



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

ESTUDIO Y PROYECTO DE DIVERSAS ALTERNATIVAS DE CLIMATIZACIÓN PARA UNA CASA RURAL

ALBERTO YEGUAS BERMEJO

TUTOR: ANA TEJERO GONZÁLEZ

MÁSTER DE ENERGÍA: GENERACIÓN, GESTIÓN Y USO EFICIENTE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE VALLADOLID

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA Y FLUIDOMECÁNICA

SEPTIEMBRE DE 2016

ESTUDIO Y PROYECTO DE DIVERSAS ALTERNATIVAS DE CLIMATIZACIÓN PARA UNA CASA RURAL

ALBERTO YEGUAS BERMEJO

TUTOR: ANA TEJERO GONZÁLEZ

MÁSTER DE ENERGÍA: GENERACIÓN, GESTIÓN Y USO EFICIENTE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE VALLADOLID

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA Y FLUIDOMECÁNICA

SEPTIEMBRE DE 2016

A mis padres...

RESUMEN

Actualmente vivimos en un contexto en el que constantemente escuchamos hablar sobre el cambio climático, el deterioro de la capa de ozono o la pérdida de la biodiversidad. Desde que el 11 de diciembre de 1997 se aprobó el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, se inició una etapa de concienciación medioambiental para promover la disminución del consumo de combustibles fósiles y una mayor utilización de energías renovables. Se han fijado ambiciosos objetivos europeos para 2020, 2030 y 2050 y, aunque los balances obtenidos están siendo positivos, aún están lejos de los objetivos iniciales.

Teniendo en cuenta el elevado consumo energético que supone el sector residencial, es fundamental tomar las medidas necesarias durante la etapa de proyecto para reducir la demanda energética y limitar el consumo energético de los edificios residenciales. Desde el punto de vista del proyecto de instalaciones, la climatización es el servicio que genera un mayor consumo y, por tanto, el más susceptible de mejoras. El objetivo general del presente trabajo es seleccionar los sistemas de climatización más adecuados y eficientes para un caso de estudio concreto. Para ello se analizarán, valorarán y seleccionarán los sistemas más adecuados (sistemas de calefacción; sistemas de generación de calor, producción de ACS y recuperador de calor; control de la ventilación y recuperación de calor; regulación y control), y se estudiará su rentabilidad y el cumplimiento del CTE.

ABSTRACT

Nowadays we live in a context in which we constantly hear about climate change, the deterioration in the ozone layer or the loss of biodiversity. Since the Kyoto Protocol was adopted on 11 December 1997, it was initiated a time of environmental awareness to promote the reduction of fossil fuel consumption and an increased use of renewable energy. There have been set ambitious European objectives for 2020, 2030 and 2050 and, although the obtained balances are positive, they are still far from the initial aims.

Taking into account the high energy consumption involved in the residential sector, it is essential to take the necessary steps during the project stage to reduce the energy demand and to limit the energy consumption of the residential buildings. From the point of view of the installations project, the air conditioning is the system that generates a higher consumption and, therefore, the most capable of improvements. The overall aim of this work is to select the most suitable and efficient systems of air conditioning for a specific case of study. To that end, it will be analysed, evaluated and selected the most suitable systems (systems of heating; systems of generation of heat, hot water production and energy recovery system; ventilation control and heat recovery; regulation and control), and it will be studied its profitability and the compliance of CTE.

Resumen / Abstract

PARTE 1: PLANTEAMIENTO

- 1.1 INTRODUCCIÓN
- 1.2 OBJETIVOS
- 1.3 METODOLOGÍA
- 1.4 PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

PARTE 2: MARCO TEÓRICO. CONTEXTO ENERGÉTICO

2.1 ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

- 2.1.1 HISTORIA DE LA ENERGÍA
- 2.1.2 FUENTES DE LA ENERGÍA
- 2.1.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA ENERGÍA
- 2.1.4 CONCIENCIACIÓN SOBRE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
- 2.1.5 ACUERDOS EUROPEOS CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

2.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EDIFICACIÓN. EL CASO DE ESPAÑA

- 2.2.1 CONSUMO ENERGÉTICO SECTORIAL EN ESPAÑA
- 2.2.2 CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR RESIDENCIAL
- 2.2.3 MARCO NORMATIVO DEL SECTOR EDIFICACIÓN
- 2.2.4 DISEÑO EFICIENTE DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL
- 2.2.5 DISEÑO EFICIENTE DE LAS INSTALACIONES

PARTE 3: MARCO TEÓRICO. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

3.1 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN. ANÁLISIS DE LAS OPCIONES

- 3.1.1 SISTEMA DE CALEFACCIÓN TODO AGUA
- 3.1.2 SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR AIRE
- 3.1.3 SISTEMA DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

3.2 SISTEMAS DE GENERACIÓN DE CALOR, PRODUCCIÓN DE A.C.S Y RECUPERACIÓN DE CALOR.

ANÁLISIS DE LAS OPCIONES

- 3.2.1 TIPOS DE CALDERAS
- 3.2.2 BOMBA DE CALOR
- 3.2.3 ENERGÍA SOLAR

3.3 CONTROL DE LA VENTILACIÓN Y RECUPERADOR DE CALOR

3.3.1 TIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA

3.3.2 TIPOS DE ENTRADA DE AIRE

3.4 REGULACIÓN Y CONTROL

3.4.1 SISTEMAS DE REGULACIÓN

3.4.2 ELEMENTOS DE MANDO EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

3.4.3 ELEMENTOS FINALES DE ACTUACIÓN

3.5 VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE SISTEMAS

3.5.1 VALORACIÓN DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN

3.5.2 VALORACIÓN DE SISTEMA DE GENERACIÓN

3.5.3 VALORACIÓN DE LA VENTILACIÓN

PARTE 4: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS SELECCIONADOS

4.1 METODOLOGÍA

4.2 ESTUDIO DE COSTES

4.3 ESTUDIO DE AHORROS

4.4 ESTUDIO DE PERIODOS DE AMORTIZACIÓN

4.5 VALORACIÓN SISTEMA ELEGIDO

PARTE 5: MEMORIA TÉCNICA DEL CASO DE ESTUDIO

5.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

5.1.1 INFORMACIÓN PREVIA

5.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.2 MEMORIA CONSTRUCTIVA

5.2.1 SISTEMA ENVOLVENTE

5.3 CUMPLIMIENTO DEL CTE

5.3.1 CTE- HS: SALUBRIDAD

5.3.2 CTE- HE: AHORRO ENERGÉTICO

PARTE 6: CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIONES

6.2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

ANEJOS

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

PARTE 1: PLANTEAMIENTO

1.1 INTRODUCCIÓN

El uso de la energía por parte del hombre ha estado presente a lo largo de la historia. A partir de la segunda mitad del siglo XVIII, y especialmente desde finales del siglo XIX, se idearon grandes avances tecnológicos que derivaron en una sociedad mucho más evolucionada. Esto derivó en un consumo de energía mucho mayor, que se hacía de una manera ineficiente, provocando graves consecuencias en el medio ambiente.

Desde la década de 1970, y en mayor medida desde que el 11 de diciembre de 1997 se aprobó el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, se inició una etapa de concienciación medioambiental que pretendía promover la disminución de la dependencia internacional del consumo de combustibles fósiles, y con ello las emisiones de gases nocivos, sustituyéndolos paulatinamente sustituyendo por las energías limpias y renovables.

Actualmente vivimos en un contexto en el que las noticias ambientales son parte de nuestra vida diaria. Constantemente escuchamos hablar sobre el cambio climático, el deterioro de la capa de ozono, la deforestación de nuestros bosques y la pérdida de la biodiversidad. Motivo de ello son en parte el desarrollo de acuerdos, compromisos y actualización de normas que se han ido dando en la Unión Europea y, más concretamente, en España. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, y de que se está produciendo una progresiva disminución del consumo de combustibles fósiles y una mayor utilización de las energías renovables, los balances obtenidos están aún lejos de los objetivos iniciales.

A pesar de que las políticas ambientales han puesto una mayor atención en los sectores transportes e industria, por ser los que presentan un consumo energético mayor, no hay que olvidar que el sector residencial ocupa el tercer lugar. Teniendo esto en cuenta, se puede afirmar que, dado su elevado consumo energético, el sector residencial es susceptible de numerosas mejoras en cuanto a su diseño y gestión energética.

A la hora de diseñar un edificio residencial es indispensable tomar conciencia de la importancia que supone el gasto energético, y de las medidas que un técnico puede adoptar durante la etapa de proyecto para: reducir la demanda energética y limitar el consumo energético.

Desde el punto de vista del proyecto de instalaciones, la climatización es el servicio que genera un mayor consumo y, por tanto, el más susceptible de mejoras. Mediante una selección adecuada de los sistemas de climatización para cada caso concreto, se conseguirán ahorros económicos, ventajas medioambientales y una mejora del confort de los usuarios. Por ello es tan importante conocer los sistemas existentes, sus necesidades, costes y ahorros para poder determinar cuáles son los más eficientes.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es analizar, valorar y seleccionar los sistemas de climatización más adecuados para un caso de estudio concreto, así como estudiar su rentabilidad y el cumplimiento del CTE. Para su desarrollo, se plantean como objetivos particulares:

- Estudiar los antecedentes en cuando al uso de la energía y su implicación en el medio ambiente.
- Valorar la importancia del ahorro energético y la protección del medio ambiente en la sociedad actual.
- Conocer el modelo de consumo energético del sector residencial en España y su evolución durante los últimos años.
- Conocer el marco normativo en España para el sector edificación.
- Valorar la reducción de la demanda energética a través del diseño eficiente del edificio.
- Valorar la limitación del consumo energético a través del diseño eficiente de las instalaciones.
- Demostrar la relevancia de las instalaciones de climatización dentro el sector residencial a nivel energético.
- Analizar las distintas opciones de climatización susceptibles de ser empleadas en un edificio del sector residencial y seleccionar las más favorables para el caso de estudio.
- Realizar un análisis comparativo de las opciones seleccionadas.
- Estudiar la rentabilidad de los sistemas seleccionados mediante el estudio de costes, ahorros y periodos de amortización.
- Elaborar una memoria técnica para el caso de estudio.

1.3 METODOLOGÍA

La metodología está compuesta por tres etapas de actuación, para cada una de las cuales se seguirá un procedimiento concreto. Se basa en una línea de trabajo en la que las distintas etapas no se trabajan de manera simultánea, sino correlativa. El método empleado pretende generar un proceso lógico a la hora de enfrentarse al estudio, diseño y cálculo del sistema de climatización de un edificio.

PLANTEAMIENTO

Durante la primera etapa, considerada como planteamiento, se realizará una introducción, que nos pondrá en situación con respecto al tema elegido y nos permitirá justificar su relevancia en el contexto actual. También se establecerán los objetivos que se pretenden conseguir. Finalmente, se presentará y describirá el caso de estudio seleccionado para el presente estudio.

ETAPA DOCUMENTAL

Para llevar a cabo esta etapa se seguirá el método documental basado en el estudio de bibliografía: libros, artículos, manuales técnicos, normas, documentación técnica a través de empresas del sector...

- ESTUDIO HISTÓRICO

Como punto de partida es conveniente poner el tema en antecedentes. Para ello, se realizará un estudio a nivel global, que nos permita conocer y entender la importancia del tema del ahorro energético y la protección del medio ambiente.

Posteriormente nos centraremos en el tema de la eficiencia energética de los edificios, en este caso a nivel nacional, ya que el caso de estudio se encuentra localizado en España. Se estudiarán el consumo energético sectorial, el consumo energético del sector residencial, y el marco normativo del sector edificación.

También se tratarán los temas más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar un edificio residencial: la reducción de la demanda energética a través del diseño eficiente del edificio y la limitación del consumo energético a través del diseño eficiente de las instalaciones. Con ello se pretende demostrar el motivo de la relevancia de las instalaciones de climatización dentro el sector residencial a nivel energético.

- ESTUDIO DE LOS SISTEMAS

Una vez centrado el tema, y entendida la importancia de realizar un selección y estudio adecuado de las instalaciones de climatización, se pasará al estudio de las opciones alternativas. El procedimiento a seguir se basa en analizar–valorar–seleccionar.

Este método consiste en analizar las distintas opciones de climatización susceptibles de ser empleadas en un edificio del sector residencial, para después valorar dichas opciones y seleccionar las más adecuadas para el caso de estudio.

Las opciones alternativas se enmarcan en los siguientes sistemas: sistemas de calefacción; sistemas de generación de calor, producción de ACS y recuperador de calor; control de la ventilación y recuperación de calor; regulación y control.

ETAPA ANALÍTICA

Una vez seleccionadas las opciones más adecuadas, se realizará un análisis comparativo de las mismas. Este análisis se basará en la realización de un estudio de costes, estudio de ahorros y estudio de los periodos de amortización. Posteriormente, se valorarán y compararán los resultados obtenidos, lo cual permitirá sacar decidir qué sistemas serán rentables a corto o largo plazo.

Finalmente se elaborará una memoria técnica del caso de estudio. Constará de una memoria descriptiva-constructiva y de cumplimiento de las exigencias técnicas del CTE en los apartados que afecten al tema del presente estudio. Estos serán:

- Documento Básico HS 3: Salubridad. Calidad del aire interior
- Documento Básico HE 0: Ahorro de energía. Limitación del consumo energético
- Documento Básico HE 1: Ahorro de energía. Limitación de la demanda energética
- Documento Básico HE 2: Ahorro de energía. Rendimiento de las instalaciones térmicas
- Documento Básico HE 4: Ahorro de energía. Contribución solar mínima de ACS

1.4 PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Se recibe por parte del promotor el encargo de redactar el proyecto básico de rehabilitación y reforma de una vivienda unifamiliar situada en la calle de Ángel de la Vega 4, en Granja de Moreruela, Zamora. La parcela se encuentra situada dentro del casco urbano consolidado. La tipología edificatoria es la manzana cerrada. La vivienda se organiza en dos plantas sobre rasante, planta baja y planta primera. El proyecto propone la rehabilitación, reforma y ampliación de la vivienda existente, en su misma ubicación.

Granja de Moreruela es un enclave estratégico, ya que por él pasa la Ruta Jacobea de la Vía de la Plata. Esta ruta es el trayecto que conduce a los peregrinos desde Sevilla hasta Astorga, punto donde se toma el Camino de Santiago francés, hasta llegar al destino.

Aunque la Ruta Jacobea no cuenta con la antigüedad de otras rutas históricas de peregrinación, este recorrido sigue el trazado de una de las vías de penetración de mayor importancia histórica de la Península Ibérica: la Vía de la Plata. Por ella pasan más de 4000 peregrinos al año, y en ella confluyen todos los caminos procedentes del sur y muchos desde el este.

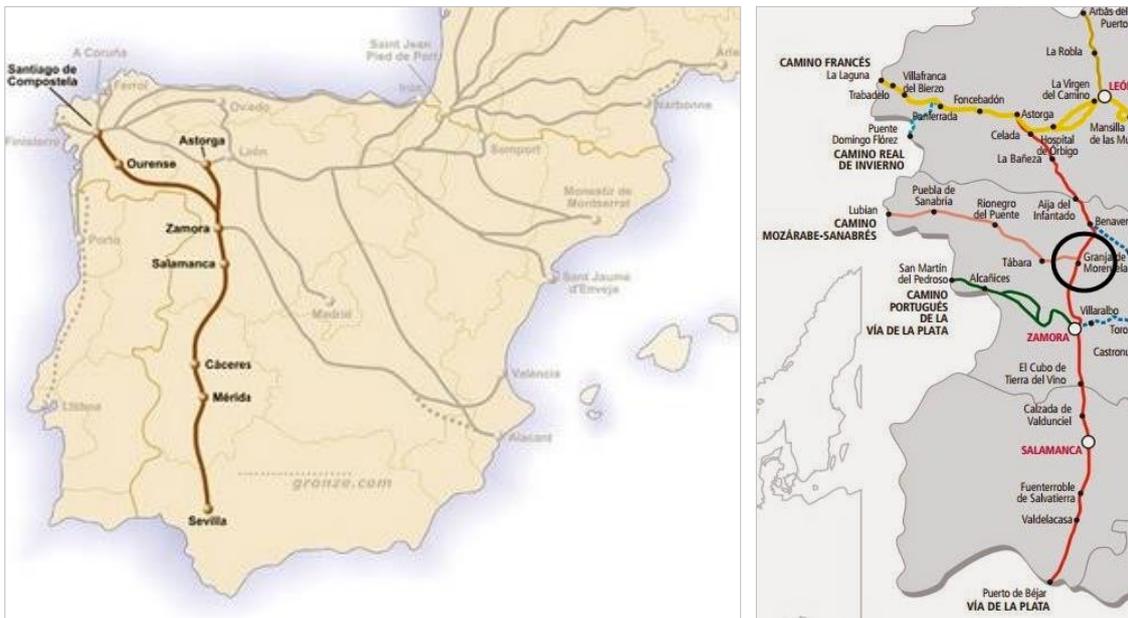


Fig. 1.1. Ruta Jacobea de la Vía de la Plata Fig. 1.2. Ruta Jacobea en su paso por Granja de Moreruela

Fuente: <http://viajarconelarte.blogspot.com.es/2014/09/el-monasterio-de-santa-maria-de.html>

Al tratarse de una casa Rural situada en una ruta de peregrinación, las reservas y alojamientos no se prevén como en un hotel tradicional. Esto implica que los elementos emisores ofrezcan una rápida respuesta a la demanda cuando sea necesario.

Las soluciones constructivas, materiales, colores y acabados empleados, son los propios de la Arquitectura Popular de la zona, enriquecida con algunas materiales y soluciones que se practican actualmente.

PARTE 2: MARCO TEÓRICO. CONTEXTO ENERGÉTICO

2.1 ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

2.1.1 HISTORIA DE LA ENERGÍA

La energía está presente en todas las actividades asociadas a los objetos y a las sustancias. Ésta se manifiesta en las transformaciones que ocurren tanto en la naturaleza como en los cambios físicos o químicos. La energía ha estado presente a lo largo de la historia, dando muestras de ello las huellas que la humanidad ha dejado de su paso. Durante los siglos XVII y principios del siglo XVIII la economía aún era fundamentalmente agraria y la industria más extendida era la artesanal. Desde el punto de vista tecnológico todavía había escasas máquinas, por lo que la producción era en su mayor parte manual.

Sin embargo, a partir de mediados del siglo XVIII empezaron a sucederse una serie de cambios sociales y económicos que derivaron en la transición de una sociedad agrícola y tradicional a una sociedad moderna e industrial, y supuso lo que se consideró como una auténtica revolución, denominada Revolución Industrial.

El primer historiador que analizó este fenómeno fue Arnold Toynbee, en unas conferencias impartidas en la Universidad de Oxford, en 1880. Señaló el año 1760 como punto de partida de este proceso. Aunque no todos los historiadores se han puesto de acuerdo con esa fecha, todos coinciden en señalar que a partir de mediados del s. XVIII ocurrieron importantes cambios de profundas consecuencias en la vida económica inglesa que representaron el cambio de una sociedad agrícola a una sociedad industrial. La revolución industrial se inició en Inglaterra en primer lugar, aunque posteriormente también se produjo este proceso en Europa y Norteamérica. ¹

Tanto el desarrollo que se produjo en la industria textil, con ingenios entre los que destacaron la máquina *spinning-jenny* ⁽¹⁾ o la *water frame* ⁽²⁾, como en la industria de la siderurgia, con la introducción de la máquina de vapor ⁽³⁾, supusieron un cambio radical en los procesos de producción. ²

⁽¹⁾ La máquina spinning-jenny, construida por James Hargreaves en 1764, fue la primera innovación de importancia en la industria algodonera. Reproducía mecánicamente los movimientos del hilador, pero podía trabajar con varios husos y tenía el efecto de multiplicar la cantidad de hilo que podía producir un solo operario. Landes, David S. (1979). Progreso tecnológico y revolución industrial. Tr. Francisca Antolín, Tecnos D. L., Madrid.

⁽²⁾ La máquina water frame, presentada por Richard Arkwright en 1769, se accionaba mediante una rueda hidráulica. Conseguía producir un hilo de mejor calidad, pero no podía ser movida por un solo hombre y era muy costosa. Unos años más tarde, Crompton inventó la mule-jenny, que combinaba las ventajas de la spinning-jenny y la water frame. Ibídem.

⁽³⁾ La más famosa fue la de James Watt, presentada en 1769, que permitía convertir la fuerza rectilínea en vapor circular.

Estas innovaciones estimularon la aparición de otras como el martillo a vapor de John Wilkinson, que podía dar 150 golpes por minuto, o la laminadora a vapor de Cort, que podía elaborar quince toneladas de hierro en el mismo tiempo que antes se necesitaba para fabricar una sola. ²

Todo este desarrollo tecnológico motivó la sustitución de las energías hasta entonces disponibles (madera, animales de carga, molinos hidráulicos, etc...) por el carbón, reflejándose en los balances de consumo de energía.

Durante el siglo XIX se produjo un desarrollo capitalista que derivó en la segunda Revolución Industrial, liderada en este caso por Alemania y EEUU, y con una clara fundamentación en el desarrollo científico. Surgieron nuevas organizaciones empresariales, nuevos sistemas de financiación y nuevas fuentes energéticas (electricidad y petróleo). ³

La aparición de la electricidad como fuente energética fue sustituyendo a la máquina de vapor. Su aparición fue decisiva, ya que constituye una manera de almacenar y transportar la energía, facilitando en gran medida el consumo. Sus aplicaciones fueron casi infinitas, cambiando la manera de entender la vida, el trabajo, los transportes y las comunicaciones.

En 1821 Michael Faraday descubrió las relaciones entre electricidad, magnetismo y movimiento, construyendo diez años después el primer generador electromagnético, capaz de transformar energía mecánica en eléctrica el primer motor eléctrico, cuya función era convertir energía eléctrica en mecánica. Posteriormente, en 1840, James Prescott Joule descubrió la posibilidad de transformar la electricidad en calor. En 1879, Thomas Edison y Joseph Swan inventaron la lámpara de incandescencia, que permitía transformar la energía eléctrica en luz. También se inició el uso del petróleo y sus derivados en el alumbrado. ⁴

Por otro lado, una vez conocidos los procesos que permitían la transformación del petróleo en gasolina o gas, aparecieron los motores de combustión interna de gasolina y los motores diésel a finales del siglo XIX. Éstos fueron sustituyendo progresivamente al carbón, ya que para mantener en funcionamiento las calderas se necesitaba menos personal y un depósito menor. Tras la Primera Guerra Mundial, el uso del petróleo y sus derivados se masificó en gran medida, lo cual tuvo una gran repercusión a nivel económico y político. Para hacer uso de esta fuente de energía, los países que no disponían de petróleo en su territorio tuvieron que importarlo de las zonas en la que lo podían explotar. ⁵

Durante el siglo XX se produjo un aumento en la demanda y el uso de electricidad, petróleo y gas. En 1973 se produjo la Crisis del Petróleo, durante la cual los países de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) se negaron a exportar sus energías fósiles a los estados que habían apoyado a Israel en la Guerra de Yom Kippur. ⁶

Esta crisis sirvió de impulso a las energías renovables, que fueron apareciendo por el deseo de buscar alternativas para reducir la dependencia de las energías fósiles. Este impulso por la

energías renovables y sostenibles también fue motivado por los movimientos ecologistas, que empezaron a formarse en esta época para sensibilizar a la sociedad, a raíz de una serie de desastres ecológicos. ⁶

2.1.2 FUENTES DE ENERGÍA

Existen diferentes tipos de fuentes de energía en función de su origen. Como norma general se puede establecer la siguiente clasificación:

- FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES Y NO RENOVABLES

Las fuentes de energía no renovables son aquellas cuyas reservas son limitadas. La velocidad de consumo es mayor que la su regeneración. No se pueden reponer, por lo que con el uso que hacemos de ellas se van agotando. Entre ellas se encuentran:

- Combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural.
- Energía nuclear: fisión y fusión nuclear.

Las fuentes de energía renovables son aquellas que, una vez utilizadas, pueden regenerarse ya sea por medios naturales o artificiales. Entre ellas se encuentran:

- Energía solar: consiste en el aprovechamiento de la radiación solar para producir energía térmica (energía solar fotovoltaica) o para calentar un fluido (energía solar térmica).
- Biomasa: consiste en el aprovechamiento energético de los recursos forestales o de sus residuos, así como de los residuos agrícolas, animales o industriales.
- Geotérmica: consiste en el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra, que se puede transformar en energía eléctrica o calorífica.
- Eólica: consiste en el aprovechamiento de la energía generada por las corrientes de aire.
- Hidráulica: consiste en el aprovechamiento de la energía generada por los movimientos de cursos o saltos de agua, que se puede transformar en energía eléctrica.
- Mareomotriz: consiste en el aprovechamiento de la energía generada por las olas del mar, las mareas o las diferencias de temperaturas del océano, que se puede transformar en energía eléctrica.

• **ENERGÍA PRIMARIA Y SECUNDARIA**

Las fuentes de energía primaria se obtienen de la naturaleza y se puede utilizar de forma directa. Por ejemplo, la energía solar se obtiene gracias al sol y la energía eólica gracias al viento. También puede ser extraída del interior de la Tierra, como el petróleo o el gas natural.

Las fuentes de energías secundarias no se encuentran en la naturaleza, sino que se obtienen en un centro de transformación. Se obtienen a partir de la transformación de las energías primarias, como la electricidad, o a partir de otra fuente de energía ya elaborada, como en el caso de los derivados del petróleo. Este proceso de elaboración puede ser físico, químico o bioquímico, modificando así las características que tenía anteriormente.

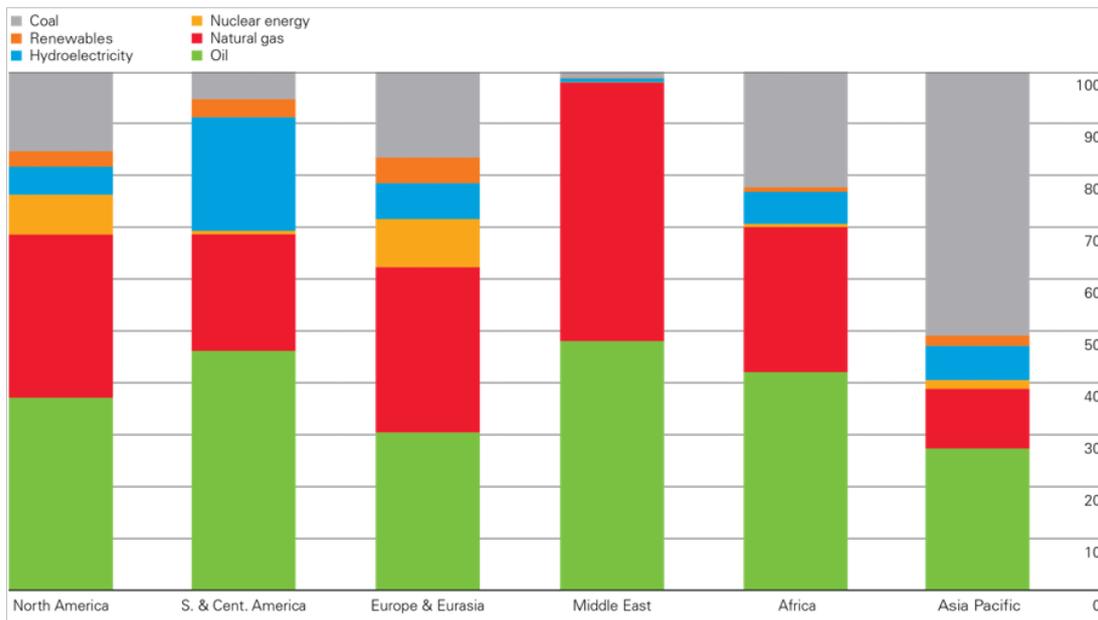


Fig. 2.1. Consumo de energía primaria por zonas durante el año 2015 (% sobre el total)
 Fuente: BP statistical review of world energy (2016 report)

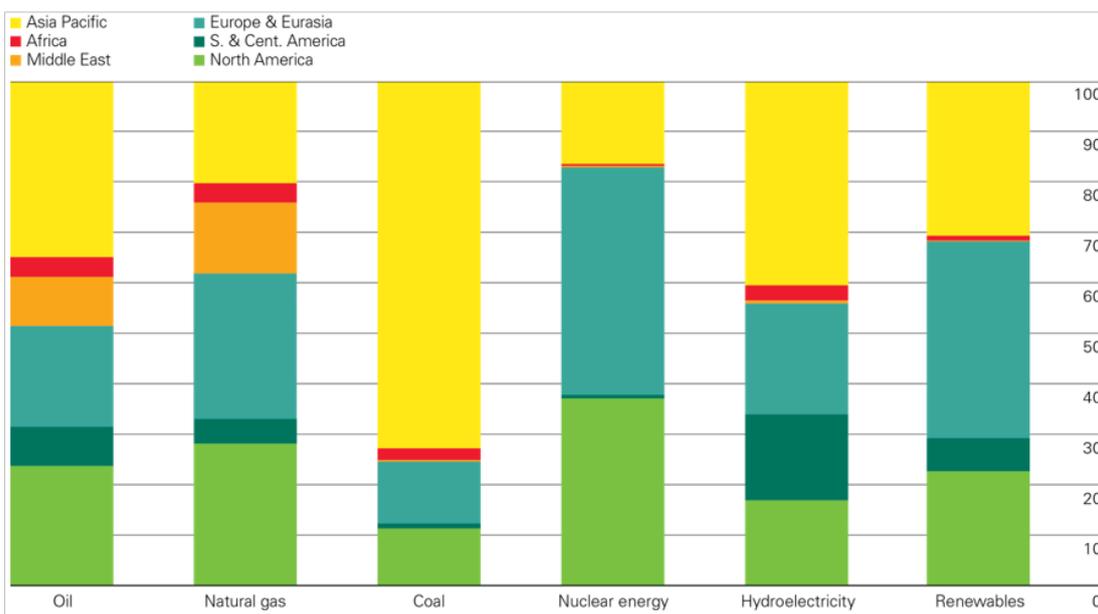


Fig. 2.2. Consumo de fuentes de energía por zonas durante el año 2015 (% sobre el total)
 Fuente: BP statistical review of world energy (2016 report)

2.1.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA ENERGÍA

El uso que la sociedad hace de la energía genera un importante impacto en el medio ambiente. A medida que la sociedad se hacía más desarrollada, se ha ido producido un mayor consumo de energía. A lo largo de la historia, este uso generalmente se ha realizado de manera poco eficiente, derivando en un mayor consumo de los recursos naturales y en un aumento de la contaminación emitida.

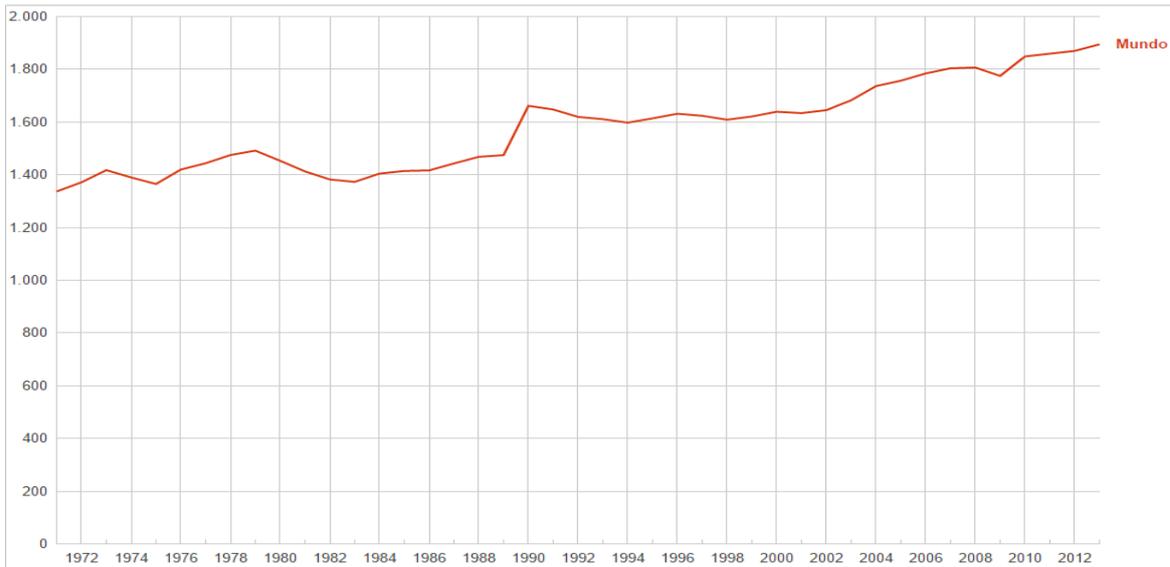


Fig. 2.3. Uso de energía primaria a nivel mundial per cápita (kilogramos equivalentes de petróleo)
 Fuente: Banco Mundial. Indicadores de desarrollo mundial (2014)

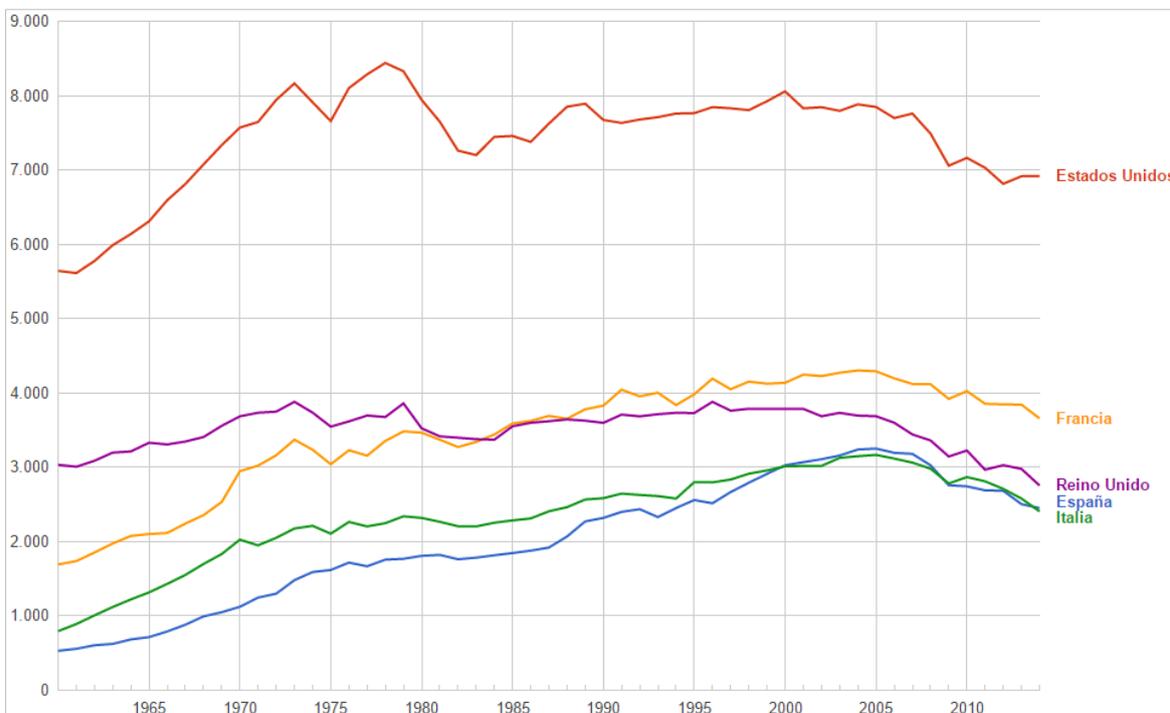


Fig. 2.4. Uso de energía primaria en distintos países per cápita (kilogramos equivalentes de petróleo)
 Fuente: Banco Mundial. Indicadores de desarrollo mundial (2014)

En los últimos años la contaminación y el cambio climático se han convertido en una de las preocupaciones de la población a nivel mundial. La sociedad poco a poco es más consciente de que es necesario buscar soluciones que permitan proteger al medio ambiente de los daños producidos.

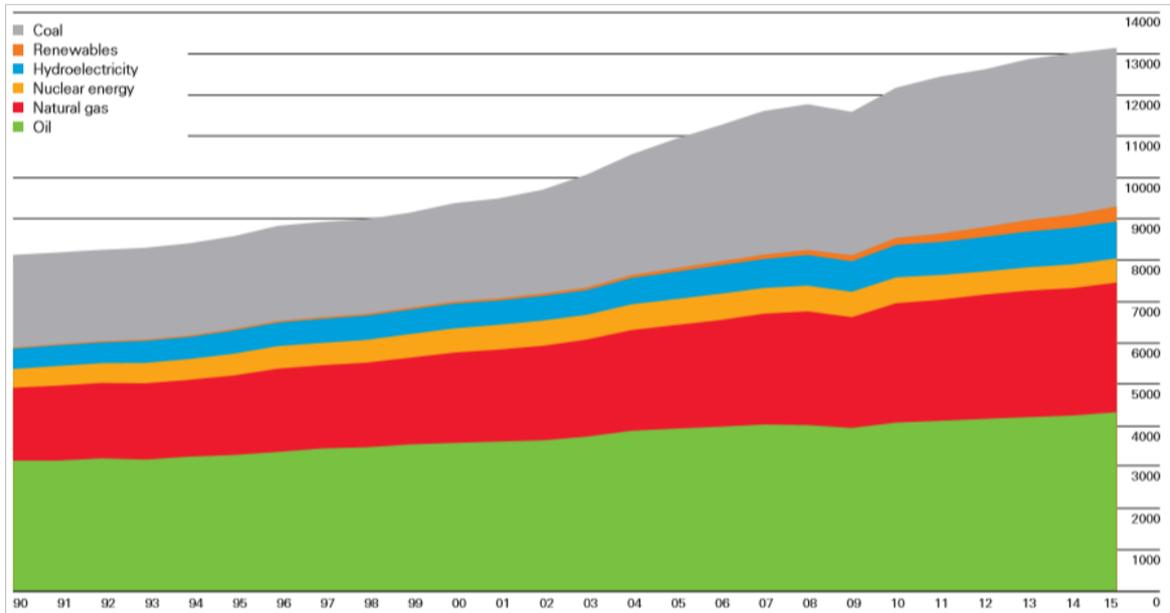


Fig. 2.5. Consumo de fuentes de energía a nivel mundial (millones de toneladas equivalentes de petróleo)
 Fuente: BP statistical review of world energy (2016 report)

La producción y el consumo de energía generan graves consecuencias negativas al medioambiente. Las principales consecuencias son:

- EFEECTO INVERNADERO

Se produce por la acción de algunos gases y productos químicos, que permiten la entrada de la radiación solar, pero no su salida. Los gases de efecto invernadero son: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆). Estos absorben el calor que se desprende de la superficie terrestre y lo devuelven, concentrándolo en las capas bajas de la atmósfera, produciendo un aumento de la temperatura atmosférica. Una gran proporción de la emisión de gases de efecto invernadero se atribuye a la emisión de dióxido de carbono, que fundamentalmente se produce con el quemado de combustibles fósiles. ⁷

Este fenómeno tiene importantes consecuencias ambientales: ⁸

- Impactos hídricos: retroceso de los glaciares, elevación del nivel de agua de mares y océanos, mayor evaporación de agua.

- Efectos biológicos y sobre el medio ambiente: aumento de la temperatura media, mayor intensidad de los fenómenos climatológicos, impactos en las corrientes marinas, alteración de los ecosistemas.
- Impactos sobre la salud humana: consecuencias a raíz de los cambios climatológicos, incremento de enfermedades.
- Impactos sociales: mayor pobreza, migraciones.

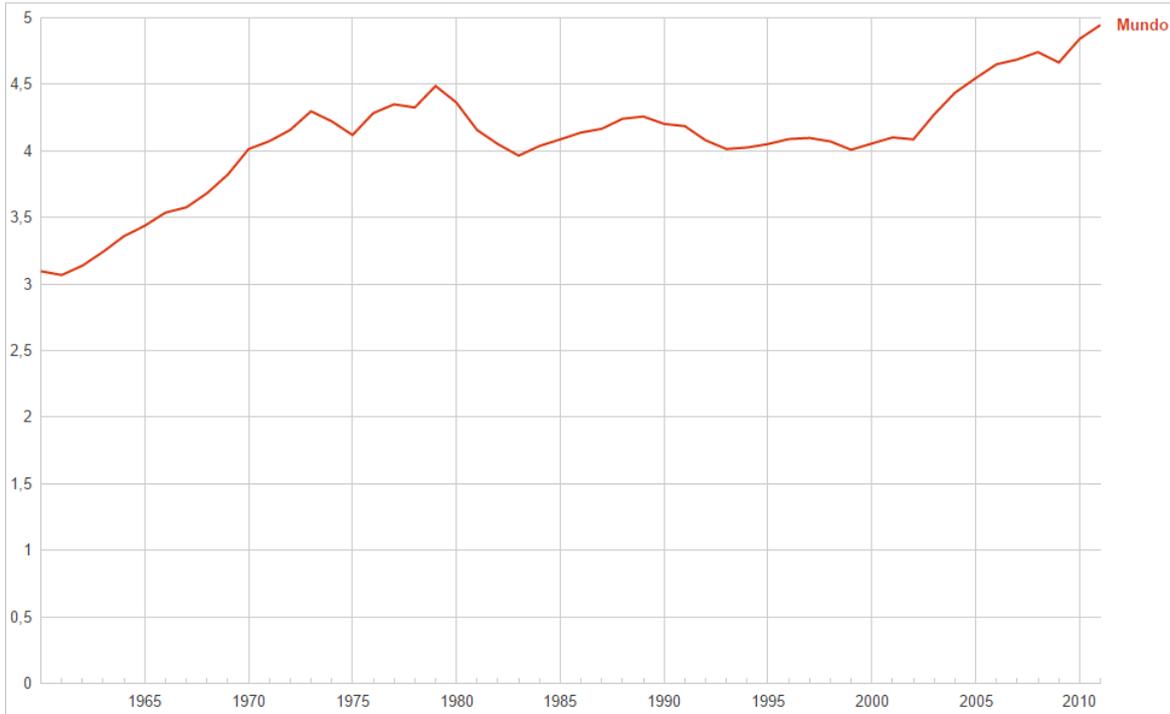


Fig. 2.6. Emisiones de CO2 en toneladas métricas per cápita a nivel mundial
Fuente: Banco Mundial. Indicadores de desarrollo mundial (2014)

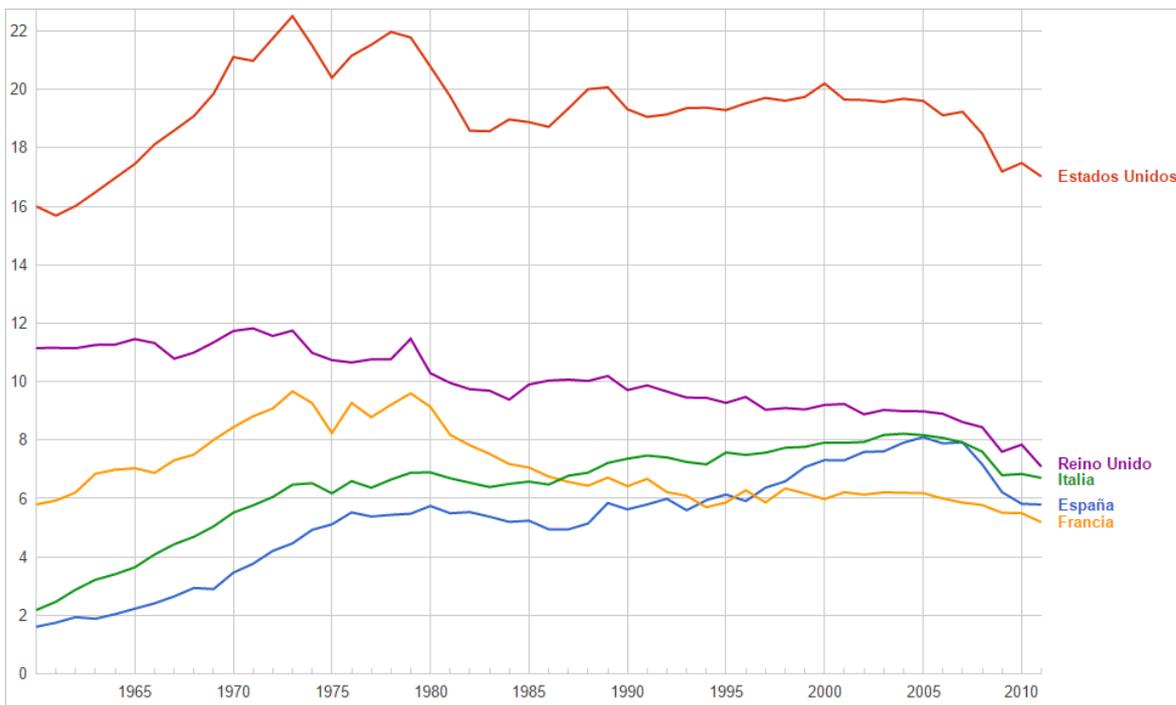


Fig. 2.7. Emisiones de CO2 per cápita en distintos países (toneladas métricas)
Fuente: Banco Mundial. Indicadores de desarrollo mundial (2014)

- LLUVIA ÁCIDA ⁹

Este fenómeno se produce cuando el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, que emiten con el consumo de combustibles fósiles, sufren cambios químicos en la atmósfera y regresan a la tierra como ácidos. La precipitación de estos ácidos se puede dar en forma seca o junto a las lluvias.

