i) / 3600 \text{ kWh/Kj}$$

$$C_p = 4.18 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C}$$

$T_{uso} = 45^\circ\text{C}$, temperatura de acumulación del ACS

$T_{redi} = T_i$, temperatura de agua fría en red.

N_i = número de días del mes considerado

$q_i = D'$ (45°C)

Con lo cual la demanda total de ACS al año será la suma de todas las demandas mensuales a lo largo del año.

$$D \text{ (kWh)} = \sum D_i \text{ (kWh)}$$

Las cargas de consumo se suelen referir al consumo diario medio mensual, a una temperatura de 45 °C. Existen tablas en las que se puede consultar los valores unitarios de consumo (hoja Excel *demanda acs y calefaccion.xls*, **Tabla 1. Criterios de consumo**)

Criterios de consumo	Litros/día
Viviendas unifamiliares	30 por persona
Viviendas multifamiliares	40 por persona

Tabla 1. Criterios de consumo

A una temperatura distinta, también lo son las cantidades de agua para el consumo. A una temperatura de 60°C las cantidades necesarias son menores, previendo que en el punto de consumo, la temperatura será más rebajada.

El consumo diario de ACS para 60°C es, que es constante a lo largo de todo el año:

$$D' (60^{\circ}\text{C}) = 30 \text{ l/persona.día} * 4 \text{ personas} = 120 \text{ l/día a } 60^{\circ}\text{C}.$$

Si tomamos como aproximación que la T_i sea la media de todas temperaturas de agua fría en red en la localidad, es decir, $T_i = 9,25^{\circ}\text{C}$, obtendremos un consumo de ACS a 45°C constante para todos los días del año, q_i cte:

$$D (45^{\circ}\text{C}) = D' (60^{\circ}\text{C}) * (60 - T_i) / (45 - T_i) = 170,35 \text{ l/día a } 45^{\circ}\text{C}$$

Por lo que la demanda total de ACS a 45°C es:

$$D_{\text{total aprox}}(45^{\circ}\text{C}) = D(45^{\circ}\text{C}) * (365 \text{ días/año}) * 4.18 * (45 - 9.25) / 3600 \text{ kWh/Kj}$$

$$\mathbf{D_{total aprox}(45^{\circ}\text{C}) = 2580.95 kWh}$$

Como en este caso la temperatura de agua fría en red no es constante a lo largo del año, para cada mes se ha obtenido un consumo distinto, y por lo tanto una demanda diferente como se muestra en la hoja Excel.

Conocidos los volúmenes mensuales del agua calentar y el salto térmico, el valor de la Energía media mensual se calcula según la siguiente expresión:

$$\mathbf{Q_i(kcal) = V_i(l/día) * N_i(días) * \delta(kg/l) * C_p(kcal/kg^{\circ}\text{C}) * \Delta t_i(^{\circ}\text{C})}$$

V_i : consumo mensual a 45°C

N_i : numero de días mensuales

δ : densidad del líquido (como es agua se toma como valor de referencia 1 kg/l)

C_p : calor específico del fluido (para el agua es 1 kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)

Δt_i : incremento de temperatura

Siendo la Energía anual, la suma de todas Energías medias mensuales, desde enero a diciembre:

$$\mathbf{Q(kcal) = \sum Q_i (kcal)}$$

Si consideramos un valor constante del consumo mensual, es decir, consideramos una temperatura de agua fría de red constante ($T_i = 9.25^{\circ}\text{C}$), obtenemos una Energía media mensual que varía de un mes a otro dependiendo del número de días de cada mes, y la Energía anual se puede calcular mediante la expresión:

$$\mathbf{Q_{aprox}(kcal)_{a45^{\circ}\text{C}} = D(45^{\circ}\text{C}) * (365 \text{ días/año}) * \delta(kg/l) * C_p(kcal/kg^{\circ}\text{C}) * \Delta t_i(^{\circ}\text{C})}$$

8.2 RESULTADOS

8.2.1 Resultados Excel:

	Consumo mensual a 60°C (l/s)	numero de días al mes (días)	Demanda mensual a 60°C (kWh)	Consumo mensual a 45°C (l/s)	Demanda mensual a 45°C (kWh)	Energía media mensual (Kcal)
enero	120,00	31	237,96	165,00	237,96	204600
febrero	120,00	28	211,02	166,15	211,02	181440
marzo	120,00	31	224,98	168,65	224,98	193440
abril	120,00	30	209,35	171,43	209,35	180000
mayo	120,00	31	212,00	172,94	212,00	182280
junio	120,00	30	200,98	174,55	200,98	172800
julio	120,00	31	203,35	176,25	203,35	174840
agosto	120,00	31	207,68	174,55	207,68	178560
sept	120,00	30	205,16	172,94	205,16	176400
oct	120,00	31	216,33	171,43	216,33	186000
nov	120,00	30	217,72	168,65	217,72	187200
dic	120,00	31	237,96	165,00	237,96	204600
ANUAL	1440	365	2584,495533	2047,531548	2584,495533	2222160

Tabla 2. Demanda y Energía media

8.2.2 Consumos y Demandas totales de ACS:

Tras cálculos se ha obtenido las demandas totales de ACS tanto para temperatura de uso de 60°C como para 45°C, tras haber calculado los consumos y demandas mensuales: (*Figura 6. Consumo mensual y Figura 7. Demanda mensual*)

Demanda total de ACS a 60°C: $D(60^{\circ}\text{C}) = 2584,50 \text{ kWh}$

Demanda total de ACS a 45°C: $D(45^{\circ}\text{C}) = 2584,50 \text{ kWh}$

Si tomamos la temperatura de agua fría de red constante durante todos los meses ($T_i = 9.25^{\circ}\text{C}$), se obtiene una demanda total aproximada, tanto a 45°C como a 60°C de:

$D_{\text{aprox}} = 2580.95 \text{ kWh}$

Viendo que difiere muy poco en la real(en un 0.13 %) .