La lluvia ácida tiene numerosas consecuencias ambientales. Por su composición, produce la acidificación de las aguas y suelos donde caen, modificando el grado de acidez o de alcalinidad. Producen una violenta alteración de los ambientes al alterar su equilibrio ecológico.

- DETERIORO DE LA CAPA DE OZONO

La capa de ozono protege al planeta las radiaciones solares ultravioletas. El ozono se forma naturalmente, a partir del oxígeno, en las altas capas de la atmósfera y se descompone igualmente por causas naturales, razón por la cual está en constante proceso de ser creado y destruido.

No obstante, varias sustancias químicas producidas por la acción del hombre, afectan de manera significativa la velocidad de descomposición del ozono. Entre ellos se encuentran los clorofluorocarbonos (CFCs), todos ellos producidos en usos comerciales e industriales. Los clorofluorocarbonos inciden negativamente en la capa de ozono porque cuando se encuentran en las capas bajas de la atmósfera son muy estables, pero cuando se encuentran en la estratosfera liberan cloro activo. El cloro se combina con el ozono, formando oxígeno y monóxido de cloro, que a su vez descompone para producir más oxígeno y liberar nuevamente el cloro, continuando la destrucción catalítica del ozono. El aumento de la radiación solar tendría numerosas consecuencias para los seres vivos y los ecosistemas. ¹⁰

2.1.4 CONCIENCIACIÓN SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En términos de concienciación sobre el medio ambiente se puede señalar la década de 1970 como el inicio de una sociedad preocupada por iniciar movimientos en favor del cuidado del medio ambiente. A pesar de que los cambios se han producido de una manera progresiva, desde esta década se llevado a cabo conferencias, reuniones y acuerdos con el fin de tomar medidas frente al cambio climático.

- 1972: CONFERENCIA EN ESTOCOLMO

En el año 1972 se llevó a cabo la Conferencia Sobre el Medio Humano, en la que la comunidad internacional se trataron temas como: la relación entre medio ambiente y los derechos humanos, el peso que significaba el crecimiento demográfico, la necesidad de cooperación en la materia o la contaminación química. Los líderes mundiales deciden reunirse cada diez años para realizar un seguimiento del estado medio ambiental y analizar el impacto que el desarrollo pueda tener sobre él. ¹¹

- 1988: GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)

Este grupo, que reunió opiniones de 400 científicos, concluyó que sólo con medidas fuertes para detener las emisiones de gases de efecto invernadero, se impediría que el calentamiento global fuera grave. ¹¹

- 1992: CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO EN RÍO DE JANEIRO (CUMBRE DE LA TIERRA)

Los líderes mundiales adoptaron el plan conocido como Agenda 21, un ambicioso programa de acción para el desarrollo sostenible global. Sus áreas de actuación eran básicamente la lucha contra el cambio climático, la protección de la biodiversidad y la eliminación de las sustancias tóxicas emitidas. Entró en vigor en 1994, después de haber recibido el número necesario de ratificaciones. ¹¹

- 1997: PROTOCOLO DE KIOTO

El 11 de Diciembre de 1997 se aprobó el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, que entro en vigor el 16 de Febrero de 2005. Se trata de un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (C.M.N.U.C.C.). El objetivo de este protocolo era disminuir la dependencia internacional del consumo de combustibles fósiles. Para ello, tenía como objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global (dióxido de carbono, gas metano y óxido nitroso, Hidrofluorocarbonos, Perfluorocarbonos y Hexafluoruro de azufre) en un 5,2% antes del 2012 con respecto a los niveles de 1990. ¹²

La Unión Europea, como agente especialmente activo en la concreción del Protocolo, se comprometió a reducir sus emisiones totales medias durante el periodo 2008-2012 en un 8% respecto de las de 1990. No obstante, a cada país se le otorgó un margen distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de “reparto de la carga”. De esta manera la distribución se acordó de la siguiente manera: Alemania (-21%), Austria (-13%), Bélgica (-7,5%), Dinamarca (-21%), Italia (-6,5%), Luxemburgo (28%), Países Bajos (-6%), Reino Unido (-12,5%), Finlandia (-2,6%), Francia (-1,9%), España (+15%), Grecia (+25%), Irlanda (+13%), Portugal (+27%) y Suecia (+4%). Los países con

menos carga industrial podían incrementar sus emisiones para no ver reducida su capacidad de desarrollo. ¹²

- 2007: ACUERDO DE BALI

La primera fase de cumplimiento del protocolo de Kioto, prevista para el periodo del 2008 al 2012, en la que los países desarrollados debían haber reducido sus emisiones en 5,2% en relación con 1990, no se logró.

Así, se inició el proceso de negociación para el segundo periodo de cumplimiento del Protocolo de Kioto, que tendría vigencia entre 2012 y 2020. En Bali se fijó una hoja de ruta (Bali Road Map) con el fin de posibilitar la implementación plena, efectiva y sustentada de la Convención y trazar los lineamientos hacia un acuerdo post-2012. La hoja de ruta se centró en torno a lograr una visión común, mitigación, adaptación, tecnología y financiamiento. El plan serviría para lograr un resultado acordado y adoptar una decisión en la Conferencia de Copenhague. ¹¹

- 2009: ACUERDO DE COPENHAGE

La Conferencia de Copenhague constituye un ambicioso acuerdo internacional de lucha contra el cambio climático. En esta conferencia se firmó el acuerdo de Copenhague, en el cual se logró fijar la meta de que el límite máximo para el incremento de la temperatura media global sea 2°C. Los distintos países que se adhirieron enviaron sus objetivos de reducción de emisiones para el año 2020. Algunos de los principales objetivos que se anunciaron son: Canadá (-17% respecto a 2005), Estados Unidos (-17% respecto a 2005), Japón (-20% respecto a 1990), Noruega (-30% respecto a 1990), Suiza (-20% respecto a 1990), Unión Europea (-20% respecto a 1990), China (-40% respecto a 1990). ⁸

A pesar de ser positivo, el Acuerdo de Copenhague presentó ciertas debilidades. Algunos países no aceptaron la verificación de sus emisiones por terceros, y tampoco se detallaron los instrumentos para financiar a los países en desarrollo.

- 2010: CONFERENCIA DE CANCÚN

En diciembre de 2010 se produjo una reunión en Cancún, donde se buscaba reactivar el pacto de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Se determinaron objetivos para seguir avanzando en esta dirección, pero también incluyó propuestas mucho más comprensivas con los países en desarrollo. Abarcó temas financieros y tecnológicos para ayudar a la creación de la capacidad de adaptación al cambio climático de estos países, y para adoptar vías sostenibles para las economías de bajas emisiones que también podrían resistir los impactos negativos del cambio climático. ¹¹

- 2011: CONFERENCIA DE DURBAN

En 2011 tuvo lugar la reunión de Durban, Sudáfrica. Las conclusiones que se obtuvieron fueron más encaminadas a determinar un plan de actuación para los próximos años. Se firmó el compromiso de extender el Protocolo de Kioto, la creación de nuevas plataformas de negociación a fin de determinar reglamentaciones que promovieran acciones concretas encaminadas a frenar el Cambio Climático. Se verificaron datos científicos con la intención de reafirmar los objetivos de no superar los 2°C de aumento de temperatura. ¹²

- 2012-2015: CONFERENCIAS DE DOHA, VARSOVIA, LIMA Y PARÍS

Desde entonces se han llevado a cabo otras reuniones, en las que se enfatizó la idea de promover la ambición para resolver el problema de las emisiones y para ayudar a los países más desfavorecidos a cumplir con los objetivos, así como hacer progresos en el establecimiento de ayudas tecnológicas y financieras para inversiones en energías limpias y de crecimiento sostenible en los países de desarrollo. Estas reuniones se han producido en Doha en 2012, Varsovia en 2013, Lima en 2014 y París en 2015. ⁸

En la fig. 2.8, mostrada a continuación, puede observarse la evolución en el consumo de energía de combustibles fósiles en Estados Unidos y otros países de la Unión Europea, entre 1960 y 2014.

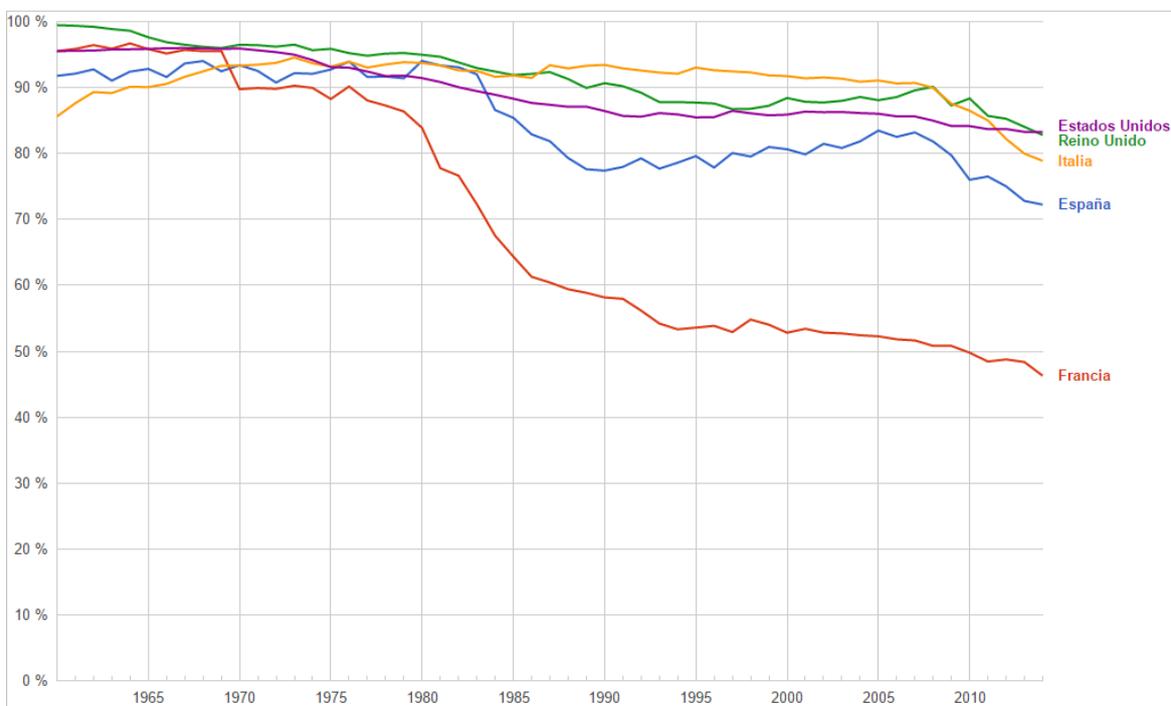


Fig. 2.8. Consumo de energía de combustibles fósiles en distintos países (% sobre el total)
Fuente: Banco Mundial. Indicadores de desarrollo mundial (2014)

En las fig. 2.9 y 2.10 puede observarse la evolución en el consumo de energía renovables en función de la zona, entre 1995 y 2015.

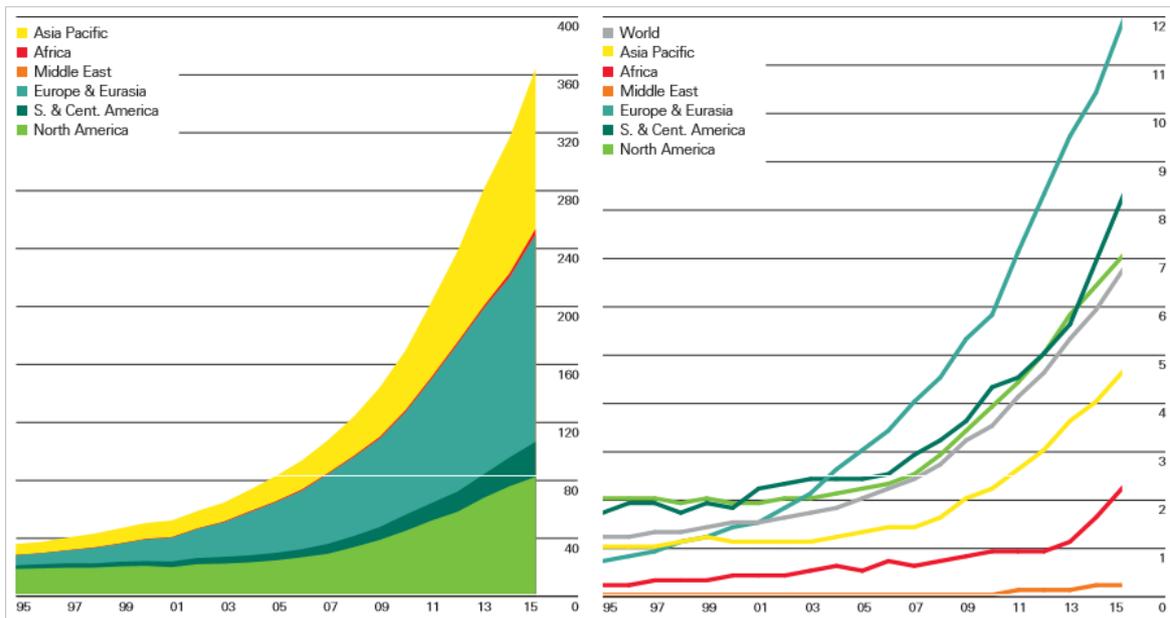


Fig. 2.9. Consumo de energías renovables en distintas zonas en 2015 (millones de toneladas equivalentes de petróleo)

Fig. 2.10. Consumo de energía renovables en distintas zonas en 2015 (% sobre el total)

Fuente: BP statistical review of world energy (2016 report)

2.1.5 ACUERDOS EUROPEOS CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

• OBJETIVOS 2020

Parece que actualmente la Unión Europea se encuentra a la cabeza de la lucha contra el cambio climático. En el año 2007 se adoptó el paquete de medidas “Energía para un Mundo en Transformación”, donde se establecía la estrategia 20-20-20. Los objetivos, que se incorporaron a la legislación en 2009, son: ¹³

- 20% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación con los niveles de 1990).
- 20% de energías renovables en la UE.
- 20% de mejora de la eficiencia energética.

El régimen de comercio de derechos de emisión (RCDE) es el principal instrumento de la UE para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del sector de la aviación y de las grandes instalaciones de los sectores eléctrico e industrial. El RCDE abarca, aproximadamente, el 45% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. El objetivo para 2020 es que las emisiones de estos sectores sean un 21% más bajas que las registradas en 2005. ¹³

En cuanto a los objetivos nacionales, éstos afectan a los sectores no incluidos en el RCDE, que representan el 55% del total de las emisiones de la UE: vivienda, agricultura, residuos y transportes (excluida la aviación). En virtud de la "Decisión de reparto del esfuerzo", los países de la UE han asumido objetivos (en relación con los niveles de 2005) que varían en función de la riqueza nacional, van desde la reducción del 20% en los países más ricos hasta el incremento máximo del 20% en los menos ricos (aunque estos también tendrán que hacer esfuerzos para limitar las emisiones).¹³

Los países de la UE también han asumido objetivos nacionales vinculantes para incrementar de aquí a 2020 el porcentaje de energías renovables que consumen, según lo dispuesto en la Directiva sobre fuentes de energía renovables. Esos objetivos varían según las situaciones de partida de la producción de energías renovables en cada país y de su capacidad para aumentarla. Con estas medidas, el conjunto de la UE podrá conseguir:¹³

- Su objetivo del 20% de energías renovables en 2020 (es decir, más del doble del 9,8% registrado en 2010).
- Una cuota del 10% de energías renovables en el sector del transporte.

- OBJETIVOS 2030

En el año 2014, la Comisión Europea publicó una Comunicación sobre el futuro marco europeo para 2030 en materia de cambio climático y energía (Energy and Climate Framework for 2030), que tiene como base el paquete de medidas sobre clima y energía para 2020. Los objetivos fundamentales son:¹⁴

- Al menos 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación con los niveles de 1990).
- Al menos 27% de cuota de energías renovables.
- Al menos 27% de mejora de la eficiencia energética.

El marco establecido favorece el avance hacia una economía baja en carbono y la creación de un sistema energético que:¹⁴

- Garantice una energía asequible para todos los consumidores.
- Aumente la seguridad del suministro energético de la UE.
- Reduzca nuestra dependencia de las importaciones de energía.
- Cree nuevas oportunidades de crecimiento y empleo.
- Conlleve una serie de beneficios para la salud y el medio ambiente.

• OBJETIVOS 2050

Por otro lado, la Unión Europea ya ha empezado a trabajar proponiendo la Hoja de Ruta de la Energía para 2050 (Energy Roadmap 2050). La Comisión Europea está estudiando procedimientos rentables para conseguir que la economía europea sea más respetuosa con el clima y consume menos energía. La Hoja de Ruta hacia una economía baja en carbono señala lo siguiente: ¹⁵

- En 2050, la UE deberá haber reducido sus emisiones un 80% en relación con los niveles de 1990.
- Para conseguirlo, antes tendrá que lograr una reducción del 40% en 2030 y del 60% en 2040.
- Es necesario que contribuyan todos los sectores.
- Esta transición es viable y económicamente posible.

En la fig. 2.11 se indican los objetivos de reducción de gases de efecto invernadero hasta el año 2050, en función de los sectores más responsables de las emisiones en Europa (producción de electricidad, industria, transporte, edificios, construcción, agricultura. La línea roja muestra las previsiones si se continua con las políticas ambientales actuales, sin realizar mejoras.

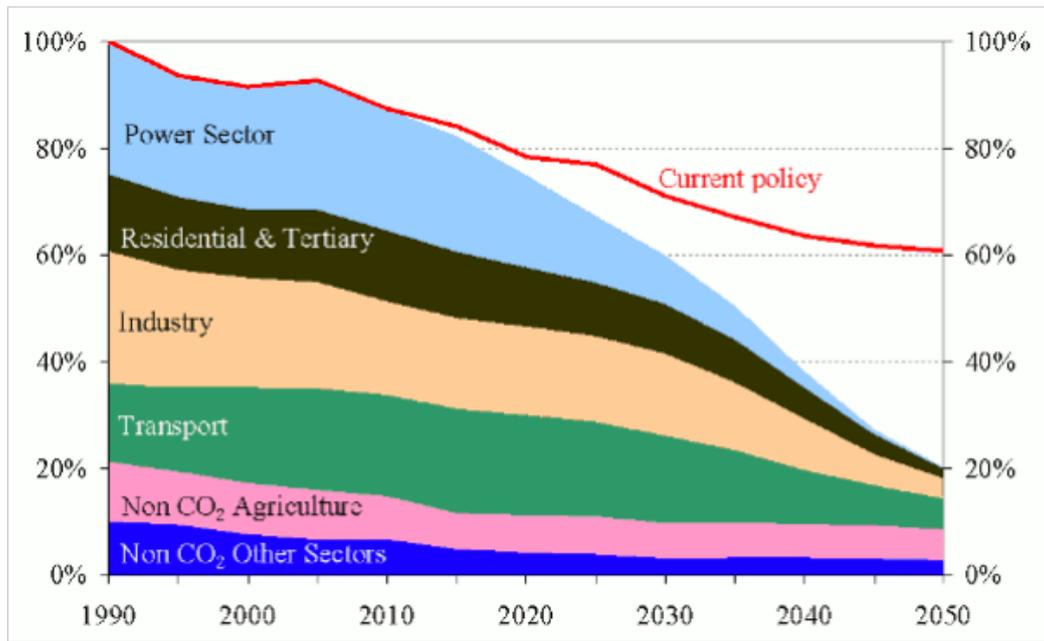


Fig. 2.11. Objetivos en reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea por sectores. Posible reducción del 80%. El 100% corresponde a 1990, el año de referencia para el % de reducciones.

Fuente: Dirección General de Acción por el Clima (DG CLIMA)

2.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EDIFICACIÓN. EL CASO DE ESPAÑA

2.2.1 CONSUMO ENERGÉTICO SECTORIAL EN ESPAÑA

Es importante observar el consumo que hay en España, así como analizar su evolución durante de los últimos años. En la fig. 2.12 está representada la evolución del consumo de energía final desde 1990 hasta 2012. El gráfico nos indica claramente cómo el año 2007 supuso un punto de inflexión. De este modo, se podrían establecer dos etapas: hasta el 2007 una etapa en la que el consumo de energía final total fue en aumento y desde el 2007 hasta el 2014 una etapa en la que el consumo final total fue disminuyendo.

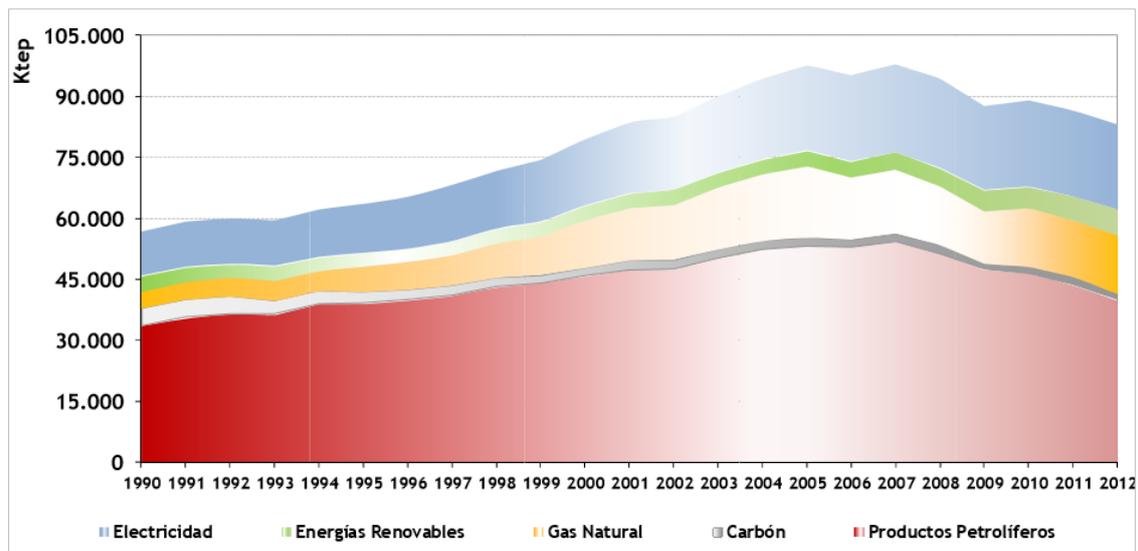


Fig. 2.12. Evolución del consumo de energía final por fuentes entre 1990 y 2012 (kilotoneladas equivalentes de petróleo)

Fuente: MINETUR/IDAE. Plan nacional de acción de eficiencia energética 2014-2020

Una vez establecidas las etapas podemos observar los datos numéricos concretos de consumos, que se han obtenido de los balances anuales. En las siguientes tablas se presentan los consumos por fuentes energéticas y en función de los sectores.

- ETAPA 1: 1990-2007

1990 Definitivo (ktep)	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	3.786	5.773	3.399	1.836	5.442	20.236
TRANSPORTES	0	21.987	0	0	316	22.302
USOS DIVERSOS	303	5.991	830	2.077	5.061	14.262
Agricultura	8	1.362	3	3	304	1.680
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	16	1.052	191	0	2.159	3.418
Residencial	279	3.578	636	2.073	2.598	9.164
Otros no especificados	0	0	0	0	0	0
CONSUMO ENERGÍA FINAL	4.089	33.751	4.229	3.913	10.819	56.801

1995 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES		
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
INDUSTRIA	2.355	6.553	5.186	1.237	5.212	20.542
TRANSPORTES	0	25.739	0	0	339	26.078
USOS DIVERSOS	226	6.938	1.308	2.020	6.567	17.059
Agricultura	0	1.777	9	3	419	2.208
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	11	1.461	298	15	2.543	4.327
Residencial	216	3.700	1.001	2.001	3.095	10.013
Otros no especificados	0	0	0	0	511	511
CONSUMO ENERGÍA FINAL	2.581	39.230	6.493	3.256	12.118	63.679
2000 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES		
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
INDUSTRIA	1.792	5.722	9.149	1.302	7.365	25.330
TRANSPORTES	0	32.442	10	72	358	32.882
USOS DIVERSOS	168	7.808	2.743	2.095	8.484	21.298
Agricultura	0	2.042	91	13	431	2.578
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	20	1.699	632	59	4.302	6.713
Residencial	148	4.067	2.020	2.019	3.751	12.004
Otros no especificados	0	0	0	4	0	4
CONSUMO ENERGÍA FINAL	1.959	45.972	11.902	3.469	16.207	79.511
2007 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES		
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
INDUSTRIA	1.894	5.573	10.085	1.620	8.367	27.538
TRANSPORTES	0	41.398	68	385	238	42.089
USOS DIVERSOS	219	7.310	5.592	2.274	12.963	28.358
Agricultura	0	2.085	343	24	495	2.947
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.534	784	136	6.368	8.822
Residencial	184	3.692	3.778	2.107	5.866	15.628
Otros no especificados	35	0	687	7	233	962
CONSUMO ENERGÍA FINAL	2.112	54.281	15.746	4.279	21.568	97.986

Fig. 2.13. Estructura de consumo de energía final por fuentes energéticas y servicios entre 1990 y 2007 (kilotoneladas equivalentes de petróleo)

Fuente: MINETUR/IDAE. Documento balances 1990-2014

Valoración de datos significativos

- El consumo total ha aumentado un 72% entre 1990 y 2007.
- El consumo de productos petrolíferos ha aumentado un 61%.
- El consumo de gases se ha triplicado.
- El consumo de energía eléctrica se ha duplicado.
- El consumo de energías renovables ha aumentado un 10%.
- La única fuente de energía que ha reducido su consumo es el carbón, que se redujo a la mitad.
- El sector que más consume es transportes, seguido de industria y residencial.
- De estos tres sectores, el residencial es el que presenta un mayor consumo de energías renovables, seguido por industria y transportes.
- El sector industria consume, en orden descendente: gases, energía eléctrica, productos petrolíferos, carbones y energías renovables. La diferencia de consumo entre carbones y energías renovables ha ido disminuyendo.
- El sector transportes basa prácticamente el total de su consumo en productos petrolíferos.

• ETAPA 2: 2007–2014

2007 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	1.894	5.573	10.085	1.620	8.367	27.538
TRANSPORTES	0	41.398	68	385	238	42.089
USOS DIVERSOS	219	7.310	5.592	2.274	12.963	28.358
Agricultura	0	2.085	343	24	495	2.947
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.534	784	136	6.368	8.822
Residencial	184	3.692	3.778	2.107	5.866	15.628
Otros no especificados	35	0	687	7	233	962
CONSUMO ENERGÍA FINAL	2.112	54.281	15.746	4.279	21.568	97.986
2008 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	1.703	5.284	9.348	1.474	8.100	25.909
TRANSPORTES	0	39.365	66	619	268	40.318
USOS DIVERSOS	230	6.861	5.306	2.316	13.569	28.283
Agricultura	0	1.851	320	36	492	2.699
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.470	852	118	6.860	9.300
Residencial	192	3.541	3.640	2.154	5.972	15.498
Otros no especificados	38	0	495	7	246	786
CONSUMO ENERGÍA FINAL	1.933	51.510	14.720	4.409	21.938	94.510
2009 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	1.107	4.732	7.527	1.206	6.604	21.177
TRANSPORTES	0	36.304	85	1.073	257	37.718
USOS DIVERSOS	242	6.508	5.427	2.726	13.760	28.664
Agricultura	0	1.737	92	63	472	2.363
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.434	914	93	6.968	9.409
Residencial	192	3.337	3.687	2.570	6.141	15.928
Otros no especificados	50	0	735	0	179	965
CONSUMO ENERGÍA FINAL	1.349	47.545	13.039	5.005	20.621	87.559
2010 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	1.380	4.917	7.765	1.146	6.320	21.528
TRANSPORTES	0	35.218	94	1.436	277	37.024
USOS DIVERSOS	223	6.472	6.519	2.785	14.456	30.455
Agricultura	0	1.680	137	69	357	2.243
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.422	1.064	99	7.215	9.801
Residencial	173	3.369	4.257	2.617	6.508	16.924
Otros no especificados	50	0	1.060	0	376	1.487
CONSUMO ENERGÍA FINAL	1.603	46.607	14.377	5.367	21.053	89.007
2011 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	1.663	4.356	7.697	1.256	6.317	21.288
TRANSPORTES	0	33.696	83	1.721	388	35.889
USOS DIVERSOS	198	5.779	6.220	2.838	14.237	29.272
Agricultura	0	1.518	466	70	349	2.404
Pesca	0	0	0	0	0	0
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.355	1.755	104	6.992	10.206
Residencial	122	2.906	3.411	2.647	6.545	15.631
Otros no especificados	76	0	587	17	351	1.031
CONSUMO ENERGÍA FINAL	1.861	43.831	14.001	5.815	20.942	86.449

2012 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	1.272	3.486	8.443	1.269	6.232	20.702
TRANSPORTES	0	30.594	123	2.126	383	33.226
USOS DIVERSOS	183	5.837	6.066	2.902	14.046	29.034
Agricultura	0	1.629	632	73	344	2.678
Pesca	0	39	0	0	0	39
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.414	1.617	114	6.898	10.044
Residencial	110	2.753	3.509	2.700	6.458	15.529
Otros no especificados	73	2	309	15	346	745
CONSUMO ENERGÍA FINAL	1.455	39.916	14.633	6.297	20.661	82.962
2013 Provisional	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	1.566	2.679	9.034	1.179	6.091	20.550
TRANSPORTES	0	30.227	120	898	391	31.636
USOS DIVERSOS	136	6.146	5.630	2.985	13.305	28.203
Agricultura	0	1.641	647	82	388	2.758
Pesca	0	101	0	2	0	102
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.490	1.497	132	6.499	9.618
Residencial	95	2.764	3.193	2.723	6.111	14.886
Otros no especificados	41	151	293	46	307	838
CONSUMO ENERGÍA FINAL	1.702	39.053	14.784	5.062	19.787	80.389
2014 Definitivo	CARBONES	PRODUCTOS PETROLÍFEROS	GASES	ENERGIAS RENOVABLES	ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
(ktep)	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
INDUSTRIA	1.195	2.547	8.753	1.139	6.163	19.797
TRANSPORTES	0	30.435	85	950	358	31.828
USOS DIVERSOS	127	5.659	5.455	3.013	12.993	27.247
Agricultura	0	1.508	627	80	444	2.659
Pesca	0	119	0	2	0	121
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	0	1.208	1.450	143	6.047	8.848
Residencial	92	2.695	3.094	2.752	6.081	14.713
Otros no especificados	35	130	284	36	421	907
CONSUMO ENERGÍA FINAL	1.322	38.642	14.293	5.102	19.513	78.872

Fig. 2.14. Estructura de consumo de energía final por fuentes energéticas y servicios entre 2007 y 2014 (kilotoneladas equivalentes de petróleo)

Fuente: MINETUR/IDAE. Documento balances 1990-2014

Valoración de datos significativos

- El consumo total se ha reducido un 24% entre 2007 y 2014.
- El consumo de productos petrolíferos se ha reducido un 30%.
- El consumo de gases se ha reducido un 9%.
- El consumo de energía eléctrica se ha reducido un 9%.
- El consumo de carbón se ha reducido un 38%
- La única fuente de energía que ha aumentado su consumo son las energías renovables, cuyo consumo ha aumentado un 20%.

- El sector que más consume sigue siendo transportes, seguido de industria y residencial.
- De estos tres sectores, el residencial es el que presenta un mayor consumo de energías renovables, seguido por industria y transportes. En los balances de los años 2010, 2011 y 2012 el sector transportes consumió más energías renovables que el sector industria.
- El sector industria consume, en orden descendente: gases, energía eléctrica, productos petrolíferos, carbones y energías renovables. Los consumos de carbones y energías renovables son muy similares.
- El sector transportes sigue basando un porcentaje muy elevado del total de su consumo en productos petrolíferos. El consumo de energías renovables fue aumentando en gran medida entre los años 2007 y 2012 para después reducirse de nuevo más de un 50%.

• EL ÚLTIMO BALANCE: 2015

<i>Unidad de medida: ktep</i>	Enero 2015- Diciembre 2015	Variación Interanual	EST.
Carbón	1.443	-6,7%	1,7%
Productos Petrolíferos	42.879	1,1%	51,1%
Gas Natural	14.344	-2,4%	17,1%
Electricidad no renovable	12.967	9,7%	15,4%
Electricidad renovable	7.031	-9,4%	8,4%
Renovables Térmicas	5.302	0,1%	6,3%
Biomasa y biogás	3.987	-1,5%	4,7%
Biocarburantes	1.018	5,1%	1,2%
Solar Térmica	277	7,2%	0,3%
Geotérmica	20	7,2%	0,02%
TOTAL	83.967	0,5%	100,0%

Fig. 2.15. Estructura de consumo de energía final por fuentes energéticas en 2015 (kilotoneladas equivalentes de petróleo)

Fuente: MINETUR/IDAE. Documento consumos e intensidades mensuales 2015

En la fig. 2.15 se muestra el balance de consumo del último año, así como la variación interanual con respecto al año anterior. El consumo de energía final ha aumentado ligeramente, rompiendo la tendencia de disminución que había desde el año 2007. Como punto positivo, todas las energías térmicas renovables, a excepción de la biomasa y biogás, han aumentado su consumo.

2.2.2 CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR RESIDENCIAL

Las políticas medioambientales ponen sus principales puntos de mira en los sectores transportes e industria, al ser estos los servicios que generan un mayor consumo. Estos datos se han podido comprobar en las tablas anteriores.

En la fig. 2.16 se indican los porcentajes de consumo por sectores. Como se indica, efectivamente transportes e industria son los sectores más consumidores. No obstante, el sector residencial ocupa el tercer puesto, con unos porcentajes de consumo entorno al 16% durante la primera etapa, y en entorno al 19% durante la segunda etapa.

PORCENTAJE CON RESPECTO AL TOTAL DE ENERGÍA FINAL (USOS ENERGÉTICOS)												
SECTORES	AÑOS											
	1990	1995	2000	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
INDUSTRIA	35,63	32,26	31,86	26,73	28,1	27,41	24,19	24,19	26,62	24,95	25,56	25,1
TRANSPORTES	39,26	40,95	41,36	42,83	42,96	42,67	43,08	41,6	41,51	40,05	39,35	40,35
RESIDENCIAL	16,13	15,72	15,1	16,35	15,98	16,4	18,19	19,01	18,08	18,72	18,52	18,65
OTROS USOS	8,98	11,07	11,68	14,09	12,96	13,52	14,54	15,2	13,79	16,28	16,57	15,09
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fig. 2.16. Estructura de consumo de energía final por sectores entre 2007 y 2012 (porcentaje)
 Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MINETUR/IDAE

Por tanto, también es necesario poner el foco de atención en el sector residencial, teniendo en cuenta que, desde el año 2000, su porcentaje con respecto al total tiene una tendencia ascendente. Estos temas abren el debate sobre la importancia de la eficiencia energética de los edificios residenciales.

2.2.3 MARCO NORMATIVO DEL SECTOR EDIFICACIÓN

La Unión Europea aprobó en el año 2002 la Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios, refundida en el año 2010 por la Directiva 31/2010 de 19 de mayo. La transposición parcial de la normativa europea provocó la aprobación del RD 314/2006 (Código Técnico de la Edificación, CTE), del RD 1027/2007 (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE) y del RD 47/2007 sobre el Procedimiento básico para la certificación energética de edificios de nueva construcción. ¹⁶

En el año 2012 se aprobó la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, donde se obliga a: ¹⁷

- Mejorar la eficiencia energética anualmente de un 3% de los edificios de la Administración central de cada Estado.

- Establecer una estrategia a largo plazo, hasta el año 2020, destinada a movilizar inversiones en la renovación de edificios residenciales y comerciales, para mejorar el rendimiento energético del conjunto del parque inmobiliario.

En el año 2013 se impulsó un nuevo marco legal en España, con incidencia en el sector de los edificios, que obedece al marco europeo (Directivas):

- El Real Decreto 233/2013, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016 donde se contemplan una serie de líneas de ayudas enfocadas a los edificios de tipología residencial colectiva anteriores a 1981, en los que al menos el 70% de su superficie construida tenga uso residencial y en los que como mínimo el 70% de las viviendas sean el domicilio habitual de sus propietarios o arrendatarios. Las ayudas contempladas en el plan están destinadas a: ¹⁸
 - Actuaciones que se dirijan a la conservación.
 - La mejora de la calidad y sostenibilidad.
 - Realizar ajustes razonables en materia de accesibilidad.

Entre otras, podrán cubrir actuaciones como: ¹⁹

- La mejora de la envolvente térmica del edificio para reducir su demanda energética de calefacción o refrigeración mediante aislamiento, sustitución de carpinterías, acristalamiento u otros elementos bioclimáticos.
 - La instalación o mejora de la eficiencia energética de los sistemas de calefacción, producción de ACS y ventilación para el acondicionamiento térmico.
 - La instalación de equipos para la utilización de energías renovables.
 - La mejora de la eficiencia energética de las instalaciones comunes de ascensores e iluminación del edificio o la parcela.
 - La mejora de instalaciones de suministro y de mecanismos para el ahorro de agua.
 - La mejora o acondicionamiento de instalaciones para la recogida y separación de residuos domésticos en el interior de domicilios y espacios comunes.
 - El acondicionamiento de espacios privativos de la parcela para mejorar la permeabilidad, adaptar la jardinería a especies de bajo consumo hídrico u optimizar sistemas de riego.
- El Real Decreto 235/2013, relativo a la certificación de la eficiencia energética de los edificios, que afecta tanto a edificios nuevos como a los existentes. Con su aprobación se refundía el Real Decreto 47/2007. ²⁰

- El Real Decreto 238/2013, por el que se modificaron determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), del año 2007. Entre las modificaciones se encuentra la obligación de inspeccionar las partes accesibles de las instalaciones usadas para calentar los edificios siempre que la potencia nominal de las calderas sea superior a 20 kW. En el caso de las instalaciones de aire acondicionado, existe la misma obligación sólo que el umbral de aplicación será a los 12 kW de potencia nominal. ²¹
- La Ley 8/2013, de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas, con el objetivo de crear un marco legal más propicio para las actuaciones en los tejidos urbanos existentes, con los siguientes objetivos: ²²
 - Potenciar la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas.
 - Ofrecer un marco normativo idóneo para permitir la reconversión y reactivación del sector de la construcción.
 - Fomentar la calidad y sostenibilidad en la edificación, en relación con los objetivos de eficiencia, ahorro energético y lucha contra la pobreza energética.

En esta ley también se incluye la creación de un nuevo instrumento de control de los edificios, el Informe de Evaluación del Edificio (IEE). Este Informe de Evaluación del Edificio, que sustituye a las anteriores ITE, deberá contener:

- La evaluación del estado de conservación del edificio.
 - La evaluación de las condiciones básicas de accesibilidad universal y no discriminación de las personas con discapacidad para el acceso y utilización del edificio.
 - La certificación de la eficiencia energética (CEE) del edificio.
- En el año 2013 se aprobó es la actualización del Documento Básico HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE), que ha sido revisado mediante la Orden FOM/1635/2013. Esta orden actualiza las especificaciones en materia de energía para los edificios de nueva construcción y los acerca, un poco más, al horizonte europeo de los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo. ²³

Las secciones del Documento Básico de Ahorro de energía son:

- Documento Básico HE 0: Limitación del consumo energético
- Documento Básico HE 1: Limitación de la demanda energética
- Documento Básico HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas
- Documento Básico HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- Documento Básico HE 4: Contribución solar mínima de ACS
- Documento Básico HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

El Real Decreto 56/2016 por el que se transpone parcialmente la Directiva 2012/27/UE de Eficiencia Energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios energéticos y auditores, y promoción de la cogeneración de alta eficiencia. El RD establece la obligación de realizar auditorías energéticas para las grandes empresas de más de 250 trabajadores o más de 50 millones de euros de volumen de negocio. Las auditorías energéticas deberán cubrir, al menos, el 85% del consumo total de energía del conjunto de sus instalaciones, y deberán realizarse al menos cada cuatro años. Las empresas tendrán un plazo de nueve meses para realizar las auditorías y podrán sustituirlas por un sistema de gestión energética o ambiental e incorporar certificados de eficiencia energética de edificios en vigor. Tiene dos principales objetivos: ²⁴

- Impulsar y promocionar un conjunto de actuaciones a realizar dentro de los procesos de consumo energético que contribuyan al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida en España, así como a optimizar la demanda energética de la instalación, equipos o sistemas consumidores de energía.
- Disponer de un número suficiente de profesionales competentes y fiables, registrados en el Listado de Proveedores de Servicios Energéticos.

2.2.4 DISEÑO EFICIENTE DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL

Ya se ha podido ver en los puntos 2.2.1 y 2.2.2 cómo el sector residencial consume un porcentaje bastante elevado con respecto al total de energía final que se consume en España. Por ello, es importante empezar a tomar decisiones adecuadas desde las primeras fases de diseño del proyecto.

Existen una serie de factores tanto a nivel de localización como de diseño constructivo y de elección de materiales que influyen en las condiciones energéticas del edificio. Teniendo en cuenta estos aspectos, se puede mejorar la eficiencia energética del edificio, colaborando así en la reducción de consumo energético. Los factores más relevantes son:

- **Localización**

ZONA CLIMÁTICA

El clima es un condicionante fundamental para evaluar la eficiencia energética de un edificio. En función de la zona climática en la que se encuentre el edificio, puede tener unas previsiones de gastos energéticos de calefacción o climatización muy distintos.

ORIENTACIÓN DEL EDIFICIO

Dentro de una misma zona climática también es importante conocer si el edificio cuenta con fachadas al sur, al este o al oeste. La orientación de las diferentes caras de un edificio es fundamental a la hora de estudiar planificar su distribución ya que influye en la incidencia solar.

- **Diseño volumétrico**

SUPERFICIE ÚTIL

Cuanto menor sea la superficie útil a climatizar, menor será el gasto energético. Por tanto, es importante reducir al mínimo las superficies de distribución.

ALTURA LIBRE

Cuando se calefacta un edificio con aire caliente, éste tiende acumularse en las capas más altas por diferencia de densidad con el aire frío. Por ello, las estancias con una gran altura libre tardarán más en calentarse y serán menos eficientes.

COMPACIDAD

Un edificio con una volumetría compacta consumirá menos energía, ya que una menor superficie de envolvente térmica conlleva una menor pérdida de energía.

- **Soleamiento**

Es posible aprovechar la radiación solar que incide en las fachadas del edificio, que aporta energía calorífica, y capturarla, almacenarla y utilizarla para climatizar el ambiente interior.

Conociendo la posición del sol a lo largo del año, podemos aprovechar su energía. Durante el invierno el ángulo de incidencia con respecto a la horizontal es pequeño, por lo que, si buscamos la orientación al sol de mediodía, conseguiremos que el sol penetre en todas las estancias. Durante el verano aumenta el ángulo de incidencia en función de la trayectoria, y se produce un sobrecalentamiento de las superficies. Por tanto, si se incluyen elementos de protección solar, como aleros, persianas, parasoles, marquesinas, etc..., contribuiremos a potenciar el efecto de refrigeración necesario en esta época. ²⁵

- **Envolvente térmica**

SUELOS

Es importante aislar térmicamente el suelo que esté en contacto con el terreno, ya que éste suele estar a una temperatura inferior, y supondría un mayor gasto energético.

FACHADAS

La fachada suele ser la parte del edificio con mayor superficie en contacto con el ambiente exterior, y por tanto más propensa a pérdida de energía. Actualmente existen soluciones técnicas como las fachadas con cámara de aire o con cámara de aire ventilada, que mejoran considerablemente las condiciones de confort térmico. También existen actualmente en el mercado numerosos materiales aislantes térmicos que permiten conseguir aislamientos muy alto.

CUBIERTAS

Cuando calentamos el edificio el aire caliente tiende a acumularse hacia la parte superior. Por lo tanto, debemos intentar que este aire calefactado no se pierda. Por otra parte, la cubierta es la parte del edificio más expuesta a la intemperie y está sometida a las mayores diferencias de temperatura. Al igual que para el caso de las fachadas, existen en el mercado materiales aislantes muy eficientes.

HUECOS DE FACHADA

Los huecos están constituidos por varios elementos, y seleccionar los más adecuados en cada caso es importante. Estos elementos son:

Vidrios: los vidrios ocupan la mayor parte de la superficie del hueco. Por ello es importante elegir un buen vidrio. La calidad de los vidrios depende fundamentalmente de las capas que tenga y de su composición. Los vidrios con cámara o de doble acristalamiento están formados por dos hojas separadas por una cámara intermedia de aire, que sirve para aumentar el aislamiento térmico.

Si se requiere un nivel superior de aislamiento térmico, es posible incorporar vidrios triples o vidrios con triple acristalamiento, formados por tres hojas de vidrio y dos cámaras de aire. También hay vidrios de baja emisividad, que son capaces de reflejar hasta el 70% del calor interior, ofreciendo una alta eficiencia energética y su aislamiento térmico. ²⁶

Carpinterías: el marco también es fundamental para la efectividad del hueco. Colocando una carpintería con rotura de puente térmico se evita que el calor aprovechado por el vidrio se pierda por el marco. El color del marco también condiciona su absortividad.