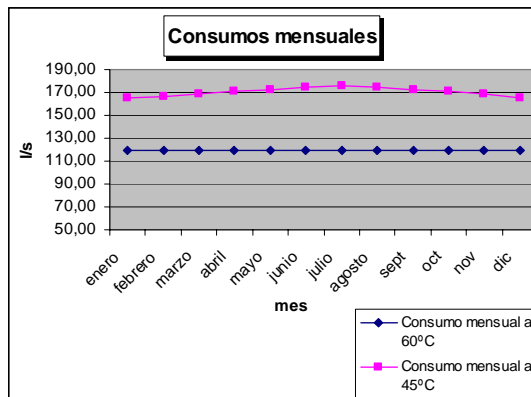


Figura 6. Consumos mensuales

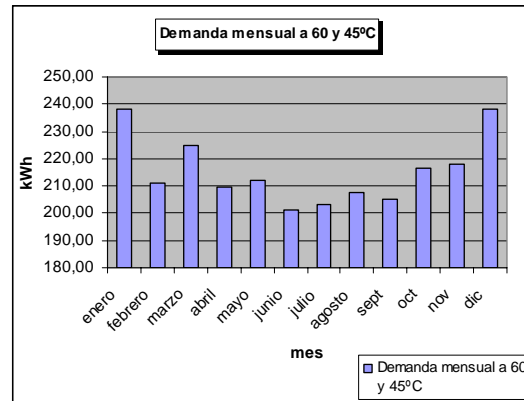


Figura 7. Demanda mensual

8.2.3 Energía anual de ACS a 45°C:

Tras cálculos se ha obtenido las Energía anual de ACS para 45°C de:

$$Q(\text{kcal})_{a\ 45^{\circ}\text{C}} = 2222160 \text{ kcal}$$

Si tomamos la temperatura de agua fría de red constante durante todos los meses ($T_i = 9.25^{\circ}\text{C}$), se obtiene: (**Figura 8. Energía media mensual**)

$$Q_{\text{aprox}}(\text{kcal})_{a\ 45^{\circ}\text{C}} = 2222854,56 \text{ kcal}$$

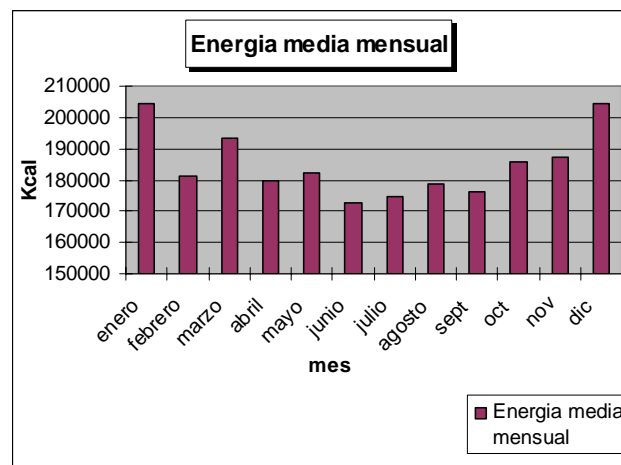


Figura 8. Energía media mensual

8.3 PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE (CALEFACCIÓN Y ACS)

Para la producción de agua caliente se ha planteado la solución de la instalación de sistemas de aprovechamiento de baja temperatura, como es el caso de colectores solares térmicos, con el fin de ahorrar energía y obtener incentivos fiscales. (Más datos en *Anexo 10. Sistemas de Captación Solar*)

El colector solar es el elemento activo de elevación de la temperatura del líquido que circula por él.

En la actualidad, la normativa española, a través del Código técnico de la edificación y del reglamento de Instalaciones térmicas en Edificios, establece la obligatoriedad de instalar captadores solares térmicos en todos los edificios de nueva construcción.

La instalación solar térmica debe estar dimensionada adecuadamente para satisfacer un determinado aporte solar sobre la demanda térmica del edificio.

➤ Contribución solar mínima

El CTE exige un aporte solar mínimo, que puede ser ampliado voluntariamente por el promotor.

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de energía solar aportada exigida y la demanda energética anual obtenidos a partir de los correspondientes valores mensuales.

Según CTE la contribución solar mínima anual exigida para una temperatura de referencia de 60°C para la zona climática II (la correspondiente a Panticosa) y para un nivel de demanda de ACS de 120l/día a 60°C es el 30 %.

En las instalaciones de ACS en viviendas unifamiliares, el equipo de aporte suplementario empleado para el ámbito doméstico es la caldera mixta, el cual condiciona el tipo de configuración empleado a la hora de instalar el sistema solar térmico. En este sistema, la salida del acumulador solar se conecta en serie a la entrada de la caldera. Cuando hay demanda de agua caliente, la caldera se pone en marcha para asegurar el servicio, regulando automáticamente la potencia del calentador y suministrando agua a la temperatura requerida por el usuario, en función de la temperatura del agua precalentada en el acumulador solar. El ahorro de combustible en la caldera es proporcional a la temperatura del agua suministrada por el sistema solar.

A la hora de diseñar instalaciones de colectores a escala residencial, se usará el método F-chart, que permite realizar el cálculo de la cobertura de unos sistemas solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo periodo de tiempo. Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar, y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables, y el rendimiento medio del sistema para un dilatado periodo de tiempo.

Este método nos proporcionará una estimación del porcentaje de energía que es suministrado por el sistema de energía solar, del total de las necesidades energéticas que tenemos. La variable principal de la que dependerá el grado de cobertura es el área de colectores.

En la hoja Excel (*calculo horario de captadores termicos.xcl*) se ha usado el método

F-chart para el cálculo de la cobertura solar anual.

Actualmente se puede encontrar en el mercado una gran variedad de captadores solares de diferentes formas, tamaños y precios, compuestos por distintos materiales.

En este caso se han elegido colectores solares de la marca VIESSMAN VITOSOL ya que son colectores de alto rendimiento que han dado buenos resultados en otros proyectos ya realizados.

Además se realizó el cálculo de la cobertura solar anual con colectores solares planos y de tubo de vacío, eligiendo finalmente la solución cuya relación eficiencia-precio resulto la mejor. (Más información en *Anexo 10. Sistemas de Captación Solar*)

1. COLECTORES PLANOS, VIESSMAN VITOSOL 100-1,7:

Características:

Parámetro óptico= 0,81

Coefficiente de pérdidas (b)= 3,78 W/m².K

Coefficiente 2º de pérdidas= 0,013 W/m².K²

Área útil= 1,7 m²

a= 0,81

Tomando como datos de partida 65° de inclinación y albedo de 0,9 al estar en un lugar de nieve, por ley tiene que haber de 100 a 170 l por m² colector. En este caso se tomo 120 l en depósito solar por m² captador.

INCLINACION (°)	COBERTURA ANUAL (%)
65	46,2
60	46,5
55	46,6
50	46,6
45	46,5
40	46,2

Tabla 3. Colectores planos.

En este caso se ve como la inclinación más adecuada esta entre 50-55°.

El precio de la instalación de los colectores es de 1275 €, con un área de 1,7 m² y solo un colector, para que cumpla normativa del RITE.

2. COLECTORES DE VACIO, VIESSMAN VITOSOL 200-D20:

Características:

Parámetro óptico= 0,81

Coeficiente de pérdidas (b)= $1,71 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 Coeficiente 2º de pérdidas= $0,009 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$
 Área útil= $2,14 \text{ m}^2$
 $a= 0,85$

Al igual que antes se toma como dato de partida 65° de inclinación y albedo de 0,9.

INCLINACION (°)	COBERTURA ANUAL (%)
65	63,9
60	64,2
55	64,6
50	64,3
45	64,1
40	63,8

Tabla 4. Colectores de vacío

En este caso se ve como la mejor situación es una inclinación de 55° .

El precio de la instalación de los colectores es de 1605 €, con un área de $2,1 \text{ m}^2$ y un solo colector, para que cumpla normativa RITE.

Comprobando ambas situaciones, se elige colectores de vacío dado que la cobertura solar anual es mucho mayor, un 20% mayor, a pesar de que el coste de instalación también es mayor.

Con lo cual se usará 1 colector solar VIESSEMAN VITOSOL 200-D20, inclinado 55° y un volumen de acumulación de 256,8 l. Con una cobertura anual del 64.6%, es decir, cubre casi un 65 % de las necesidades de calefacción.

La energía anual cubierta por captador es 1660 kWh/año del total de 2584,5 kWh/año del edificio. Además se colocará con orientación hacia al sur ya que de esa manera se consigue mayor porcentaje de cobertura solar.

9. SIMULACION DEL EDIFICIO. CALIFICACION ENERGÉTICA.

9.1 CONDICIONES SIMULACION CON CALENER VYP

Para la calificación energética del edificio se usará el programa Calener VYP.

Los pasos seguidos para la calificación energética del edificio son los siguientes:

1. Estudiar el sistema de acondicionamiento instalado en el edificio, decidiendo la combinación de elementos del programa (Sistemas, Equipos, Unidades Terminales, Factores de Corrección) que serán necesarios para modelarlo. Han de considerarse los sistemas de Calefacción y de Agua caliente Sanitaria, no siendo necesarios en este caso los de refrigeración, ya que como se ha dicho antes debido al clima existente en Panticosa las demandas de refrigeración son mínimas.
2. Recopilar la información relativa al dimensionado (potencias y rendimientos nominales, caudales, temperaturas de impulsión, rendimientos a carga parcial, etc.) requerida por los elementos del programa.
3. Cargar en el programa el archivo “.cte” de definición geométrica y constructiva obtenida con LIDER.

La base de datos de la aplicación se divide entre 4 grandes bloques:

- **Unidades terminales:** son los equipos encargados de suministrar a la zona acondicionada la energía final para su acondicionamiento.
 - a. U.T. agua caliente: todo tipo de radiadores, suelos radiantes alimentados por agua caliente, convectores de agua caliente solo usados en calefacción.
 - b. U.T. impulsión aire: rejillas; difusores tangenciales, rotacionales o lineales; toberas, etc.
 - c. U.T. expansión directa: para sistemas en expansión directa multizona para modelar las unidades interiores que suministran frío y calor.

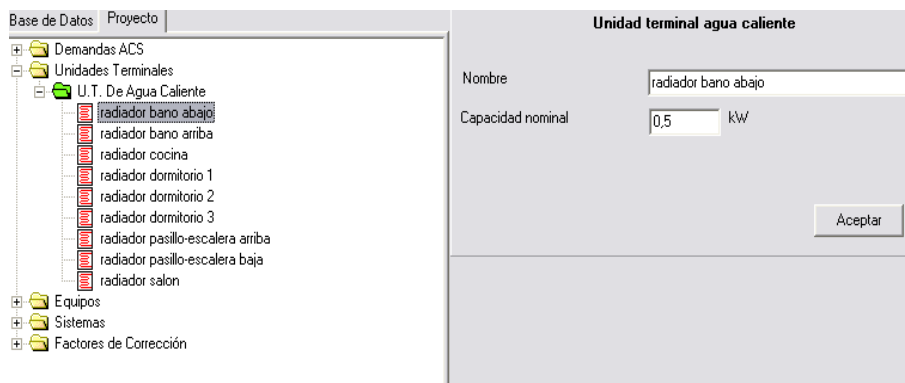


Figura 9. Unidades Terminales

- **Equipos:** en la aplicación Calener VYP hay una serie de equipos disponibles, autónomo de aire-aire solo frío, autónomo de aire-aire bomba de calor, calefacción eléctrica joule, caldera eléctrica o de combustible, bomba de calor aire- agua, unidad exterior de autónomo aire-aire, acumulador de agua caliente y equipo ideal.