Elementos de sombreado: el retranqueo de la carpintería con respecto al plano exterior de la fachada, así como la incorporación de voladizos, celosías, lamas, etc...permiten conseguir un sombreado óptimo.

PUENTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos constituyen puntos donde la construcción no es homogénea, y por lo tanto su transmitancia no es la misma que en el resto del edificio. Es importante una ejecución adecuada de estos puntos críticos, ya que un edificio con puentes térmicos presenta un porcentaje de pérdidas térmicas mucho mayor con respecto a otro que no tenga.

Los puentes térmicos suelen aparecer en zonas en las que la colocación del aislamiento se interrumpe. Generalmente se producen en los encuentros de cerramientos con elementos estructurales, en los contornos de los huecos o en las cajoneras de persianas. En estos casos es fundamental el diseño de una solución constructiva que evite los puentes térmicos, teniendo especial cuidado con las uniones de elementos de distintos sistemas constructivos, así como evitando que los elementos estructurales que tengan una continuidad hasta el exterior.

- **Particiones interiores**

Dentro de un edificio existen ciertos espacios que no se usan, por lo que hay que aislarse térmicamente de ellos, para evitar que se produzca pérdida de calor. Estos espacios son conductos para paso de instalaciones, huecos de ascensor o bajo cubiertas no habitables. En edificios residenciales formados por varias viviendas también hay que aislar térmicamente unas viviendas de otras.

- **Estrategias pasivas**

Siempre que sea posible es interesante utilizar estrategias pasivas ya sea para calentar, refrigerar o ventilar, ya que son actuaciones muy beneficiosas con un coste nulo o muy bajo. Este tipo de estrategias se han venido utilizando en las edificaciones a lo largo de la historia.

ESTRATEGIA PASIVA DE CALENTAMIENTO

Consiste básicamente en permitir el acceso de la radiación solar a través de un espacio acristalado. Esta radiación incide sobre un elemento, generalmente una pared, que actúa como receptora. Una vez absorbida la energía calorífica, el acristalamiento no la permite escapar, por lo que queda en el espacio, calefactándolo también los espacios adyacentes.²⁷

ESTRATEGIA PASIVA DE REFRIGERACIÓN

Consiste en evitar que el calor penetre en la estancia. Para ello, hay que asegurar que el paramento sobre el que va a incidir la radiación solar esté lo más sombreado y frío posible. Suelen utilizarse los elementos de sombreado comentados anteriormente. También es útil abrir las ventanas durante la noche para permitir que se disipe el calor acumulado.²⁷

Otro tipo de estrategias pasivas de refrigeración consiste en recurrir a ciertos aspectos de la arquitectura tradicional, que consisten en hacer pasar una corriente de aire seco por una zona húmeda (zona con presencia de vegetación o con fuentes o estanques). De este modo, el aire se enfriará, contribuyendo al enfriamiento de la estancia.²⁷

ESTRATEGIA PASIVA DE VENTILACIÓN

Consiste en crear movimientos o corrientes a aire, que contribuyan a la ventilación y a la refrigeración de las estancias. Por ejemplo, si una vivienda tiene huecos en fachadas opuestas, se creará un efecto de «ventilación cruzada». Para edificios situados en zonas muy cálidas también es interesante aprovechar los vientos dominantes, exponiendo los huecos en esa dirección.⁴⁴

2.2.5 DISEÑO EFICIENTE DE LAS INSTALACIONES

Una vez vistos los componentes proyectuales de un edificio que influyen en su consumo de energía es necesario centrarse en el otro gran elemento consumidor energético del edificio: las instalaciones.

Al igual que buscamos reducir las pérdidas caloríficas de un edificio al mínimo, es fundamental utilizar sistemas de instalaciones eficientes, que nos permitan calentar, refrigerar o iluminar la vivienda con el consumo energético más bajo posible, debido a:

- El elevado coste económico de la energía.
- El elevado impacto medioambiental que el consumo energético origina en el planeta.
- Las perspectivas de escasez energética que se prevén si no se toman medidas.
- El cumplimiento de objetivos de protocolos internacionales y acuerdos europeos.
- El cumplimiento de Directivas europeas, Reales Decretos y normas a nivel nacional y autonómico.

Las principales instalaciones existentes en la edificación residencial son:

- Instalaciones de climatización
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones de iluminación
- Instalaciones de abastecimiento y saneamiento de agua

A la hora de planificar las instalaciones de un edificio residencial es importante conocer los consumos por servicio que se han obtenido de los últimos balances energéticos. En España, además, los consumos varían en función de la zona climática, ya que en una zona fría se tiende a consumir más en servicios de calefacción. Los consumos también varían en función

del tipo de vivienda. Las viviendas unifamiliares, que están más expuestas, tienen más pérdidas de calor que un piso en un bloque residencial.

En la fig. 2.17 puede verse el balance de consumos por servicio del sector residencial en España, en función de la zona y del tipo de vivienda, durante el año 2014. En ella se observa que el servicio de calefacción conlleva un consumo del 47% de media en las residencias españolas, siendo ligeramente mayor en las ubicadas en zonas con clima continental. En cuanto al tipo de vivienda, las unifamiliares tienen unos consumos en calefacción bastante mayores, entorno al 63,9%. El servicio de agua caliente sanitaria también tiene unos porcentajes altos, en torno al 19% con respecto al total, excepto en el caso de viviendas unifamiliares, en las que se reduce hasta el 10,7%.

Unidad: ktep	España		Zona Atlántica		Zona Continental		Zona Mediterránea	
Calefacción	6.892	47,0%	722	40,1%	3.472	55,3%	2.698	40,9%
Agua caliente sanitaria	2.776	18,9%	395	21,9%	1.091	17,4%	1.291	19,6%
Cocina	1.090	7,4%	216	12,0%	405	6,5%	469	7,1%
Refrigeración	123	0,8%	2	0,1%	47	0,7%	75	1,1%
Iluminación	606	4,1%	68	3,8%	164	2,6%	374	5,7%
Electrodomésticos	2.847	19,4%	352	19,6%	991	15,8%	1.504	22,8%
Standby	341	2,3%	46	2,5%	115	1,8%	181	2,7%
TOTAL	14.676	100%	1.801	100%	6.284	100%	6.591	100%

Unidad: ktep	España		Pisos		Unifamiliares	
Calefacción	6.892	47,0%	2.529	32,2%	4.349	63,9%
Agua caliente sanitaria	2.776	18,9%	2.038	26,0%	729	10,7%
Cocina	1.090	7,4%	644	8,2%	447	6,6%
Refrigeración	123	0,8%	79	1,0%	44	0,7%
Iluminación	606	4,1%	413	5,3%	193	2,8%
Electrodomésticos	2.847	19,4%	1.902	24,2%	944	13,9%
Standby	341	2,3%	247	3,1%	95	1,4%
TOTAL	14.676	100%	7.851	100%	6.800	100%

Fig. 2.17. Consumos por servicio en viviendas en España en función de la zona y del tipo de vivienda durante el 2014
Fuente: IDAE/EUROSTAT EUROPEAN COMMISSION. Consumos del sector residencial en España

El otro aspecto que hay que tener en cuenta en la fase de proyecto es la fuente energética. Es fundamental de seleccionar el tipo de combustible más adecuado, ya que condiciona las emisiones de CO2 que se arrojan a la atmósfera. En la fig. 2.18 puede verse el balance de consumos por fuente energética del sector residencial en España, durante el año 2014. En ella puede verse como el consumo eléctrico y de gas natural son los más elevados con respecto al total, con un 35,1% y 24,9% respectivamente.

Unidad: ktep	España	
Carbón	15	0,1%
GLP	1.032	7,0%
Gasóleo	2.216	15,1%
Gas Natural	3.660	24,9%
Solar Térmica	139	0,9%
Geotermia	12	0,1%
Carbón Vegetal	27	0,2%
Leñas y Ramas	2.392	16,3%
Pellets	9	0,1%
Otra Biomasa Sólida	15	0,1%
Electricidad	5.159	35,1%
TOTAL	14.676	100%

Fig. 2.18. Consumos por fuentes energéticas en viviendas en España durante el 2014
Fuente: IDAE/EUROSTAT EUROPEAN COMMISSION. Consumos del sector residencial en España

En este punto cobra especial interés el empleo de energías renovables, que no permitirán reducir los consumos energéticos de manera sustancial, con un bajo impacto ambiental. Estas energías pueden utilizarse para obtener climatización, agua caliente sanitaria o electricidad.

De entre las energías renovables disponibles, las más utilizadas en proyectos de edificios residenciales son la biomasa y la energía solar. En la fig. 2.19 se muestra el balance de consumos del año 2014. Los servicios que hacen mayor uso de las energías renovables son el sistema de calefacción y de ACS. A pesar de que el empleo de energías renovables en el sector residencial ha ido crecido con respecto a años anteriores, aún sigue siendo bajo.

Tipo de Uso	Carbón	Productos Petrolíferos	Gases	Renovables					Energía Eléctrica	TOTAL	Consumo Total según Usos		
		TOTAL Productos Petrolíferos	(3)	Biomasa	Solar	Geotermia	Biocarburantes	TOTAL Renovables			Térmicos	Eléctricos	
Unidad de medida:		ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep
Calefacción	75	1.876	1.433	2.459	15	5,36	--	2.479	448	6.311	5.863	448	
ACS	6	607	1.324	52	188,3	3,03	--	243	454	2.634	2.179	454	
Cocina	11	191	337	27	--	--	--	27	565	1.131	566	565	
Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	714	714	--	714	
Aire Acondicionado	--	--	--	--	--	2,26	--	2	142	144	2	142	
Electrodomésticos	--	--	--	--	--	--	--	--	3.758	3.758	--	3.758	
Otros Usos	--	--	--	--	--	--	0,88	1	--	1	1	--	
CONSUMO TOTAL DE HOGARES ⁽¹⁾	92	2.674	3.094	2.537	203	10,65	0,88	2.752,20	6.081	14.692	8.611	6.081	

Fig. 2.19. Consumo de energía final en viviendas en España durante el 2014 y comparativa con respecto al 2013
Fuente: MINETUR/IDAE. Documento intensidades energéticas 2014

Ya se ha visto cómo el sistema susceptible de proporcionar mayores ahorros energéticos en un edificio residencial es el de instalaciones de **climatización**. Por ello, se analizarán distintas opciones alternativas para el caso de estudio motivo del presente trabajo. Posteriormente, se valorarán las opciones analizadas, y se seleccionarán las más eficientes. Los sistemas a analizar son:

- Sistemas de calefacción
- Sistemas de generación de calor, producción de ACS y recuperación de calor
- Control de la ventilación y recuperador de calor
- Regulación y control

PARTE 3: MARCO TEÓRICO. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

3.1 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN. ANÁLISIS DE LAS OPCIONES

En este apartado se describirán y analizarán las opciones de los sistemas de calefacción. Es importante aclarar que no se incluirán todas las opciones posibles existentes actualmente, ya que son muy numerosas, sino sólo aquellas con posibilidad de utilización en un edificio residencial, y más concretamente, en el caso de estudio.

La clasificación de los sistemas se hará según:

- Sistemas todo agua
- Sistemas por aire
- Sistemas de calefacción eléctrica.

3.1.1 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN TODO AGUA

Se entiende como sistemas de calefacción todo agua a aquellos en los que la transmisión de calor se hace mediante un fluido, el agua. En este tipo de sistemas el agua se distribuye mediante una serie de tuberías hasta los emisores.

3.1.1.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

- SISTEMAS MONOTUBO

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El sistema monotubo está formado por un anillo en el que los emisores, la bomba y la caldera se encuentran en serie. El sistema monotubo cuenta con las siguientes características: ¹

- Todo el caudal de agua de la instalación de calefacción, pasa por todos los emisores y, por lo tanto, todos los tramos tienen el mismo diámetro de tubería.
- Como todos los emisores se encuentran en serie, la temperatura del agua va disminuyendo en el sentido de la circulación, y la temperatura media de los emisores, a su vez, disminuye.
- El dimensionado de los emisores depende de su situación en el circuito. Los más cercanos a la salida de la caldera se deben subdimensionar y los más cercanos al retorno se deben sobredimensionar.

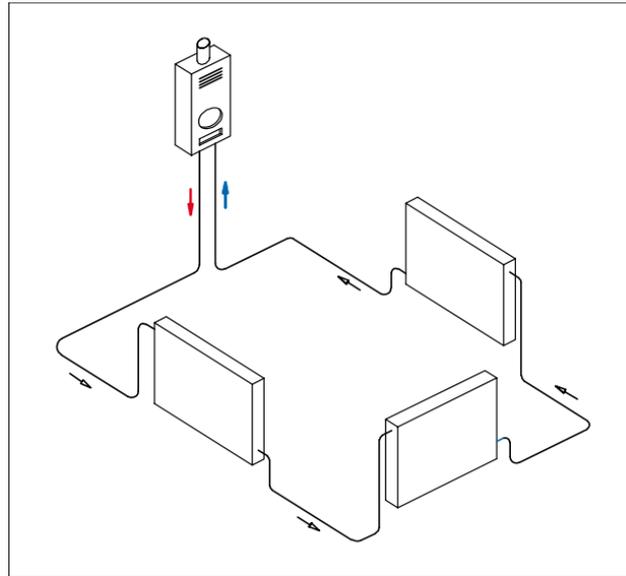


Fig. 3.1. Esquema sistema monotubo

Fuente: Ferroplast. Guía de sistemas hidrosanitarios y de calefacción. pág 45

CONEXIÓN DE LOS EMISORES

La conexión de los emisores al circuito puede realizarse de dos maneras diferentes: ¹

- Opción a: el emisor se intercala directamente en el trazado de la tubería. Este método es el más simple, pero tiene el inconveniente de que, en caso de eliminarse, modificarse o inutilizarse un emisor, debe vaciarse todo el circuito.
- Opción b: el emisor se conecta al circuito mediante una válvula de tres vías y otra de corte; de esta manera se permite derivar el paso de agua aislando el emisor del resto del circuito.

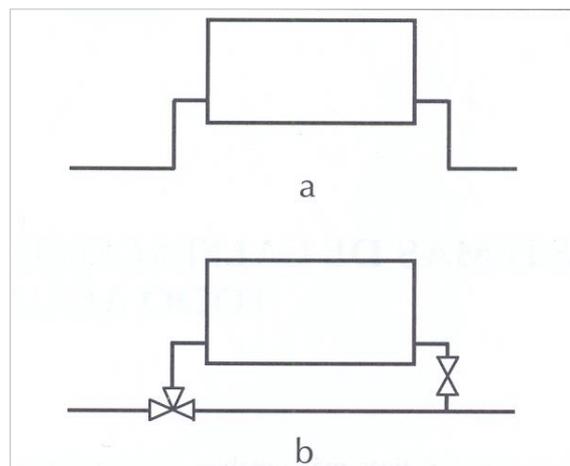


Fig. 3.2. Conexión de los emisores. Opción a y opción b

Fuente: Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. Marcombo, S.A, Barcelona. pág 244.

- **SISTEMAS BITUBO CON RETORNO DIRECTO**

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

En este sistema, todos los emisores están conectados en paralelo y el conjunto en serie con la caldera y la bomba de circulación. Las principales características de este sistema son las siguientes: ¹

- En el conducto de ida, el caudal de agua va disminuyendo a medida que nos alejamos de la bomba, puesto que parte del mismo se deriva en cada emisor. Lo contrario ocurre en el conducto de retorno.
- Al ser cada emisor independiente de los demás, puede regularse o incluso eliminarse sin que, por ello, deje de pasar agua por el resto de la instalación.
- Debido a que todos los emisores están conectados en paralelo, la temperatura del agua de entrada en cada uno de ellos es, prácticamente la misma.
- El dimensionado no depende de su situación en el circuito.
- Al ser la caída de presión proporcional a la longitud de tubería, la diferencia de presión entre las conexiones de los emisores al circuito, disminuye a media que el emisor se aleja de la bomba.
- Los tramos que conectan el emisor al circuito deberán diseñarse de forma tal que circule el caudal deseado.

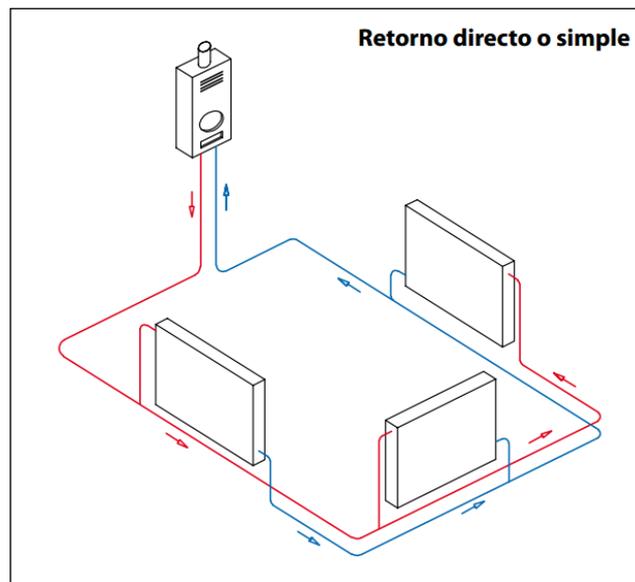


Fig. 3.3. Esquema sistema bitubo con retorno directo

Fuente: Ferroplast. Guía de sistemas hidrosanitarios y de calefacción. pág 46

CONEXIÓN DE LOS EMISORES

Los emisores se conectan a las tuberías mediante dos válvulas. En el circuito de ida, delante del emisor, se suele incorporar la válvula de regulación (detentor). En el circuito de retorno, detrás del emisor, se suele incorporar una válvula de regulación que permita al usuario regular manualmente el caudal.

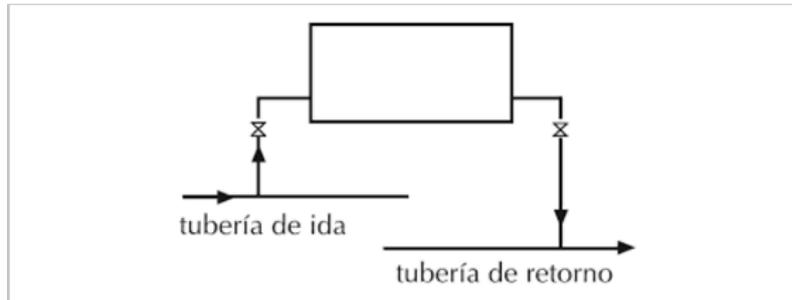


Fig. 3.4. Conexión de los emisores

Fuente: Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit. pág 247.

EQUILIBRADO DEL CIRCUITO

Para que por cada emisor del circuito circule el caudal de agua previsto según el cálculo, el circuito debe estar equilibrado hidráulicamente. Para que circule este caudal deseado por cada emisor, hay que conseguir que la caída de presión debida al emisor, conexión y accesorios, coincida con la diferencia de presión entre las conexiones al circuito principal. Esto puede conseguirse: ¹

- Seleccionando una tubería de menor diámetro si necesitamos aumentar la pérdida de carga; o eligiendo una de mayor diámetro si necesitamos reducirla.
- Colocando accesorios (codos de pequeña curvatura, estrangulaciones, ...) en los lugares adecuados se consigue una caída de presión.
- Instalando válvulas de regulación cuando la caída de presión necesaria sea grande.

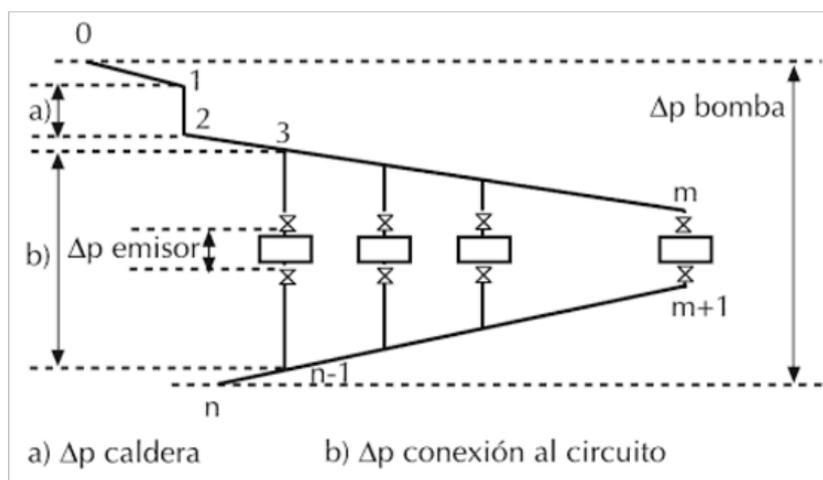


Fig. 3.5. Diagrama de la caída de presión

Fuente: Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit. pág 247.

- **SISTEMAS BITUBO CON RETORNO INVERSO**

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

En este caso, el orden de conexión de los emisores en la tubería de retorno es el inverso al de la tubería de ida, es decir, el emisor más cercano a la bomba en el circuito de ida es el más alejado en el de retorno. Las características de este sistema son iguales que las del anterior excepto en lo que se hace referencia a la caída de presión: ¹

- En el conducto de ida, el caudal de agua va disminuyendo a medida que nos alejamos de la bomba puesto que parte del mismo se va derivando en cada emisor. En el conducto de retorno sucede lo contrario.
- Al ser cada emisor independiente de los demás, es posible regular o incluso eliminar uno sin que deje de pasar agua por el resto de la instalación.
- Debido a que todos los emisores están conectados en paralelo, la temperatura del agua de entrada en cada uno de ellos, es prácticamente la misma.
- Como consecuencia de lo anterior el dimensionado de los emisores no depende de su situación en el circuito.
- La longitud del camino recorrido por el agua, desde la boca de impulsión de la bomba hasta la de retorno, es prácticamente la misma e independiente del emisor.
- La diferencia de presión entre conexiones del emisor al circuito no es tan acusada como en el circuito con retorno directo.

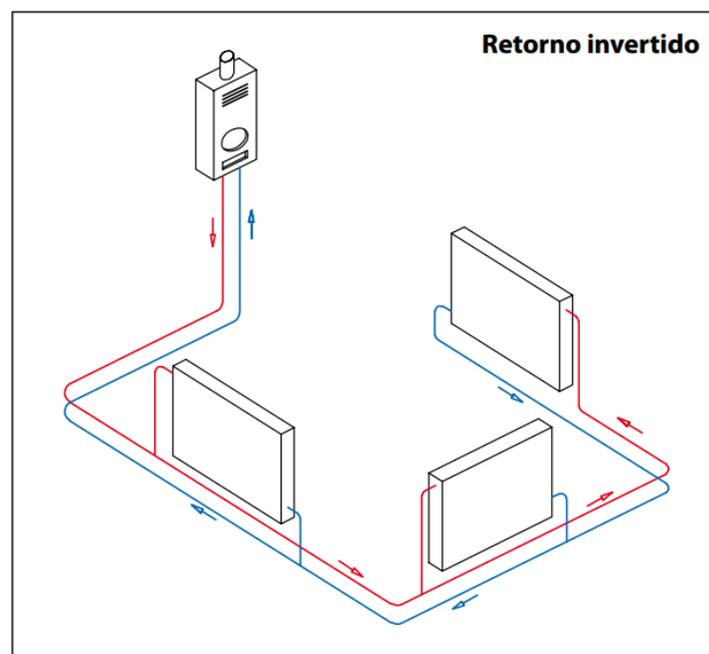


Fig. 3.6. Esquema sistema bitubo con retorno inverso

Fuente: Ferroplast. Guía de sistemas hidrosanitarios y de calefacción. pág 46

EQUILIBRADO DEL CIRCUITO

Como en este caso las diferencias de presiones son semejantes en todos los emisores, el equilibrado del sistema es más sencillo. Eligiendo los diámetros adecuados en los tramos de tubería principal, entre emisor y emisor, se puede conseguir que la regulación primaria se innecesaria. ¹

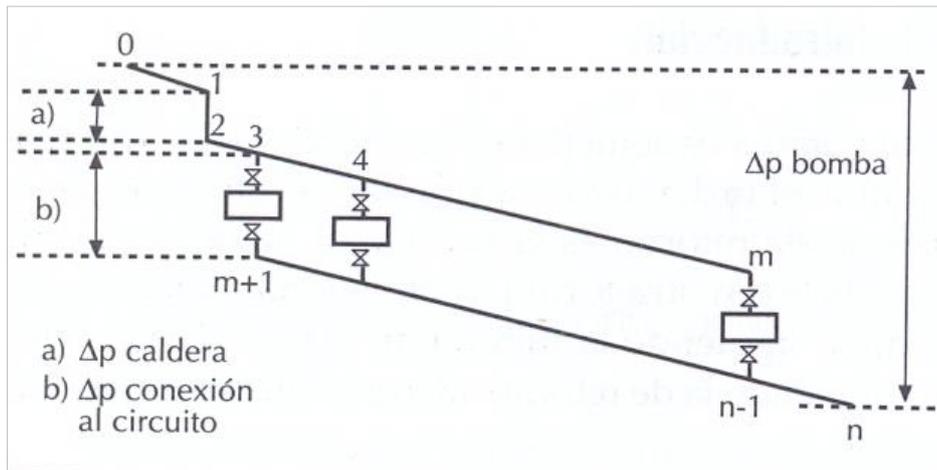


Fig. 3.7. Diagrama de la caída de presión

Fuente: Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit. pág 248.

- SISTEMAS SUELO RADIANTE

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El suelo radiante es un sistema de calefacción en el que un paramento, en este caso el suelo, funciona como emisor. La transmisión de calor se produce, en este caso, fundamentalmente por radiación.

El principio del sistema consiste en impulsar agua a media temperatura (unos 40 °C) por una serie de tubos que se encuentran embebidos en el suelo. Estas tuberías disipan el calor, transmitiéndolo a la superficie radiante, que a su vez lo cede al pavimento superior. Posteriormente, el pavimento emite esta energía hacia las paredes y techo de la habitación mediante radiación y en menor grado convección natural. ²

Es común aplicar los sistemas de suelo radiante en aquellos casos en los que exista una limitación de altura dentro de la vivienda o cuando la estructura del edificio no permite una sobrecarga de peso sobre los forjados, ya que estos sistemas poseen una reducida altura y un peso reducido. ²

TIPOLOGÍA

En el sistema tradicional los tubos se embeben en una capa de mortero de cemento, sobre la que se coloca el pavimento. Las tuberías transmiten calor a la capa de mortero, que a su vez lo cede al pavimento del local.

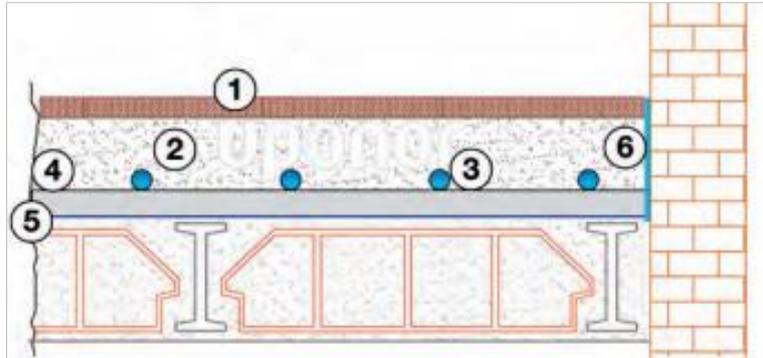


Fig. 3.8. Sistema tradicional de suelo radiante. (1. Pavimento, 2. Capa de mortero, 3. Tuberías, 4. Panel aislante, 5. Barrera antihumedad, 6. Banda perimetral)
Fuente: UPONOR. Manual técnico de climatización invisible. pág 15.

En el sistema con difusores, las tuberías emisoras se insertan en unas placas de aluminio, siendo estas placas las que ceden la energía al pavimento del local a calefactar. Este sistema es menos común. Suele usarse cuando el pavimento está colocando sobre rastreles, quedando una cámara de aire.

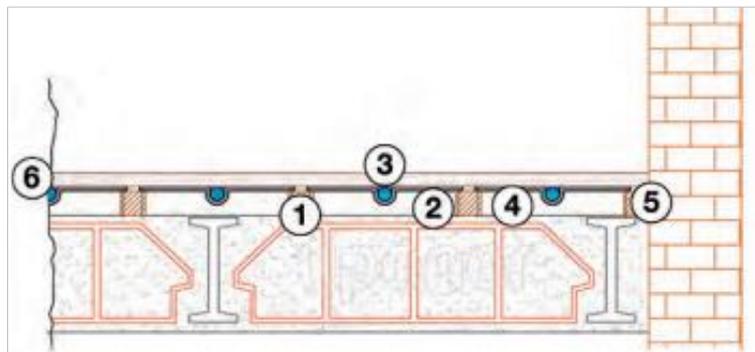


Fig. 3.9. Sistema de suelo radiante con difusores de aluminio. (1. Pavimento sobre rastreles, 2. Aislante térmico, 3. Tuberías, 4. Difusor de aluminio, 5. Rastrel, 6. Barrera antihumedad)
Fuente: UPONOR. Manual técnico de climatización invisible. pág 16.

FUNCIONAMIENTO

Los circuitos emisores parten de los colectores. Desde allí se equilibran hidráulicamente los circuitos y, a través de cabezales electrónicos, se regula la circulación de agua impulsado en función de las necesidades térmicas del local.

Los sistemas de regulación y control para climatización invisible permiten impulsar el agua a la temperatura deseada y controlar de forma independiente la temperatura ambiente de cada uno de los locales climatizados.

CONTROL Y PERFIL ÓPTIMO DE TEMPERATURAS ³

Los sistemas radiantes son los que mejor se ajustan a la emisión óptima de calor del cuerpo humano. La sensación de temperatura de las personas no corresponde a la temperatura del aire, sino que equivale a la temperatura de confort, denominada también temperatura operativa. De forma práctica, la temperatura operativa en el interior de los edificios equivale al valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media de las superficies interiores de la habitación.

El perfil óptimo de temperaturas en invierno para el cuerpo humano es aquél según el cual la temperatura del aire a la altura de los pies es ligeramente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza. Esto se traduce en una percepción, por parte del usuario del sistema, de una mayor sensación de confort.

VENTAJAS DEL SISTEMA

Las principales ventajas que ofrece el sistema son: ⁴

- Hay una distribución uniforme de temperaturas, por lo que se eliminan las zonas excesivamente frías o calientes y se genera una emisión o absorción de calor uniforme en todo local.
- Se eliminan las corrientes de aire, disponiendo así de un ambiente saludable.
- La superficie del suelo pasa a ser el elemento emisor, con lo que se evitan los problemas que suelen originar otro tipo de elementos emisores en lo que a decoración se refiere.
- Se mantienen las condiciones de confort en la zona de ocupación aunque exista una gran altura.
- Se reduce el coste energético de la instalación ya que permite trabajar con temperaturas inferiores.
- Es una instalación silenciosa.

INSTALACIÓN Y COMPONENTES

Un buen conocimiento de los componentes y de su instalación es necesario para asegurar un resultado óptimo del sistema. Estos son:

▪ Film de polietileno ⁵

Se coloca sobre el forjado del local a calefactar. Es una barrera antihumedad entre el suelo base y la planta de aislamiento del sistema de climatización invisible, de modo que evita el ascenso por capilaridad de las humedades.

▪ Banda perimetral ⁵

Se fija a la base de las paredes de todas las áreas a climatizar, desde el suelo base hasta la cota superior del pavimento. La lámina adherida a la espuma de polietileno debe quedar en la cara opuesta a la del contacto zócalo perimetral-pared. Esta lámina se apoyará sobre los paneles aislantes para evitar la inserción de mortero de cemento entre el zócalo perimetral y panel aislante, de manera que se crea una estructura de suelo flotante, evitándose así puentes térmicos y acústicos.

▪ Panel aislante ⁶

Funcionan como aislamiento térmico y acústico contra el ruido de impacto. Puede utilizarse un panel liso o un panel portatubos. Éste último también tiene la misión de sujetar las tuberías emisoras, guiándolas y facilitando el trazado de los tubos que han de colocarse sobre todo el área a calefactar a modo de superficie continua. El panel portatubos se compone de una base de poliestireno expandido recubierto de una lámina portatubos para reforzar la parte superior.

▪ Circuitos ⁶

Su colocación debe realizarse de acuerdo al estudio técnico previo. Las directrices básicas son las siguientes:

- La distancia entre tubos y el tipo de tubería deben mantenerse constantes en toda la instalación.
- Los circuitos nunca se deben cruzar. Para ello es necesario haber hecho previamente un plano de localización de circuitos.
- Habrá que tener en cuenta que los tubos se deben colocar a más de 50 mm de las estructuras verticales y a 200 mm de distancia de los conductos de humos o chimeneas.
- Para evitar la condensación de vapor de agua en verano, se deben asilar las tuberías del circuito primario de frío. En el caso de los circuitos terciarios, se deben aislar los tubos desde el colector hasta el suelo radiante, hasta que los tubos adquieran la separación mínima de 10-15 cm.
- Los puntos en los que es evidente el riesgo de perforación de tuberías emisoras deben haber sido señalados con anterioridad. Al colocar los circuitos deben bordearse las zonas adyacentes a esos puntos de riesgo.
- En el trazado de las curvas debe prestarse atención a no pinzar la tubería, pues se reduciría su sección.
- Todo el proceso de montaje de los circuitos se realiza en frío. No calentar la tubería pues se destruiría la capa de etilvinil-alcohol que protege a las tuberías de la difusión de oxígeno.

- La configuración de los circuitos debe ser tal que las tuberías de ida y retorno se coloquen una al lado de la otra en todos los tramos del circuito ya que, de esta manera, se homogenizará la temperatura superficial del pavimento.
- Las tuberías colocadas en doble serpentín consisten en que las tuberías de impulsión y retorno se disponen en paralelo. Esta configuración proporciona una temperatura media uniforme. La configuración en espiral es básicamente una variante de la configuración en doble serpentín. Como ventaja, tiene curvas menos pronunciadas, lo que facilita la instalación sobre todo cuando las tuberías emisoras son de mayor diámetro exterior.
- Para el buen funcionamiento del sistema, es importante realizar el equilibrado hidráulico de cada uno de los circuitos de climatización.

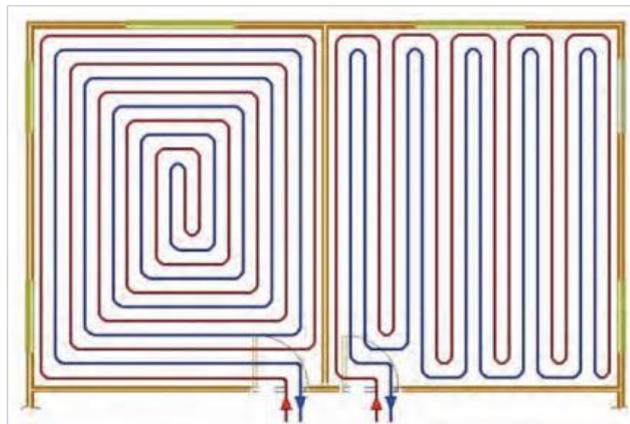


Fig. 3.10. Configuración de tuberías. En espiral a la izquierda. En doble serpentín a la derecha.
Fuente: UPONOR. Manual técnico de climatización invisible. pág 31.

▪ Caja de colectores ⁶

Los colectores distribuidores se colocan en las correspondientes cajas o armarios, las cuales se empotran en un tabique o muro accesible. Para posibilitar la purga de aire de los circuitos emisores, los colectores han de situarse siempre en un plano más elevado que cualquier circuito a los que da servicio.

Se deben colocar lo más centrado posible dentro del área a climatizar. De este modo se minimizará la longitud de la tubería desde el colector hasta el local a climatizar y, con ello, se facilitará la instalación y el equilibrado hidráulico.

▪ Regulación de la temperatura interior ⁷

Su misión es lograr la temperatura óptima de manera independiente. Si es vía radio, se evitan los cables para conexionar los termostatos a la unidad base, pudiéndose configurar de una manera detallada las características de confort de cada habitación y de toda la instalación, adecuándola a las necesidades de cada usuario, con programaciones por habitación o grupo de habitaciones.

3.1.1.2 EMISORES

- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Los emisores son importantes ya que representan el punto final donde se resuelve la instalación. El calor producido se transporta por la red de tuberías hasta los emisores, los cuales lo disipan mediante convección o radiación. Los emisores deben cumplir que: ⁸

- La distribución de calor debe ser uniforme.
- Los emisores tendrán válvulas que permitan regular la temperatura de local a calefactar.
- Tienen que tener un fácil mantenimiento y una larga vida útil.

Los emisores se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Radiadores
- Convectores o fan-coils
- Aerotermos
- Tubos

- RADIADORES

Está formados por elementos con una altura superior con respecto a su anchura, que se unen formando baterías de potencia necesaria para cada caso. Se caracterizan por emitir una parte de calor por radiación. Una vez instalado se debe instalar una válvula reguladora del caudal, para realizar un correcto equilibrado hidráulico, un purgador para sacar el aire del interior y una válvula termostática. Es recomendable su instalación bajo ventanas para evitar el efecto pared fría y evitar la estratificación del aire que afectaría al confort térmico en la estancia. A continuación, se describen los tipos de radiadores: ⁸

Todos los radiadores intercambian calor con el ambiente por convección y por radiación. La proporción entre estas dos modalidades varía en función del tipo de radiador. Las características técnicas que definen un radiador son: ⁹

- Su potencia, que debe ser calculada de acuerdo a lo indicado en la norma UNE-EN 442-2: 2015.
- Su curva característica de comportamiento, que indica su comportamiento en función de la temperatura. Generalmente la emisión aumenta de manera exponencial al aumentar la temperatura. La curva característica viene marcada por su exponente.
- Porcentaje de emisión por radiación y por convección. Los radiadores con mayor porcentaje de radiación mantienen mejor la emisión cuando trabajan a baja temperatura, mientras que los que emiten más por convección bajan más su rendimiento. Por otro lado, los radiadores con más convección aumentan en mayor medida el rendimiento

cuando se trabaja a mayores temperaturas, mientras que los que emiten más radiación aumentan el rendimiento en menor medida.

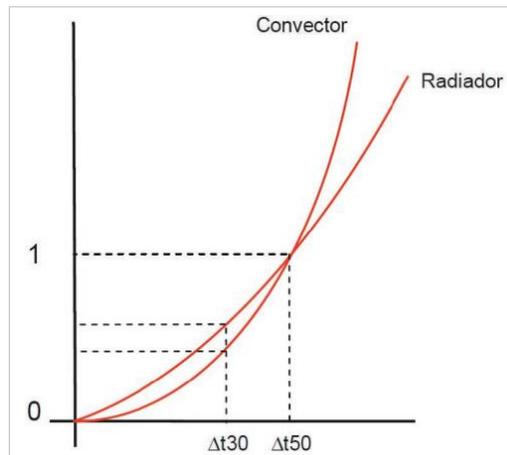


Fig. 3.11. Curva característica de un radiador

Fuente: Castellá, Josep; et al...(2014). Guía sobre las claves para la optimización de las instalaciones de calefacción individuales. Gráficas Arias Montano, S.A., Madrid. pág.16.

RADIADORES DE FUNDICIÓN

Los radiadores de fundición están fabricados con hierro fundido, lo cual hacen que sean sólidos y duraderos. En ocasiones se utilizan con fines decorativos, debido a su estética tradicional retro. La pared en la que se coloquen debe tener una gran capacidad portante, puesto que son muy pesados. Los elementos se superponen de forma que la emisión total coincida con las necesidades térmicas del local. Tienen manguitos roscados, lo que facilita la sustitución de elementos. ⁸

Estos radiadores presentan unos exponentes entre 1,26 y 1,31. Proporcionan una gran cantidad de calor por radiación y tienen una elevada inercia térmica. En general, presentan una muy buena relación radiación-convección. En cuanto a su velocidad de respuesta ante demanda, ésta es de velocidad media. ⁹



Fig. 3.12. Radiadores de fundición. A la izquierda modelo Epoca de Baxi-Roca. A la derecha modelo Clásico de Baxi-Roca

Fuente: BAXI-ROCA. Catálogo 2016

RADIADORES DE ACERO

Los radiadores de acero o de chapa se fabrican con una chapa estampada de poco grosor. Son más ligeros que los de fundición y con menor inercia térmica. Son propensos a la corrosión y tienen una vida útil menor. Para incrementar la transmisión por convección, se instalan difusores de uno o dos pasos de aire, y para mejorar su estética se recubren con una chapa. ⁸

Estos radiadores presentan unos exponentes entre 1,30 y 1,32. Presentan una buena relación radiación-convección. Existe una amplia gama de paneles estándar y tienen una velocidad de respuesta muy rápida. ⁹



Fig. 3.13. Radiadores de acero. A la izquierda radiadores de acero de 2 y 3 columnas Baxi-Roca. A la derecha modelo Adra de Baxi-Roca
Fuente: BAXI-ROCA. Catálogo 2016

RADIADORES DE ALUMINIO

Los radiadores de aluminio aparecieron en la década de 1980. Al ser más ligeros fueron muy bien recibidos por los instaladores y los técnicos, por lo que rápidamente alcanzaron el liderazgo del mercado. ¹⁰

Estos radiadores presentan una buena relación radiación-convección. Tienen unos exponentes entre 1,30 y 1,34. Los frontales pueden ser abiertos o cerrados y existen muchos modelos en el mercado. Tienen una muy alta velocidad de respuesta. ⁹

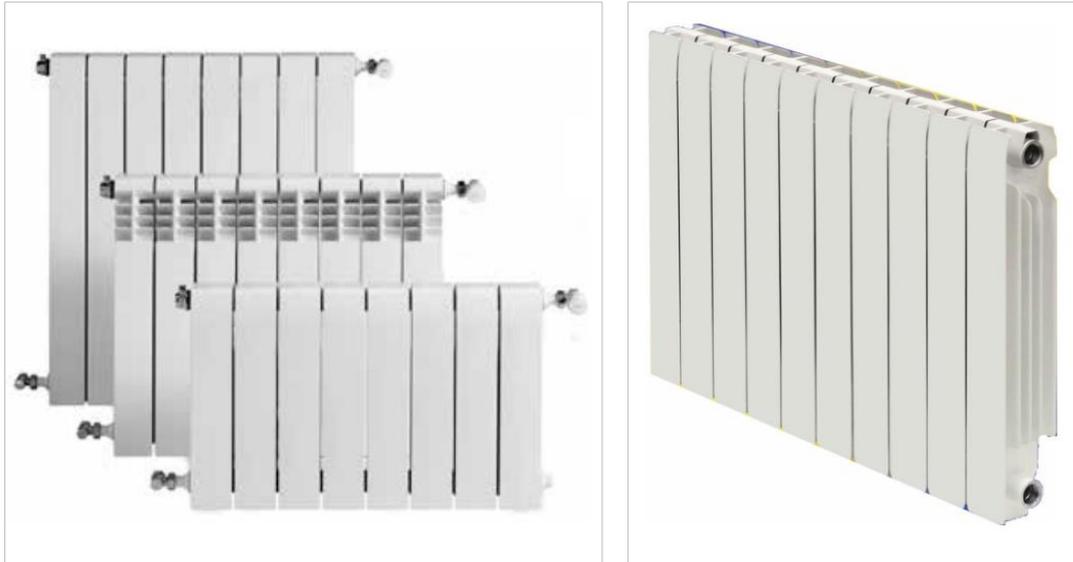


Fig. 3.14. Radiadores de aluminio. A la izquierda modelo Dubal de Baxi-Roca. A la derecha modelo Europa de Ferrolí.

Fuente: BAXI-ROCA. Catálogo 2016 / FERROLI. Catálogo 2016

PANELES RADIANTES

Los paneles radiantes son una variante del radiador. Están formados por una chapa de acero de poco grosor, formando perfiles de gran superficie lo que dificulta su colocación en la pared. Se clasifican por su forma: ¹¹

- Panel plano: Su cara exterior es plana.
- Panel convector: Tiene acanaladuras que facilitan la circulación de aire, aumentando su rendimiento.
- Panel tubular: Se trata de tubos más o menos largos adosados a una chapa soporte.

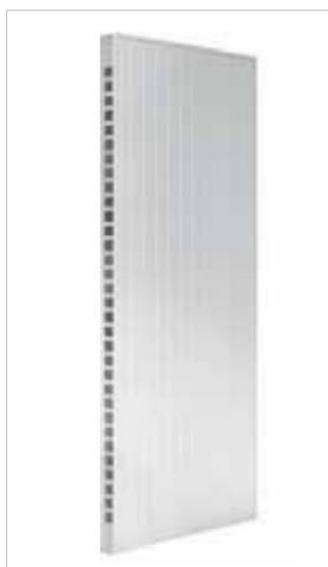


Fig. 3.15. Panel radiante vertical Baxi-Roca.