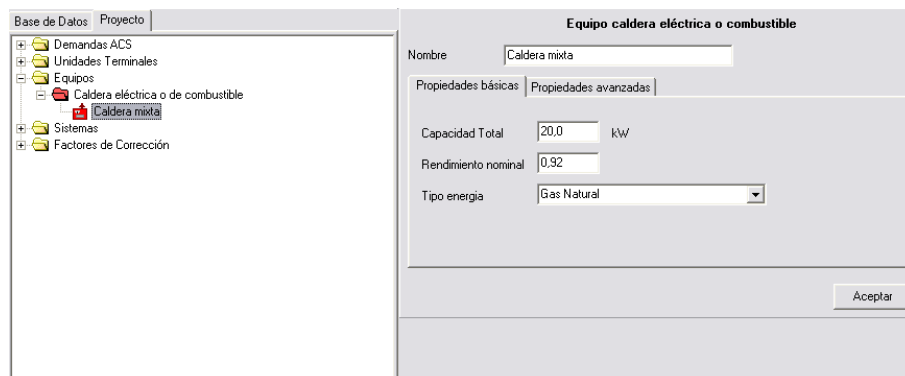


Figura 10. Equipos

- **Sistemas:** al igual que sucedía para los equipos en Calener VYP hay una serie de sistemas disponibles, sistemas de climatización unizona, de calefacción multizona por agua, climatización multizona por expansión directa, climatización multizona por conductos, ACS, Mixto calefacción y ACS.

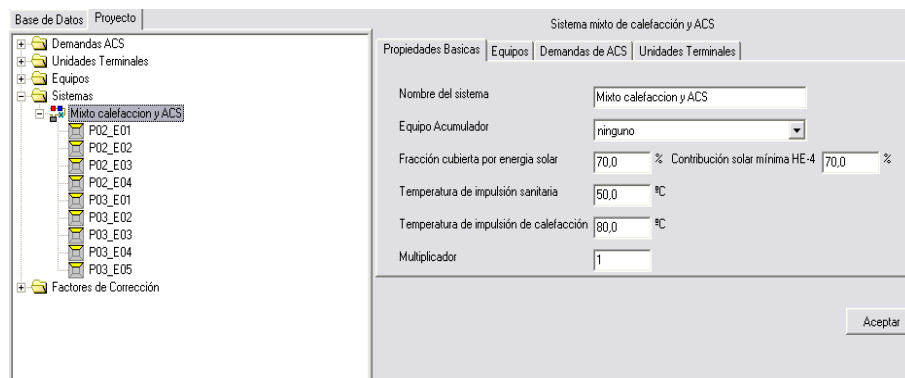


Figura 11. Sistemas

- **Factores de corrección:** la simulación de los equipos se basa en el uso de funciones que suministran el comportamiento del equipo dependiendo de determinadas variables exteriores al mismo.

Base de Datos: Proyecto

☐ Demandas ACS
☐ Unidades Terminales
☐ Equipos
☐ Sistemas
☐ Factores de Corrección

☒ Caldera eléctrica o de combustible

- cap_T-EQ_Caldera-unidad
- ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-Convencional-Defecto
- ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-Eléctrica-Defecto
- ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-unidad
- ren_T-EQ_Caldera-unidad

Nombre de la Curva: cap_T-EQ_Caldera-unidad
 Tipo de Equipo: Caldera eléctrica o de combustible
 Tipo de Curva: cap_T

V11	
Nombre	Temperatura
Máximo	1
Mínimo	0

	Coefficiente	Exponente
Termino 1	1	0
Termino 2	0	1

Formula
 $1 + 0 \cdot V11$

Figura 12. Factores de corrección

9.2 RESULTADOS DE LA CALIFICACION ENERGETICA

En el caso de partida se ha planteado un Sistema Mixto de ACS y Calefacción con radiadores, con las siguientes propiedades: (*archivos disponibles en cd.resultados y cd. calener*)

- Cobertura solar ACS: 70% (siendo la mínima contribución solar mínima exigida por el HE-4)
- Temperatura de impulsión de calefacción: 80°C
- Temperatura de impulsión sanitaria: 50°C
- Equipo: Caldera Mixta de Gas natural de 20 kW, con un rendimiento de 0,92.
- Demanda de ACS: 90 l/día
- Radiadores distribuidos en salón (4 kW), cocina (1,5 kW), baño planta baja y planta primera (0,5 y 1 kW respectivamente), dormitorio matrimonio (2,5 kW), dormitorios individuales (2 kW, cada uno), pasillo planta baja y planta primera (1 kW en cada planta)