Fuente: BAXI-ROCA. Catálogo 2016

RADIADORES DE BAJA TEMPERATURA

Su incidencia en el mercado es cada vez mayor. Trabajan con temperaturas de ida de 55°C y temperaturas de retorno de 45°C, con un salto térmico de 30 °C. Con una superficie emisora igual, proporcionan una potencia emitida menor que los de alta temperatura. En los emisores de baja temperatura la emisión por radiación es mayor que la de convección, aumentando así la sensación de confort puesto que se evitan las corrientes de aire. ¹¹

Los radiadores de baja temperatura reaccionan rápidamente ante la demanda de calefacción, compensando las pérdidas de calor y frenando su emisión cuando no sea necesario más aporte de calor. De esta manera, se alcanzan buenos niveles de confort. Además, su utilización con el uso de calderas de condensación y baja temperatura, constituyen una buena combinación. ¹²

El principal inconveniente de los radiadores de baja temperatura es su tamaño, que casi duplica el tamaño de uno de aluminio. Para reducir su tamaño, algunos fabricantes están incorporando en ellos ventilación forzada, aumentando también su ruido y averías. Por lo tanto, es una gran elección, siempre y cuando se disponga del espacio suficiente para su colocación. ¹¹



Fig. 3.16. Radiadores de baja temperatura. A la izquierda modelo Tempo de Jaga. A la derecha modelo con ventilación incorporada de Jaga.

Fuente: JAGA. Catálogo 2016

- TUBOS

Este tipo de emisores están formado por una serie de tubos de acero soldados. Permiten una multitud de diseños y fabricación a medida. También permiten una gran variedad de alturas y longitudes. Presentan unos exponentes de entre 1,20 y 1,32 y una excelente relación radiación-convección. Tienen, además, una muy alta velocidad de respuesta. ¹³

Los tubos de acero se suelen emplear en cuartos de baño, ya que normalmente necesitan poca emisión térmica, alta resistencia a la corrosión y mucha superficie de emisión, por lo que se pueden aprovechar como toallero. Normalmente, están formados por dos tubos verticales y varios horizontales, redondos o elípticos, para incrementar la superficie de intercambio, aunque actualmente existen multitud de diseños. ¹¹

Los emisores de tubos con aletas incrementan la superficie emisora. Se pueden colocar de diversas maneras en función de las necesidades y el espacio. Se debe calcular con precisión el número de aletas por unidad de longitud para su correcto funcionamiento. ¹¹



Fig. 3.17. Emisores de tubos de acero. A la izquierda modelo CL-50 de baxi-roca. A la derecha modelo de diseño en acero inoxidable KL-50 de baxi-roca
Fuente: BAXI-ROCA. Catálogo 2016

- CONVECTORES O FAN-COILS

Los convectores o fan-coils son emisores que funcionan haciendo pasar una corriente de aire, mediante un ventilador, sobre una batería de tubos aleteados por los que circula agua caliente. Pueden tener un filtro para eliminar las impurezas del aire y una rejilla para orientar la salida del aire. El agua impulsada se regula mediante una válvula estranguladora y la velocidad del ventilador se regula con un control de velocidad. ¹¹

Como ventaja, suelen trabajar con bajas temperaturas debido a su capacidad de emisión calorífica. Los inconvenientes que tienen son las corrientes de aire generadas, que influyen en la sensación térmica y resecan el ambiente. Además, ocupan más espacio y aumentan el consumo eléctrico. ¹¹

Este tipo de emisores trabajan casi exclusivamente por convección. Presentan exponen mayores de 1,35 y tienen una muy alta velocidad de respuesta. ¹³



Fig. 3.18. Emisores tipo fan-coil. A la izquierda fan-coil modelo 42C de Carrier. a la derecha fan-coil con muebles modelo 42N de Carrier
Fuente: CARRIER. Catálogo 2016

- **AEROTERMOS**

A diferencia de los convectores o fan-coils, su diseño es más simple. Está compuesto por una batería de tubos de cobre aleteados de cobre y un ventilador situado detrás de éstos que impulsa el aire sobre la misma. Cuenta con una persiana orientable en su parte frontal por la cual sale el aire. Permite una emisión de potencia calorífica alta y, unido al ruido generado, hace que sea más desaconsejable para instalaciones domésticas. ¹¹



Fig. 3.19. Aerotermino modelo UL 210-G de baxi-roca
Fuente: BAXI-ROCA. Catálogo 2016

3.1.2 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN POR AIRE

La principal característica de la calefacción por aire es su escasa inercia térmica. Gracias a ello se percibe sensación de confort una vez que el sistema se pone en marcha. Por tanto, este sistema es interesante cuando se requiere una respuesta rápida. Como el sistema utiliza un ventilador, durante el periodo estival puede dejarse conectado sólo el ventilador, con lo que podemos disponer de un sistema de ventilación y renovación del aire.

3.1.2.1 CONDUCTOS DE AIRE

- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

En este sistema el aire calefactado circula por una red de conductos que lo distribuyen por toda la instalación. La red de conductos se divide en ramificaciones que abarcan toda la instalación, colocándose al final de las mismas los impulsores de aire.

Los conductos de aire pueden ser rectangulares o circulares. Suelen ser de chapa de acero galvanizada o de materiales aislantes, evitándose así las pérdidas de calor, como la fibra de vidrio aglomerada. Deben de ser resistentes al fuego y capaces de resistir los esfuerzos producidos por su propio peso, por las manipulaciones a las que sean sometidos y las vibraciones producidas por el paso del aire. ¹⁴

El correcto diseño de la red de conductos permitirá que el aire llegue a los difusores en las condiciones adecuadas de velocidad, presión y caudal, evitándose ruidos debido a una velocidad excesiva del aire. ¹⁴

- CLASIFICACIÓN

Existen diferentes tipos de conductos. Estos se pueden clasificar de las siguientes formas:

EN FUNCIÓN DE SU MATERIAL:

- Conductos de chapa metálica

Se trata de conductos realizados a partir de planchas de chapa metálica (acero galvanizado o inoxidable, cobre, aluminio...), las cuales se cortan y se conforman en taller. Deben aislarse térmica y acústicamente. Habitualmente, se aíslan con mantas de lana de vidrio en el lado exterior del conducto. Estas mantas incorporan un revestimiento de aluminio que actúa como barrera de vapor. También pueden colocarse, en el interior del conducto, mantas de lana de vidrio con un tejido de vidrio que permite la absorción acústica por parte de la lana y refuerza el interior del conducto. Están regulados por la norma UNE-EN 12237 (2003). ¹⁵

- Conductos de lana de vidrio

Son conductos realizados a partir de paneles de lana de vidrio de alta densidad, aglomerada con resinas termoendurecibles. El conducto se conforma, generalmente en obra, a partir de estas planchas, cortándolas y doblándolas para obtener la sección deseada. Estas planchas ya incorporan aislamiento térmico y acústico. La superficie externa del conducto está recubierta por aluminio reforzado, que actúa como barrera de vapor y proporciona estanqueidad al conducto. La cara interior del conducto tiene un revestimiento de aluminio o un tejido de vidrio. Están regulados por la norma UNE-EN 13403 (2003).¹⁵

- Conductos flexibles

Se trata de conductos flexibles, constituidos generalmente por dos tubos de aluminio y poliéster entre los cuales se dispone un fieltro de lana de vidrio que actúa como aislamiento térmico. El RITE limita su uso a longitudes de 1,2 m debido a su elevada pérdida de carga y a los problemas acústicos que pueden originar; por lo que se utilizan principalmente para la conexión entre el conducto principal de aire y las unidades terminales (difusores, rejillas). Están regulados por la norma UNE-EN 13180 (2003).¹⁵

EN CUANTO A LAS PRESIONES DE TRABAJO:¹⁶

- Conductos de baja presión: hasta 890 Pa.
- Conductos de media presión: desde 890 hasta 1765 Pa.
- Conductos de alta presión: desde 1765 hasta 2950 Pa.

EN CUANTO A LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DEL AIRE:¹⁶

- Conductos de baja velocidad: velocidad máxima de 10-12 m/s.
- Conductos de alta velocidad: velocidad máxima de 18-22 m/s.

EN CUANTO A LAS CAÍDAS DE PRESIÓN:¹⁶

Las pérdidas de carga equivales a las pérdidas que se producen en los conductos más las pérdidas de carga locales que se producen en los difusores, impulsores, filtros, silenciadores...

- Método de pérdida de presión constante: cuando se limita la caída de presión a valores comprendidos entre 0,05y 0,09 mmca/m. Para determinar esta caída suelen utilizarse ábacos facilitados por los distintos fabricantes.
- Método de la recuperación estática: cuando la caída de presión se compensa con la disminución de velocidad en el siguiente tramo y, por tanto, la recuperación de la presión estática.

- TRAZADO

El trazado y dimensionado de cualquier red de conductos se ve condicionado por una serie de restricciones en relación a: ¹⁷

- Adaptarse al espacio disponible para la instalación, teniendo en cuenta la altura del falso techo, elementos estructurales y otros elementos.
- El ruido generado por la circulación del aire en el interior del conducto no debe superar los niveles sonoros marcados por la ITE.02.2.1.
- Las fugas en los conductos deben reducirse al mínimo, asegurando una buena estanqueidad en las juntas de unión, y en los cierres de cada pieza.
- El intercambio térmico del aire calefactado con el aire ambiente debe evitarse durante el transporte, debiéndose aislar convenientemente, marcado por la ITE.02.10.
- Deben estudiarse las pérdidas de carga que se producen durante el transporte y difusión, para seleccionar un ventilador adecuado.
- La pérdida de carga total debe ser igual en todos los recorridos del aire, deben estar correctamente equilibradas.

3.1.2.2 IMPULSORES

- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS ¹⁸

El aire caliente entra en el local con una velocidad y temperatura determinadas. Dentro de un local se distinguen dos zonas:

- La zona que realmente puede ser ocupada por la gente.
- El espacio que no puede ser ocupado normalmente, o techo.

El aire debe entrar en el local por la zona no ocupable y amortiguar la velocidad y la temperatura antes de entrar en la zona ocupable. Deben tenerse en cuenta las corrientes convectivas que se producen en el local de forma natural, que en invierno van del techo al suelo.

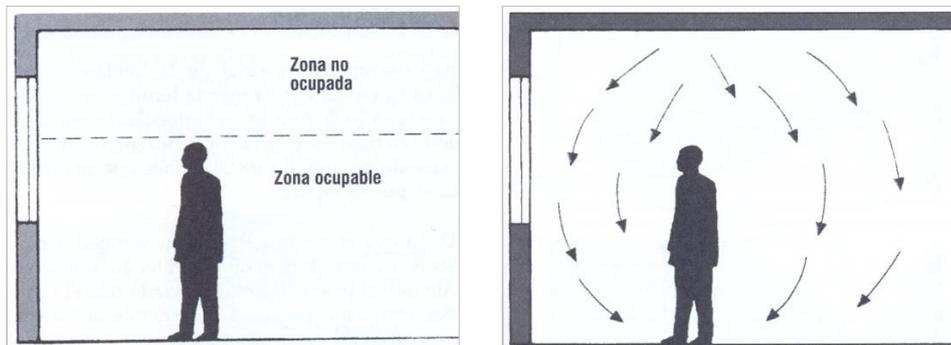


Fig. 3.20. Localización de la zona ocupada. La distancia viene definida en el RITE

Fig. 3.21. Corrientes convectivas en invierno

Fuente: Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit. pág. 266-267

- PARÁMETROS

Los parámetros característicos que definen la distribución del aire son:

Alcance

Es la distancia horizontal desde la boca de salida hasta un punto donde la velocidad del aire no alcanza 0,25 m/s a 1,80 m por encima del suelo. El alcance debe ser igual o menos a la longitud del recinto. ¹⁹

Caída

Es la distancia vertical que se desplaza el aire desde la boca de salida hasta el punto más bajo donde la velocidad es de 0,25 m/s. La caída no debe exceder la distancia entre el techo y la zona ocupada. ¹⁹

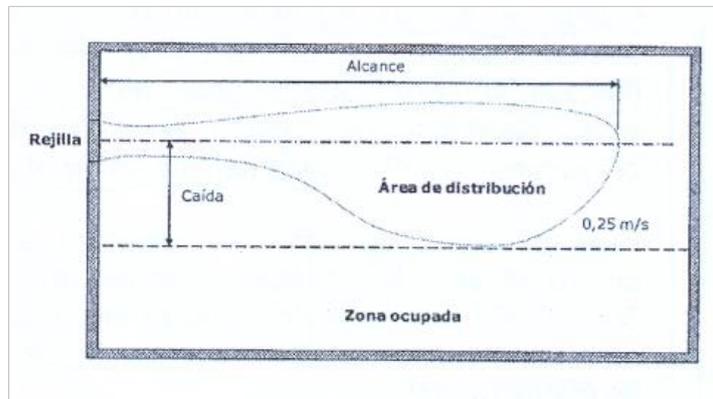


Fig. 3.22. Alcance y caída

Fuente: Escobar Fernández, Francisco Javier (2015). Curso de eficiencia energética en edificios. 2. Instalaciones de climatización. pág. 13.

Efecto Coanda

Cuando el aire impulsado que sale de la rejilla tiene una trayectoria paralela a una superficie (pared o techo) se produce una pequeña presión en el lado de la superficie, que aspira el chorro, provocando su adherencia a la pared. Este fenómeno recibe el nombre de *efecto Coanda*, y puede tener efectos beneficiosos cuando se trata de guiar el chorro por una dirección determinada. La distancia entre el chorro y la pared ha de ser menor de 30 cm para conseguir que se produzca este fenómeno. ¹⁸

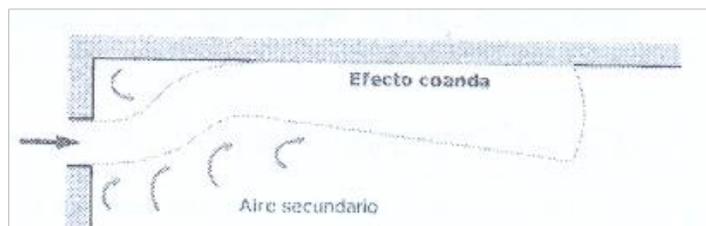


Fig. 3.23. Efecto Coanda

Fuente: Escobar Fernández, Francisco Javier (2015). Curso de eficiencia energética en edificios. 2. Instalaciones de climatización. pág. 14.

Difusión

Es el ángulo de divergencia de la corriente de aire después de salir del difusor. Este ángulo suele estar entre 15 y 24°. ¹⁹

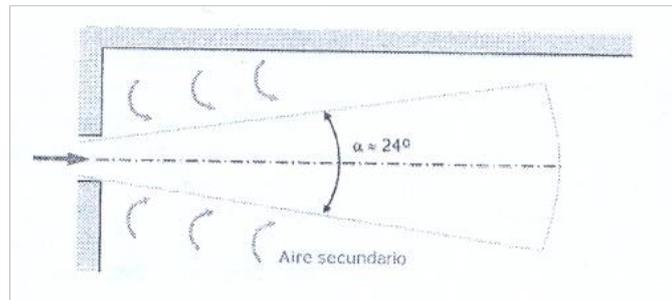


Fig. 3.24. Difusión

Fuente: Escobar Fernández, Francisco Javier (2015). Curso de eficiencia energética en edificios. 2. Instalaciones de climatización. pág. 14.

Deflectores

Los deflectores pueden ser perpendiculares, convergentes o divergentes, en función de la dispersión del aire. ¹⁹

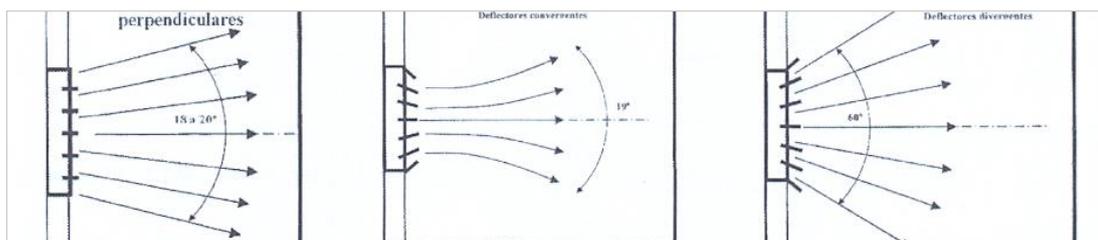


Fig. 3.24. Deflectores. A la izquierda perpendicular. En el centro convergente. A la derecha divergente

Fuente: Escobar Fernández, Francisco Javier (2015). Curso de eficiencia energética en edificios. 2. Instalaciones de climatización. pág. 15.

Velocidad de impulsión

Se distinguen la velocidad de salida, que es la del paso del aire a través del impulsor referida a la superficie total; y la velocidad efectiva, que la del paso de aire referida a la superficie libre. ¹⁹

Pérdida de carga

Es la pérdida de carga en la boca de impulsión debido al rozamiento del aire y a la forma geométrica. ¹⁹

Caudal de aire

Es la cantidad de aire que atraviesa el impulsor en la unidad de tiempo.

Niveles sonoros

Es el nivel sonoro que van a percibir los ocupantes del recinto.

- CLASIFICACIÓN

Los impulsores o dispositivos de distribución se clasifican de la siguiente manera: ¹⁸

Difusores de techo

Se colocan en el techo y son de forma circular, realizados en conos concéntricos que facilitan la mezcla del aire impulsado con el aire ambiente. Puede construirse de forma circular, cuadrada o rectangular.

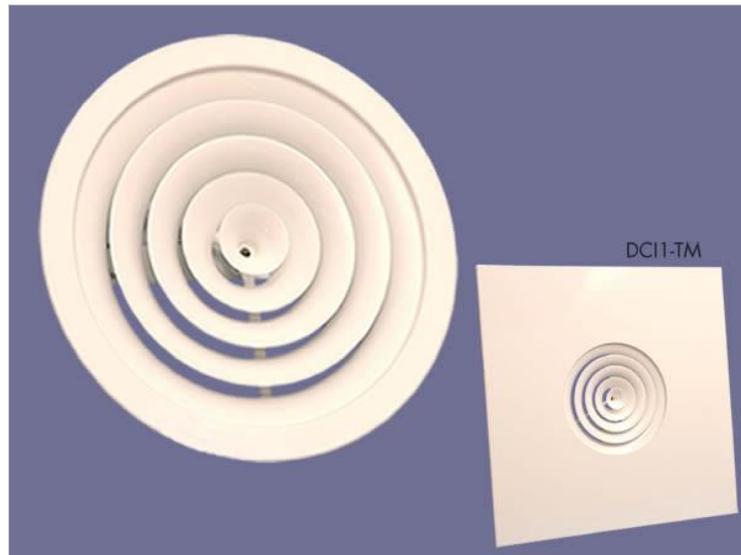


Fig. 3.25. Difusor de techo circular serie DCI de airflow
Fuente: AIRFLOW. Catálogo 2016

Difusores lineales

Se trata de una abertura larga y estrecha, situada en el techo, la pared o el suelo, por la que sale el aire. Puede haber más de una fisura. Generalmente la abertura es tan larga como el techo o la pared o el pavimento en el que se instala.



Fig. 3.26. Difusor lineal serie DL de airflow
Fuente: AIRFLOW. Catálogo 2016

Difusores perforados

El techo está perforado con paneles de yeso perforado. El aire es distribuido por el falso techo mediante un conducto provisto de apertura, de manera que se obtenga una

distribución uniforme. El aire pasará por los agujeros de los paneles perforados y llegará a la habitación a la calefactar.

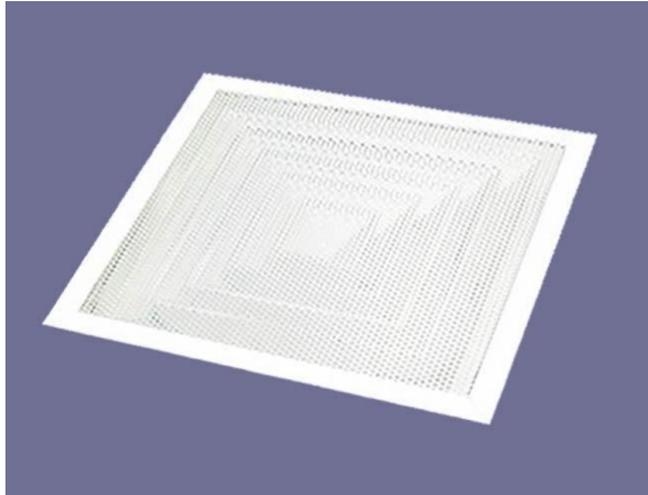


Fig. 3.27. Difusor perforado serie DCU de airflow
Fuente: AIRFLOW. Catálogo 2016

Rejillas

Se construyen con varias filas de lamina horizontales o verticales de tipo fijo u orientable, de forma que canalizan y dirigen el aire de impulsión. Pueden tener una compuerta de regulación.

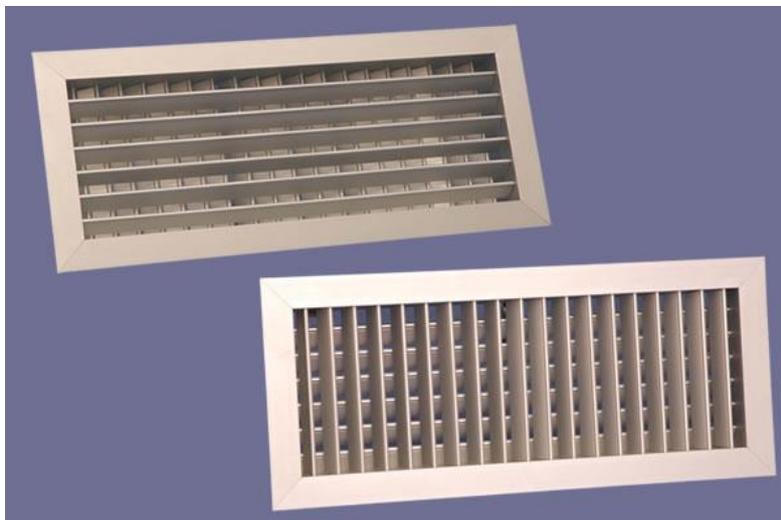


Fig. 3.28. Rejillas con aletas orientables serie I de airflow
Fuente: AIRFLOW. Catálogo 2016

3.1.3 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

La calefacción eléctrica comprende los sistemas y equipo de calefacción cuya alimentación energética principal es la electricidad, como emisores radiantes por resistencias, suelo y techo radiante por cable eléctrico, convectores eléctricos de aire caliente, acumuladores de calor, calderas con resistencia eléctrica y bombas de calor. De estas dos últimas se hablará más adelante.

La calefacción eléctrica presenta las siguientes ventajas: ²⁰

- Requiere poco espacio, no tiene sala de calderas, ni depósitos de combustible.
- Es silenciosa y no consume ni emite gases contaminantes si se atiende al punto de consumo.
- Permite sectorizar de forma sencilla la regulación de temperatura.
- No utiliza combustibles líquidos o gaseosos con riesgo de incendio o explosión.

En cambio, se debe contratar mayor potencia eléctrica, que sólo se demanda durante el periodo de calefacción y se requiere una instalación eléctrica dotada con conductores y dispositivos de protección para la potencia eléctrica deseada.

La elección de un sistema eléctrico frente a uno de combustible, depende de factores tales como: niveles de temperatura del sistema de calefacción, tipo de la misma, tipo del recinto, relación entre el precio de la electricidad y del combustible, etc.

3.1.3.1 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA DIRECTA

El consumo energético es simultáneo a la demanda de calefacción. No tienen sistemas de acumulación de calor, por lo que no permiten el uso de tarifas eléctricas de menor coste.

- CONVECTORES NATURALES O VENTILOCONVECTORES DE BAJA TEMPERATURA

La convección natural crea una corriente de aire ascendente desde el emisor hasta las zonas más frías espacio, debido a las diferentes densidades del aire a diferentes temperaturas. Si contara con ventilación, sería forzada (ventiloconvectores o fan-coil eléctrico) y si fuera por convección natural, utilizaría convectores. La calidad es mayor cuanto: ²⁰

- Menor sea su resistencia al paso del aire.
- Menor sea su altura respecto al nivel del suelo.
- Menor se la temperatura de caldeo del aire.

El aire se calienta mediante una resistencia eléctrica, situada en su parte inferior. La salida del aire se realiza oblicuamente por su parte superior, para mejora su distribución. Las resistencias suelen ser blindadas, con o sin aletas. El equipo incorpora un termostato de paro y da arranque. Su potencia se sitúa entre 250 W y 2000 W. Se suele usar en calefacción directa y como poyo a un sistema de suelo radiante. Su ubicación más conveniente sería en la pared fría. ²⁰

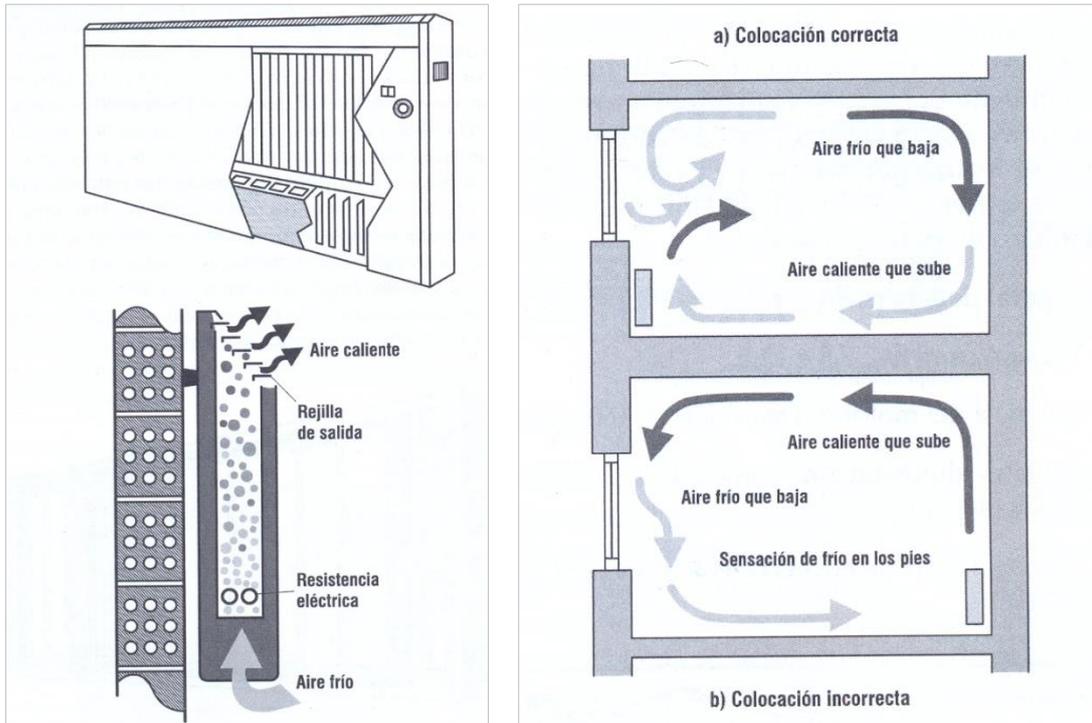


Fig. 3.29. Convector natural de aire caliente. Principio de funcionamiento

Fig. 3.30. Situación de un convector con respecto a la ventana: a) correcta, b) incorrecta

Fuente: Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit. pág. 287

Los ventilosconvectores incorporan una resistencia eléctrica a través de la cual se pasa una corriente de aire impulsada por un ventilador. Debido a su poca inercia, se alcanzan enseguida temperatura de confort, alcanzando potencias entre 500 y 2000 W. Su distribución se hace mediante conductos y rejillas. ²⁰

- PANELES, EMISORES RADIANTES Y RADIADORES DE ACEITE

Los equipos denominados calor negro, poseen una resistencia eléctrica con una cubierta de chapa. Tiene un bajo coste y no ofrece buenas prestaciones de confort.

Los emisores de placas solares están formados por una resistencia eléctrica en forma de circuito impreso, sobre una chapa de acero de esmalte vitrificado. Emite calor por radiación y su superficie alcanza temperaturas elevadas, por lo que se debe proteger con una rejilla y evitar contactos directos. Su potencia se sitúa entre 250 W y 2000 W. Son adecuadas para recintos con superficies diáfanos. Se alcanza rápidamente sensación de ambiente caliente, pero no tanto de confort. ²⁰

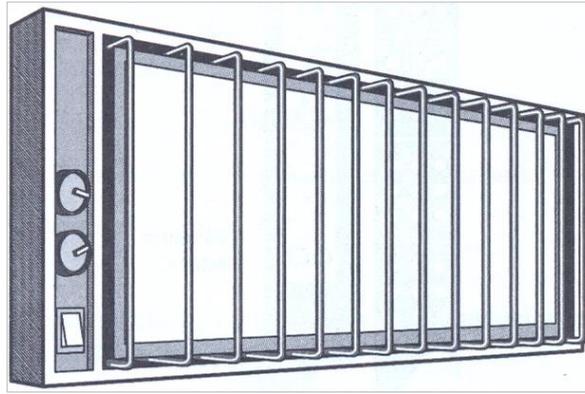


Fig. 3.31. Sistema de placas solares

Fuente: Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit. pág. 288

Los radiadores de aceite, están formados por una carcasa en cuyo interior se aloja una resistencia eléctrica sumergida en aceite. Pueden ser fijos o móviles y su potencia se sitúa entre 500 y 2000 W. Tiene una inercia térmica elevada, por lo que solo se recomienda en espacios de ocupación permanente. ²⁰

- EMISORES TÉRMICOS ELÉCTRICOS

Los emisores térmicos están fabricados con aluminio inyectado y algunos usan fluidos térmicos. Funcionan como unidades independientes y se pueden programar. Su potencia se sitúa entre 250 W y 2000 W.



Fig. 3.32. Emisor térmico eléctrico modelo Verona de Ferrol

Fuente: FERROLI. Catálogo 2016

- INFRARROJOS ²⁰

Tienen una resistencia colocado en tubo de cuarzo que alcanza una temperatura elevada entre 500 y 1000 °C, generando calor radiante en el espectro infrarrojo. La emisión se realiza mediante una pantalla reflectora dirigida. Su potencia se sitúa entre 500 W y 3000 W.

Es un calentamiento unidireccional, con poco nivel de confort y regulación. Se deben colocar en aseos o pasillo a una altura lo suficientemente alta para evitar contacto. El infrarrojo no calienta directamente el aire, sino solamente la superficie en la que incide.

- RADIACIÓN POR TECHO

Es un sistema de radiación de baja temperatura que consiste en la colocación de cables, paneles o láminas calefactores en el techo. Se deben de colocar bajo forjado con aislamiento térmico, y protegidos por el acabado del falso techo. Cuanto más abajo se coloque, más se disminuye su inercia térmica. Estos elementos alcanzan temperaturas de 28 y 32 °C, y emiten calor por radiación a la estancia. Se suele usar como apoyo a suelo radiante o combinándolo con acumuladores. ²⁰

- RADIACIÓN POR SUELO

Consiste en una resistencia eléctrica situada bajo el suelo, lo más próximo a la superficie. Se regula mediante termostato situado en cada habitación y la temperatura de la superficie del suelo no debe sobrepasar 27 °C. hay que evitar la colocación de alfombras y grandes muebles. Se suele utilizar como parte de un sistema mixto de calefacción, actuando como calefacción de base. Debe ser capaz de proporcionar al recinto una temperatura interior de 16 °C, el día más frío y sin aportes gratuitos. ²⁰

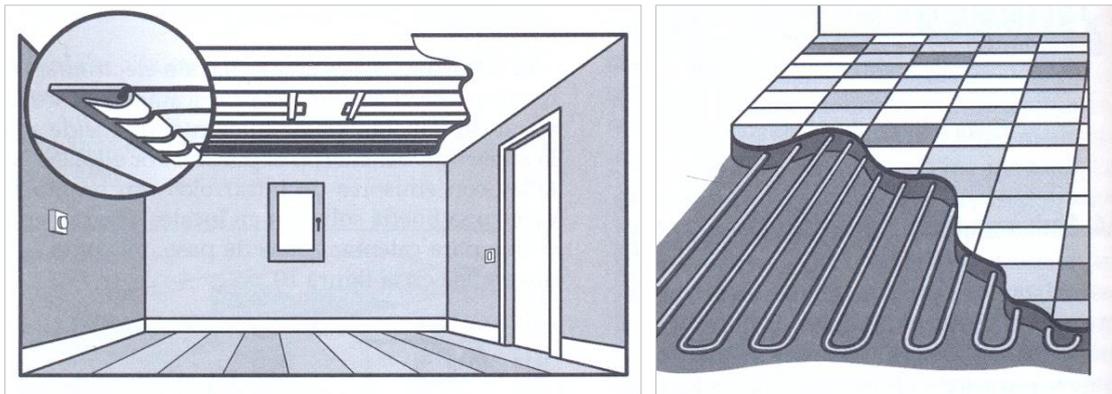


Fig. 3.33. Sistema de radiación por techo

Fig. 3.34. Sistema de radiación por suelo

Fuente: Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit. pág. 290

3.1.3.2 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA MIXTA

Este tipo de calefacción incorpora dos sistemas que se complementan entres sí:

- Una calefacción de base: suelo radiante, acumulador estático o dinámico.
- Una calefacción de apoyo: convectores, emisores, techo radiante.

La calefacción base se concibe para alcanzar una temperatura base de 12 a 15 °C, el día más frío del año, sin aportes gratuitos. Su funcionamiento es mejor cuanto mayor sea la inercia térmica del edificio. La calefacción de apoyo se emplea cuando la calefacción base no puede cubrir la demanda térmica.

- POTENCIA ELÉCTRICA DE CALEFACCIÓN A INSTALAR ²¹

Para determinar la potencia eléctrica del sistema de calefacción a instalar, se parte de la potencia de cálculo, calculada en proyecto.

Potencia eléctrica a instalar en un sistema eléctrico de calefacción directa

Para una vivienda de uso diario, se considera una potencia a instalar en un sistema de calefacción directa un 20% superior a la potencia de cálculo.

Potencia eléctrica a instalar en un sistema eléctrico de calefacción por acumulación

La potencia eléctrica a instalar del sistema de acumulación se calcula de tal forma que en el tiempo de acumulación se almacene el calor necesario para cubrir la demanda del día más frío considerado en el proyecto, según la fórmula 2.1:

$$Q = u i P_c \frac{T_{nc} - T_{em}}{T_i - T_e} \times 24 \quad \text{Fórmula 3.1}$$

Donde:

- Q: es el consumo de calor para el día más frío kWh
- u: es el coeficiente de uso, considerando los días que no se usa la calefacción por ausencia.
- i: es el coeficiente de intermitencia que considera varios factores correctores del proceso de cálculo. Para viviendas 0.85.
- P_c: la potencia de cálculo en kW.
- T_{nc}: La temperatura de no calefacción °C, en general 17 °C.
- T_{em}: la temperatura media del día mas frío del año °C.
- T_i: la temperatura interior del cálculo en °C.
- T_e: la temperatura exterior del cálculo en °C.

La potencia eléctrica a instalar en equipos de acumulación vendrá dada según la fórmula 2.2.

$$P_i = \frac{Q}{\tau} \quad \text{Fórmula 3.2}$$

Donde:

- P_i: es la potencia eléctrica a instalar en calefacción kW.

- Q el consumo de calor para el día más frío kWh
- τ : el tiempo de carga del acumulador, en general 8h.

Cálculo de consumo anual de energía eléctrica de calefacción

El consumo anual de energía en calefacción se puede determinar de forma aproximada mediante la fórmula 2.3.

$$Q = u i \frac{P_c G_{15/15}}{\eta(T_i - T_e)} \times 24 \quad \text{Fórmula 3.3}$$

Donde:

- Q: es el consumo anual de energía eléctrica en calefacción kWh
- P_c : la potencia de cálculo en kW.
- T_i : la temperatura interior del cálculo en °C.
- T_e : la temperatura exterior del cálculo en °C.
- u: es el coeficiente de uso, considerando los días que no se usa la calefacción por ausencia.
- i: es el coeficiente de intermitencia que considera varios factores correctores del proceso de cálculo. Para viviendas 0.85.
- η : rendimiento estacional de la instalación de calefacción. =1
- $G_{15/15}$: Los grados día en base 15/15

3.2 SISTEMAS DE GENERACIÓN DE CALOR, PRODUCCIÓN DE ACS Y RECUPERADOR DE CALOR. ANÁLISIS DE LAS OPCIONES

3.2.1 CALDERAS

La caldera es elemento central del equipo de calefacción y su eficacia es de relevante importancia para optimizar la economía y reducir las emisiones de contaminación a la atmósfera. En muchas ocasiones éstas se sobredimensionan para garantizar el nivel de confort y bienestar, aunque una caldera de mayor capacidad de la necesaria provoca su funcionamiento fuera de las condiciones de diseño y, por lo tanto, una reducción de su eficiencia y un menor ahorro económico.

En el artículo 2 de la Directiva 92/42/CEE, se define caldera como “el conjunto formado por el cuerpo de caldera y el quemador, destinado a transmitir al agua el calor liberado por la combustión”.²²

3.2.1.1 RENDIMIENTOS

La Directiva 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, determina las prestaciones energéticas y los requisitos mínimos que deben cumplir los diferentes tipos de calderas alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, con potencias igual o superior a 4kW e igual o inferior a 400 kW. ²²

Según el artículo 5 de la Directiva, estos rendimientos mínimos que deben cumplir los diferentes tipos de calderas deben indicarse a potencia nominal (funcionando a la potencia nominal, en KW, y para una temperatura media del agua de 70°C) y con carga parcial (funcionando con una carga del 30%, y para una temperatura media variable según el tipo de caldera). Para la carga parcial se fijan unas temperaturas medias de caldera de 30 °C para las de condensación, de 40 °C para las de baja temperatura y superiores a 50 °C para las calderas estándar. En la fig. 2.52 se indican estos requisitos mínimos. ²³

Además, en el artículo 6, se especifica que las calderas deberán identificar sus prestaciones energéticas en función de los rendimientos, para conseguir el marcado CE. En función de ello, de adjudicarán una, dos, tres o cuatro estrellas. Las atribuciones de prestaciones energéticas se muestran en la fig. 2.53. ²⁴

Las calderas de gas deben cumplir, además, los requisitos indicados en el Real Decreto 276/1995, por el que se modifica el Real Decreto 1428/1992 de aplicación de la Directiva 90/396/CEE, sobre aparatos de gas. ²⁵

Tipo de caldera	Intervalos de potencia kW	Rendimiento a potencia nominal		Rendimiento con carga parcial	
		Temperatura media del agua en la caldera (en °C)	Expresión del requisito de rendimiento (en %)	Temperatura media del agua en la caldera (en °C)	Expresión del requisito de rendimiento (en %)
Calderas estándar	4 a 400	70	$\geq 84 + 2 \log P_n$	≥ 50	$\geq 80 + 3 \log P_n$
Calderas de baja temperatura (*)	4 a 400	70	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
Calderas de gas de condensación	4 a 400	70	$\geq 91 + 1 \log P_n$	30 (**)	$\geq 97 + 1 \log P_n$

(*) Incluidas las calderas de condensación que utilizan combustibles líquidos.
(**) Temperatura del agua de alimentación de la caldera.

Fig. 3.35. Requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos

Fuente: Directiva 92/42/CEE. Artículo 5

Requisitos de rendimiento que deben cumplirse simultáneamente a potencia nominal y con carga parcial de 0,3 Pn		
Marca	Requisitos de rendimiento a potencia nominal Pn y a una temperatura media del agua en la caldera de 70 °C %	Requisitos de rendimiento con carga parcial de 0,3 Pn y a una temperatura media del agua en la caldera de ≥ 50 °C %
★	$\geq 84 + 2 \log Pn$	$\geq 80 + 3 \log Pn$
★ ★	$\geq 87 + 2 \log Pn$	$\geq 83 + 3 \log Pn$
★ ★ ★	$\geq 90 + 2 \log Pn$	$\geq 86 + 3 \log Pn$
★ ★ ★ ★	$\geq 93 + 2 \log Pn$	$\geq 89 + 3 \log Pn$

Fig. 3.36. Requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos
 Fuente: Directiva 92/42/CEE. Anejo II

La Directiva 92/42/CEE fue traspuesta por:

- Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de julio de 2005, por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE del Consejo y las Directivas 96/57/CE y 2000/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. ²⁶
- Real Decreto 1369/2007, de 19 de octubre, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía. El objeto de este Real Decreto es instaurar un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía, cuyo fin es conseguir un elevado nivel de protección del medio ambiente mediante la reducción del posible impacto medioambiental de los productos que utilizan energía para su funcionamiento y mejorando la eficiencia energética de los productos industriales a la vez que se mantienen sus cualidades funcionales. Para lograr este objetivo es necesario actuar durante la fase de diseño del producto, ya que la contaminación provocada durante su ciclo de vida se determina precisamente durante esta fase. ²⁷
- Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía. El objeto de este Real Decreto es establecimiento de los requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía, con el fin de contribuir al desarrollo sostenible y a la protección del medio ambiente, a través del incremento de la eficiencia energética, disminución de la contaminación e incremento de la seguridad del abastecimiento energético. ²⁸

3.2.1.2 TIPOLOGÍA

A continuación, se describen los distintos tipos de calderas considerados para su instalación en el presente caso de estudio.

- CALDERA ESTÁNDAR

Son aquellas que no están diseñadas para soportar las condensaciones, por lo que deben trabajar con temperaturas de retorno por encima de aquellas que pueden ocasionar este problema. La temperatura de servicio es, por tanto, constante y elevada porque temperaturas de retorno bajas podría producir condensaciones ácidas en el interior de la caldera, con la consiguiente corrosión. ²⁹

La temperatura de salida de los productos es relativamente alta. Las temperaturas de retorno suelen estar entre los 55 a 60 °C. Tienen un rendimiento estacional relativamente bajo dado que es difícil adaptar la demanda con la producción. Dentro de las mismas se pueden distinguir dos tipos: ²⁹

- Eficiencia normal: trabajan con temperaturas de humos inferiores a 240 °C.
- Alta eficiencia: en la Fig. 2.52 se puede comprobar cómo es posible lograr temperaturas de humos más bajas, incluso inferiores a 140 °C, sin peligro de condensaciones. De este modo se pueden conseguir rendimientos más altos.

Temperatura de la caldera en el lado de humos (°C)							
Temperatura humos (°C)	Temperaturas del agua de retorno a caldera (°C)						
	30	35	40	45	50	55	60
300	44	49	54	59	63	68	73
280	43	48	53	58	62	67	72
260	42	47	52	56	61	66	71
240	41	46	51	55	60	65	70
220	40	45	50	54	59	64	69
200	39	44	49	53	58	63	67
180	38	43	47	52	57	62	66
160	37	42	46	51	56	61	65
140	36	41	45	50	55	60	64
120	35	40	44	49	54	58	63
100	34	38	43	48	53	57	62

Fig. 3.37. Temperaturas de la caldera en el lado de humos en función de las temperaturas de humos y agua. La temperatura de la chapa depende fundamentalmente de la temperatura del agua, por lo que controlando ésta última se pueden evitar las condensaciones

Fuente: IDAE (2010). Guía técnica de diseño de centrales de calor eficientes. Madrid. pág. 26

- CALDERA DE CONDENSACIÓN

En la Directiva 92/42/CEE se definen este tipo de calderas como: “Caldera diseñada para condensar permanentemente una parte importante del vapor de agua contenido en los gases procedentes de la combustión”. ²²

Las calderas de condensación están construidas con materiales que soportan las condensaciones sin peligro de deterioro. En ellas, se busca provocar las condensaciones con el fin de aprovechar el calor latente de vaporización del agua producida en la combustión y, de este modo, aumentar el rendimiento. Por ello, su aplicación principal es en instalaciones donde pueden trabajar un número importante de horas a baja temperatura.²⁹



Fig. 3.38. Calderas de condensación. A la izquierda caldera de condensación de gas natural modelo Eco TEch Plux de Vaillant. A la derecha caldera de condensación de gasóleo modelo icoVit de Vaillant
Fuente: VAILLANT. Catálogo 2016

Durante la combustión, los componentes combustibles, principalmente carbono (C) e hidrógeno (H), reaccionan durante la combustión con el oxígeno del aire, generando, además de calor, dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua (H₂O). Si las temperaturas en las paredes de las superficies de intercambio térmico descienden por debajo del punto de rocío del vapor de agua, éste se condensa desprendiendo calor en el cambio de fase. Para un aprovechamiento eficaz de la condensación, es importante realizar la combustión con un alto contenido de CO₂ reduciendo el exceso de aire.³⁰

Para lograrlo, son apropiados los quemadores presurizados a gas, ya que, en los quemadores atmosféricos, debido al mayor exceso de aire, el punto de rocío se sitúa a temperaturas inferiores, con lo que el aprovechamiento de la condensación de los gases de combustión es peor. El calor latente de los gases de combustión también denominado calor de condensación, se libera durante la condensación de vapor de la combustión y se transmite al agua de la caldera. Con las calderas de condensación se puede conseguir un ahorro de entre un 15 y 20 % de consumo de combustible con respecto a una caldera convencional.³⁰

- CALDERA DE BAJA TEMPERATURA

Las calderas de baja temperatura están construidas para trabajar con temperaturas de retorno bajas, sin llegar a producir condensaciones. Esto se logra con diseños especiales de los tubos de humos, de modo que la temperatura en el lado de humos se mantiene por encima del punto de rocío aún con temperaturas de retorno de agua bajas.