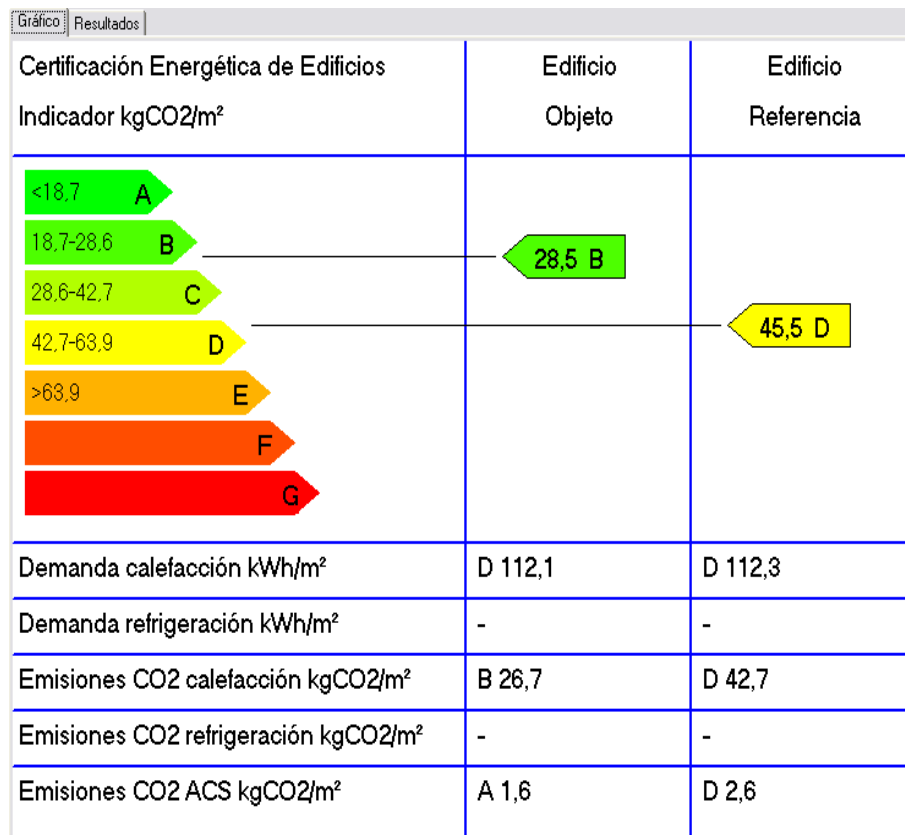


Figura 13. Gráfico Certificación Energética

Demandas (kWh/m²)	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Calefacción	112,1	112,3
Refrigeración	0,4	0,4
Consumos Energía Final (kWh/m²)	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Calefacción	131,1	150,1
Refrigeración	0,2	0,3
ACS	7,7	10,2
Total	139,0	160,6
Consumos Energía Primaria (kWh/m²)	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Calefacción	132,5	174,1
Refrigeración	0,7	0,9
ACS	7,7	9,4
Total	141,0	184,4
Emisiones de CO₂ (kgCO₂/m²)	Edificio Objeto	Edificio Referencia
Calefacción	26,7	42,7
Refrigeración	0,2	0,2
ACS	1,6	2,6
Total	28,5	45,5

Figura 14. Resultados Calificación Energética

Como se puede observar en Figura 13. Gráfico Certificación Energética, nuestra vivienda tiene una calificación B, lo que supone introducir mejoras de eficiencia cuyo retorno de la inversión está aproximadamente en 8 años.

Las emisiones resultantes dependen del Consumo de Energía Final y del tipo de energía usada en cada caso, como en este caso usamos Gas Natural en Calefacción y ACS por cada kWh de energía final tenemos unas emisiones de 0.204 kgCO₂.

Nuestra vivienda en cuestión presenta unas emisiones totales de CO₂ de 28.5 kgCO₂/m², siendo las emisiones de CO₂ del edificio de referencia de 45.5 kgCO₂/m², lo que permite ver el gran esfuerzo que se ha realizado en el diseño del edificio para disminuir al máximo estas emisiones.

En la Figura 14.Resultados Calificación Energética, se muestran tanto las demandas de calefacción y de refrigeración, los consumos de Energía Final, Consumos Energía Primaria y Emisiones de CO₂ en calefacción, refrigeración y Agua Caliente Sanitaria tanto del edificio diseñado, como del edificio de referencia.

Las demandas del edificio de referencia serían aquellas que se obtendrían con temperaturas y ocupación definidas por LIDER, además los consumos de Energía final y de Energía primaria están en función del rendimiento para temperaturas de confort, usos, cargas, etc.

10. MEJORAS PLANTEADAS

Se han planteado una serie de mejoras en el edificio, tanto a nivel del tipo de aislantes usados en muros y forjados interno y externo, las renovaciones hora del aire, como en los sistemas energéticos usados, con el fin de obtener una mayor eficiencia del edificio.

Con el fin de conseguir ese objetivo se plantea inicialmente disminuir al máximo la demanda energética del edificio, para ello se plantea primeramente aumentar los centímetros de aislamiento tanto del suelo de madera (situado en zonas de salón, pasillo-escalera y dormitorios) como en suelo de baldosa (cocina y baños), además de pasar de 1 renovación hora a 0,7 renovaciones hora y finalmente aumentar y modificar el aislamiento del muro fachada, exterior y cubierta. Tras haber obtenido la mínima demanda energética se plantea disminuir el consumo energético pasando de una caldera convencional a una caldera de condensación y a una caldera de biomasa y como ultima mejora del consumo energético se plantea la posibilidad de colocar un sistema de calefacción con radiadores y suelo radiante.

10.1 MÍNIMA DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.

Los aislantes usados son EPS poliestireno de 4, 5 y 6 cm. Y XPS cuyas propiedades están indicadas en el *Anexo 6. Materiales y Cerramientos*.

Como primera mejora se plantea modificar el espesor del aislante EPS en el forjado interno y externo y suelo de baldosa, sin modificar el aislante de los muros de fachada y exterior y el de la cubierta, además de pasar de 1 ren/h a 0,7 ren/h. Tras haber realizado la simulación obtenemos los siguientes resultados de demandas de calefacción, observando que el mejor caso se obtiene con 5cm de aislante EPS tanto en suelo de baldosa como en suelo de madera.