Su principal aplicación es en instalaciones donde se pueda trabajar un número elevado de horas a temperaturas bajas, de este modo las temperaturas de la envolvente de caldera y de humos son inferiores, aumentando el rendimiento de generación estacional. ²⁹



Fig. 3.39. Calderas de baja temperatura modelo Evolution de Soliclíma
Fuente: SOLICLIMA. Catálogo 2016

Las calderas de temperatura variable hacen posible alcanzar altos niveles de eficiencia de media estacional, ya que la temperatura de operación varía como una función del calor requerido por ambos, la planta de calor y las condiciones climatológicas. Una caldera de temperatura variable tiene los siguientes rasgos: opera manteniendo una temperatura del agua muy baja (45-50°C), falta de condensación y bajos niveles de emisión de contaminantes, debido a aparatos de cambio de gas a aire. ³⁰

La operación a bajas temperaturas, reduce la pérdida de calor a través de la base del edificio y la chimenea. Las relativamente bajas temperaturas conseguidas con estas calderas durante la mayor parte del invierno, permiten reducir la pérdida del calor a través de la red de distribución de la planta de calentamiento y la alta eficiencia. Las superficies de intercambio deben estar diseñadas de tal forma que la relación entre la superficie de intercambio en contacto con los humos sea superior a la superficie de intercambio en contacto con el agua. ³⁰

- CALDERA BIOMASA

En las calderas de biomasa el combustible procede de materiales diferentes, como podas desmenuzadas, deshechos de serrería o biomasa procedente de las actividades forestales. Las calderas de astillas utilizan madera virgen cortada en pequeños trozos de unos centímetros de tamaño, cargados automáticamente a través de dispositivos mecánicos especiales. Los sistemas con astillas son automatizados y no tienen límite de tamaño, pudiendo alcanzar potencias de incluso varios MW térmicos. Las calderas de pellet usan madera virgen seca y prensada en pequeños cilindros, sin aditivos. El poder calorífico puede alcanzar los 3400 KWh/m³. A causa de la forma cilíndrica y lisa y del tamaño pequeño, el pellet tiende a portarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas. ³¹

Las calderas de biomasa pueden clasificarse en función de su funcionamiento, según: ³²

CALDERAS CONVENCIONALES ADAPTADAS PARA BIOMASA

Suelen ser antiguas calderas de carbón o gasóleo adaptadas para poder ser utilizadas con biomasa. Aunque resultan baratas, su eficiencia es más reducida. Al no estar diseñadas específicamente para biomasa no disponen de sistemas de mantenimiento y limpieza.

CALDERAS ESTÁNDAR DE BIOMASA

Están diseñadas específicamente para un biocombustible determinado (pellets, astillas, leña,...), y alcanzan rendimientos de hasta un 92%. Generalmente se trata de calderas automáticas ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.

CALDERAS MIXTAS

Las calderas mixtas permiten el uso alternativo de dos combustibles, haciendo posible el cambio de uno a otro si las condiciones económicas o de suministro de uno de los combustibles así lo aconsejan. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías. Su rendimiento es alto, cercano al 92%, y son calderas totalmente automáticas.

CALDERAS DE PELLET A CONDENSACIÓN

Son pequeñas, automáticas y para uso exclusivo de pellets. Estas calderas recuperan el calor latente de condensación contenido en el combustible bajando progresivamente la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador. Mediante esta tecnología, el ahorro de pellets es del 15% respecto a una combustión estándar, logrando así rendimientos de hasta el 103% respecto al poder calorífico inferior (PCI).



Fig. 3.40. Calderas de pellet modelo renerVIT de Vaillant
 Fuente: VAILLANT. Catálogo 2016

Por sus características de automatización y ahorro de actividad, los sistemas de astillas están especialmente indicados para la calefacción en edificios de tamaño medio o grandes. Los rendimientos dependen del tipo de caldera, y se indican en la fig. 2.55.

Tecnología	Propiedades	Tipo de caldera	Comentarios
Calderas convencionales adaptadas para biomasa	Menor rendimiento (hasta 85%). Semi-automáticas	Calderas de gasóleo con quemador de biomasa	La potencia se reduce por la adaptación al uso de biomasa. La limpieza de la caldera no es totalmente automática
		Calderas adaptadas con quemador fijo o en cascada	La potencia se reduce por la adaptación al uso de biomasa. La limpieza de la caldera no es totalmente automática
Calderas estándar de biomasa	Alto rendimiento (hasta 92%). Automáticas	Calderas de biomasa con alimentador inferior	Calderas domésticas que únicamente pueden consumir pélets estándar. Equipos compactos. Aptas para combustibles con bajo contenido en cenizas (pélets, astillas, algunos biocombustibles agroindustriales)
		Calderas de biomasa con parrilla móvil	Aptas para biocombustibles con altos contenidos de humedad y cenizas. Se utiliza para potencias superiores a los 100 kW
Calderas mixtas	Alto rendimiento (hasta 92%). Automáticas	Todos	Permiten el uso alternativo de dos combustibles en función de las necesidades de cada situación. Precisan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible
Calderas a condensación	Máximo rendimiento (hasta 103% respecto al PCI). Automáticas	Calderas de biomasa con alimentador inferior	Aptas sólo para el uso de pélets. Baja potencia (< 70 kW)

Fig. 3.41. Rendimientos de los distintos tipos de calderas de biomasa
 Fuente: IDAE (2009). Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios. Madrid. pág. 50

- CALDERA DE ACUMULACIÓN

Consiste en un sistema en el que la distribución de calor se realiza por radiadores de agua caliente o por aire caliente distribuido por conductos y rejillas en cada recinto, mientras que la producción se lleva a cabo con una caldera eléctrica de acumulación que almacena el calor generado por resistencias eléctricas. Son poco utilizadas en los países donde el coste de la electricidad es elevado comparado al de otras energías o bien no se dispone de tarifas con discriminación horarias. ³³

- CALDERA ELÉCTRICA DE AGUA CALIENTE

Consiste en una caldera en la que el calor generado por resistencias eléctricas se cede a un circuito de agua, que lo distribuye a los radiadores instalados en la vivienda. En el mercado las potencias se presentan a partir de 4 kW y la temperatura del agua varía entre 60 y 80 °C. Se emplean poco donde el consumo de la electricidad es elevado comparado a otro tipo de energía. ³³

3.2.1.3 ETIQUETADO ENERGÉTICO

En Diciembre de 2007, la Unión Europea acordó un paquete de medidas de ahorro de energía y protección del clima conocidas como Regulación de productos que consumen energía (ErP- Energy-related Products) y la directiva de etiquetado energético (Labelling Directive). El objetivo clave de estas regulaciones era el logro de los objetivos en toda la UE para el 2020. Desde septiembre de 2015, estas regulaciones serán obligatorias y se prohibirá la venta de cualquier producto que no cumpla la norma.

- Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009 por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía. El objeto de esta Directiva es ampliar el ámbito de aplicación para incluir a todos los productos relacionados con la energía, ya que un mejor diseño de estos productos puede reducir las consecuencias medioambientales y ayudar a ahorrar energía. ³⁴
- Directiva 2010/30/UE del parlamento europeo y del consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la indicación del consumo de energía y otros recursos por parte de los productos relacionados con la energía, mediante el etiquetado y una información normalizada. ³
- Normativa ErP: la nueva normativa establece unos requerimientos mínimos a los equipos menores de 400 kW y 2.000 litros para poder comercializarse en la UE.
- Normativa ELD: desde su entrada en vigor es obligatorio el etiquetado energético de los generadores de calefacción, agua caliente sanitaria y acumuladores con potencia inferior a 70 kW y 500 litros, así como de los sistemas que incluyan este tipo de generadores.

3.2.2 BOMBA DE CALOR

Una bomba de calor es una máquina térmica y, por tanto, sujeta a las leyes de la termodinámica, que captura energía proveniente del aire del ambiente, de aguas subterráneas o del interior de la tierra, y la convierte en energía utilizable. Las bombas de calor están constituidas por los elementos típicos de un circuito frigorífico: compresor, evaporador, válvula de expansión y condensador.

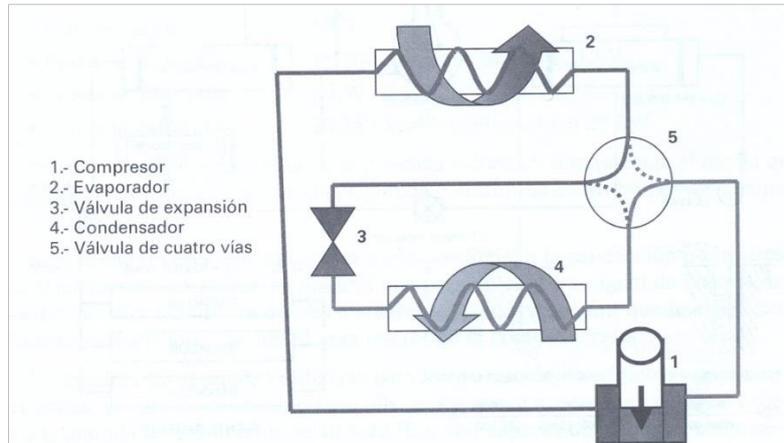


Fig. 3.42. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor

Fuente: Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2005). Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios. Thomson Editores Spain, Madrid. págs. 13.

Existen muchas posibilidades de clasificar las bombas de calor, pero se recurre aquí a la clasificación más adecuada para el campo de la edificación. Esta clasificación hace referencia al medio de la fuente energética de origen y al medio de disipación.

- BOMBA DE CALOR AIRE-AIRE

Es la bomba de calor más utilizada, debido a que la fuente térmica de donde toma el calor es inagotable y su instalación es sencilla. Durante el invierno toma el calor del aire exterior y es bombeado al interior del edificio a la temperatura deseada gracias al cambio de fase del refrigerante. ³⁶

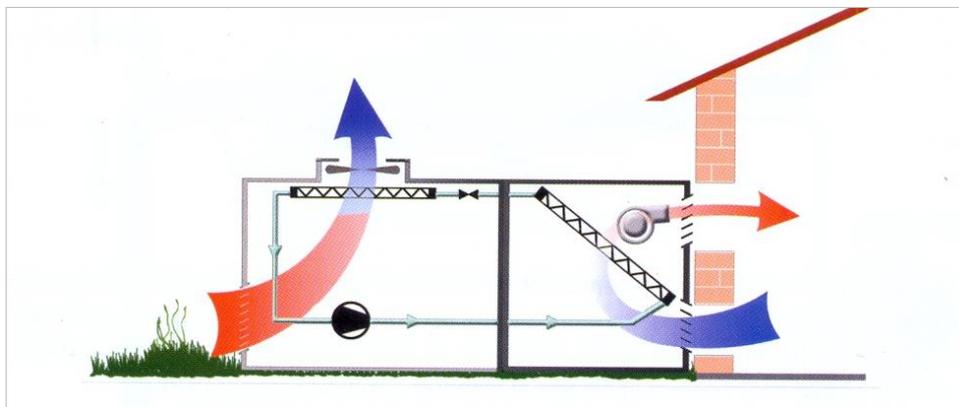


Fig. 3.43. Esquema de una bomba de calor aire-aire

Fuente: Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización, AFEC. La Bomba de Calor; Fundamentos, Tecnología y Casos prácticos. cit. pág. 58.

Generalmente se ha usado el aire exterior como foco frío de la bomba de calor, debido a su disponibilidad, pero el funcionamiento de la instalación depende de las condiciones climatológicas, por lo que a medida que baja la temperatura exterior disminuye el coeficiente COP que facilita la máquina. Otro elemento que disminuye el COP es la escarcha que se genera en la superficie del evaporador cuando la temperatura es inferior a 0 °C y la de rocío. Para evitar el escarchado se pueden usar resistencias eléctricas o hacer pasar el aire de extracción de la instalación por el evaporador, aumentándose su temperatura operativa y, por lo tanto, su COP. ³⁶

Este tipo de bombas constan de una unidad exterior y una unidad interior con conductos de distribución interiores, permitiendo refrigerar en verano y calentar en invierno. Normalmente se ha considerado una temperatura de -5 °C como temperatura límite de funcionamiento. Además, entre -4 °C 2 °C, su COP disminuye notablemente. No obstante, se están desarrollando tecnologías para que se puedan usar en climas fríos sin que disminuya sustancialmente su rendimiento. Por otra parte, en localidades con inviernos muy fríos, se pueden usar sistemas de apoyo tradicional, suministrando la energía calorífica que la bomba de calor no puede aportar. ³⁶

Los intercambios de calor con el exterior y el interior se realizan por medio del aire que, impulsando por ventiladores, atraviesa los dos intercambiadores de calor de tubos aleteados, o baterías, por los que circula el gas refrigerante que transporta el calor a lo largo del circuito. ³⁷

- BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA

Como sucede en la bomba de calor aire-aire, solamente es recomendable cuando la temperatura exterior no sea excesivamente baja. La obtención del calor se hace del aire exterior, transfiriendo la energía a un condensador de agua, donde se suma el equivalente calorífico del trabajo del compresor. Se pueden alcanzar temperaturas de entre 30 y 60°C, por lo que se puede usar tanto para calefacción como para ACS. La instalación cuenta con una válvula de cuatro vías, accionada mediante un termostato, que aprovecha la temperatura de retorno, mejorando el coeficiente de ampliación. Todo el sistema puede automatizarse para garantizar un funcionamiento seguro y preciso. ³⁶

Con este sistema se consiguen ahorros de hasta el 70% con respecto a combustibles fósiles, aunque su inversión inicial es mayor. Su rentabilidad es mayor en climas sin temperaturas frías extremas. Puede trabajar con temperaturas de entre -5 y 30 °C, pudiéndose usara tanto para calefacción, como para refrigeración. Los sistemas integrados bomba de calor y energía solar pueden proporcionar una alternativa viable energética, económica y sostenible a las instalaciones de energía térmica convencionales. ³⁶

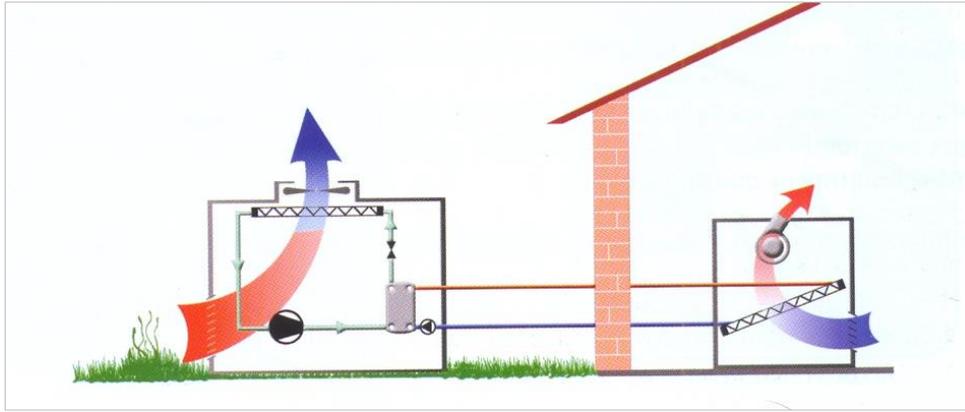


Fig. 3.44. Esquema de una bomba de calor aire-agua

Fuente: Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización, AFEC. La Bomba de Calor; Fundamentos, Tecnología y Casos prácticos. cit. pág. 59.

En modo calefacción, estos equipos toman el calor del aire exterior y lo transfieren a un circuito de agua. El agua caliente se distribuye a unidades terminales tales como unidades de tratamiento de aire, radiadores, suelo radiante o fan-coil, que a su vez ceden el calor de esa agua al ambiente interior del recinto a calefactar. En modo refrigeración, el intercambiador exterior se cede el calor del agua al aire, en tanto que el intercambiador interior se absorbe el calor del ambiente calentando el agua. Estos equipos montan un intercambiador aleteado o batería, refrigerante-aire, y un intercambiador refrigerante-agua. ³⁷

- **BOMBA DE CALOR AGUA-AIRE**

El agua presenta más ventajas como fuente de energía en comparación con el aire, puesto que la temperatura es más uniforme a lo largo del año y, por tanto, también el COP es más constante. Dado su mayor calor específico, los equipos son de menor tamaño y las bombas son menos ruidosas. Normalmente el agua permite suministrar a la máquina todas las necesidades caloríficas, haciendo innecesario apoyo energético auxiliar. ³⁶

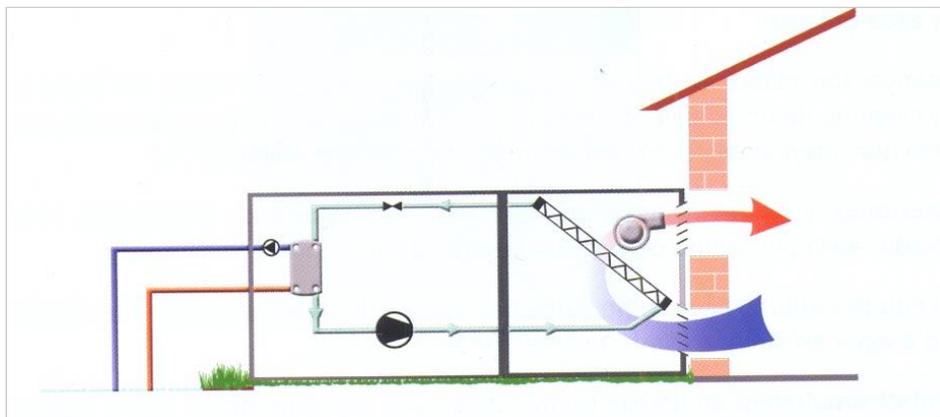


Fig. 3.45. Esquema de una bomba de calor agua-aire

Fuente: Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización, AFEC. La Bomba de Calor; Fundamentos, Tecnología y Casos prácticos. cit. pág. 59.

En modo calefacción, estos equipos toman el calor de un circuito exterior de agua procedente de un lago, río o acuífero y lo transfieren al interior impulsando aire caliente. En modo refrigeración, ceden el calor al circuito exterior de agua, produciendo en la zona interior del edificio aire frío de forma directa. La disipación del calor de agua caliente del circuito exterior se realiza mediante torres de refrigeración, sistemas geotérmicos o acuíferos. ³⁷

La mayor dificultad de este sistema reside en encontrar acuíferos a una temperatura media de 13 °C en la parcela y lo suficientemente cerca para que no suponga un consumo extra de bombeo. Al mantenerse la temperatura media, permite un funcionamiento regular, con rendimientos elevados. ³⁶

- BOMBA DE CALOR AGUA-AGUA

Su funcionamiento es similar a la bomba de calor agua-aire, ya que obtienen la energía de un circuito de agua, aunque en este caso lo cede a otro circuito de agua a mayor temperatura. Se deben construir dos pozos separados, uno para la alimentación y otro para el retorno del agua enfriada por el evaporador. Para aumentar el rendimiento de ambas, se deben usar sistemas que puedan funcionar con una temperatura de 35 °C, como suelo radiante o radiadores de baja temperatura. También el empleo de colectores solares resulta adecuado, pero resulta una instalación más complicada. ³⁶

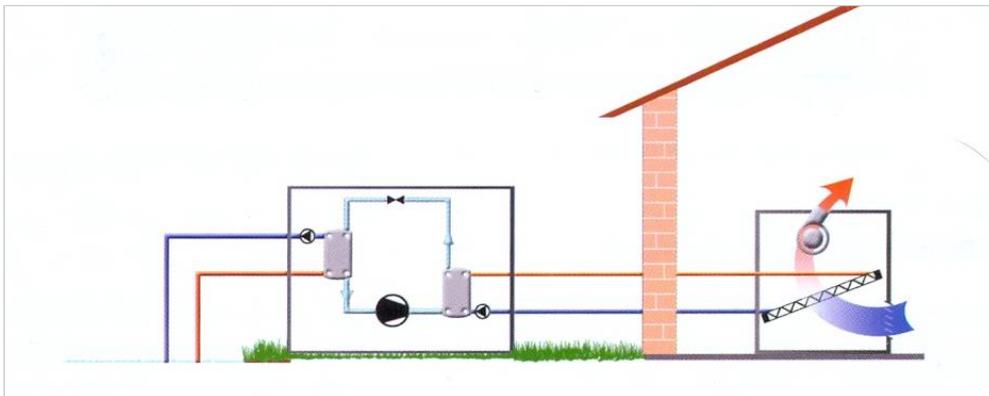


Fig. 3.46. Esquema de una bomba de calor agua-agua

Fuente: Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización, AFEC. La Bomba de Calor; Fundamentos, Tecnología y Casos prácticos. cit. pág. 60.

En modo calefacción, estos equipos toman el calor de un circuito exterior de agua procedente de un lago, río o subsuelo, y producen agua caliente en el circuito interior para calentar de forma indirecta, mediante fan-coils, radiadores, suelo radiante, etc. En modo refrigeración producen agua fría en el circuito interior, cediendo calor al circuito de agua exterior. El calor del circuito exterior se disipa mediante torres de refrigeración, sistemas geotérmicos y acuíferos. ³⁷

- BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

En la bomba de calor suelo-agua o geotérmica, el suelo es la fuente fría debido a su temperatura constante y uniforme derivada de su gran inercia térmica. Es necesario disponer de una considerable cantidad de terreno para enterrar el serpentín. Este serpentín es recorrido por un caudal de agua o de agua glicolada, que sirve de captador de energía térmica acumulada en el subsuelo. ³⁶

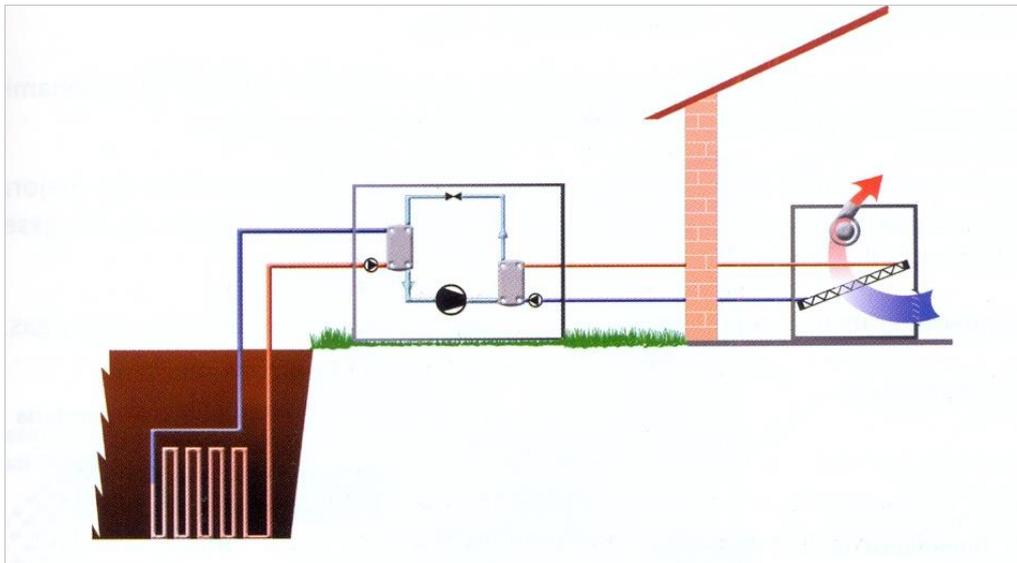


Fig. 3.47. Esquema de una bomba de calor agua-agua

Fuente: Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización, AFEC. La Bomba de Calor; Fundamentos, Tecnología y Casos prácticos. cit. pág. 63.

El suelo actúa como un fluido térmico en un intercambiador enterrado, que está constituido por tubos de plástico de polipropileno enterrados a 1,50 m de profundidad, con agua glicolada en forma de serpentines que se calienta a una temperatura entre 6 y 10 °C. La bomba de calor que utiliza en el evaporador el agua procedente de la instalación enterrada se encuentra en el interior del edificio, donde se produce agua caliente para ser utilizada en sistemas que no requieren niveles térmicos excesivamente elevados, como en el circuito de calefacción por suelo radiante o con convectores para generar aire caliente. ³⁶

Este sistema requiere una considerable necesidad de espacio y puede presentar problemas de movimiento de tierras debido a los ciclos de hielo y deshielo producidos por el enfriamiento del propio terreno por la acción de la bomba de calor. En todo caso, disponiendo de espacio exterior suficiente, se pueden satisfacer de una forma segura las necesidades caloríficas y frigoríficas de la vivienda siempre y cuando no se encuentre en un núcleo urbano, a excepción de zonas de ciudad jardín. ³⁶

Una configuración aceptable del sistema puede hacerse colocando dos tubos en la parte superior de la zanja recubiertos con 30 o 40 cm de tierra, posteriormente otros dos tubos de la misma forma y, finalmente, recubriendo totalmente la zanja con tierra. A estos niveles de

profundidad (mínimo 1,20 m) no se producen perturbaciones por la vegetación superficial y el efecto de la inercia térmica del terreno se puede considerar suficiente. ³⁶

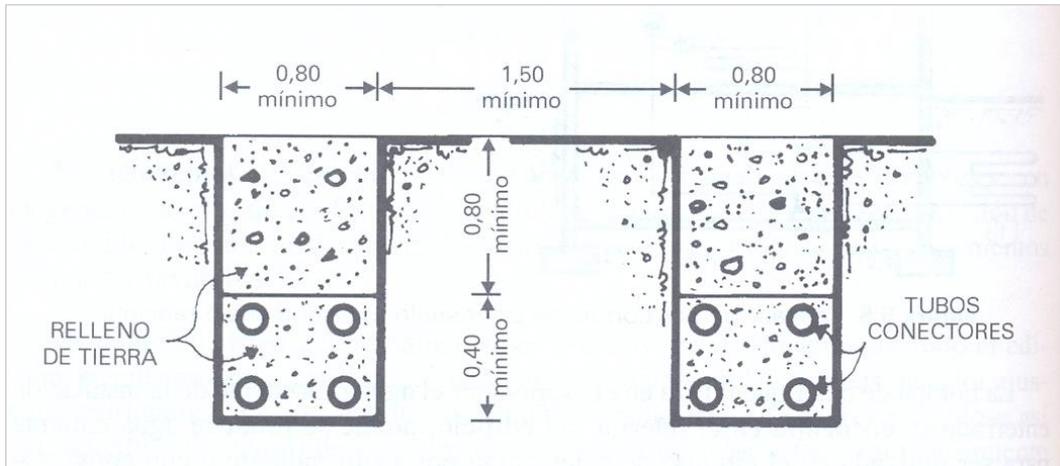


Fig. 3.48. Esquema de una bomba de calor agua-agua

Fuente: Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2005). Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios. cit. pág. 84.

En invierno el evaporador toma calor de la tierra mediante la red de tuberías enterradas en zanjas cediendo el condensador su calor a la masa de agua que se acumula en un depósito. En el ciclo de verano, el calor del condensador se disipa a tierra mediante esta tubería. A pesar del funcionamiento bastante uniforme de esta bomba de calor y el aprovechamiento al máximo de sus capacidades la mayor parte del año, un importante inconveniente es la superficie de terreno que se necesita disponer el serpentín enterrado. ³⁶

3.2.3 ENERGÍA SOLAR

El principio básico de instalación térmica consiste en aprovechar la energía del sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario.

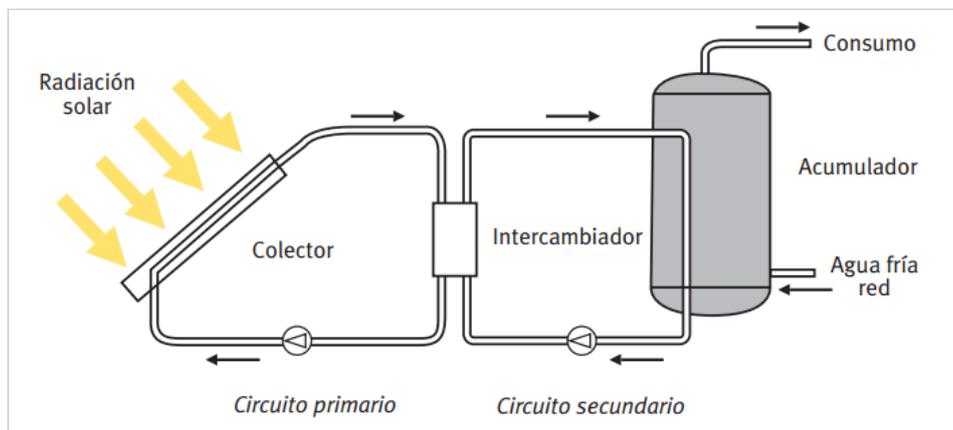


Fig. 3.49. Esquema básico de una instalación solar térmica
 Fuente: IDAE (2006). Energía solar térmica. Madrid. pág. 34.

3.2.3.1 FUNCIONAMIENTO

Consideramos instalación solar térmica a todo sistema destinado a convertir la radiación solar en calor útil. Éstos sistemas están constituidos por tres subsistemas principales: colector, acumulador y consumo.

El funcionamiento de los tres subsistemas está condicionado por la climatología del lugar en que se encuentre situada la instalación, fundamentalmente de la radiación solar y la temperatura ambiente. La energía radiante que incide sobre los colectores se transforma en energía calorífica, que se transfiere al fluido caloportador. La energía captada se transmite al acumulador a través de un intercambiador de calor, desde donde se envía para su consumo después de pasar por una fuente auxiliar de energía. El sistema está provisto de un controlador diferencial que compara la temperatura del fluido a la salida de los colectores y del agua en el fondo del acumulador y actúa sobre la bomba de circulación, de forma que ésta se pone en marcha cuando la temperatura de salida de los colectores sea superior a la del fondo del acumulador y se detiene en caso de lo contrario. ³⁸

3.2.3.1 ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

- CAPTADORES SOLARES

Los captadores solares son los elementos del sistema que tienen por misión captar la energía solar incidente. La eficiencia de estos captadores viene definida por su curva de rendimiento, que nos permite conocer qué cantidad de energía podemos aprovechar en cada situación.

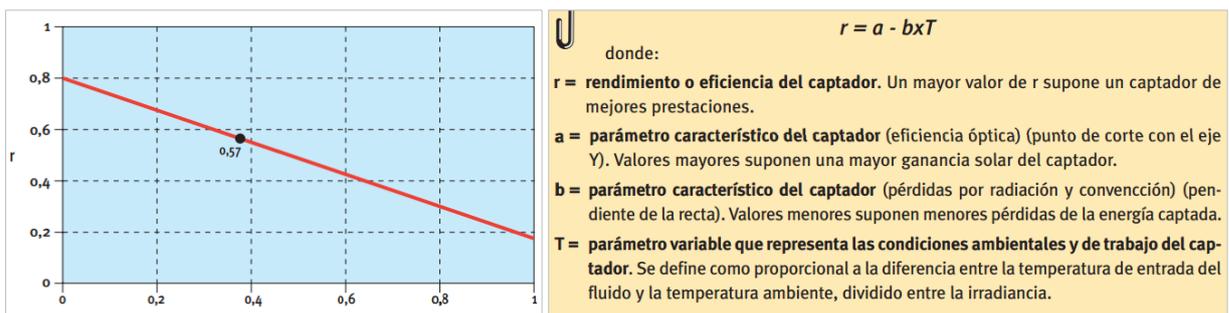


Fig. 3.50. Curva de rendimiento de un captador solar y fórmula de medición de rendimiento
Fuente: IDAE (2006). Energía solar térmica. Madrid. pág. 39.

Existen diferentes tipos de captadores solares. Los más comunes son:

COLECTOR SOLAR PLANO ³⁸

Sus componentes principales son:

- La cubierta transparente, que puede estar formada por una o dos láminas de vidrio.
- La placa absorbente o superficie negra.
- Los elementos por los que circula el fluido caloportador.
- El aislamiento, que protege a la parte lateral y posterior del colector.
- La caja o carcasa, que contiene los elementos anteriores y los protege de la intemperie.

La radiación solar que llega al colector atraviesa la cubierta transparente e incide sobre la superficie negra. Esta superficie negra absorbe la radiación y transfiere la energía recibida al fluido que circula por el colector. Todos los cuerpos radian una cierta cantidad de energía que es función de su temperatura, y que se distribuyen en un cierto intervalo de longitudes de onda.

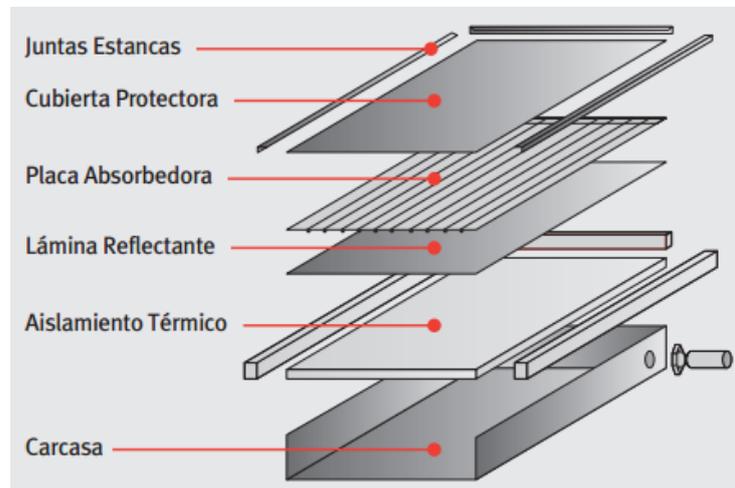


Fig. 3.51. Partes de un captador solar plano
Fuente: IDAE (2006). Energía solar térmica. Madrid. pág. 38.

La cubierta transparente debe tener unas características ópticas determinadas. Debe tener una transparencia alta a la radiación solar de baja frecuencia y ser muy opaca a las radiaciones de longitud de onda mayor, causantes del efecto invernadero. Si se añade al colector una segunda cubierta, se conseguiría disminuir las pérdidas del colector, pero también sería menor la radiación que llega a la placa absorbente. Para disminuir al máximo las pérdidas de calor del colector por los laterales y el fondo de la caja hay que utilizar un aislamiento con una eficiencia alta y buena estabilidad.

COLECTOR TUBO DE VACÍO

Cuando una placa solar posee aire en su interior, tiene pérdidas por radiación debido a su temperatura y pérdidas por convección a través del gas, debido a la diferencia de temperatura entre la superficie captadora y la cubierta transparente. Si se hace el vacío en

el interior del colector, esta pérdida puede salvarse. Esta tecnología de captadores se conoce como de tubos de vacío.³⁸ Estos colectores absorben la radiación solar al igual que los captadores planos. La principal diferencia es que, en este caso, se evitan las pérdidas por convección.

Cada uno de los tubos contiene un absorbedor, que capta la energía solar y la transfiere a un fluido caloportador. Con esta tecnología se pueden producir temperaturas por encima de los 100 °C, por lo que este tipo de colectores son muy apropiados para aplicaciones de alta temperatura. El problema de estos dispositivos es que, cuando se tiene que mover el fluido para calentarlo por muchos tubos y de pequeño diámetro, se genera una elevada pérdida de carga.³⁸

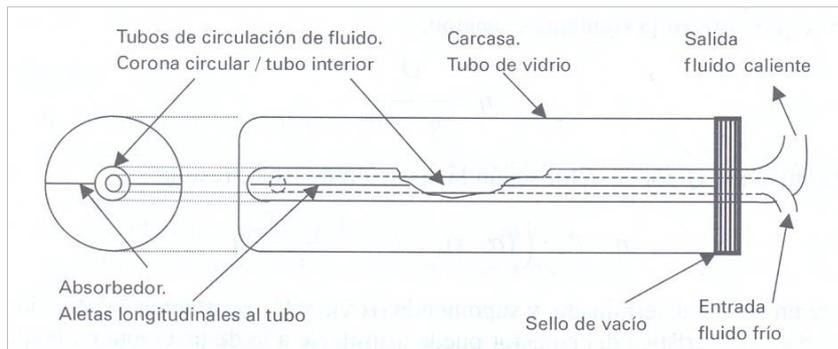


Fig. 3.52. Esquema de un tubo de vacío

Fuente: Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2005). Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios. cit. pág. 98.

COLECTOR ALTO VACÍO³⁸

Los colectores de alto vacío surgen con el fin de evitar los inconvenientes que presentan los tubos de vacío. Para ello, se sustituye el tubo interior por un tubo de calor, con tecnología "heat pipe" o termosifón, cuyo funcionamiento se basa en el cambio de fase de un fluido de operación. Estos tubos se conocen como tubos de alto vacío, en los que existen varias zonas donde se precisa hacer vacío.

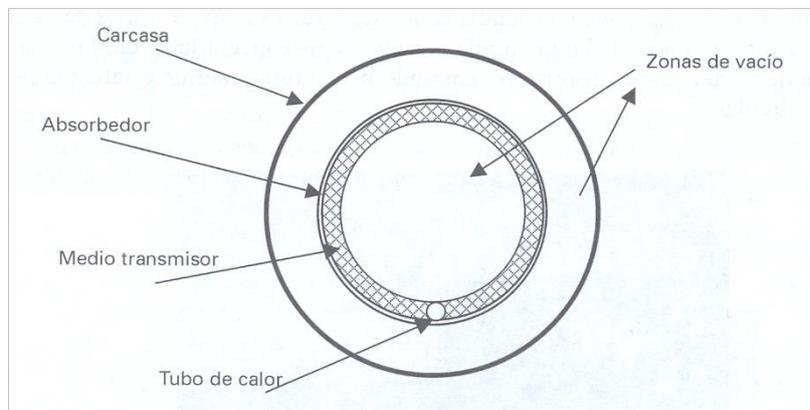


Fig. 3.53. Esquema de un tubo de alto vacío

Fuente: Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2005). Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios. cit. pág. 100.

Pueden utilizarse diferentes tipos de sistemas, como concentración, cilíndricos o parabólicos o esféricos y campos de helióstatos. No obstante, estos sistemas son muy poco frecuentes en edificación.

- FLUIDO CALOPORTADOR

El fluido caloportador, que pasa a través del absorbedor de los captadores, recoge el calor captado por ellos y lo lleva al depósito de acumulación. El tipo de fluido que se utilice influye en la fiabilidad y durabilidad de la instalación. Las principales características de la instalación son: ³⁹

- Calor específico elevado
- Temperatura de ebullición alta
- Temperatura de congelación baja
- Alta estabilidad en el rango de temperaturas y presiones de trabajo
- Protección frente a la corrosión
- Compatibilidad con los materiales de la instalación

El fluido que se utiliza normalmente en los sistemas solares para el calentamiento de agua sanitaria es agua, especialmente debido a la disponibilidad y a su alta capacidad calorífica. No obstante, la utilización de agua puede derivar en la aparición de dos problemas: congelación y corrosión. ³⁹

Para evitar los problemas de congelación se puede emplear las siguientes soluciones: ¹⁵⁷

- Prever el drenaje de los colectores cuando sea necesario, accionado por una señal en función de la temperatura ambiente.
- La mezcla de agua con algún tipo de anticongelante. Esta mezcla provoca la variación de las propiedades físicas del agua. Al seleccionar el anticongelante hay que tener en cuenta su estabilidad y su toxicidad.

Para evitar el problema de la corrosión se debe usar un circuito cerrado, tener en cuenta la compatibilidad entre el fluido y los metales con los que está en contacto y comprobar la calidad de agua. ³⁸

- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución se encarga de transportar el fluido caloportador. En el sector residencial el sistema que más se emplea es el de circuito cerrado. No obstante, se indicarán también los otros sistemas existentes: ⁴⁰

- INSTALACIONES DE CIRCUITO ABIERTO

Transfieren directamente el agua caliente producida en el captador hacia el depósito de acumulación.

- INSTALACIONES DE CIRCUITO CERRADO

Esta instalación está compuesta por dos circuitos: el circuito primario del captador solar y el circuito secundario, donde se encuentra el sistema de almacenamiento. Con este sistema se evita que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador.

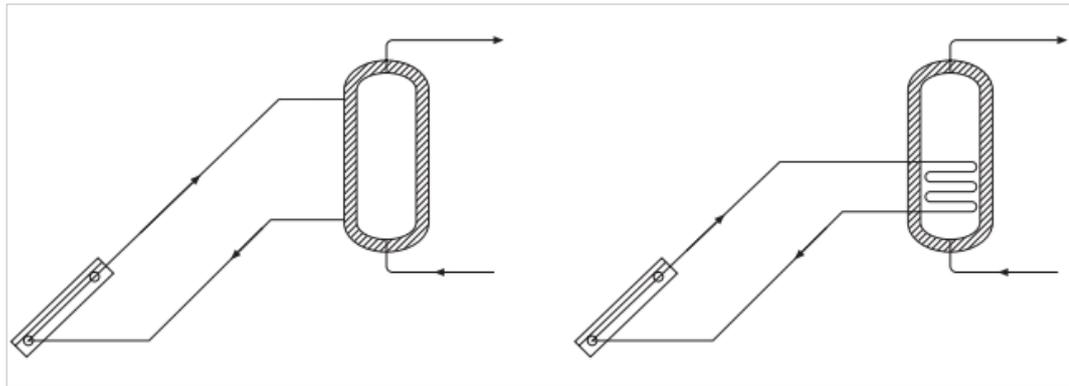


Fig. 3.54. A la izquierda esquema de instalación de circuito abierto. A la derecha esquema de instalación de circuito cerrado

Fuente: IDAE (2006). Energía solar térmica. Madrid. pág. 41.

- INSTALACIONES DE CIRCULACIÓN FORZADA

Se basan en la incorporación de una bomba de impulsión que funciona con un aporte exterior de energía eléctrica. Su función es que el transporte del fluido sea más rápido para evitar pérdidas.

- INSTALACIONES DE CIRCULACIÓN NATURAL

Estos sistemas aprovechan la circulación natural del agua caliente para impulsarlo. Sólo se emplean en instalaciones pequeñas.

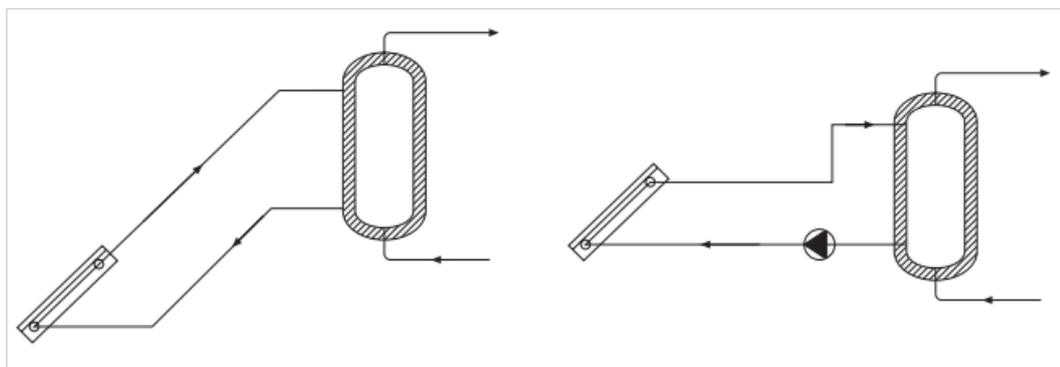


Fig. 3.55. A la izquierda esquema de instalación de circulación natural. A la derecha esquema de instalación de circulación forzada

Fuente: IDAE (2006). Energía solar térmica. Madrid. pág. 42.

- ALMACENAMIENTO DE CALOR

El sistema de acumulación lo constituyen uno o varios depósitos dispuestos para el almacenamiento del agua caliente. De este modo, se puede hacer frente al consumo en el momento en el que se produzca la demanda. El acumulador de calor es un elemento decisivo en el correcto funcionamiento de una instalación, ya sea de agua caliente sanitaria o de calefacción.

El volumen de acumulación puede fraccionarse en dos o más depósitos. Éstos, generalmente se conectan en serie. Sin embargo, también puede optarse por la conexión de acumuladores en paralelo. En este caso es necesario, que los circuitos estén equilibrados hidráulicamente. Otra alternativa sería la combinación de la carga de calor (desde circuito primario) en paralelo y la descarga de calor (al circuito de consumo) en serie. ⁴⁰

- INTERACUMULADORES O ACUMULADORES ³⁸

Cuando se emplea un circuito cerrado se incorpora un intercambiador de calor entre los colectores y el depósito de acumulación. El intercambiador de calor puede ubicarse dentro del depósito de acumulación o en el exterior. Cuando el acumulador lo lleva incorporado, recibe el nombre de interacumulador. Se recomienda utilizar intercambiadores independientes cuando la potencia del intercambiador sea mayor de 35 KW e interacumuladores cuando sea menor de 7 KW. En la franja intermedia se reservará el intercambiador externo cuando la acumulación conste de más de un depósito.

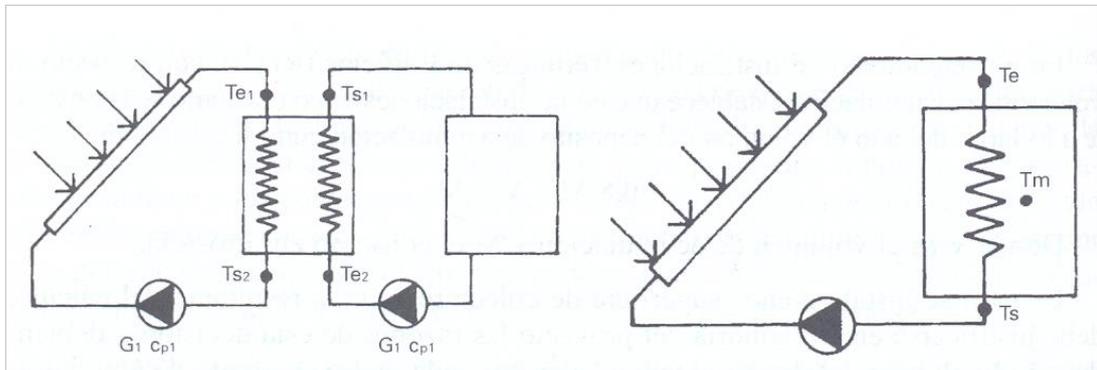


Fig. 3.56. Esquema de un tubo de vacío

Fuente: Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2005). Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios. cit. pág. 100.