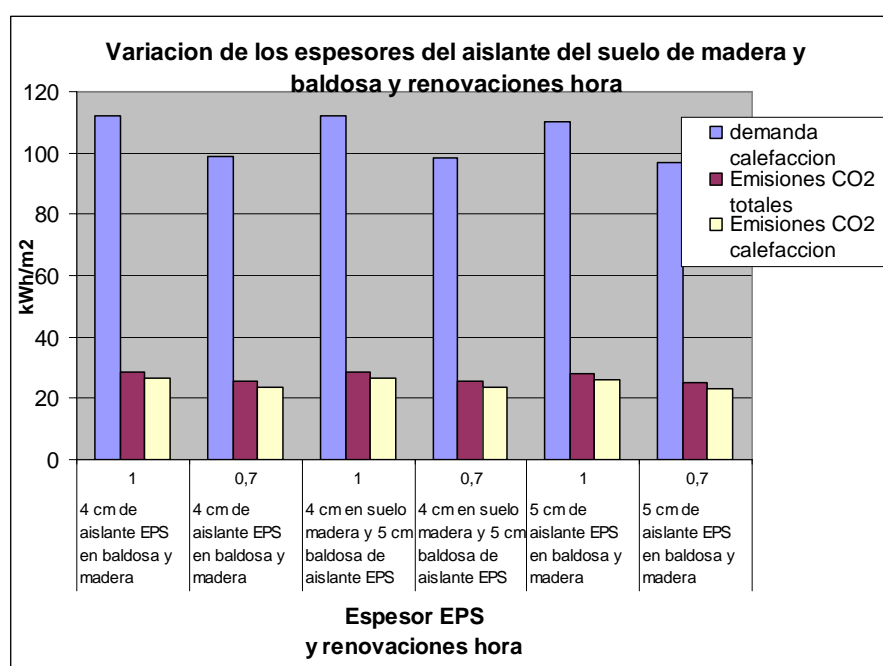


Figura 15. Comparativas en espesores en forjados interiores

Seguidamente se plantea usar únicamente suelo de baldosa con 5cm de EPS, obteniendo:

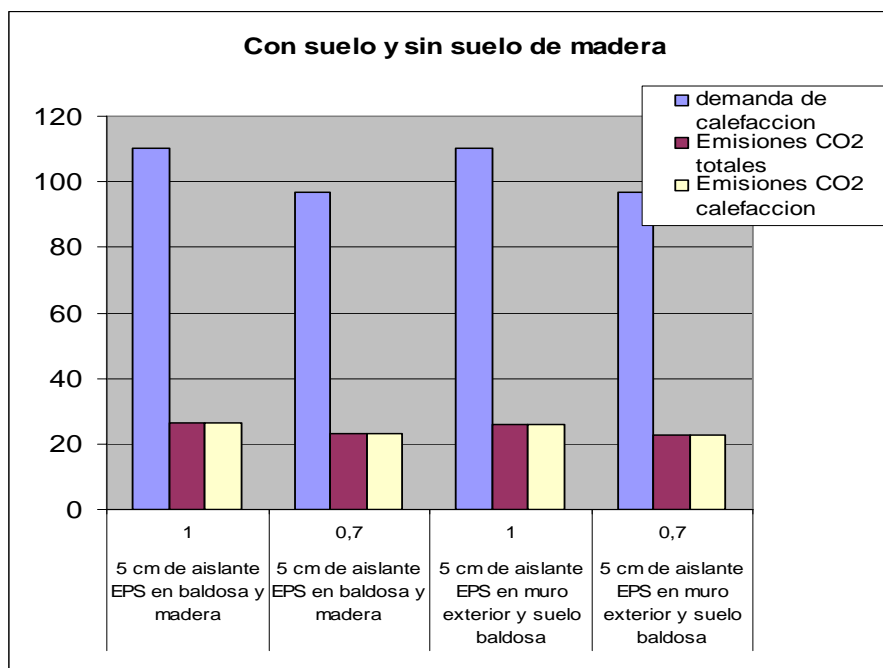


Figura 16. Comparativas con o sin suelo madera

Y finalmente, tras haber visto que es mejor opción usar suelo de baldosa en todo el edificio, aunque se observa que es algo mayor la demanda de calefacción se obtiene menor emisión de CO₂ proveniente de ella lo cual mejora sustancialmente la calificación energética del edificio, se plantea modificar el tipo de aislante de los muros de fachada, exterior y la cubierta, obteniendo:

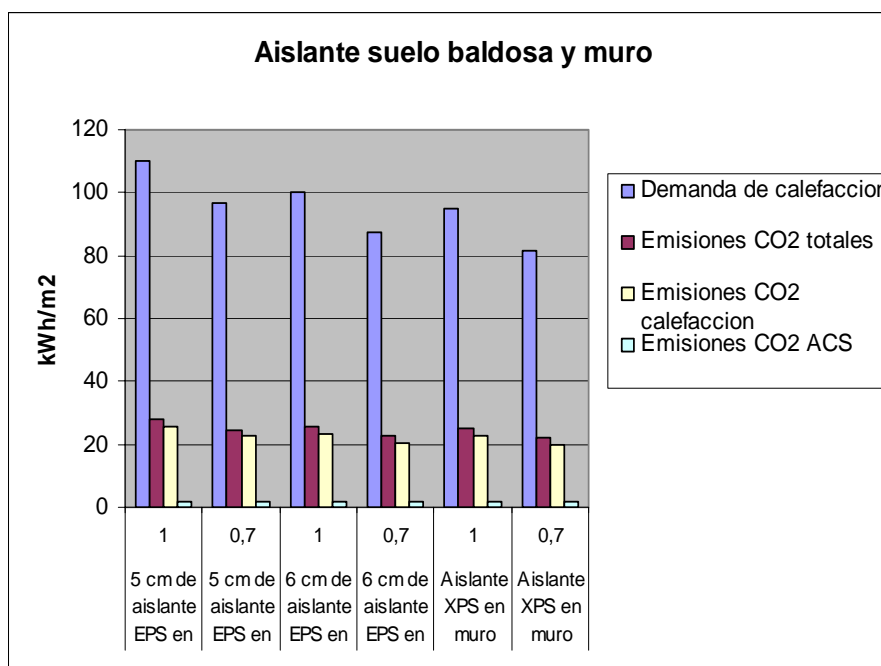


Figura 17. Comparativas aislantes en suelo y muros externos

10.2 MÍNIMO CONSUMO ENERGÉTICO.

- **Caldera de Condensación:** Una Caldera de condensación es un artefacto que produce agua caliente a baja temperatura 40-60°C, con un alto rendimiento y bajas emisiones de CO₂ y NOx. son calderas de alto rendimiento (110% PCI), basado en el aprovechamiento del calor de condensación de los humos de la combustión. Esta tecnología aprovecha el vapor de agua que se produce en los gases de combustión y lo devuelve en estado líquido.

La caldera de condensación usada será una caldera mural de tipo atmosférico con condensador integrado. (*Explicación de características y funcionamiento en Anexo 7. Caldera de condensación*)

- **Caldera de Biomasa:** La combustión de la leña para quemar sigue siendo la forma más común de utilizar la biomasa para la calefacción doméstica. Debido a la necesidad de carga manual de los tarugos, las calderas de leña tienen potencia limitada a unas decenas de KW, y su uso más adecuado es la calefacción de casas aisladas de uno o pocos pisos.

La caldera de biomasa elegida debida a sus características es una caldera de llama invertida para la combustión de madera en tarugos. (*Explicación de características y funcionamiento en Anexo 8. Caldera de biomasa*).

- **Suelo Radiante:** El Suelo Radiante es un sistema de distribución del calor adaptable a cualquier fuente de energía, basado en un concepto antiguo de calefacción: instalando en el soldado tubos de polietileno reticulado Pex. Los tubos se colocan de 3 a 5 cm., por debajo de la superficie, con una separación de 10 a 30 cm., entre ellos. Haciendo circular por los tubos agua entre 35 y 45 °C, el suelo se mantiene entre 20 y 28 °C y el ambiente entre 18 y 22 °C. El grado de confort que se consigue con este tipo de calor es ideal. Pensándolo bien, calentamos agua a 40 °C para mantener la casa a 20 °C.

El suelo radiante elegido será suelo radiante convencional Pex con Gas Natural. (*Explicación de características y funcionamiento en Anexo 9. Suelo Radiante*).

Tras simular el edificio con los distintos sistemas energéticos se obtiene:

(Archivos disponibles en *cd.resultados*, *cd.calener* y *COMPARATIVAS.xcl*)

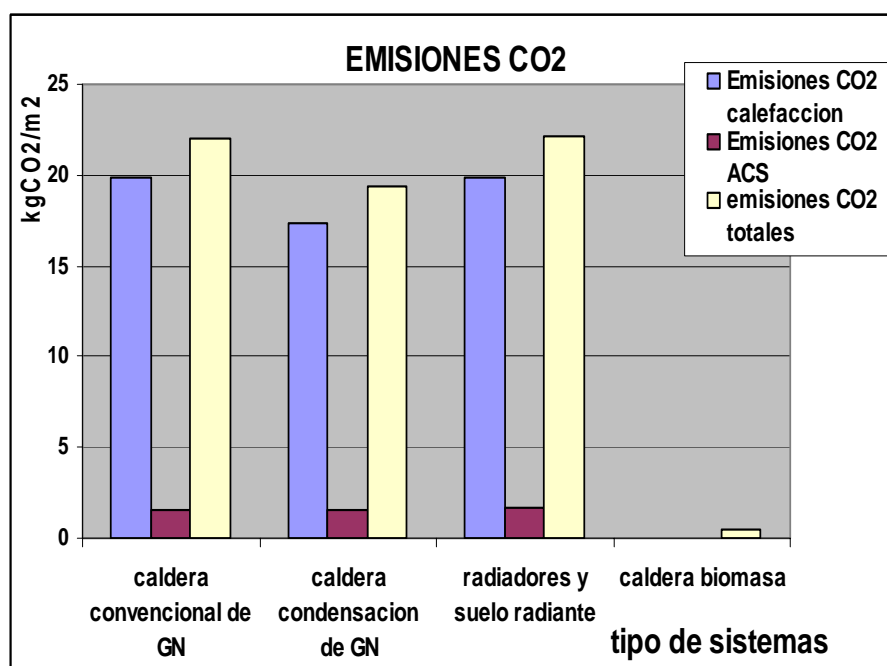


Figura 18. Comparativas equipos

Como se observa hay una disminución de emisiones de CO₂ al variar de una caldera convencional a una caldera de condensación, y una nula emisión de CO₂ al instalar una caldera de biomasa; siendo igual para el caso de la instalación de suelo radiante con radiadores.

11. CONCLUSIONES

La energía es un factor clave en la vida y de cómo la obtengamos y la utilicemos va a depender en gran medida el futuro de la sociedad.

En los últimos años, los recursos energéticos renovables han ido ganando protagonismo, en consonancia con la progresiva mentalización social sobre el creciente deterioro medioambiental, los cada más vez más inalcanzables objetivos del Protocolo de Kyoto o los evidentes signos del cambio climático.