3.3 CONTROL DE LA VENTILACIÓN Y RECUPERADOR DE CALOR

La calidad del aire en el interior de los edificios depende de factores como la calidad del aire exterior, el diseño del sistema de ventilación y del aire acondicionado, que determinará la eficacia de ventilación y el funcionamiento y mantenimiento del sistema.

Ventilar es, básicamente, renovar y extraer el aire interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior para evitar el enrarecimiento del ambiente, eliminando el calor, el polvo, el vapor, los olores y las impurezas del aire ambiental encerrado dentro del local. De no llevarse a cabo esta renovación del aire interior, la respiración sería más dificultosa y molesta.

3.3.1 TIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA

Cuando la ventilación natural no se puede utilizar o es insuficiente, se incorpora ventilación mecánica, utilizando ventiladores y extractores que permiten conseguir la renovación necesaria del aire del interior de un recinto cerrado. La ventilación mecánica puede realizarse individualmente o utilizado una red de conductos para una instalación colectiva. Los tipos fundamentales de ventilación mecánica son:

- VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA MEDIANTE EXTRACCIÓN DEL AIRE ⁴¹

Consiste en un tipo de ventilación en la que la renovación del aire se produce mediante el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada. Este sistema presenta una gran estabilidad de caudal a través de las bocas de entrada y de salida del aire. El local se encuentra en depresión y el caudal se regula a través de un sistema de compuertas. Los componentes del sistema son:

- Ventilador.
- Rejillas de entrada y salida del aire donde se colocan las compuertas.
- En las instalaciones centralizadas puede haber una red de conductos de aire.

Las principales ventajas del sistema son:

- Ofrece una buena respuesta a las necesidades de ventilación.
- El coste es moderado.

Sus principales inconvenientes son:

- Los usuarios están sometidos a un gradiente térmico en invierno debido a las entradas de aire a distinta temperatura.
- Puede haber ruidos por el equipo de extracción.

- Hay que realizar un adecuado mantenimiento para que la instalación funcione correctamente.
- El sistema es sensible a la apertura de ventanas porque se modificará el equilibrio hidráulico de la red de distribución del aire.

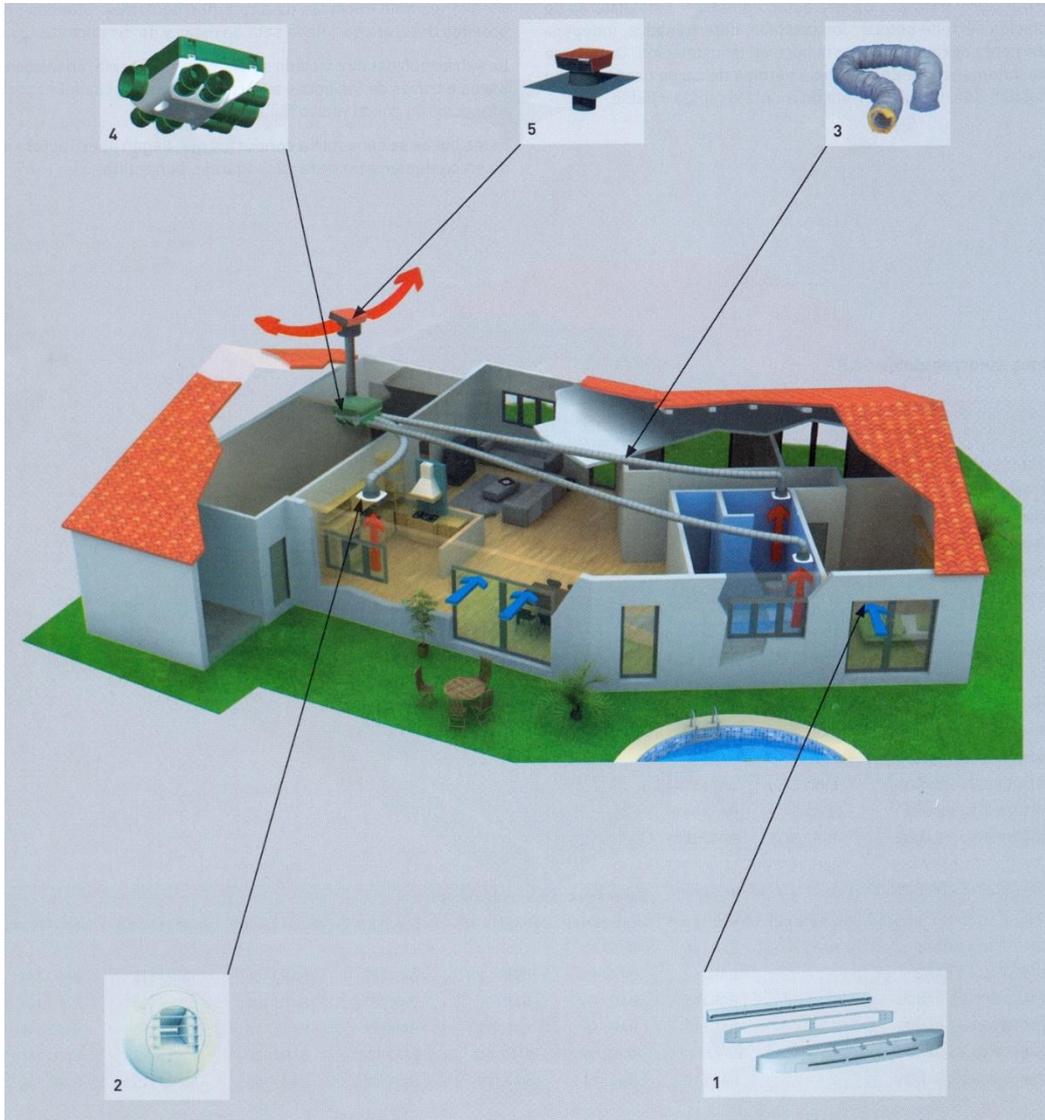


Fig. 3.57. Esquema de un sistema de ventilación mecánica controlada mediante extracción de aire
Fuente: SOLER&PALAU. Catálogo hábitat (2015). pág. 34.

- VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA HIGROMÉTRICAMENTE ⁴¹

Es un sistema de ventilación que funciona de manera diferente según las condiciones. Cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural. En cambio, cuando éstas son desfavorables, la renovación se produce como en la ventilación con extracción mecánica.

• VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA DE DOBLE FLUJO O RECUPERADO DE CALOR ⁴¹

Es la técnica que reduce en mayor medida las pérdidas energéticas por ventilación en las viviendas, aunque presenta un alto coste de instalación porque necesita dos ventiladores. La reducción de las pérdidas se debe al uso de un recuperador de calor.

Las ventajas del sistema son:

- Se consigue reducir las pérdidas energéticas del 8 al 12 %.
- Tiene una buena respuesta ante la necesidad de ventilación.
- Suelen utilizarse filtros de aire que mantiene limpio el recuperador de calor, reduciendo las partículas aportadas con el aire de renovación.

Los principales inconvenientes son:

- Problemas de mantenimiento.
- Pueden aparecer condensados en el recuperador, en el aire de retorno en condiciones de invierno.

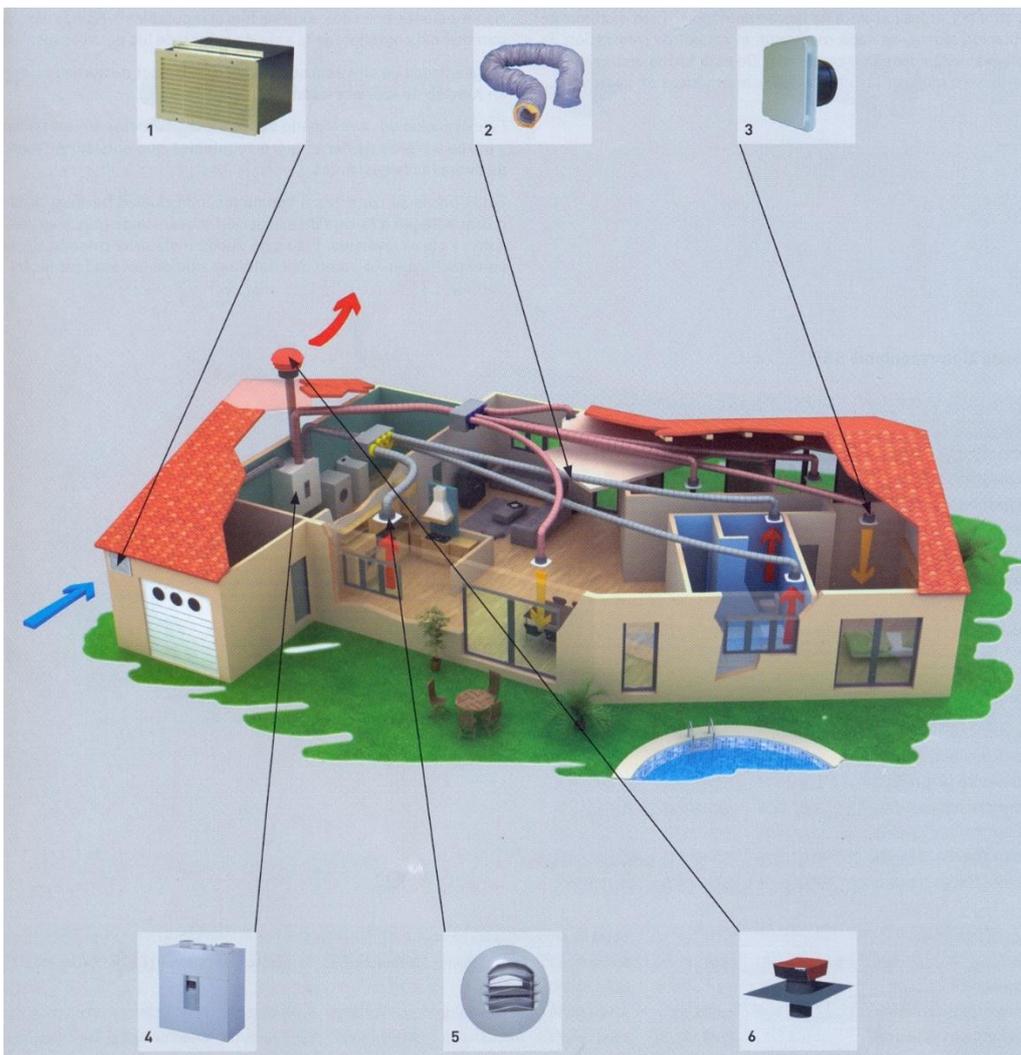


Fig. 3.58. Esquema de un sistema de ventilación mecánica controlada de doble flujo
Fuente: SOLER&PALAU. Catálogo hábitat (2015). pág. 36.

3.3.2 TIPOS DE ENTRADA DE AIRE

En el Apéndice A del Documento Básico HS 3: Calidad del aire interior se definen los siguientes tipos de entrada de aire:

- AIREADOR

“Elemento que se dispone en las aberturas de admisión para dirigir adecuadamente el flujo de aire e impedir la entrada de agua y de insectos o pájaros. Puede ser regulable o de abertura fija y puede disponer de elementos adicionales para obtener una atenuación acústica adecuada.”⁴²

Estos elementos se suelen colocar sobre los huecos en posición vertical. Sus principales inconvenientes son las corrientes de aire generadas y la posibilidad de cerramiento manual, lo cual impediría las renovaciones de aire.

- MICROVENTILACIÓN

“Apertura fija de una carpintería que permite una ventilación muy pequeña suficiente para garantizar los caudales exigidos.”⁴²

Estos elementos generan menos corrientes que los aireadores. No obstante, un mal uso o mantenimiento de los mismos puede hacer que se dejen cerrados permanentemente, impidiendo las renovaciones del aire.

- HIGROREGULABLES

Los sistemas higroregulables consisten en una apertura fija, colocada en los muros sobre los huecos, cuyos caudales impulsados varían con la humedad relativa, permitiendo reducir los caudales de ventilación, reduciendo así las pérdidas energéticas por renovaciones de aire.

3.4 REGULACIÓN Y CONTROL

El sistema de regulación y control de la climatización consiste en un conjunto de servicios controlados que realizan varias funciones. Generalmente estas funciones son:

- Garantizar el confort, proporcionando la temperatura de consigna deseada.
- Medir, controlar, regular, programar y analizar para garantizar el funcionamiento de los equipos.
- Permitir un seguimiento de los gastos de funcionamiento.

3.4.1 SISTEMAS DE REGULACIÓN

Para regular un parámetro de la instalación, como puede ser el caudal de agua, la temperatura, se usan los siguientes sistemas: ⁴³

- SISTEMA TODO/NADA

Cuando el control comprueba que el valor enviado por el sensor alcanza el valor de consigna, abre o cierra un contacto eléctrico. En el caso de un termostato, que cuando se alcanza la temperatura fijada por el usuario, abre el circuito de marcha del equipo.

- SISTEMA DE VARIAS ETAPAS

Cuando sube el valor medido, el equipo de control va conectando unidades gobernadas. A cada una de las conexiones posibles la llamamos etapa

- SISTEMA DE ETAPAS MODULANTES

El órgano de control envía una señal proporcional de la diferencia entre el valor medido y el valor de consigna.

- SISTEMA SEGÚN CONDICIONES EXTERIORES E INTERIORES

Muy usado en calefacción, para enviar el agua más o menos caliente a los radiadores, según haga más o menos frío en el exterior del edificio.

3.4.2 ELEMENTOS DE MANDO EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Los elementos de mando son los que permiten al usuario del sistema actuar sobre el control, fijando los parámetros de funcionamiento, de acuerdo con sus necesidades. Estos elementos suelen ser:

- Botoneras o paneles
- Mandos a distancia fijos manuales o automáticos
- Mandos a distancia inalámbricos manuales o automáticos

- TIPOS DE TERMOSTATOS ⁴³

TERMOSTATO AMBIENTE

Controlan la temperatura del aire en el lugar donde se instale. Se fijan en la pared a 1,70 m del suelo, lo más alejado posible de los radiadores, paredes frías y radiación directa del sol.

TERMOSTATO DE BULBO A DISTANCIA

Controlan la temperatura en el punto de colocación del bulbo. El reloj indicador se coloca a unos metros de distancia. El indicador hay que colocarlo de forma que su lectura sea fácil.

TERMOSTATO ELECTRÓNICO A DISTANCIA

Controla la temperatura en el lugar de montaje de la sonda. La pantalla puede estar alejada de la sonda.

- TIPOS DE PRESOSTATOS ⁴³

PRESOSTATO MECÁNICO CON TUBO DE TOMA DE PRESIÓN

Se suelen utilizar en refrigeración y calefacción. constan de un tubo conectado a la tubería a medir, y un fuelle metálico que se hincha según la presión.

PRESOSTATO ELECTRÓNICO CON SONDA A DISTANCIA

Tienen un sensor de presión muy compacto, que evita los tubos de toma de los modelos mecánicos. Son muy robustos y el controlador es similar al de los termostatos.

- TIPOS DE HUMIDOSTATOS ⁴³

HIGROSTATO DE AMBIENTE

Miden la humedad relativa del punto donde se fijan.

HIGROSTATO ELECTRÓNICO CON SONDA A DISTANCIA

Como los termostatos, miden el valor a distancia.

3.4.3 ELEMENTOS FINALES DE ACTUACIÓN

Son elementos que actúan sobre las partes de la instalación objeto de regulación, accionando o variando algún elemento o aparato del sistema. Estos elementos son: ⁴³

- SERVOMOTORES

Son motores que accionan un elemento mecánico de la instalación, según un valor indicado por el control. Pueden ser giratorio si hacen girar un eje, o lineales si desplazan una palanca. Precisan de un controlador que fije su posición, de acuerdo con el valor de la señal de entrada.

- VÁLVULA DE DOS VÍAS

Abren o cierran el caudal de una tubería, como una llave de paso.

- VÁLVULA DE TRES VÍAS TODO/NADA

Hacen pasar el caudal por una tubería, o la derivan por otra tubería lateral.

- VÁLVULA DE TRES VÍAS PROPORCIONALES

Hacen pasar el caudal por una tubería y lo suman con parte de otra tubería lateral. Se usan para conseguir una temperatura mezclando dos caudales a temperaturas distintas.

3.5 VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE SISTEMAS

En este apartado se realizará una valoración de los distintos sistemas que se han analizado en los puntos 3.1, 3.2 y 3.3. Esta valoración es pertinente, ya que nos permitirá identificar los sistemas más aconsejables y adecuados para su incorporación en el caso de estudio. Es un paso necesario e importante en el proceso de proyecto, para posteriormente poder seleccionar los sistemas definitivos.

3.5.1 VALORACIÓN DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

3.5.1.1 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN SOLO AGUA

- RADIADORES DE FUNDICIÓN

A pesar de ser apropiados por su decoración para una casa rural presentan dos inconvenientes. Por un lado, tienen muy poca capacidad térmica, lo que supondría tener que colocar una cantidad numerosa de éstos. Por otro lado, su precio es elevado. Por lo tanto, no se aconseja su uso en el caso de estudio.

- RADIADORES DE ACERO

Tienen poca vida útil y sus prestaciones son ampliamente superados por los radiadores de aluminio. Por lo tanto, no se aconseja su incorporación en el caso de estudio.

- RADIADORES DE ALUMINIO, PANELES RADIANTES Y TUBOS

Presentan una gran emisividad, inercia térmica, peso y estética. Además, pueden trabajar a altas temperaturas. También cuentan con una amplia variedad de modelos y, actualmente, son los más económicos del mercado. Se aconseja su uso en el caso de estudio.

- RADIADORES DE BAJA TEMPERATURA

Pueden trabajar a bajas temperaturas, combinándolos con calderas de condensación y baja temperatura. Su inconveniente es que ocupan más espacio que los radiadores de aluminio y la inversión económica es mayor. Se aconseja su uso en el caso de estudio, previa realización de un estudio económico.

- CONVECTORES O FAN-COILS Y AEROTERMOS

Generan corrientes de aire importantes, además de producir ruidos y reseca el ambiente. Por tanto, no se aconseja su incorporación en el caso de estudio.

- **SUELO RADIANTE**

El sistema de suelo radiante presenta numerosas ventajas, tales como distribución uniforme de temperaturas, eliminación de corrientes de aire, posibilidad de trabajar a bajas temperaturas y excelentes condiciones de confort para el usuario. No obstante, la elevada inercia térmica que posee hace que su uso sea incompatible con el uso del caso de estudio, que necesita una rápida respuesta a la demanda. Por tanto, se desaconseja su utilización en el caso de estudio.

SISTEMAS DE CALEFACCIÓN SOLO AGUA	
Radiadores de fundición	X
Radiadores de acero	X
Radiadores de aluminio	OK
Radiadores de baja temperatura	OK
Convectores o Aerotermos	X
Suelo radiante	X

Fig. 3.59. Tabla resumen de la valoración de sistemas de calefacción sólo agua
 Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN POR AIRE

Debido a las normativas urbanísticas no se dispone de espacio suficiente en el caso de estudio para la incorporación de un sistema de calefacción por aire. Por tanto, no es posible su uso en el caso de estudio.

SISTEMAS DE CALEFACCIÓN POR AIRE	
Difusores lineales	X
Difusores perforados	X
Rejillas	X

Fig. 3.60. Tabla resumen de la valoración de sistemas de calefacción por aire
 Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

Según el apartado 1.1 del Documento Básico HE 0 del Código Técnico de la Edificación, de Limitación del Consumo Energético, es de obligado cumplimiento la limitación del consumo en edificios de nueva construcción. El Cep,lim , es el valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 del Documento Básico HE0. De la herramienta unificada líder-calener, obtenemos el $Cep,lim = 71,29 \text{ kWh/m}^2\text{año}$. Si usásemos sistemas de calefacción eléctrica, superaríamos este valor límite. Por lo tanto, no cumpliríamos la citada norma del CTE. No es posible su utilización en el caso de estudio.

SISTEMAS DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA	
Ventiloconvectores de Baja Temperatura	X
Paneles, emisores radiantes y radiadores de aceite	X
Emisores térmicos eléctricos	X
Infrarrojos	X
Radiación por techo o suelo	X

Fig. 3.61. Tabla resumen de la valoración de sistemas de calefacción eléctrica
 Fuente: Elaboración propia

3.5.2 VALORACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN

3.5.2.1 TIPOS DE CALDERA

En el año 2015 entraron en vigor las normativas ErP (Energy related Products), sobre diseño ecológico para productos relacionados con la energía y la normativa ELD (Labelling Directive) sobre etiquetado energético.



Fig. 3.62. Etiquetado energético de calderas

Fuente: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/directiva-europea-erp-en-calderas-de-condensacion/>

La normativa ErP obliga a que las calderas de hasta 70kW tengan unos rendimientos estacionales superiores al 86% que corresponden a una calificación energética, como mínimo, de B. Por lo tanto, las calderas de <400 kW que se fabriquen a partir del 26 de septiembre de 2015, deben ser calderas de condensación o biomasa.

Por lo tanto, sólo se podrán emplear en el caso de estudio calderas de condensación o de biomasa.

TIPOS DE CALDERA	
Caldera estándar	X
Caldera de condensación	OK
Caldera de Baja Temperatura	X
Caldera de Biomasa	OK
Caldera por acumulación	X
Caldera eléctrica de agua caliente	X

Fig. 3.63. Tabla resumen de la valoración de tipos de calderas
 Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2 VALORACIÓN DE BOMBAS DE CALOR

- BOMBA DE CALOR AIRE-AIRE

Debido a que sólo se aconseja incorporar sistemas de calefacción sólo agua, no es posible su utilización en el caso de estudio.

- BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA

Con este sistema se consiguen ahorros de en torno al 70 %, con respecto a combustibles fósiles, aunque su inversión inicial es mayor. Su rentabilidad es mayor en climas sin temperaturas frías extremas. Puede trabajar con temperaturas de entre -5 y 30 °C, pudiéndose usar tanto para calefacción como para refrigeración. Los sistemas integrados bomba de calor y energía solar pueden proporcionar una alternativa viable energética, económica y sostenible a las instalaciones de energía térmica convencionales. Debido a que puede impulsar agua caliente a 35°C se pueden usar junto con radiadores de baja temperatura. Por tanto, es aconsejable su uso en el caso de estudio.

- BOMBA DE CALOR AGUA-AIRE

Debido a que sólo se aconseja incorporar sistemas de calefacción sólo agua, no es posible su utilización en el caso de estudio. Además, se desconoce la presencia de acuíferos en la parcela.

- BOMBA DE CALOR AGUA-AGUA

Se desconoce la presencia de acuíferos en la parcela, por lo que se desaconseja su utilización en el caso de estudio.

- BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

A pesar del funcionamiento bastante uniforme de esta bomba de calor y el aprovechamiento al máximo de sus capacidades la mayor parte del año, un importante inconveniente es que se necesita espacio suficiente en la parcela para poder ubicar el serpentín enterrado. Será necesario, por tanto, un estudio exhaustivo de este sistema para determinar los metros de sonda a instalar, su profundidad y su periodo de amortización.

BOMBA DE CALOR	
Bomba de calor aire-aire	X
Bomba de calor aire-agua	OK
Bomba de calor agua-aire	X
Bomba de calor agua-agua	X
Bomba de calor geotérmica	OK

Fig. 3.64. Tabla resumen de la valoración de tipos de bombas de calor
 Fuente: Elaboración propia

3.5.2.3 VALORACIÓN DE ENERGÍA SOLAR

- COLECTORES SOLARES

Puesto que no necesitamos alcanzar temperaturas superiores a 80°C, se estudiará la colocación de colectores solares planos. No se considerarán los colectores de tubo de vacío y alto vacío.

- INTERACUMULADORES

Debido al gran consumo de ACS y las necesidades de colocación de un depósito acumulador de ACS combinado con los colectores solares planos, se estudiará la

posibilidad de incorporación de un depósito con estratificación para el aprovechamiento de la energía solar para ACS y calefacción.

ENERGÍA SOLAR	
Colector solar plano	OK
Colectores de tubo de vacío	X
Colectores de alto vacío	X
Depósitos de acumulación	OK

Fig. 3.65. Tabla resumen de la valoración de energía solar
 Fuente: Elaboración propia

3.5.3 VALORACIÓN DE VENTILACIÓN

- AIREADORES, MICROVENTILACIÓN E HIGROREGULABLES

Debido a las corrientes de aire generadas por los aireadores, y que las aperturas higroregulables no se adaptan al estilo rústico de la casa, se optará por la colocación de microventilación en las carpinterías de entrada de aire.

- VENTILACIÓN MECÁNICA O VENTILACIÓN CON DOBLE FLUJO

Una vez analizados los beneficios del uso de recuperadores de calor en la ventilación, se estudiará y valorará económicamente este sistema junto con ventilación mecánica.

VENTILACIÓN	
Aireadores	X
Microventilación	OK
Higroregulables	X
Ventilación mecánica	OK
Doble flujo o recuperador de calor	OK

Fig. 3.66. Tabla resumen de los sistemas de ventilación
 Fuente: Elaboración propia

PARTE 4: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS SELECCIONADOS

4.1 METODOLOGÍA

En esta parte del trabajo se realizará un estudio comparativo de los sistemas de calefacción y generación de ACS anteriormente seleccionados. Los aspectos que se van a analizar son los costes de inversión para implantar el sistema, los gastos anuales y los periodos de amortización estimados.

Considerando los costes iniciales de cada sistema y unos determinados índices de incremento del precio del combustible correspondiente, la recuperación de la inversión inicial se determinará en número de años, tenido en cuenta una serie de variables.

Así, la estimación del periodo de retorno de la inversión variará en función del tipo de combustible, ventilación y temperatura de impulsión del agua de calefacción. Los ahorros se determinarán con respecto al sistema que presente un gasto anual superior en cada grupo de estudio. No se tendrán en cuenta las posibles subvenciones.

PROCEDIMIENTO

Se desarrollará, en una primera fase, un estudio de los siete sistemas propuestos. En una segunda fase se compararán entre sí, reuniéndolos en tres grupos de estudio:

- Comparación de sistemas con/sin recuperación de calor, gasóleo C y alta temperatura.
- Comparación de sistemas con/sin recuperación de calor, biomasa y alta temperatura.
- Comparación de sistemas con recuperación de calor y baja temperatura.

Finalmente, en una tercera fase, se seleccionará un sistema de cada grupo y se compararán entre sí.

REFERENCIAS Y FUENTES

Para estimar el precio de los elementos de la instalación se han obtenido precios de referencia de los siguientes catálogos:

- Ventilación: SOLER Y PALU. Tarifa 2015 Soler y Palau.
- Emisores alta temperatura: ROCA. Tarifa 2016 Baxi Roca
- Emisores baja temperatura: JAGA. Tarifa 2015 Jaga
- Paneles solares térmicos, caldera y depósito de inercia: VAILLANT. Tarifa 2016 Vaillant.

La estimación de demanda de calefacción se ha realizado mediante la herramienta unificada LIDER-CALENER. La demanda de calefacción es 9090 kW.h/año y la demanda de calefacción usando recuperadores de calor es 5226 kW.h/año. La demanda de ACS no cubierta por los paneles solares térmicos es 1770 kW.h/año.

4.2 ESTUDIO DE COSTES, AHORROS Y PERIODOS DE AMORTIZACIÓN

A continuación, se presentarán los 7 sistemas motivo de estudio. Se definirá el tipo de sistema, y se indicarán el Precio de Venta al Público y los gastos anuales:

- SISTEMA N°1

- Caldera de Condensación Mixta de Gasóleo C.
- 3 colectores solares planos + depósito por estratificación para calefacción y ACS
- Ventilación Mecánica y entrada de aire por Microventilación.
- Radiadores de aluminio de Alta Temperatura.
- Coste instalación: 25811 Euros.
- Gasto anual: 970 Euros

- SISTEMA N°2

- Caldera de Condensación Mixta de Gasóleo C.
- 3 colectores solares planos + depósito por estratificación para calefacción y ACS
- Ventilación Mecánica con Recuperadores de Calor.
- Radiadores de aluminio de Alta Temperatura.
- Coste instalación: 27391 Euros.
- Gasto anual: 625 Euros

- SISTEMA N°3

- Caldera de Biomasa Mixta
- 3 colectores solares planos + depósito por estratificación para calefacción y ACS
- Ventilación Mecánica y entrada de aire por Microventilación.
- Radiadores de aluminio de Alta Temperatura.
- Coste instalación: 30800 Euros.
- Gasto anual: 575 Euros

- SISTEMA N°4

- Caldera de Biomasa Mixta
- 3 colectores solares planos + depósito por estratificación para calefacción y ACS
- Ventilación Mecánica con Recuperador de Calor
- Radiadores de aluminio de Alta Temperatura.
- Coste instalación: 31900 Euros.
- Gasto anual: 371 Euros

- SISTEMA N°5

- Caldera de Biomasa Mixta
- 3 colectores solares planos + depósito por estratificación para calefacción y ACS
- Ventilación Mecánica con Recuperador de Calor
- Radiadores de Baja Temperatura.
- Coste instalación: 36300 Euros.
- Gasto anual: 343 Euros

- SISTEMA N°6

- Bomba de calor aire-agua
- 3 colectores solares planos + depósito por estratificación para calefacción y ACS
- Ventilación Mecánica con Recuperador de Calor
- Radiadores de Baja Temperatura.
- Coste instalación: 39000 Euros.
- Gasto anual: 221 Euros

- SISTEMA N°7

- Bomba de calor geotérmica
- 3 colectores solares planos + depósito por estratificación para calefacción y ACS
- Ventilación Mecánica con Recuperador de Calor
- Radiadores de Baja Temperatura.
- Coste instalación >45000 Euros.
- Gasto anual: 173 Euros

En la fig. 4.1 se muestra una tabla resumen con los resultados obtenidos para los siete sistemas. El periodo de amortización y los ahorros se indican con respecto al sistema N°1, que es el que presenta un coste anual mayor. Los valores son estimativos.

Caso de Estudio	Precio PVP Euros	Coste anual Euros	Periodo de amortización años	Ahorro 10 años	Ahorro 15 años	Ahorro 20 años
1	25811	970	-	-	-	-
2	27391	625	4,6	1871	3597	5322
3	30800	575	12,6	-1042	931	2904
4	31900	371	10,2	-95	2901	5898
5	36300	343	16,7	-4219	-1083	2052
6	39000	221	17,6	-5696	-1949	1797
7	45000	173	24,1	-11223	-7240	-3257

Fig. 4.1. Amortización y ahorros sistemas
Fuente: Elaboración propia

4.3 VALORACIÓN

En este apartado se definirán tres grupos de estudio y se compararán los sistemas correspondientes dentro de cada grupo. Los sistemas son los indicados y numerados en el apartado 4.2.

4.3.1 COMPARACIÓN DE SISTEMAS CALDERAS CONDENSACIÓN CON/SIN RECUPERADOR DE CALOR Y RADIADORES DE ALTA TEMPERATURA

SISTEMA Nº1

- Precio del gasóleo C: 0,829 €/l. Precio Agosto 2016
- Poder Calorífico gasóleo C: 9,77 kW/l
- Coste de instalación: 25811 €
- Gasto anual: 970 € /año

SISTEMA Nº2

- Precio del gasóleo C: 0,829 €/l. Precio Agosto 2016
- Poder Calorífico gasóleo C: 9,77 kW/l
- Coste de instalación: 27391 €
- Gasto anual: 625 € /año

Caso de Estudio	Precio PVP Euros	Coste anual Euros	Periodo de amortización años	Ahorro 10 años	Ahorro 15 años	Ahorro 20 años
1	25811	970	-	-	-	-
2	27391	625	4,6	1871	3597	5322

Fig. 4.2. Amortización y ahorros sistemas 1 y 2
Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- El coste de instalación del sistema Nº2 es 1580 euros superior al sistema Nº1.
- El sistema Nº2 presenta un periodo de amortización de 4,6 años con respecto al del sistema Nº1. A partir de ese momento, se conseguirán unos ahorros aproximados de 345 euros al año. A largo plazo, se obtendrán unos ahorros aproximados de 1871 euros en 10 años, 3597 en 15 años y 5322 en 20 años.
- Tanto el sistema por gasóleo como el sistema por biomasa necesitan disponer de un depósito, que habrá que recargar periódicamente. El gas natural permite disponer de un servicio

continuado, pero Granja de Moreruela carece de servicio Gas Natural, motivo por el cual no se ha incluido en este estudio.

- Una vez comparados los resultados, el sistema más adecuado para este caso estudio sería el **sistema N°2**.

4.3.2 COMPARACIÓN DE SISTEMAS CALDERAS BIOMASAA CON/SIN RECUPERADOR DE CALOR Y RADIADORES DE ALTA TEMPERATURA

SISTEMA N° 3

- Precio de la biomasa granel: 0,23 €/kg. Precio Agosto 2016
- Poder Calorífico pellets: 4,57 kW/kg
- Coste de instalación: 30800 €
- Gasto anual: 575 € /año
- Rendimiento de la caldera: 95%

SISTEMA N° 4

- Precio de la biomasa granel: 0,23 €/kg. Precio Agosto 2016
- Poder Calorífico pellets: 4,57 kW/kg
- Coste de instalación: 31900 €
- Gasto anual: 371 € /año
- Rendimiento de la caldera: 95%

Caso de Estudio	Precio PVP Euros	Coste anual Euros	Periodo de amortización años	Ahorro 10 años	Ahorro 15 años	Ahorro 20 años
3	30800	575	-	-	-	-
4	31900	371	5,4	947	1971	2994

Fig. 4.3. Amortización y ahorros sistemas 3 y 4
Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- El coste de instalación del sistema N°4 es 1100 euros superior al del sistema N°3.
- El sistema N°4 presenta un periodo de amortización de 5,4 años con respecto al sistema N°3. A partir de ese momento, se conseguirán unos ahorros aproximados de 204 euros al año. A largo plazo, se obtendrán unos ahorros aproximados de 947 euros en 10 años, 1971 euros en 15 años y 2994 euros en 20 años.
- Tanto el sistema por gasóleo como el sistema por biomasa necesitan disponer de un depósito, que habrá que recargar periódicamente. El gas natural permite disponer de un servicio

continuado, pero Granja de Moreruela carece de servicio Gas Natural, motivo por el cual no se ha incluido en este estudio.

- Una vez comparados los resultados, el sistema más adecuado para este caso de estudio sería el **sistema N°4**.

4.3.3 COMPARACIÓN DE SISTEMAS CON RECUPERADOR DE CALOR Y RADIADORES DE BAJA TEMPERATURA

SISTEMA N° 5

- Precio de la biomasa granel: 0,23 €/kg. Precio Agosto 2016
- Poder Calorífico pellets: 4,57 kW/kg
- Coste de instalación: 36300 €
- Gasto anual: 343 € /año
- Rendimiento de la caldera 95%

SISTEMA N° 6

- COP 4,4
- Precio electricidad: 0,15 €/kW h
- Coste instalación: 39000 €
- Coste anual: 221 € /año

SISTEMA N° 7

- COP 5,6
- Precio electricidad: 0,15 €/kW h
- Coste instalación: 45000 €
- Coste anual: 173 € /año

Caso de Estudio	Precio PVP Euros	Coste anual Euros	Periodo de amortización años	Ahorro 10 años	Ahorro 15 años	Ahorro 20 años
5	36300	343	-	-	-	-
6	39000	221	22,1	-1477	-866	-255
7	45000	173	51,3	-7005	-6157	-5309

Fig. 4.4. Amortización y ahorros sistemas 5, 6 y 7
Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- El coste de instalación del sistema Nº7 es el más elevado. Presenta un coste 6000 euros superior al del sistema Nº6 y 8700 euros superior al del sistema Nº5.
- El sistema Nº7 presenta un gasto anual de 173 euros, frente a los 221 euros del sistema Nº6 y los 343 euros del sistema Nº5.
- Las principales desventajas del sistema Nº7 son el valor de entalpía del terreno, y el desconocimiento del tipo de terreno y su composición, que puede derivar en un aumento de la profundidad a alcanzar y de la longitud de las sondas. Por otro lado, el funcionamiento discontinuo o irregular de la instalación puede hacer que el periodo de amortización aumente.
- El sistema Nº6 impulsa el agua de calefacción a 35°C, lo que supone aumentar la superficie de los radiadores de baja temperatura en gran medida, por lo que éstos ocuparán una superficie mayor de las estancias.
- El sistema Nº5 es más rentable. Presenta el coste de instalación más bajo, y los ahorros anuales de los sistemas Nº6 y Nº7 en comparación con su coste de instalación, hace que se tarden más de 20 años en recuperar la inversión.
- Una vez comparados los resultados, el sistema más adecuado para este caso estudio, sería el **sistema Nº5**.

4.3.4 COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS Nº2, Nº4 Y Nº5

Ahora se comparará el sistema elegido de cada grupo. De este modo, se podrá seleccionar el más adecuado para el caso de estudio objeto del presente trabajo.

SISTEMA Nº2

- Precio del gasóleo C: 0,829 €/l. Precio Agosto 2016
- Poder Calorífico gasóleo C: 9,77 kW/l
- Coste de instalación: 27391 €
- Gasto anual: 625 € /año

SISTEMA Nº 4

- Precio de la biomasa granel: 0,23 €/kg. Precio Agosto 2016
- Poder Calorífico pellets: 4,57 kW/kg
- Coste de instalación: 31900 €
- Gasto anual: 371 € /año
- Rendimiento de la caldera: 95%

SISTEMA Nº 5

- Precio de la biomasa granel: 0,23 €/kg. Precio Agosto 2016
- Poder Calorífico pellets: 4,57 kW/kg
- Coste de instalación: 36300 €
- Gasto anual: 343 €/año
- Rendimiento de la caldera 95%

Caso de Estudio	Precio PVP Euros	Coste anual Euros	Periodo de amortización años	Ahorro 10 años	Ahorro 15 años	Ahorro 20 años
2	27391	625	-	-	-	-
4	31900	371	17,7	-1967	-695	576
5	36300	343	31,6	-6090	-4680	-3271

Fig. 4.5. Amortización y ahorros sistemas 2, 4 y 5
Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- El sistema Nº5 usa radiadores de baja temperatura, y su inversión inicial 8909 euros con respecto al sistema Nº 2 y 5400 euros con respecto al sistema Nº4. El precio de los radiadores de baja temperatura hace que sea poco viable.
- El sistema Nº2 y Nº4 utiliza radiadores de alta temperatura y recuperadores de calor. El sistema Nº4 tiene una inversión inicial de 4509 euros superior al sistema Nº2. El periodo de retorno es de 17,7 años.
- Comparando ambos sistemas, se puede observar que el sistema Nº2 es el más viable. No obstante, mientras que el precio de la biomasa apenas ha variado en los últimos años, el gasóleo C si ha sufrido fuertes bajadas. En la figura 4.6 se puede observar la evolución de los precios de los diferentes combustibles desde el 2011. Se mostrarán en la figura 4.7 el periodo de retorno y los ahorros obtenidos de los sistemas 2 y 4, con los precios del 2014.

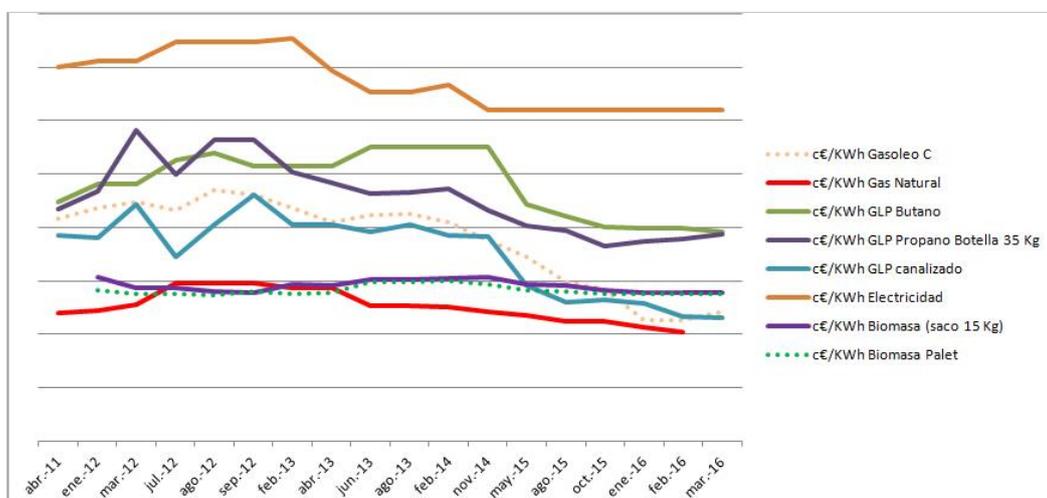


Fig. 4.6. Evolución precios combustibles
Fuentes: IDAE y Avebiom

Precios Gasóleo C agosto 2014: 1,014 €/l

Caso de Estudio	Precio PVP Euros	Coste anual Euros	Periodo de amortización años	Ahorro 10 años	Ahorro 15 años	Ahorro 20 años
2	27391	764	-	-	-	-
4	31900	371	11,5	-572	1396	3365

Fig. 4.7 Amortización y ahorros sistemas 2 y 4, precios combustibles 2014.
 Fuente: Elaboración propia

Si observamos los precios del Gasóleo C anteriores al 2015, el periodo de retorno es superior a 11 años. A la vista de los datos actuales, y los datos del 2014 se pueden sacar las siguientes conclusiones.

- Usando caldera de biomasa y caldera de condensación de gasóleo C se obtiene una calificación energética A.
- El gasto anual de la biomasa es la mitad del gasto de gasóleo C. No obstante, puesto que la demanda de calefacción es 5226 kW.h/año, y la demanda de ACS no cubierta por los paneles solares térmicos es 1770 kW.h/año, no se obtienen grandes ahorros al año.

Por lo tanto, una vez realizadas todas las comparaciones necesarias, y a la vista de los resultados anteriormente descritos, se ha elegido el **sistema N°2** como el más adecuado para el caso de estudio. Está compuesto por:

- SISTEMA N°2
 - Caldera de Condensación Mixta de Gasóleo C.
 - 3 colectores solares planos + depósito por estratificación para calefacción y ACS
 - Ventilación Mecánica con Recuperadores de Calor.
 - Radiadores de aluminio de Alta Temperatura.
 - Coste instalación: 26911 Euros.
 - Gasto anual: 625 Euros

4.4 DESARROLLO DEL SISTEMA ELEGIDO

4.4.1 ZONIFICACIÓN

En primer lugar, se ha dividido la casa rural en 4 zonas para climatizar.

- ZONA N°1

La Zona 1 se encuentra en la planta baja y se corresponde con el apartamento privado. Se compone de los siguientes espacios:

- Dormitorio 1
- Pasillo
- Baño 1
- Sala

- ZONA N°2

La Zona 2 se compone de los siguientes espacios de la planta baja de la casa rural:

- Dormitorio 2
- Pasillo
- Baño 2
- Salón comedor
- Cocina
- Zaguán
- Vestíbulo
- Distribuidor

- ZONA N°3

La Zona 3 se compone de los siguientes espacios de la planta primera de la casa rural:

- Dormitorio 3
- Pasillo
- Baño 3
- Dormitorio 4
- Baño 4
- Dormitorio 5
- Baño 5
- Sala de juegos
- Distribuidor

- ZONA N°4

La Zona 4 se encuentra en la planta primera y se corresponde con el Spa. Tiene acceso desde el interior de la casa rural y acceso privado desde exterior.

4.4.2 VENTILACIÓN CON RECUPERADORES DE CALOR

- PRECIO DE LA INSTALACION

La ventilación y renovaciones de aire, utilizando ventilación mecánica con recuperadores de calor, supone un incremento en el precio de la instalación. Su coste ascendería a 5804 euros, frente al de una ventilación mecánica convencional de 1706 euros.

A pesar de suponer un incremento de 4098 euros, nos permitirá ahorrar en el número de elementos de los radiadores. Usando una ventilación mecánica tradicional, el precio de los radiadores y accesorios supondría un coste de 4266 euros, mientras que usando recuperadores de calor el coste es de 1968 euros. El ahorro en elementos de radiadores es, por tanto, de 2298 euros.

Usando recuperador de calor en la ventilación, disminuimos la potencia útil necesaria, pudiendo elegir una caldera de condensación de menor potencia, suponiendo un ahorro de 216 euros.

	Ventilación mecánica Convencional	Ventilación mecánica Recuperador de calor
Coste Ventilación	1706	5804
Coste Radiadores	4266	1968
Coste Caldera condensación	5281	5065
TOTAL	11253	12837

Fig. 4.8. Coste ventilación, radiadores y caldera de condensación usando ventilación mecánica convencional y ventilación mecánica con recuperador de calor Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, utilizar recuperadores de calor no supone un aumento importante en el coste de instalación, puesto que sólo se incrementa en 1584 euros.

- PÉRDIDAS POR RENOVACIONES DE AIRE

El motivo de usar menos elementos de radiadores para calefacción se debe, fundamentalmente, a la reducción de las pérdidas por renovación de aire. Como podemos observar en el Anejo de cálculo, se reducen las pérdidas por renovaciones de aire en 7500 W.

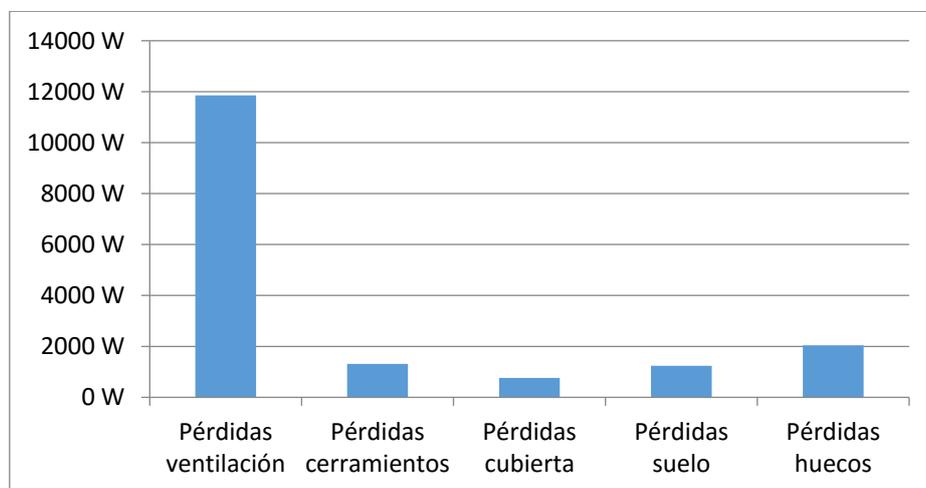


Fig. 4.9. Pérdidas por ventilación con ventilación mecánica convencional (W) Fuente: Elaboración propia

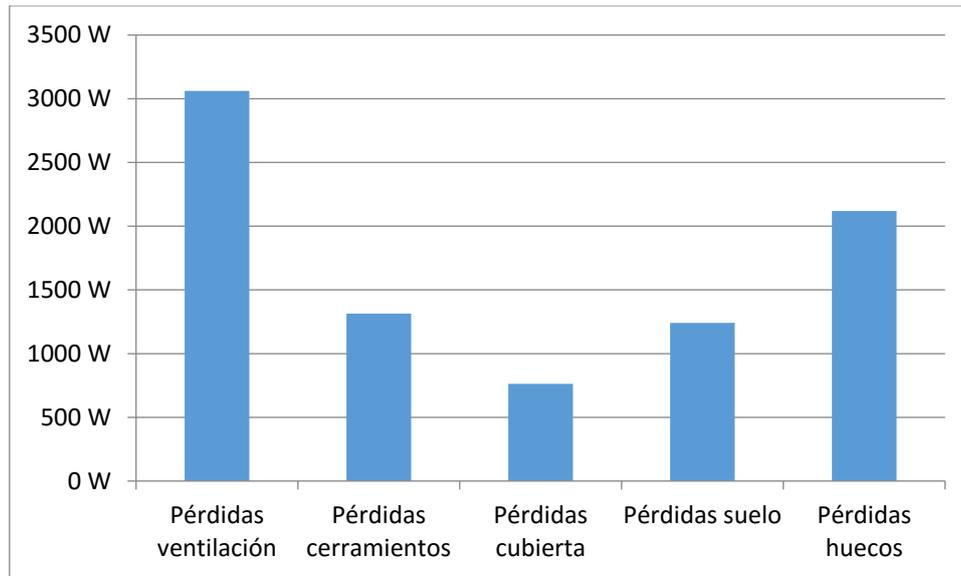


Fig. 4.10. Pérdidas por ventilación mecánica con recuperadores de calor (W)
Fuente: Elaboración propia

- CAUDAL DE IMPULSIÓN/RETORNO Y TEMPERATURA DE IMPULSIÓN

Del documento básico DB HS 3, podemos obtener los caudales mínimos de impulsión y extracción:

	Nº ocupantes por dependencia	Superficie útil de la dependencia en m ²	Caudal de ventilación mínimo exigido (l/s)qv	Total caudal de ventilación mínimo exigido (l/s)qv
Dormitorio 1	2	11,7	5 por ocupante	10,0
Dormitorio 2	2	13,6	5 por ocupante	10,0
Dormitorio 3	2	13,6	5 por ocupante	10,0
Dormitorio 4	2	15,4	5 por ocupante	10,0
Dormitorio 5	3	22,5	5 por ocupante	15,0
Sala	2	13,8	3 por ocupante	6,0
Salón comedor	9	20,7	3 por ocupante	27,0
Sala de juegos	9	19,5	3 por ocupante	27,0
			TOTAL	115,0
Baño 1		5,2	15 por local	15,0
Baño 2		4,6	15 por local	15,0
Baño 3		5,1	15 por local	15,0
Baño 4		4,2	15 por local	15,0
Baño 5		4,4	15 por local	15,0
Spa		14,8	15 por local	15,0
Cocina		14,8	2 por m2 útil	29,7
Sala		4,2	2 por m2 útil	8,4
			TOTAL	128,1

Fig. 4.11. Caudal ventilación mínimo exigido en l/s según DB HS 3
Fuente: Elaboración propia

- Zona 1. Recuperador 1

De ASHRAE, obtenemos los siguientes resultados.

	Presión Barométrica (kPa)	Bulbo Seco (°C)	Temperatura Punto de Rocío (°C)	Humedad Relativa (%)	Humidity Ratio (Kg/kga) X	Volumen específico (m3/Kga)	Flujo másico (kg/s)	Caudal (m3/s)	Cp (kJ/Kg K)
interior	92,9	21	10,2	50	0,00844	0,922	0,01735358	0,016	1,016
exterior	92,9	-4	-6,6	80	0,00235	0,835	0,01916168	0,016	1,007

Puesto que el caudal de impulsión extracción es de 57,6 m³/h, el rendimiento del recuperador de calor será del 91%.

La temperatura del aire de renovación impulsado se obtiene de plantear:

$$\varepsilon = \frac{m_e \times C_p \times (T_{e2} - T_{e1})}{m_i \times C_p \times (T_{i1} - T_{e1})}$$

- T_{e2} =16,8°C
- Caudal impulsión = 16 l/s
- Caudal retorno = 16 l/s

- Zona 2. Recuperador 2

De ASHRAE, obtenemos los siguientes resultados.

	Presión Barométrica (kPa)	Bulbo Seco (°C)	Temperatura Punto de Rocío (°C)	Humedad Relativa (%)	Humidity Ratio (Kg/kga) X	Volumen específico (m3/Kga)	Flujo másico (kg/s)	Caudal (m3/s)	Cp (kJ/Kg K)
interior	92,9	21	10,2	50	0,00844	0,922	0,04880694	0,045	1,016
exterior	92,9	-4	-6,6	80	0,00235	0,835	0,05389222	0,045	1,007

Puesto que el caudal de impulsión extracción es de 162 m³/h, el rendimiento del recuperador de calor será del 90%.

La temperatura del aire de renovación impulsado se obtiene de plantear:

$$\varepsilon = \frac{m_e \times C_p \times (T_{e2} - T_{e1})}{m_i \times C_p \times (T_{i1} - T_{e1})}$$

- T_{e2} =16,6°C
- Caudal impulsión = 45 l/s
- Caudal retorno = 45 l/s

- **Zona 3. Recuperador 3**

De ASHRAE, obtenemos los siguientes resultados.

	Presión Barométrica (kPa)	Bulbo Seco (°C)	Temperatura Punto de Rocío (°C)	Humedad Relativa (%)	Humidity Ratio (Kg/kga) X	Volumen específico (m3/Kga)	Flujo másico (kg/s)	Caudal (m3/s)	Cp (kJ/Kg K)
interior	92,9	21	10,2	50	0,00844	0,922	0,04880694	0,045	1,016
exterior	92,9	-4	-6,6	80	0,00235	0,835	0,0742515	0,062	1,007

El rendimiento del recuperador de calor será del 90%.

La temperatura del aire de renovación impulsado se obtiene de plantear:

$$\varepsilon = \frac{m_e \times C_p \times (T_{e2} - T_{e1})}{m_i \times C_p \times (T_{i1} - T_{e1})}$$

- $T_{e2} = 10,9^{\circ}\text{C}$
- Caudal impulsión = 62 l/s
- Caudal retorno = 45 l/s

- **Zona 4**

Según lo indicado en la norma UNE-EN 13779, el aire de la zona del Spa pertenece a la clasificación de ETA 3 y se tiene que extraer por un conducto independiente con ventilación mecánica. El aire de impulsión se introducirá a través de la abertura de la puerta, desde los espacios de la zona 3. El aire del spa será extraído mediante ventilación mecánica.

Puesto que la calefacción funciona por zonas, se puede dar el caso de que la zona 3 no esté calefactado y, por lo tanto, no se estaría introduciendo aire en el spa a 8°C .

• SISTEMAS DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR

Los elementos del sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor, se han obtenido del catálogo de Soler y Palau. El esquema de funcionamiento se puede observar en los planos de los Anejos.

El aire de impulsión

- El aire se introducirá por la cubierta a través de una toma de aire modelo TAT. Habrá un total de 3 tomas de aire.
- El aire se conducirá hasta el recuperador de calor, mediante unos conductos rígidos aislados de 160 mm de diámetro, modelo GPRISO. Cada conductor medirá un metro aproximadamente, y habrá un total de 3 conductos.

- Se hará el aire exterior por un recuperador de calor serie DOMEO 210 FL. Es un recuperador de doble flujo, con recuperación de calor tipo contraflujo de alto rendimiento y motor EC de corriente continua a caudal constante de muy bajo consumo. En las noches de verano, cuando el aire exterior es más frío que el aire interior, éste no pasa por el intercambiador. Se accionaría el by-pass de forma automática y el aire sería impulsado directamente hacia el interior de la casa. Habrá un total de 3 recuperadores de calor.
- Una vez pasado el aire por el intercambiador de calor, se conducirá hacia el plenum mediante conductos GP ISO, flexibles aislados de PVC gris de 125 mm de diámetro. Están protegidos por una capa aislante de fibra de vidrio y recubiertos por una capa de polietileno.
- El caudal de aire se distribuye mediante un PLENUM DF 4, compuesto con 4 embocaduras de impulsión de 80 mm de diámetro.
- El aire se distribuye hacia dormitorios y salas mediante conductos GP ISO, flexibles aislados de PVC gris de 80 mm de diámetro. Están protegidos por una capa aislante de fibra de vidrio y recubiertos por una capa de polietileno.
- Se colocarán reguladores de caudal modelo RD en las bocas de impulsión BDOP.

El aire de extracción

- El aire se extraerá mediante bocas de extracción BDOP, colocadas en los baños y en las cocinas.
- Después se conducirá hacia el plenum mediante conductos GP ISO, flexibles aislados de PVC gris, de 80 mm de diámetro (150 mm de diámetro si es de la campana extractora). Están protegidos por una capa aislante de fibra de vidrio y recubiertos por una capa de polietileno.
- El aire se recoge mediante un PLENUM DF 6+1 compuesto con 6 embocaduras con diámetro de 80 mm y de 150 mm. Tiene una embocadura en su parte trasera de 150 mm de diámetro.
- El aire se dirigirá hacia el recuperador de calor, mediante conductos GP ISO, flexibles aislados de PVC gris, de 150 mm de diámetro. Están protegidos por una capa aislante de fibra de vidrio y recubiertos por una capa de polietileno.
- Se hará pasar al aire interior por un recuperador de calor serie DOMEO 210 FL. Es un recuperador de doble flujo, con recuperador de calor tipo contraflujo de alto rendimiento y motor EC de corriente continua a caudal constante, de muy bajo consumo.
- El aire se conducirá hasta el exterior, mediante unos conductos rígidos aislados de 160 mm de diámetro modelo GPRISO. Cada conductor medirá un metro aproximadamente y habrá un total de 3 conductos.
- El aire se expulsará al exterior por la cubierta a través de un sombrero de tejado modelo CT. Habrá un total de 3.

4.4.3 CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE ACS

Los elementos del sistema de calefacción y producción de ACS se han seleccionado del catálogo de Vaillant. Los emisores de calor se han seleccionado del catálogo de Baxi Roca. El esquema de funcionamiento se puede observar en los planos de los Anejos.

- DEPOSITO DE MULTIENERGÍA E INTERCAMBIADORES DE CALOR

El depósito multifunción es un depósito de carga por estratificación, que se comporta como si se tratara de dos depósitos independientes (ACS y calefacción). El sistema se controla mediante tres sensores que miden la temperatura del acumulador. Si la temperatura en uno o varios sensores supera el valor objetivo, se genera una necesidad de calor en las fuentes de calor. La fuente de calor proporciona calor de acuerdo con las necesidades y el calor generado se almacena en la capa correspondiente dentro del acumulador según su temperatura. Los consumidores de calor tales como los módulos de ACS y los circuitos de calefacción regulados, pueden hacer uso del suministro de calor del depósito de inercia en función de sus necesidades.

En cambio, los tres sensores de temperatura del acumulador activarían una señal de necesidad si no se alcanzara un valor objetivo. La carga del depósito se realiza de arriba abajo. Este sistema de carga permite obtener rápidamente calor utilizable, evitando así arranques innecesarios del generador auxiliar.

Los modelos seleccionados son:

- DEPÓSITO

Suministro e instalación de depósito marca VAILLANT, modelo allSTOR exclusiv VPS 800/3-5. Depósito acumulador de carga por estratificación de 778 litros realizado en acero. Exterior provisto de una capa de pintura de protección. 11 conexiones de carga y descarga, asignadas claramente a las diferentes zonas de acumulación: estación de carga solar, calderas, circuitos de calefacción, estación de agua corriente. Los elementos constructivos internos, lanzas y plancha de estratificación, facilitan una estratificación óptima. Mediante 4 vainas soldadas se pueden alojar las sondas necesarias en función del entorno del sistema. Aislamiento térmico de alta calidad de 90 mm de espesor compuesto por 2 mitades que una sola persona puede modelar y que se pueden montar fácilmente después de la instalación de los tubos. Peso 130 kg. Diámetro 790 mm. Altura 1832 mm.

- VÁLVULA ESTRATIFICADORA

Válvula estratificadora activa para carga zona ACS/calefacción del allSTOR VPS/3 Rp 1, 230V.

El módulo para el calentamiento instantáneo de ACS genera el agua caliente en el grado justo de temperatura deseada. El agua potable pasa a través de un intercambiador de placas en el que se produce el calentamiento higiénico al paso. El agua caliente se genera cuando se demandan en el punto de extracción más de 2 l/min de agua caliente. El sensor de flujo que está integrado en la estación registra la velocidad de extracción. Inmediatamente después de la detección del punto de extracción, la bomba de circulación del circuito del depósito de inercia y el mezclador del sistema electrónico de la estación de ACS se accionan. Como consecuencia, el calor del depósito de inercia se trasfiere al agua de consumo a través del intercambiador de calor de placas.

El modelo seleccionado es:

- MÓDULO PARA EL CALENTAMIENTO INSTANTÁNEO DE ACS

Módulo para el calentamiento instantáneo de ACS marca VAILLANT, modelo aguaFLOW exclusive VPM 40/45/2 W. Potencia máx. 109 kW. Capacidad 40 l/min (bomba de calor), 45 l/min (caldera). Intercambiador de calor de placas de acero inoxidable, soldaduras de cobre, estructura de placas con estampación especial para evitar los depósitos de cal. Aislamiento de EPP. Función opcional de protección contra la legionela para la desinfección. térmica de la red de tuberías de ACS y de circulación mediante el ajuste de valores (horario, temperatura y duración de la desinfección) mediante un regulador de sistema adecuado. Montaje sencillo directamente en el acumulador; alternativa de montaje mural. Regulación incorporada. Totalmente instalada.

• CALDERA DE CONDENSACIÓN GASOLEO C

Caldera de condensación icoVIT exclusiv VKO 156/3-7

• ENERGÍA SOLAR

Se incorporará un sistema de energía solar térmica como apoyo para la calefacción y producción de ACS. El modelo seleccionado es:

- CAPTADOR SOLAR

Captador solar térmico vertical para drenaje automático VFK 135 VD. Captador de superficie homogénea de 2,51 m² de superficie total. Bastidor de aluminio anodizado negro. Absorbedor de aluminio-cobre con recubrimiento altamente selectivo. Rendimiento (2,33m² absorbedor. Rendimiento: $\eta_{a0}=0,814$ $K1=2,64$ W/(m²K) $K2= 0,033$ W/(m²K²). Se colocarán 3 captadores en paralelo.

Las instalaciones de energía solar térmica son especialmente sensibles a los problemas originados por el exceso de temperatura: daños en los componentes de la instalación, fugas en uniones roscadas y soldadas, pérdida de fluido caloportador por la válvula de seguridad, sobrepresión en los componentes de la instalación, degradación del fluido caloportador o reducción de la energía producida por la no disponibilidad del sistema.

Esta problemática es especialmente acusada en instalaciones solares para apoyo a la calefacción e instalaciones para producción de ACS. En este tipo de instalaciones, especialmente si el grado de cobertura demandado es elevado, la instalación no queda totalmente protegida sin el uso de la tecnología drainback. El modelo seleccionado es:

- MÓDULO DE CARGA SOLAR CON TECNOLOGÍA DRAINBACK

Módulo de carga solar con tecnología Drainback con intercambiador de placas VAILLANT auroFLOW plus VPM 15 D Módulo de carga solar. Regulación solar integrada e indicación exacta del rendimiento solar. Adaptación totalmente automática a la instalación solar. Equipada con todos los componentes: Intercambiador de placas, Sondas de temperatura, Sensor de caudal, Bomba solar de alta eficiencia (modulante PWM), Bomba de carga del depósito, Dispositivo de llenado/purgado, Pantalla para visualizar el rendimiento solar y el estado de los componentes. Montaje sencillo sobre pared. Posibilidad de funcionar sin regulador adicional. Comunicación eBUS. Válido para campos de hasta 15 m² de captadores planos auroTHERM VFK 135 VD. Totalmente instalada.

Cuando se dan las condiciones adecuadas para la producción de energía solar se pone en marcha la bomba del circuito solar. Al ponerse en marcha la bomba, el aire que está en los captadores es desplazado por el fluido solar y se deposita en el vaso de drenaje del módulo drainback FLOW plus. Una vez completado el proceso de llenado el comportamiento del sistema es idéntico al de una instalación forzada tradicional.

Cuando el recurso solar no está disponible o el depósito de acumulación solar ha llegado a alcanzar su temperatura máxima la bomba se para. Al parar la bomba el circuito solar deja de estar presurizado y por gravedad el fluido solar en los captadores cae hasta el módulo auro flow plus, donde es recogido en el vaso de drenaje y el aire sube hasta los captadores. De esta forma, el sistema solar queda protegido contra la sobre temperatura. Al no llegar a estancar nunca, la instalación está siempre lista para empezar a producir energía en cuanto vuelvan a darse las condiciones adecuadas, sin tener que esperar a que la fase de estancamiento pase y el fluido solar en los captadores condense.

- EMISORES DE CALOR

En la tabla mostrada a continuación se han indicado las pérdidas que se producen en cada estancia, así como los modelos de emisores seleccionados y su potencia total.

Las características de los emisores seleccionados son:

ZONA DE CALEFACCIÓN 1			
ESTANCIA	PERDIDA W	EMISORES	POTENCIA W
Dormitorio 1	615,64	DUBAL 60 6e	724,8
Baño 1	251,17	CL 50-800	389
Sala	834,41	DUBAL 60 7e	845,6
		TOTAL	1959,4
ZONA DE CALEFACCIÓN 2			
ESTANCIA	PERDIDA W	EMISORES	POTENCIA W
Dormitorio 2	805,89	DUBAL 60 7e	845,6
Baño 2	308,57	CL 50-800	389
Vestíbulo	150,08	DUBAL 60 3e	362,4
Distribuidor	498,25	DUBAL 60 5e	604
Salón comedor	968,20	DUBAL 80 7e	1088,5
Cocina	488,27	DUBAL 80 4e	622
		TOTAL	3911,5
ZONA DE CALEFACCIÓN 3			
ESTANCIA	PERDIDA W	EMISORES	POTENCIA W
Dormitorio 3	486,52	DUBAL 60 5e	604
Baño 3	260,95	CL 50-800	389
Distribuidor	435,39	DUBAL 60 4e	483,2
Dormitorio 4	487,03	DUBAL 60 5e	604
Dormitorio 5	635,36	DUBAL 60 6e	724,8
Baño 4	212,51	CL 50-800	389
Baño 5	220,12	CL 50-800	389
Sala de juegos	904,03	DUBAL 60 8e	966,4
		TOTAL	4549,4
ZONA DE CALEFACCIÓN 4			
ESTANCIA	PERDIDA W	EMISORES	POTENCIA W
SPA	890,98	CL 50-1800	907
		TOTAL	11327,3

Fig. 4.12. Elementos de calefacción de las estancias

Fuente: Elaboración propia

- Elemento de aluminio inyectado modelo DUBAL -80 acoplables entre sí de potencia 155,5 W y DUBAL -60 acoplables entre sí de potencia 120,8 W; para diferencia de temperatura media entre emisor y ambiente de 50°C, probado a 6 bar de presión, acabado en doble capa (una de imprimación por inmersión y la segunda de polvo epoxi color blanco-marfil); secado al horno; equipado de p.p. llave monogiro de 3/8", tapones detentores y purgador automático, así como p.p. de accesorios de montaje: tapones, pintados y cincados con

rosca a derecha o izquierda, reducciones, juntas, soportes, manguitos y juntas para la ampliación de elementos, y spray pintura para retoques.

- Elemento de aluminio inyectado modelo DUBAL CL 50-1800 de potencia 907 W y CL 50-800 de potencia 389 W; para diferencia de temperatura media entre emisor y ambiente de 50°C, probado a 8 bar de presión, acabado en doble capa, una de imprimación por inmersión y la segunda de polvo epoxi color blanco-marfil); secado al horno; equipado de p.p. llave monogiro de 3/8", tapones detentores y purgador automático, así como p.p. de accesorios de montaje: tapones, pintados y cincados con rosca a derecha o izquierda, reducciones, juntas, soportes, manguitos y juntas para la ampliación de elementos, y spray pintura para retoques.

4.4.4 REGULACIÓN Y CONTROL

- TERMOSTATOS

Cada zona estará controlada por un termostato programable. La ubicación de los termostatos y sus condiciones son:

- TERMOSTATO ZONA 1

El termostato de la zona 1 se situará en la Sala. En épocas de ocupación tendrá una temperatura de consigna de 21 °C. Cuando el apartamento no esté ocupado ésta será de 15 °C.

- TERMOSTATO ZONA 2

El termostato de la zona 2 se situará en el Distribuidor de la planta baja. En épocas de ocupación tendrá una temperatura de consigna de 20 °C. Cuando la casa no esté ocupada ésta será de 15 °C.

- TERMOSTATO ZONA 3

El termostato de la zona 3 se situará en el Distribuidor de la planta primera. En épocas de ocupación tendrá una temperatura de consigna de 20 °C. Cuando la casa no esté ocupada ésta será de 15 °C.

- TERMOSTATO ZONA 4

El termostato de la zona 4 se situará en el Spa. En épocas de ocupación tendrá una temperatura de consigna de 23 °C. Cuando no esté ocupado ésta será de 15 °C.

- VÁLVULAS TERMOREGULABLES

Se instalarán válvulas termoregulables en los radiadores de los dormitorios 2, 3, 4 y 5 y en los radiadores de los baños 2, 3, 4 y 5. De esta manera, cuando la casa rural tenga ocupación, las zonas comunes estarán calefactadas y los dormitorios y baños tendrán las siguientes temperaturas de consigna:

- DORMITORIOS

Tendrán una temperatura de consigna de 21 °C cuando estén ocupados y de 19°C cuando no estén ocupados.

- BAÑOS

Tendrán una temperatura de consigna de 23 °C cuando estén ocupados y de 19°C cuando no estén ocupados.

- DEPÓSITO DE ESTRATIFICACIÓN

El calor acumulado mediante los captadores solares en el depósito de estratificación se disipará en los emisores de la casa rural cuando la temperatura baje de los 20 °C. De esta forma, se aprovechará el calor acumulado durante el día.

PARTE 5: MEMORIA TÉCNICA DEL CASO ESTUDIO

5.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

5.1.1 INFORMACIÓN PREVIA

- ANTECEDENTES Y CONDICIONES DE PARTIDA

Por encargo del Promotor, en nombre propio y en calidad de propietario, se redacta el presente Proyecto Básico y de Ejecución de rehabilitación y reforma de vivienda unifamiliar para casa de turismo rural. La obra proyectada es de promoción privada.

Se recibe por parte del promotor el encargo de redactar el proyecto básico de una rehabilitación y reforma de una vivienda unifamiliar situada en la calle de Ángel de la Vega 4, en Granja de Moreruela, Zamora. La parcela se encuentra situada dentro del casco urbano consolidado. La tipología edificatoria es la manzana cerrada. La vivienda se organiza en dos plantas sobre rasante, la baja y la primera. El proyecto propone la rehabilitación, reforma y ampliación de la vivienda existente, en su misma ubicación.

Además de las características físicas del terreno, no existen otros condicionantes de partida en el diseño de la vivienda que las propias consideraciones funcionales de un programa de vivienda para primera residencia, a petición de la propiedad.

- EMPLAZAMIENTO Y ENTORNO FÍSICO

Emplazamiento

Dirección: Avd. Ángel de la Vega, 4

Localidad: Granja de Moreruela. ZAMORA

CP: 49740

Entorno físico

El solar está ubicado junto a la carretera nacional que atraviesa el núcleo urbano. Es sensiblemente horizontal. Tiene tres de sus lados lindando con otras tantas vías públicas. La referencia de la parcela catastral es 2523902TM7322S0001A1.

5.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

• DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

Se trata de una casa de turismo rural de dos plantas sobre rasante. La solución adoptada es una consecuencia de las siguientes consideraciones:

- Obtener un edificio con un diseño tradicional e integrado en el entorno, con materiales y soluciones constructivas y materiales propios de la zona.
- Situar en la planta baja y primera la vivienda para que dispongan de las condiciones de salubridad, ventilación e iluminación necesarias.
- Se dejará un patio en el acceso posterior, para luces y salida directa desde el salón y cocina.

El edificio se organiza de forma racional y sencilla en base a esquemas requeridos por el cliente y adaptándose a la geometría del solar. El acceso se mantiene por la fachada hacia la carretera y por la calle opuesta, como está actualmente.

Las soluciones constructivas, materiales, colores y acabados empleados, son los propios de la Arquitectura Popular de la zona, enriquecida con algunos materiales y soluciones que se practican actualmente.

• PROGRAMA DE NECESIDADES

El programa de necesidades que se recibe por parte de la propiedad para la redacción del presente proyecto se refiere a una casa rural, de dos plantas.

• USO CARACTERÍSTICO

El edificio solo podrá destinarse a los usos previstos en el proyecto. La dedicación de algunas de sus dependencias a un uso distinto del proyectado requerirá de un proyecto de reforma y cambio de uso que será objeto de licencia nueva. Este cambio de uso será posible siempre y cuando lo permita la normativa vigente y el nuevo destino no altere las condiciones del resto del edificio ni sobrecargue las prestaciones iniciales del mismo en cuanto a estructura, instalaciones, etc.

Las dependencias únicamente podrán usarse según lo grafiado en los planos de usos y superficies. Las instalaciones se diseñan para los usos previstos en proyecto.

5.2 MEMORIA CONSTRUCTIVA

5.2.1 SISTEMA ENVOLVENTE

Definición constructiva de los distintos subsistemas de la envolvente del edificio, con descripción de su comportamiento frente a las acciones a las que está sometido (peso propio, viento, sismo, etc.), frente al fuego, seguridad de uso, evacuación de agua y comportamiento frente a la humedad, aislamiento térmico y sus bases de cálculo.

Definición del aislamiento térmico de dichos subsistemas, la demanda energética máxima prevista del edificio para condiciones de verano e invierno y su eficiencia energética en función del rendimiento energético de las instalaciones proyectadas según el Apartado 6 de Subsistema de acondicionamiento e instalaciones.

Todos los componentes de la envolvente del edificio están situados sobre rasante, no existiendo ninguno bajo rasante.

Los tipos de aislamiento térmico y sus espesores, así como los vidrios y marcos de las carpinterías, se han elegido mediante la herramienta unificada líder-calener, para cumplir el Código Técnico de la Edificación, el Documento Básico de Ahorro de Energía. DB HE 1, limitación de la demanda energética.

- SUBSISTEMAS FACHADAS

Elementos M1: Fachada a ambiente exterior 1 pié de L.P.

Elementos M1: Fachadas a exterior	
Definición constructiva: Cerramiento de 2 hojas de ladrillo cerámico formado por: 1 Pié de ladrillo perforado (Ladrillo P 1ª - 24x11,5x10 – R 100) unidos con armadura de tendel de celosía de acero galvanizado de 5 mm. de diámetro, enfoscadas interiormente con mortero de cemento hidrófugo, cámara de separación de 10 cm. donde se alojará el aislante térmico a base de paneles de poliestireno extruido de 10 cm. de espesor y trasdosado interior con tabicón de ladrillo hueco doble (Ladrillo H 2ª - 24x11,5x9 – R 50). Ancho total 46 cm.	
Los ladrillos irán recibidos con mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N con una dosificación de 1:6. La relación agua/cemento no será superior a 0,5.	
Para los huecos se utilizarán carpinterías de aluminio lacado con rotura de puente térmico, marca CORTIZO, sistema GALICIA, con doble acristalamiento climalit de baja emisividad 4+18+4 mm. y climalit baja emisividad 3+3/10/4 con la luna exterior laminada, colocados con juntas de caucho sintético EPDM. Se sellarán para evitar infiltraciones y exfiltraciones de aire.	
Comportamiento y bases de cálculo de los elementos M1 frente a:	
Aislamiento térmico: Limitación de la demanda energética según DB HE 1: Valores de transmitancias:	
De fachadas:	0,26 W/m² K
De marcos de huecos:	2,10 W/m² K
De vidrios de huecos:	1,40 W/m² K
De puentes térmicos de contorno de huecos:	----- W/m² K

- SUBSISTEMA CUBIERTA

Elementos C1: Cubierta a exterior

Elemento C1: Cubierta a exterior
<p>Definición constructiva: Cubierta inclinada con pendientes del 20°. Los faldones de cubierta se construirán con tabiques palomeros apoyados sobre el forjado de cubierta. Entre los tabiques palomeros se extenderá dos paneles de fieltro ligero de lana de vidrio pegado sobre papel alquitranado tipo IBR-70 de Isover de 14 cm. de espesor en total. Sobre los tabiques se colocará un tablero cerámico machihembrado de 100x30x4 cm., una capa de compresión de mortero de cemento 1/6 (M-40) de 4 cm. de espesor con mallazo de reparto, enrastrelado de madera. La cobertura se hará con teja cerámica mixta colocada sobre rastreles de madera y con masilla de poliuretano.</p> <p>Ho hay huecos ni lucernarios.</p>
Comportamiento y bases de cálculo del elemento C1 frente a:
<p>Aislamiento térmico: Limitación de la demanda energética según DB HE 1: Valor de transmitancia de la cubierta: 0,2 W/m² K</p>

- SUBSISTEMA SUELOS

Elementos S1: Suelo en contacto con cámaras sanitarias

Elemento S1: Suelo en contacto con cámaras sanitarias
<p>Definición constructiva: Suelo de la vivienda. Suelo elevado formado por forjado autoportante de 25+5 cm., con aislamiento térmico formado por una lámina de poliestireno extruido de 5 cm. de espesor, capa de mortero de 9 cm. de espesor medio. Los acabados se describen en el Apartado 5. Espesor total 41 cm. incluido pavimento de acabado.</p>
Comportamiento y bases de cálculo del elemento S1 frente a:
<p>Aislamiento térmico: Limitación de la demanda energética según DB HE 1: Valor de transmitancia del suelo: 0,44 W/m² K</p>

5.3 CUMPLIMIENTO DEL CTE

5.3.1 CTE-HS SALUBRIDAD

- HS 3: CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

“Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.”

“Para limitar el riesgo de contaminación del aire interior de los edificios y del entorno exterior en fachadas y patios, la evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se producirá con carácter general por la cubierta del edificio, con independencia del tipo de combustible y del aparato que se utilice, y de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas.”

Caracterización y cuantificación de las exigencias

	Nº ocupantes por dependencia	Superficie útil de la dependencia	Caudal de ventilación mínimo exigido (l/s)qv	Total caudal de ventilación mínimo exigido (l/s)qv
Dormitorio 1	2	11,69	5 por ocupante	10
Dormitorio 2	2	13,62	5 por ocupante	10
Dormitorio 3	2	13,62	5 por ocupante	10
Dormitorio 4	2	15,36	5 por ocupante	10
Dormitorio 5	3	22,54	5 por ocupante	15
Sala	2	13,79	3 por ocupante	6
Salón comedor	9	20,74	3 por ocupante	27
Sala de juegos	9	19,49	3 por ocupante	27
			TOTAL	115
Baño 1		5,17	15 por local	15
Baño 2		4,57	15 por local	15
Baño 3		5,08	15 por local	15
Baño 4		4,15	15 por local	15
Baño 5		4,35	15 por local	15
Spa		14,79	15 por local	15
Cocina		14,83	2 por m2 útil	29,66
Sala		4,2	2 por m2 útil	8,4
			TOTAL	128,06

Fig. 5.1. Caudal de ventilación mínimo exigido de cada estancia. Valores obtenidos de la tabla 2.1 del DB HS3

“En el caso que la cocina disponga de un sistema de cocción por combustión, o esté dotada de una caldera no estanca, el caudal de ventilación mínimo se incrementará en 8 l/s.”

Diseño de viviendas

“El sistema de ventilación de la vivienda será mecánico, con circulación del aire de los locales secos a los húmedos.”

“Los dormitorios y la sala de estar-comedor tendrán carpinterías exteriores de clase 4 (según norma UNE EN 12207:2000), con aberturas de admisión (AA), aberturas dotadas de aireadores o aperturas fijas de la carpintería que comunican directamente con el exterior a un espacio en cuya planta puede inscribirse un círculo de diámetro mayor de 4 m. Disponen, además, de un sistema de ventilación complementario de ventilación natural por la carpintería exterior practicable. Las particiones entre los locales secos y húmedos disponen de aperturas de paso.”

“La cocina y los cuartos de baño exteriores tendrán carpinterías exteriores de clase 4 (según norma UNE EN 12207:2000), con aberturas de extracción (AE) conectadas a conductos de extracción. Disponen además, de un sistema de ventilación complementario de ventilación natural por la carpintería exterior practicable.”

“La cocina debe disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Se dispondrá de un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de la ventilación general de la vivienda que no puede utilizarse para la extracción de aire de locales de otro uso.”

Dimensionado

Aberturas de ventilación								
Las aberturas de admisión y extracción serán autorregulables.								
	Nº personas	Superficie útil	Caudales (l/s)			Aberturas (cm ²)		
			Unitario	Mínimo	Equilibrio	Admisión	De paso	Extracción
Sala	2		3	6	27	108	216	
Salón	9		3	27	30	120	240	
Sala juegos	9		3	27	30	120	240	
Dormitorio 1	2		5	10	10	40	80	
Dormitorio 2	2		5	10	10	40	80	
Dormitorio 3	2		5	10	10	40	80	
Dormitorio 4	2		5	10	10	40	80	
Dormitorio 5	3		5	15	15	60	120	
Cocina		14,56	-2	-30	-30		240	120
Sala		3,05	-2	-7	-30		240	120
Baño 1			-15	-15	-15		120	60
Baño 2			-15	-15	-15		120	60
Baño 3			-15	-15	-15		120	60
Baño 4			-15	-15	-15		120	60
Baño 5			-15	-15	-15		120	60
Spa			-30	-30	-34		272	136

Fig. 5.2. Aberturas admisión y extracción. Valores obtenidos de la tabla 4.1 del DB HS3

Conductos de extracción/impulsión

“Cuando los conductos se dispongan contiguos a un local habitable, salvo que estén en cubierta o en locales de instalaciones o en patinillos que cumplan las condiciones que establece el DB HR, la sección nominal de cada tramo del conducto de extracción debe ser como mínimo igual a la obtenida mediante la fórmula 4.1: se utilizarán aspiradores estáticos prefabricados dimensionados de acuerdo con el caudal extraído y para una depresión suficiente para contrarrestar las pérdidas de carga previstas del sistema. “

$$S \geq 2,5 \cdot q_{vt} \quad 4.1.$$

Aspiradores mecánicos

“Se utilizarán aspiradores estáticos prefabricados dimensionados de acuerdo con el caudal extraído y para una depresión suficiente para contrarrestar las pérdidas de carga previstas del sistema.”

Ventanas y puertas exteriores

“La superficie total practicable de las ventanas y puertas exteriores de cada local es mayor que 1/20 de la superficie útil del mismo” según apartado 4.4. del DB HS-3

Local / Estancia	Sup. Útil	Hueco practicable	Sup. practicable mínima	Sup. practicable
Salón-comedor	21,10m ²	H6	5,5 m ²	> 1,06 m ²
Sala	17,88 m ²	H8	4,5 m ²	> 0,89 m ²
Sala de juegos	19,78 m ²	H4 y H11	5,10 m ²	> 0,99 m ²
Cocina	14,56 m ²	H5	2,00 m ²	> 0,73 m ²
Dormitorio 1	12,70 m ²	H1	1,68 m ²	> 0,64 m ²
Dormitorio 2	15,05 m ²	H4	3,3 m ²	> 0,75 m ²
Dormitorio 3	15,18 m ²	H11	1,8 m ²	> 0,76 m ²
Dormitorio 4	15,36 m ²	H11	1,8 m ²	> 0,77 m ²
Dormitorio 5	22,52 m ²	2XH9	2,4 m ²	> 1,13 m ²
Baño 1	5,17 m ²	-	-	> 0,26m ²
Baño 2	4,53 m ²	H3	1,08 m ²	> 0,23 m ²
Baño 3	5,05 m ²	H10	1,2 m ²	> 0,25 m ²
Baño 4	4,21 m ²	H12	0,9 m ²	> 0,21 m ²
Baño 5	4,33 m ²	H12	0,9 m ²	> 0,21 m ²
Spa	19,78 m ²	H13 y H14	10 m ²	> 0,99 m ²

Tala 5. 3. Cumplimiento superficie total practicable de las ventanas, según apartado 4.4 del DB HS3

5.3.2 CTE-HE: AHORRO DE ENERGÍA

“El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento. (Artículo 15 de la Parte I de CTE).”

“El cumplimiento del Documento Básico de “Ahorro de energía” en edificios de viviendas de nueva construcción, se acredita mediante el cumplimiento de las 4 exigencias básicas HE y de la Guía de aplicación del CTE DAV-HE (Documento de Aplicación a edificios de uso residencial Vivienda). En el caso de la exigencia básica HE 2, se acredita mediante el cumplimiento del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).”

“Por ello, las diversas soluciones constructivas que se adopten y las instalaciones previstas, no podrán modificarse, ya que quedarían afectadas las exigencias básicas de ahorro de energía.”

- HE 0: LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

El cumplimiento de la HE 0 se encuentra desarrollado en el Anejo correspondiente.

- HE 1: LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

“Según la EXIGENCIA BÁSICA HE 1, los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.”

El cumplimiento de la HE 1 se encuentra desarrollado en el Anejo correspondiente.

- HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

“Según la EXIGENCIA BÁSICA HE 2, el edificio dispondrá de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Esta exigencia se desarrolla en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE.”

El cumplimiento de esta exigencia se justifica en la Ficha de cumplimiento del RITE – ITE, que se muestra a continuación.

ÁMBITO DE APLICACIÓN: Instalaciones térmicas no industriales de los edificios (calefacción, climatización y agua caliente sanitaria) de nueva planta o reforma.			
DATOS DEL PROYECTO			
OBRA:	CASA DE TURISMO RURAL AISLADA		
EMPLAZAMIENTO:	GRANJA DE MORERUELA. ZAMORA		
ESPECIFICACIONES			
<input checked="" type="checkbox"/> Nueva Planta <input type="checkbox"/> Reforma por cambio o inclusión de instalaciones <input type="checkbox"/> Reforma por cambio de uso del edificio			
DATOS DE LA INSTALACIÓN			
<input checked="" type="checkbox"/> INSTALACIONES INDIVIDUALES DE POTENCIA TÉRMICA NOMINAL MENOR QUE 70 kW (ITE 09) Esta instrucción fija las condiciones particulares que deben cumplir las instalaciones individuales de potencia térmica nominal menor que 70 kW. Para potencias iguales o superiores a dicho límite se estará a lo fijado para las instalaciones centralizadas en la instrucción técnica ITE 02.			
GENERADORES DE CALOR			
A.C.S.	Potencia en kW:	0	
Calefacción.	Potencia en kW:	0	
Mixtos.	Potencia en kW:	12	
GENERADORES DE FRÍO			
	Potencia en kW:	0	
<input checked="" type="checkbox"/> INSTALACIÓN ESPECÍFICA. Producción de A.C.S. por colectores solares planos (ITE10.1)			
Tipo de instalación: Captadores solares térmicos a medida según DB HE 4			
Sup. total de colectores: 7,05 m ²			
Caudal de diseño: 124 litros/h		Volumen del acumulador: 771 litros	
Potencia del equipo convencional auxiliar: 14 kw			

CHIMENEAS

SI	Chimenea individual modular metálica y según recomendaciones del fabricante
NO	Generadores de calor de sistemas de climatización con potencias menores de 10 Kw
SI	Generadores de calor de sistemas de climatización con potencias mayores de 10 Kw según UNE 123 100

SALAS DE MÁQUINAS. No tiene la consideración de sala de máquinas la dependencia donde se ubicará el grupo térmico, pues el equipo de generación de calor es una caldera autónoma y compacta con una potencia nominal inferior a 50 kW., conforme a la Instrucción ITE.02.7. En todo caso satisfará los requisitos mínimos de seguridad para las personas y los edificios donde se emplace y en el que se facilitarán las operaciones de mantenimiento y de la conducción.

Fig. 5.4. Ficha de cumplimiento del RITE – ITE

• **HE 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN**

“Según la EXIGENCIA BÁSICA HE 3, los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.”

Ámbito de aplicación:

En el interior de la vivienda proyectada no es exigible la justificación de la eficiencia energética de la instalación de iluminación, ni la definición de los sistemas de control del alumbrado, ni el plan de mantenimiento previsto, de acuerdo con el apartado 1.1, DB HE 3.

- HE 4 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

“Según la EXIGENCIA BÁSICA HE 4, en los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria en los que así se establezca en este CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio.”

Cuantificación de exigencias y datos de cálculo

Cálculo de la demanda	Uso:	Demanda de referencia:	A.C.S. a 60 °C
28 l/día por persona	Nº de dormitorios:	Residencial vivienda unifamiliar, demanda:	
	Nº de personas:		
	Caudal:		196 litros/día de ACS
Zona Climática	Zamora – Zona III		
Exigencias	Contribución solar mínima anual 50% , para una fuente energética de apoyo de gas natural		
	No se disminuye la contribución solar mínima por ninguna circunstancia especial.		

Cálculo de pérdidas por orientación, inclinación y sombras. Datos de localización

Disposición de los captadores en superposición arquitectónica (integrado cubierta).	
Máxima pérdida por orientación y sombras:	10%
Máxima pérdida por sombras:	0%
Máxima pérdida total:	10%
No existen edificios adyacentes que proyecten sombras sobre el emplazamiento de los captadores solares.	
Latitud del emplazamiento:	41,48° N
Ángulo de acimut previsto (α) para los captadores:	30°
Ángulo de inclinación (β) de los captadores:	20°
Pérdidas por orientación e inclinación (P_o):	10%
Pérdidas por sombras (P_s):	0,0%

Características generales de la edificación y de la instalación

Se proyecta una casa rural de dos plantas con una cubierta a 4 aguas, orientada a Suroeste con un ángulo de acimut de 30°, e inclinada 20° respecto a la horizontal.

Se proyecta un sistema de captadores solares a medida, con los captadores solares en la cubierta paralelos al faldón, y el resto de los componentes en el interior de la sala de calderas.