El desarrollo de las energías renovables constituye una necesidad por cuanto su utilización conlleva una escasa incidencia en sobre el medio ambiente. Además, otros factores están contribuyendo al desarrollo de las energías renovables, entre los que se puede destacar su contribución a la diversificación de las fuentes energéticas, a la disminución de la vulnerabilidad frente al exterior y a la siempre deseable mejora de la balanza comercial.

No obstante, hay que indicar que no es suficiente con usar energías menos contaminantes, sino que se debe consumir la energía de manera racional y eficiente, y por ello el porque de este proyecto, ya que no solo se pretende usar fuentes de energías renovables como la solar o hidroeléctrica ya existente en esa localidad, sino que además se plantea el uso de unos materiales, orientación, y otras características que hacen de la vivienda un edificio bioclimático.

Tras haber realizado el estudio del clima de nuestra localidad y ver que es un clima de alta montaña, con bajas temperaturas durante todo el año y con una radiación solar alta se plantea un edificio el cual tiene unas necesidades de calefacción muy altas, ya que precisa calefacción desde Octubre hasta Mayo, y el uso materiales que formen unos cerramientos con unas transmitancias muy específicas.

El edificio consta de dos plantas habitables con una orientación hacia el Sur de los espacios de mayor área como son el dormitorio de matrimonio y el salón, los cuales también poseen los mayores ventanales y son los que más horas de ocupación tienen.

Es importante que en primer lugar reseñemos la dificultad que entraña la simulación de la vivienda, ya que en un principio desconocemos muchos de los datos necesarios, como son las ganancias internas del edificio.

En cualquier caso son necesarios unos criterios de simulación bajo los cuales se puede realizar una estimación del consumo de las instalaciones. Evidentemente, los usuarios finales seguirán sus propios hábitos creando nuevos condicionantes térmicos que lleven a un consumo energético distinto del calculado en esta simulación. Sin embargo, el programa de cálculo de demandas de calefacción y refrigeración aporta gran exactitud en la comparación de alternativas.

En un principio se ha diseñado el edificio de tal manera que cumpla las condiciones mínimas exigidas en el CTE, y tras las mejoras planteadas se ha conseguido obtener un edificio con las mínimas demandas energéticas y mínimo consumo energético, obteniendo una calificación energética muy adecuada. Con lo cual nuestra elección será el uso de aislante XPS en muro y cubierta y el suelo de baldosa con 6 cm de espesor de aislante EPS (resto de características en ***anexo 4. Materiales y Cerramiento en el caso 6)*** además del uso de una caldera de Condensación.

Aunque la idea de la instalación de una caldera de biomasa en vez de una de condensación ofrece mejor calificación energética, debido a la situación geográfica de Panticosa y a las condiciones tan extremas en invierno, existe el gran inconveniente del suministro de biomasa en ciertos meses de invierno, por lo que o se considera tener leña almacenada para esos meses con el fin de tener existencias para todo el periodo invernal y no depender del reparto de la mercancía o sería mas adecuado la instalación de una caldera de condensación. Esa elección ya se deja para el usuario final de la vivienda, el cual elegirá la opción mas adecuada para el.

Tras haber planteado la mejor opción para la demanda de Calefacción se ha realizado otro estudio energético para la demanda de Agua Caliente.

Como el edificio consta de tres dormitorios se obtiene una demanda total de Agua Caliente Sanitaria de 2584,5 kWh.

Además para la producción de agua caliente se ha considerado la instalación de un colector solar de vacío VIESSMAN VITOSOL 200-D20, inclinado 55° y orientación hacia el sur, con un volumen de acumulación de 256,8 litros. La elección de esta marca se debe a que nos ofrecen colectores de alto rendimiento que han dado buenos resultados en otros proyectos ya realizados y tras la comparación de colectores planos o de vacío se ha obtenido mayor cobertura solar con los de vacío.

Finalmente se deja para posteriores estudios un análisis económico de la propuesta presentada y como opción secundaria plantearse la construcción de los muros con fardos de paja método muy estudiado en los últimos años, para ello se puede consultar un estudio realizado por Chelsea Green Publishing Company.

12. BIBLIOGRAFIA

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)
- Cálculo y Normativa Básica de las instalaciones de edificios (TomoII)
- Radiación Solar y energía Solar térmica del Master de Energías Renovables (CIRCE)
- Arquitectura bioclimática del Master de Energías Renovables (CIRCE)
- Energía Solar y Datos Climáticos en Aragón (Universidad de Zaragoza. Grupo de Energía y Edificación)
- Curso de certificación Energética de Edificios (CIRCE)
- Normativas de la Unión Europea 93/76/EEC, 2002/91/CE. Libro Blanco y Plan de Apoyo a las Energías Renovables.
- www.aragon.es
- www.soloclima.es
- www.plane.gog.es

13. AGRADECIMIENTOS

A José Antonio Turégano Romero por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto junto a él, y dedicarme su tiempo y conocimientos.

A todos los compañeros de su departamento, por facilitarme la información necesaria para la realización de mi proyecto, además de su disponibilidad para resolverme ciertas dudas.

A mis compañeros de la carrera que desde el primer año hemos permanecido juntos, dándome unos años inolvidables en mi vida. En especial a Maria Pilar Borrás, con la que he compartido muchos días de estudio, prácticas y clases, además de todos mis amigos que durante estos años me han apoyado.

A todos los miembros de Circe por brindarme la posibilidad de ampliar mis conocimientos en la materia de las Energías Renovables.

A mis padres, por haberme brindado la posibilidad de realizar una carrera y por la paciencia que han tenido conmigo durante estos años de estudio y formación, en los que ha habido tanto momentos malos como buenos.

A todos vosotros, en especial al tribunal por su interés mostrado en mi proyecto...