Esquema general de la instalación

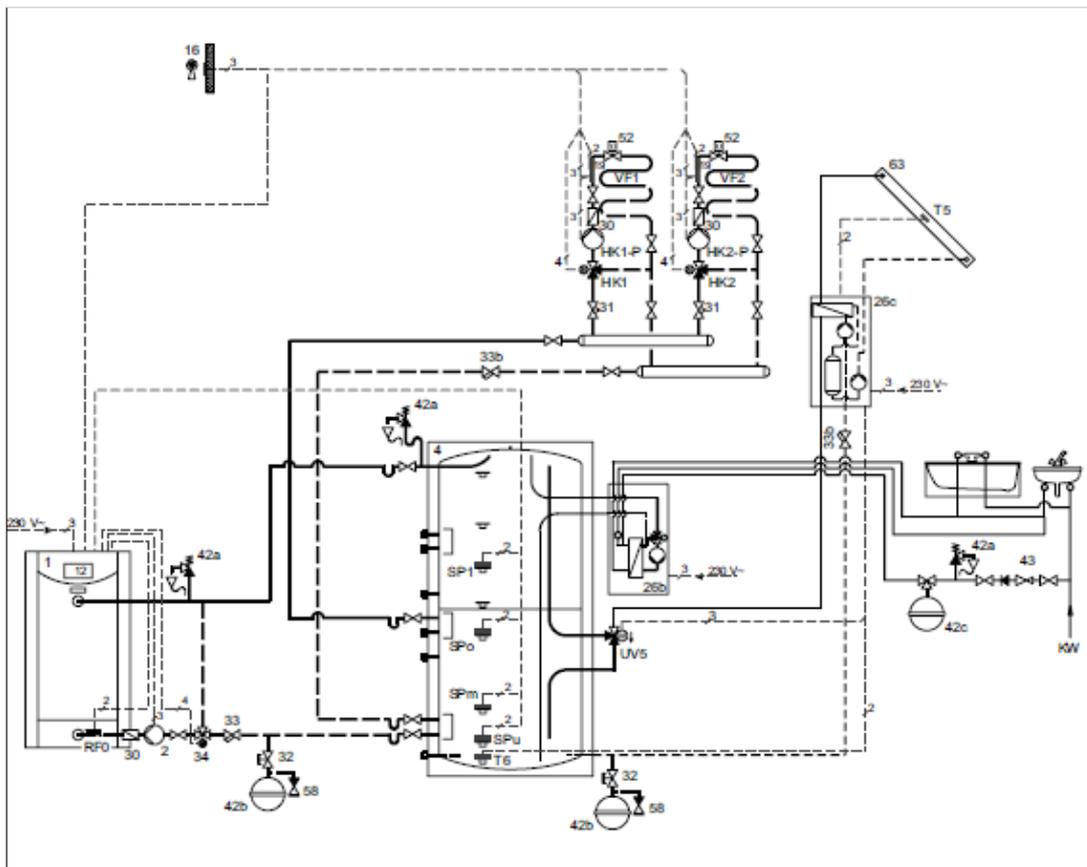


Fig. 5.6. Esquema de la instalación solar térmica.

Fuente: Vaillant

Cálculo de la demanda energética de la vivienda

La demanda de agua caliente sanitaria en viviendas unifamiliares se ha calculado a partir del número de ocupantes previsto, a razón de 28 litros de agua caliente a 60°C por persona y día, según DB-HE 4, apartado 4.1. El número de ocupantes se ha calculado, a su vez, a partir del número de dormitorios de la vivienda.

Para una vivienda de 5 dormitorios, se considera una ocupación de 7 personas, lo que representa un consumo de agua caliente de 196 litros/día a 60°C.

La demanda energética se calcula a partir del consumo de agua (en litros/día), la temperatura de referencia para el agua caliente (60°C) y las temperaturas mensuales del agua fría de red recogida en la publicaciones Instalaciones de Energía Solar Térmica de CENSOLAR (Centro de estudios de la energía solar), y Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE para la provincia de Zamora y que se indican a continuación.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	AÑO
T _{AF}	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,2

La demanda energética resultante es de **4.511 kWh/año**.

- **Elección de la fracción solar anual**

Se opta por una fracción solar mínima del 71%, mayor al 50% exigida por el CTE - HE para este emplazamiento y para una fuente energética de apoyo de gasóleo C, como medida tendente a un mayor ahorro energético.

- **Elección de la superficie de captadores solares**

El procedimiento para la determinación de la superficie de los captadores solares necesaria se realiza por el método de cálculo de CHEQ4.

Se emplearán tres captadores solares auroTHERM plus VFK 135 VD VAILLANT o similar con una superficie de 2,35 m² y con los siguientes coeficientes característicos:

Área (m ²)	= 2.35
n0 (-)	= 0.801
a1 (W/m ² · K)	= 3.761
a2 (W/m ² · K)	= 0.012
Q _{test} (l/hm ²)	= 52.6
K50	= 0.8

Aplicando el método de cálculo *CHEQ4*, el resultado final que se obtiene es el siguiente:

▪ Superficie de captación solar:	Sc = 7,05 m ²
▪ Capacidad del depósito de acumulación:	V = 771 Litros
▪ Demanda energética anual:	4.032 kWh/año
▪ Producción energética solar anual:	2.558 kWh/año
▪ Fracción solar anual obtenida:	F = 71 %
▪ Relación V / Sc:	109,27 litros/m ²

Nº de captadores seleccionados:	3
Superficie de captadores:	7,05 m²
Volumen de acumulación de ACS seleccionado:	771 litros

Situación de los captadores solares

Los captadores estarán situados sobre la cubierta de la vivienda paralelos al faldón, con una inclinación de 20°, y orientado al Sur con un ángulo de acimut de 30°. No existen elementos ni edificios colindantes próximos que puedan proyectar sombras sobre el captador.

Los captadores solares se conectarán entre sí en serie. El conjunto se equipará con un purgador en la parte superior y con válvulas de corte a la entrada y a la salida.

El cumplimiento de la HE 4, se encuentra desarrollado en el Anejo correspondiente.

- **HE 5 CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

“Según la EXIGENCIA BÁSICA HE 5, en los edificios que así se establezca en este CTE, se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red.”

Ámbito de aplicación

La edificación proyectada de uso Residencial de vivienda unifamiliar no se encuentra dentro del ámbito de aplicación por el que sea exigible la contribución fotovoltaica de energía eléctrica, de acuerdo con la tabla 1.1, DB HE 5.

PARTE 6: CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIONES

De lo analizado a lo largo trabajo se puede extraer las siguientes conclusiones generales:

- Desde que se aprobó el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático el 11 de diciembre de 1997, se inició una etapa de concienciación para limitar el fuerte impacto medioambiental que genera el uso de combustibles fósiles, y que se está traduciendo en problemas como el cambio climático, el deterioro de la capa de ozono, la deforestación de nuestros bosques y la pérdida de la biodiversidad.

Desde entonces se están desarrollo acuerdos y compromisos europeos y nacionales que pretenden fomentar la disminución progresiva del consumo de combustibles fósiles y su sustitución paulatina por energías limpias y renovables. Por tanto, es de relevante importancia el estudio y la investigación de los sistemas que emplean energías renovables.

- El sector residencial ocupa el tercer puesto en cuanto a consumos energéticos. Teniendo esto en cuenta, se puede afirmar que, dado su elevado consumo energético, este sector es susceptible de numerosas mejoras energéticas. Por ello, durante la etapa de proyecto de un edificio residencial es indispensable tener en cuenta las medidas de reducción de la demanda energética y limitación del consumo energético.
- Desde el punto de vista del proyecto de instalaciones, la climatización es el servicio que genera un mayor consumo y, por tanto, el más susceptible de mejoras. Una selección adecuada de los sistemas de climatización (características, costes, ahorros...) para cada caso de estudio concreto es fundamental para conseguir mayores ahorros económicos, una mayor reducción de la demanda energética y una mejora del confort de los usuarios.
- A la hora de realizar un proyecto de instalaciones de climatización de un edificio residencial es fundamental analizar y valorar una serie de datos generales como el uso del edificio, la ubicación o la climatología, así como datos concretos como los tiempos previstos de ocupación o los tiempos necesarios de respuesta a la demanda.

Es importante tener todos estos datos en cuenta a la hora de seleccionar los sistemas de climatización, ya que nos permitirá determinar cuáles son los más adecuados en función de esas necesidades concretas.

De lo analizado en el caso de estudio motivo del presente trabajo se extraen las siguientes conclusiones concretas:

- Debido a la necesidad de cumplir el Documento Básico HE 0 del Código Técnico de la Edificación, sobre Limitación del Consumo Energético, no cabe la posibilidad de emplear calefacción eléctrica en los edificios.

Según el apartado 1.1 del Documento Básico HE 0, la limitación del consumo energético en edificios de nueva construcción es de obligado cumplimiento. En el apartado 2.2.1 del citado Documento Básico, se establece un valor límite para el consumo de energía primaria no renovable, Cep,lim . Si calculásemos el Cep,lim en cualquier edificio que use sistemas de calefacción eléctrica, se superaría este valor límite fijado. Por lo tanto, en ningún caso se cumpliría la citada norma del CTE, de obligado cumplimiento.

- El cumplimiento de la limitación de la demanda de calefacción según el Documento Básico HE1 hace que, en los edificios que presentan una baja demanda de calefacción, los sistemas con costes anuales más bajos como aerotermia o geotermia necesiten periodos muy largos de amortización.
- El cumplimiento de la limitación de la demanda de calefacción según el Documento Básico HE 1 hace que, en los edificios que presentan una baja demanda de calefacción, los radiadores de baja temperatura necesiten un periodo largo de amortización con respecto a los radiadores de alta temperatura.

Por otra parte, los radiadores de Baja Temperatura presentan actualmente una serie de desventajas con respecto a los radiadores de Alta Temperatura: superficie ocupada, precio... . Además, se consideran más adecuados en climas con inviernos menos fríos. Por estas razones, no se han considerado adecuados para el caso de estudio en el contexto actual. No obstante, la evolución de su precio hace pensar que en pocos probablemente sean más competitivos.

- El sistema de suelo radiante presenta numerosas ventajas, pero debido a la elevada inercia térmica que posee hace que sea incompatible con el uso del caso de estudio y los tiempos de ocupación. Este hecho hace que se haya considerado inadecuado el sistema de calefacción por suelo radiante para el caso de estudio.
- La limitación de la transmitancia térmica de la envolvente del edificio, de cumplimiento según el Documento Básico HE 1, establece que no se superen unos valores establecidos para poder limitar la demanda energética.

En el caso de la ventilación, el Documento Básico HS 3 sobre calidad del aire interior establece que deben realizarse una serie de renovaciones mínimas de aire. Estas renovaciones se realizan con aire exterior que, al no ser tratado antes de incorporarlo, presenta una gran diferencia de temperatura con respecto al aire interior. Este hecho hace que las pérdidas caloríficas más importantes se produzcan por la ventilación, aumentando así la demanda energética del edificio. Este hecho parece dificultar el cumplimiento de las limitaciones de demanda energética.

- Ante el problema que supone la incorporación de aire exterior frío para las renovaciones de aire, se ha desarrollado el sistema de ventilación con recuperación de calor. Estos sistemas suponen un sobrecoste inicial en la instalación. No obstante, presentan un periodo de amortización muy corto con respecto a un sistema de ventilación mecánica convencional. Por tanto, son sistemas muy adecuados para su incorporación en los edificios del sector residencial.
- Durante los últimos dos años se ha producido un descenso notable en el precio del gasóleo C, llegando a situarse en enero del año 2016 en una situación de mínimos con respecto a los últimos años.

Esta inestabilidad en el precio del gasóleo C, unida a la reducción de la demanda de calefacción de los edificios a causa del cumplimiento de lo establecido en CTE hace que, a día de hoy, en los edificios con una baja demanda de calefacción el combustible gasóleo C resulte más rentable que la biomasa a corto y medio plazo.

6.2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las conclusiones de este trabajo sientan una serie de precedentes para futuras investigaciones. Una vez concluida la presente investigación se ha llegado a la conclusión de que existen una serie de puntos de relevancia que podrían ser analizados con más detalle:

- Desde la aparición de la normativa NBE-CT-79, se han ido publicando Directivas Europeas, normativas nacionales y normativas autonómicas, encaminadas a una limitación de la demanda de calefacción y refrigeración para conseguir consumos cada vez menores. Sería interesante analizar esta evolución que se ha ido dando con respecto a las demandas de calefacción y refrigeración en los edificios residenciales y su relación con el camino, cada vez más evidente, hacia el sistema de edificación pasiva o “passivhaus”.
- Con la investigación y el desarrollo progresivo de sistemas de instalaciones cada vez más eficientes se abre un debate interesante. Este debate plantea la relación que se está dando entre el aumento de costes de inversión inicial que suponen estos novedosos sistemas y los ahorros que generan una vez amortizada la inversión. Sería interesante profundizar más sobre este tema.

ANEJOS

ANEJO 1: DIMENSIONADO DE LAS POTENCIAS CALORÍFICAS EN CONDICIONES DE INVIERNO

ANEJO 2: VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

ANEJO 3: VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE4

ANEJO 4: CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

ANEJO 5: MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

ANEJO 6: PLANOS

ANEJO 1: DIMENSIONADO DE LAS POTENCIAS CALORÍFICAS EN CONDICIONES DE INVIERNO

Anejo 1. Dimensionado de potencias caloríficas en condiciones de invierno

Temperatura de cálculo.

De acuerdo a la norma UNE 24045, las temperaturas exteriores al local a considerar para el cálculo de cargas serán las siguientes:

LOCALIDAD	Temp. Exterior	Temp. Suelo	Temp. Local no calef.
Granja de Moreruela	-4 °C	6 °C	8

De acuerdo al RITE IT 1.1.4.1.2., en el que se especifica que:

Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD), según los siguientes casos:

Para personas con actividad metabólica sedentaria de 1,2 met. Con grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno y un PPD entre el 10 y el 15 %, los valores de la temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados a continuación

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23....25	45....60
Invierno	21....23	40....50

- Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) y Voto medio estimado (PMV).

Para las diferentes estancias de las casa, se han optado por las siguientes temperaturas de consigna en invierno

- Dormitorios: 21°C.
- Salas de estar: 21°C
- Spa y baños: 23°C

“Norma UNE-EN_ISO_7730=2006 Ergonomía del ambiente térmico”, con los datos establecidos anteriormente, ayudándonos de programa testo, se establece:

VARIABLES	Dormitorios	Salas de estar	Spa y baños
Resistencia térmica de la ropa (clo)	0.95	0.95	0.6
Actividad del trabajo (met)	1	1	1
Temperatura del aire (°C)	21	21	23
Temperatura del globo (°C)	23	23	25
Velocidad relativa (m/s)	0.5	0.5	0.5
Humedad relativa %	40	40	60
Diámetro termómetro del globo (mm)	150	150	150
Porcentaje de personas insatisfechas (PPM)	14,43	14,43	21.77
Voto medio estimado (PMV)	-0.67 ligeram. fresco	-0.67 ligeram. fresco	-0.89 ligeram. fresco

Pérdidas totales. P_T

Las pérdidas totales de una instalación se obtienen como sumatorio de las que se obtengan en cada uno de los posibles locales que conforman la edificación, esto es:

$$P_T = \sum (P_P + P_R - G_i) * C_M$$

Pérdidas por los paramentos delimitadores. P_P

$$P_P = S * K * \Delta t$$

- P_P = Pérdidas caloríficas de los paramentos en W
- S = Superficie del paramento en m².
- K = Coeficiente de transmisión térmica en W/ m²*°C
- Δt = Diferencia de temperaturas entre en local y el exterior

Pérdidas por renovaciones de aire. P_R

$$P_R = C * d * ce * \Delta t$$

- P_R = Pérdidas caloríficas por renovaciones de aire en W
- C = Caudal de aire necesario en m³/s
- d = densidad del aire 1,2 Kg/m³
- ce = Calor específico del aire W/ m²*°C
- Δt = Diferencia de temperaturas entre en local y el exterior

Coeficiente de mayoraciones. C_M

- En habitaciones con orientación N: 1,15
- En habitaciones con orientación S: 1,00
- En habitaciones con orientación E: 1,10
- En habitaciones con orientación O: 1,05
- Por habitaciones con más de una fachada: 1,05
- Por acción del viento en zonas muy expuestas: 1,10

PÉRDIDAS TOTALES SIN RECUPERADORES DE CALOR EN W

- Temperatura exterior: -4°C
- Temperatura locales no calefactados: 10°C
- Temperatura interior estancias: 21°C
- Temperatura interior baños y spa: 23°C
- Temperatura interior pasillos y distribuidor: 20°C

DORMITORIO 1											
Q _v	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m²)	V (m³)	Q _v (W)		
		0,013		-4,00	21,00	25,00	2,65	11,69	30,98	390,00	
Q _T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m²)	U (W/m² K)	Q _T (W)		
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	3,20	2,65	8,48	0,26	55,12		
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	3,62	2,65	7,84	0,26	50,96		
				H2	1,40	1,25	1,75	1,70	74,38		
	Suelo (S1)						11,69	0,44	128,59		
Coeficiente de mayoración			1,05						Q TOTAL	886,30	

DORMITORIO 2											
Q _v	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m²)	V (m³)	Q _v (W)		
		0,012		-4,00	21,00	25,00	2,65	15,00	39,75	360,00	
Q _T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m²)	U (W/m² K)	Q _T (W)		
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	2,00	2,65	5,30	0,26	34,45		
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	4,32	2,65	11,45	0,26	74,41		
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	3,20	2,65	5,18	0,26	33,67		
				H4	1,50	2,20	3,30	1,70	140,25		
	Suelo (S1)						15,00	0,44	165,00		
Coeficiente de mayoración			1,05						Q TOTAL	958,49	

DORMITORIO 3											
Q _v	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m²)	V (m³)	Q _v (W)		
		0,012		-4,00	21,00	25,00	2,65	15,06	39,91	360,00	
Q _T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m²)	U (W/m² K)	Q _T (W)		
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	4,32	2,65	11,45	0,26	74,41		
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	3,20	2,65	6,52	0,26	42,38		
				H11	1,50	1,25	1,88	1,70	79,69		
	Cubierta (C1)						15,06	0,2	75,30		
Coeficiente de mayoración			1,05						Q TOTAL	713,95	

DORMITORIO 4											
Q _v	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m²)	V (m³)	Q _v (W)		
		0,013		-4,00	21,00	25,00	2,65	15,36	40,70	390,00	
Q _T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m²)	U (W/m² K)	Q _T (W)		
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	3,97	2,65	10,52	0,26	68,38		
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	3,90	2,65	10,34	0,26	67,18		
				H11	1,50	1,25	1,88	1,70	79,69		
	Cubierta (C1)						15,36	0,2	76,80		
Coeficiente de mayoración			1,05						Q TOTAL	864,75	

DORMITORIO 5										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,015	-4,00	21,00	25,00	2,65	22,52	59,68	450,00		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	5,97	2,65	15,82	0,26	102,83	
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	3,74	2,65	9,91	0,26	64,42	
	Cubierta (C1)			H9	2,00	1,25	2,50	1,70	106,25	
							22,52	0,2	112,60	
Coeficiente de mayoración		1,05						Q TOTAL	1.060,08	

SALA										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,0084	-4,00	21,00	25,00	2,60	17,99	46,77	252,00		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	3,97	2,65	10,52	0,26	68,38	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	4,88	2,65	8,53	0,26	55,45	
	Suelo (S1)			H8	2,00	2,20	4,40	1,60	176,00	
							17,99	0,44	197,89	
Coeficiente de mayoración		1,05						Q TOTAL	950,55	

SALÓN COMEDOR										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,027	-4,00	21,00	25,00	2,60	21,10	54,86	810,00		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	5,22	2,65	13,83	0,26	89,91	
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	4,14	2,65	5,26	0,26	34,19	
	Suelo (S1)			H6	2,50	2,20	5,50	1,60	220,00	
							21,10	0,44	232,10	
Coeficiente de mayoración		1,05						Q TOTAL	1.566,50	

SALA DE JUEGOS										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,027	-4,00	21,00	25,00	2,60	19,78	51,43	810,00		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	5,12	2,65	11,51	0,26	74,82	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	H11	1,50	1,25	1,88	1,70	79,69	
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	4,14	2,65	5,26	0,26	34,19	
Cubierta (C1)			H4	2,50	2,20	5,50	1,70	233,75		
							19,78	0,2	98,90	
Coeficiente de mayoración		1,05						Q TOTAL	1.504,50	

BAÑO 1										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	5,17	12,41	486,00		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	2,44	2,65	6,47	0,26	45,39	
	Suelo (S1)						5,17	0,44	61,42	
Coeficiente de mayoración		1						Q TOTAL	681,73	

BAÑO 2									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	4,78	11,47	486,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	2,72	2,60	6,23	0,26	43,73
				H3	0,70	1,25	0,88	1,70	40,16
	Suelo (S1)						4,78	0,44	56,79
Coeficiente de mayoración			1,05	Q TOTAL					690,92

BAÑO 3									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	5,30	12,72	486,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	2,70	2,60	5,77	0,26	40,51
				H10	1,00	1,25	1,25	1,70	57,38
	Cubierta (C1)						5,30	0,2	28,62
Coeficiente de mayoración			1	Q TOTAL					643,13

BAÑO 4									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	4,21	10,10	486,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	1,60	2,65	3,22	0,26	22,60
				H12	0,75	1,25	0,94	1,70	43,03
	Cubierta (C1)						4,21	0,2	22,73
Coeficiente de mayoración			1	Q TOTAL					603,09

BAÑO 5									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	4,33	10,39	486,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	1,57	2,65	4,16	0,26	29,21
				H12	0,75	1,25	0,94	1,70	43,03
	Cubierta (C1)						4,33	0,2	23,38
Coeficiente de mayoración			1	Q TOTAL					610,70

COCINA									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,02966	-4,00	21,00	25,00	2,40	14,67	35,21	889,80	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	2,46	2,65	4,20	0,26	27,30
				H5	1,00	2,20	2,20	1,60	88,00
	Suelo (S1)						14,67	0,44	161,37
Coeficiente de mayoración			1	Q TOTAL					1.166,47

SPA										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015		-4,00	23,00	27,00	2,40	14,79	35,50	486,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	2,05	2,65	2,15	0,26	15,09	
				H48	1,48	2,15	3,18	1,60	137,46	
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	2,50	2,65	1,50	0,26	10,53	
				H13	2,32	2,15	4,99	1,60	215,48	
Cubierta (C1)						14,79	0,2	79,87		
Coeficiente de mayoración			1,05					Q TOTAL	1.067,27	

VESTÍBULO										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,027		-4,00	20,00	24,00	2,40	3,78	9,07	777,60	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Suelo (S1)						3,78	0,44	39,92	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	817,52	

DISTRIBUIDOR										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,02966		-4,00	20,00	24,00	2,40	12,45	29,88	854,21	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	2,57	2,60	2,65	0,26	16,54	
				H1	1,40	2,20	3,08	1,7	125,66	
Suelo (S1)						12,45	0,44	131,47		
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	1.127,88	

PASILLO										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015		-4,00	20,00	24,00	2,40	3,76	9,02	432,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Suelo (S1)						3,76	0,44	39,71	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	471,71	

DISTRIBUIDOR										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,045		-4,00	20,00	24,00	2,40	13,60	32,64	1.296,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	2,30	2,60	5,98	0,26	37,32	
				H9	2,00	1,25	2,50	1,70	102,00	
Cubierta (C1)						13,60	0,2	65,28		
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	1.575,62	

PASILLO 2										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015		-4,00	20,00	24,00	2,40	3,76	9,02	432,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cubierta (C1)						3,76	0,2	18,05	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	450,05	

PASILLO PRIVADO										
Q_v	Caudal de ventilación (m ³ /s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_v (W)		
	0,015	-4,00	20,00	24,00	2,40	2,59	6,22	432,00		
Q_T	Ubicación	Orientación	K	L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)		
	Suelo					2,59	0,44	27,35		
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	459,35	

- Pérdidas por Ventilación: 11852 W
- Pérdidas por Cerramientos: 1313 W
- Pérdidas por Cubierta: 763 W
- Pérdidas por Suelo: 1242 W
- Pérdidas por Huecos: 2042 W
- **Pérdidas Totales: 17212 W**
- **Pérdidas Totales mayoradas: 18870 W**

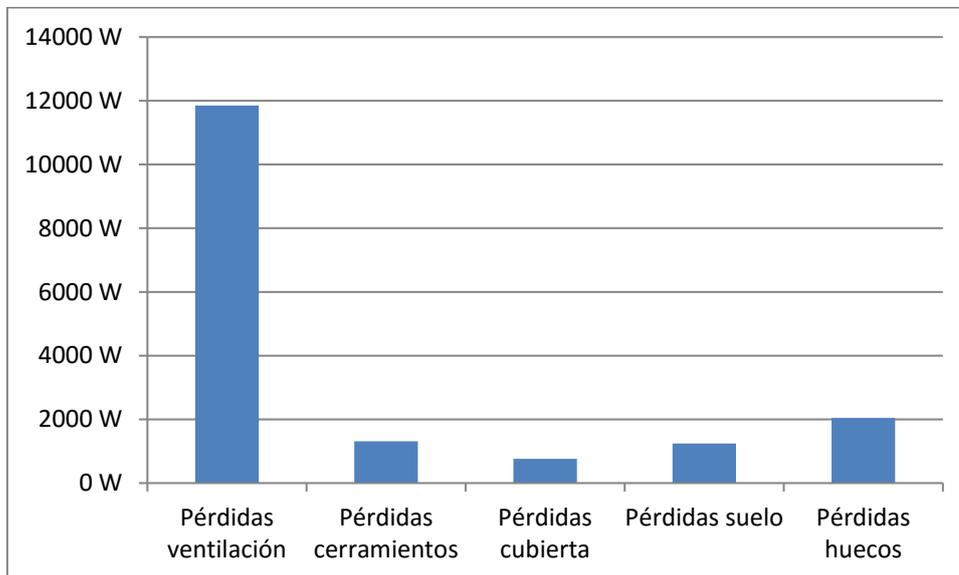


Fig. A1.1. Pérdidas por ventilación con ventilación mecánica convencional (W)

PÉRDIDAS TOTALES USANDO RECUPERADORES DE CALOR EN W

- Temperatura exterior: -4°C
- Temperatura locales no calefactados: 8°C
- Temperatura interior estancias: 21°C
- Temperatura interior baños y spa: 23°C
- Temperatura interior pasillos y distribuidor: 20°C
- Las temperaturas del aire de impulsión de las estancias, se han calculado en la parte 3.
- Se han considerado las infiltraciones por las carpinterías de clase 4.

DORMITORIO 1											
Q _v	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m²)	V (m³)	Q _v (W)		
		0,013		-4,00	21,00	25,00	2,65	11,69	30,98	109,52	
Q _T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m²)	U (W/m² K)	Q _T (W)		
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	3,20	2,65	8,48	0,26	55,12		
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	3,62	2,65	7,84	0,26	50,96		
				H2	1,40	1,25	1,75	1,70	74,38		
	Suelo (S1)						11,69	0,44	128,59		
Coeficiente de mayoración			1,05						Q TOTAL	530,69	

DORMITORIO 2											
Q _v	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m²)	V (m³)	Q _v (W)		
		0,012		-4,00	21,00	25,00	2,65	15,00	39,75	146,36	
Q _T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m²)	U (W/m² K)	Q _T (W)		
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	2,00	2,65	5,30	0,26	34,45		
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	4,32	2,65	11,45	0,26	74,41		
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	3,20	2,65	5,18	0,26	33,67		
				H4	1,50	2,20	3,30	1,70	140,25		
	Suelo (S1)						15,00	0,44	165,00		
Coeficiente de mayoración			1,05						Q TOTAL	704,99	

DORMITORIO 3											
Q _v	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m²)	V (m³)	Q _v (W)		
		0,012		-4,00	21,00	25,00	2,65	15,06	39,91	88,62	
Q _T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m²)	U (W/m² K)	Q _T (W)		
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	4,32	2,65	11,45	0,26	74,41		
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	3,20	2,65	6,52	0,26	42,38		
				H11	1,50	1,25	1,88	1,70	79,69		
	Cubierta (C1)						15,06	0,2	75,30		
Coeficiente de mayoración			1,05						Q TOTAL	407,27	

DORMITORIO 4											
Q _v	Caudal de ventilación (m3/s)		Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m²)	V (m³)	Q _v (W)		
		0,013		-4,00	21,00	25,00	2,65	15,36	40,70	92,08	
Q _T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m²)	U (W/m² K)	Q _T (W)		
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	3,97	2,65	10,52	0,26	68,38		
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	3,90	2,65	10,34	0,26	67,18		
				H11	1,50	1,25	1,88	1,70	79,69		
	Cubierta (C1)						15,36	0,2	76,80		
Coeficiente de mayoración			1,05						Q TOTAL	487,03	

DORMITORIO 5										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,015	-4,00	21,00	25,00	2,65	22,52	59,68	115,02		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	5,97	2,65	15,82	0,26	102,83	
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	3,74	2,65	9,91	0,26	64,42	
	Cubierta (C1)			H9	2,00	1,25	2,50	1,70	106,25	
							22,52	0,2	112,60	
Coeficiente de mayoración			1,05					Q TOTAL	635,36	

SALA										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,01	-4,00	21,00	25,00	2,60	17,99	46,77	160,40		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	3,97	2,65	10,52	0,26	68,38	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	4,88	2,65	8,53	0,26	55,45	
	Suelo (S1)			H8	2,00	2,20	4,40	1,60	176,00	
							17,99	0,44	197,89	
Coeficiente de mayoración			1,05					Q TOTAL	834,41	

SALÓN COMEDOR										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,027	-4,00	21,00	25,00	2,60	21,10	54,86	280,56		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	5,22	2,65	13,83	0,26	89,91	
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	4,14	2,65	5,26	0,26	34,19	
	Suelo (S1)			H6	2,50	2,20	5,50	1,60	220,00	
							21,10	0,44	232,10	
Coeficiente de mayoración			1,05					Q TOTAL	968,20	

SALA DE JUEGOS										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,027	-4,00	21,00	25,00	2,60	19,78	51,43	278,64		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	5,12	2,65	11,51	0,26	74,82	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	H11	1,50	1,25	1,88	1,70	79,69	
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	4,14	2,65	5,26	0,26	34,19	
Cubierta (C1)			H4	2,50	2,20	5,50	1,70	233,75		
							19,78	0,2	98,90	
Coeficiente de mayoración			1,05					Q TOTAL	904,03	

BAÑO 1										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	5,17	12,41	111,60		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	N	1,15	Total	2,44	2,65	6,47	0,26	45,39	
	Suelo (S1)						5,17	0,44	61,42	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	251,17	

BAÑO 2										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	4,78	11,47	139,20		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	2,72	2,60	6,23	0,26	43,73	
				H3	0,70	1,25	0,88	1,70	40,16	
	Suelo (S1)						4,78	0,44	56,79	
Coeficiente de mayoración			1,05					Q TOTAL	308,57	

BAÑO 3										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	5,30	12,72	122,02		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	2,70	2,60	5,77	0,26	40,51	
				H10	1,00	1,25	1,25	1,70	57,38	
	Cubierta (C1)						5,30	0,2	28,62	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	260,95	

BAÑO 4										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	4,21	10,10	114,02		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	1,60	2,65	3,22	0,26	22,60	
				H12	0,75	1,25	0,94	1,70	43,03	
	Cubierta (C1)						4,21	0,2	22,73	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	212,51	

BAÑO 5										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	4,33	10,39	114,02		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	1,57	2,65	4,16	0,26	29,21	
				H12	0,75	1,25	0,94	1,70	43,03	
	Cubierta (C1)						4,33	0,2	23,38	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	220,12	

COCINA										
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)		
	0,02966	-4,00	21,00	25,00	2,40	14,67	35,21	211,60		
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	2,46	2,65	4,20	0,26	27,30	
				H5	1,00	2,20	2,20	1,60	88,00	
	Suelo (S1)						14,67	0,44	161,37	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	488,27	

SPA									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015	-4,00	23,00	27,00	2,40	14,79	35,50	330,00	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cerramiento ext. (M1)	SE	1,05	Total	2,05	2,65	2,15	0,26	15,09
				H48	1,48	2,15	3,18	1,60	137,46
	Cerramiento ext. (M1)	SO	1,025	Total	2,50	2,65	1,50	0,26	10,53
				H13	2,32	2,15	4,99	1,60	215,48
Cubierta (C1)						14,79	0,2	79,87	
Coeficiente de mayoración			1,05					Q TOTAL	890,98

VESTÍBULO									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,027	-4,00	20,00	24,00	2,40	3,78	9,07	110,16	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Suelo (S1)						3,78	0,44	39,92
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	150,08

DISTRIBUIDOR									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,02966	-4,00	20,00	24,00	2,40	12,45	29,88	195,01	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	2,57	2,60	2,65	0,26	16,54
				H1	1,40	2,20	3,08	2,1	155,23
Suelo (S1)						12,45	0,44	131,47	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	498,25

PASILLO									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015	-4,00	20,00	24,00	2,40	3,76	9,02	61,20	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Suelo (S1)						3,76	0,44	39,71
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	100,91

DISTRIBUIDOR									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,045	-4,00	20,00	24,00	2,40	13,60	32,64	162,06	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cerramiento ext. (M1)	O	1,05	Total	2,30	2,60	5,98	0,26	37,32
				H9	2,00	1,25	2,50	2,50	150,00
Cubierta (C1)						13,60	0,2	65,28	
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	435,39

PASILLO 2									
Q_V	Caudal de ventilación (m3/s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_V (W)	
	0,015	-4,00	20,00	24,00	2,40	3,76	9,02	61,20	
Q_T	Ubicación	Orientación	K		L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)
	Cubierta (C1)						3,76	0,2	18,05
Coeficiente de mayoración			1					Q TOTAL	79,25

PASILLO PRIVADO									
Q_v	Caudal de ventilación (m ³ /s)	Temp.ext	Temp.int	ΔT (°C)	H (m)	S (m ²)	V (m ³)	Q_v (W)	
	0,015	-4,00	20,00	24,00	2,40	2,59	6,22	57,60	
Q_T	Ubicación	Orientación	K	L (m)	H (m)	S (m ²)	U (W/m ² K)	Q_T (W)	
	Suelo					2,59	0,44	27,35	
Coeficiente de mayoración		1		Q TOTAL				84,95	

- Pérdidas por Ventilación: 3061 W
- Pérdidas por Cerramientos: 1313 W
- Pérdidas por Cubierta: 763 W
- Pérdidas por Suelo: 1242 W
- Pérdidas por Huecos: 2120 W
- **Pérdidas Totales: 8041 W**
- **Pérdidas Totales Mayoradas: 9453 W**

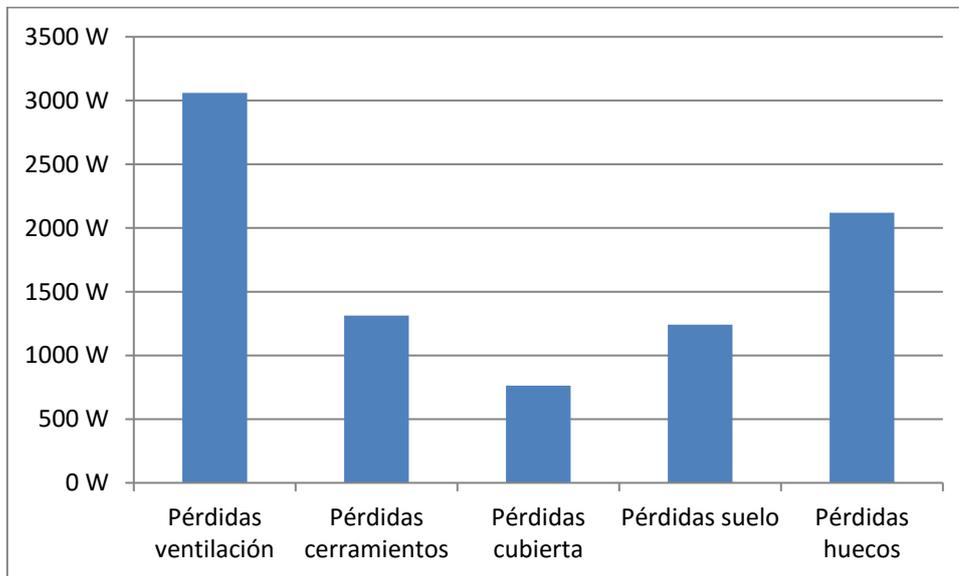


Fig. A1.2. Pérdidas por ventilación con ventilación mecánica con recuperador de calor (W)

ANEJO 2: VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL CTE HE0 Y HE1

VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

Nueva construcción o ampliación, en uso residencial privado

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE VERIFICA:

Nombre del edificio	13-02 Granja de Moreruela		
Dirección	Ángel de la Vega 4 - - - -		
Municipio	Granja de Moreruela	Código Postal	49740
Provincia	Zamora	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	Posterior a 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2013		
Referencia/s catastral/es	2523902TM7322S0001AI		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda	<input type="checkbox"/> Terciario
<input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar	<input type="checkbox"/> Edificio completo
<input type="checkbox"/> Bloque	<input type="checkbox"/> Local
<input type="checkbox"/> Bloque completo	
<input type="checkbox"/> Vivienda individual	

DATOS DEL TÉCNICO VERIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alberto Yeguas Bermejo	NIF/NIE	71012519L
Razón social	Alberto Yeguas Bermejo	NIF	71012519L
Domicilio	Monasterio de Santo Domingo de Silos 4 - - - - -		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47015
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	albertoyeguas gmail.com	Teléfono	690332386
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto Técnico		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 1.0.1493.1049, de fecha 10-mar-2016		

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D_{cal}	<input type="text" value="19,67"/>	kWh/m ² año	$D_{cal,lim}$	<input type="text" value="34,53"/>	kWh/m ² año	<input type="text" value="Sí cumple"/>
D_{ref}	<input type="text" value="6,31"/>	kWh/m ² año	$D_{ref,lim}$	<input type="text" value="15,00"/>	kWh/m ² año	<input type="text" value="Sí cumple"/>

Consumo de energía primaria no renovable*

C_{ep}	<input type="text" value="35,94"/>	kWh/m ² año	$C_{ep,lim}$	<input type="text" value="71,29"/>	kWh/m ² año	<input type="text" value="Sí cumple"/>
----------	------------------------------------	------------------------	--------------	------------------------------------	------------------------	--

D_{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D_{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
$D_{cal,lim}$	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
$D_{ref,lim}$	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1
C_{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
$C_{ep,lim}$	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

Esta aplicación únicamente permite, para el caso expuesto, la comprobación de las exigencias del apartado 2.2.1.1.1 de la sección DB-HE1 y del apartado 2.2.1 de la sección DB-HE0. Se recuerda que otras exigencias de las secciones DB-HE0 y DB-HE1 que resulten de aplicación deben asimismo verificarse, así como el resto de las secciones del DB-HE

El técnico abajo firmante certifica que ha realizado la verificación del edificio o de la parte que se verifica 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 01/09/2016

Firma del técnico verificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Registro del Organismo 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

Superficie habitable (m ²)	265,68
--	--------

Imagen del edificio	Plano de situación

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
Cerramiento muro de carga nuevo	Fachada	69,96	0,25	Usuario
Cerramiento muro de carga nuevo	Fachada	38,52	0,25	Usuario
Cerramiento muro de carga nuevo	Fachada	75,69	0,25	Usuario
Cerramiento muro de carga nuevo	Fachada	59,84	0,25	Usuario
Forjado de Sanemiento	Fachada	5,67	0,44	Usuario
Forjado cubierta	Fachada	215,67	0,20	Usuario
Cubierta	Cubierta	168,59	2,15	Usuario
Cubierta	Cubierta	57,39	2,15	Usuario
Cerramiento1	Suelo	5,79	3,45	Usuario
Cerramiento1	Suelo	3,94	3,45	Usuario
Cerramiento1	Suelo	5,74	3,45	Usuario
Cerramiento1	Suelo	3,99	3,45	Usuario
TERRENO	Suelo	130,04	1,20	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
H1 1,4X1,2	Hueco	1,68	2,70	0,53	Usuario	Usuario
H2 1,4X2.18	Hueco	3,05	2,21	0,07	Usuario	Usuario
H3 0.7X1,2	Hueco	0,84	2,70	0,54	Usuario	Usuario
H4 1,5X2,2	Hueco	6,60	1,94	0,51	Usuario	Usuario
H5 1X2,2	Hueco	2,20	1,76	0,53	Usuario	Usuario
H6 2,5X2,2	Hueco	5,50	1,67	0,57	Usuario	Usuario
H7 1,75X2,2	Hueco	3,85	2,21	0,07	Usuario	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
H8 2X2,2	Hueco	4,40	1,86	0,56	Usuario	Usuario
H9 1X1,2	Hueco	4,80	2,70	0,55	Usuario	Usuario
H10 1,5X1,2	Hueco	3,60	1,96	0,50	Usuario	Usuario
H10 1,5X1,2	Hueco	1,80	1,96	0,50	Usuario	Usuario
H11 0,75X1,2	Hueco	1,80	2,49	0,51	Usuario	Usuario
H12 2,37X2,5	Hueco	4,99	1,75	0,54	Usuario	Usuario
H13 1,63X2,5	Hueco	3,18	1,75	0,54	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS_E 1_E _Caldera-Condensacion-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	12,00	98,00	GasoleoC	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	98,00	GasNatural	PorDefecto

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia Nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo energía	Modo de obtención
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	202,00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto

ANEJO 3: VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL CTE HE4

La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

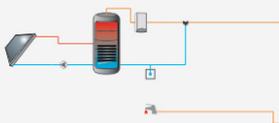
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	Casa de Turismo Rural
Comunidad	Castilla y León
Localidad	Granja de Moreruela
Dirección	Avd Ángel de la Vega 4

Datos del autor

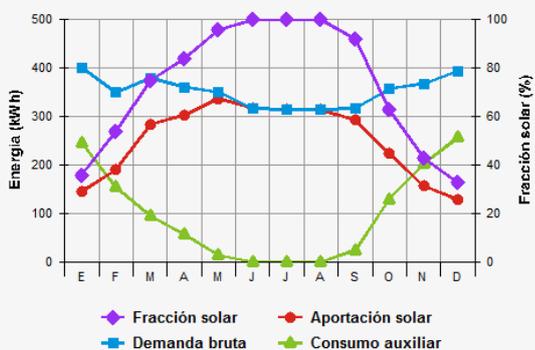
Nombre	Alberto Yeguas Bermejo
Empresa o institución	Alberto Yeguas Bermejo
Email	albertoyeguas@gmail.com
Teléfono	690332386

Características del sistema solar



Localización de referencia	Granja de Moreruela (Zamora)											
Altura respecto la referencia [m]	0											
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con interacumulador											
Demanda [l/día a 60°C]	196											
Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Resultados



Fracción solar [%]	71
Demanda neta [kWh]	4.032
Demanda bruta [kWh]	4.230
Aporte solar [kWh]	3.012
Consumo auxiliar [kWh]	1.199
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	779

La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	VFK 135 D (Vaillant)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-40911 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	3,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	30,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	20,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	371,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	5,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	50,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	12,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	poliestireno	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Caldera de condensación	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gasóleo	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	771,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	35,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	poliestireno	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>

ANEJO 4: CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	13-02 Granja de Moreruela		
Dirección	Ángel de la Vega 4 - - - - -		
Municipio	Granja de Moreruela	Código Postal	49740
Provincia	Zamora	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	Posterior a 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2013		
Referencia/s catastral/es	2523902TM7322S0001AI		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alberto Yeguas Bermejo	NIF/NIE	71012519L
Razón social	Alberto Yeguas Beremejo	NIF	71012519L
Domicilio	Monasterio de Santo Domingo de Silos 4 - - - - -		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47015
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	albertoyeguas gmail.com	Teléfono	690332386
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto Técnico		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 1.0.1493.1049, de fecha 10-mar-2016		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	35,94 A		8,79 A

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 01/09/2016

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organo 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

Superficie habitable (m²)	265,68
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
Cerramiento muro de carga nuevo	Fachada	69,96	0,25	Usuario
Cerramiento muro de carga nuevo	Fachada	38,52	0,25	Usuario
Cerramiento muro de carga nuevo	Fachada	75,69	0,25	Usuario
Cerramiento muro de carga nuevo	Fachada	59,84	0,25	Usuario
Forjado de Sanemiento	Fachada	5,67	0,44	Usuario
Forjado cubierta	Fachada	215,67	0,20	Usuario
Cubierta	Cubierta	168,59	2,15	Usuario
Cubierta	Cubierta	57,39	2,15	Usuario
Cerramiento1	Suelo	5,79	3,45	Usuario
Cerramiento1	Suelo	3,94	3,45	Usuario
Cerramiento1	Suelo	5,74	3,45	Usuario
Cerramiento1	Suelo	3,99	3,45	Usuario
TERRENO	Suelo	130,04	1,20	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
H1 1,4X1,2	Hueco	1,68	2,70	0,53	Usuario	Usuario
H2 1,4X2.18	Hueco	3,05	2,21	0,07	Usuario	Usuario
H3 0.7X1,2	Hueco	0,84	2,70	0,54	Usuario	Usuario
H4 1,5X2,2	Hueco	6,60	1,94	0,51	Usuario	Usuario
H5 1X2,2	Hueco	2,20	1,76	0,53	Usuario	Usuario
H6 2,5X2,2	Hueco	5,50	1,67	0,57	Usuario	Usuario
H7 1,75X2,2	Hueco	3,85	2,21	0,07	Usuario	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
H8 2X2,2	Hueco	4,40	1,86	0,56	Usuario	Usuario
H9 1X1,2	Hueco	4,80	2,70	0,55	Usuario	Usuario
H10 1,5X1,2	Hueco	3,60	1,96	0,50	Usuario	Usuario
H10 1,5X1,2	Hueco	1,80	1,96	0,50	Usuario	Usuario
H11 0,75X1,2	Hueco	1,80	2,49	0,51	Usuario	Usuario
H12 2,37X2,5	Hueco	4,99	1,75	0,54	Usuario	Usuario
H13 1,63X2,5	Hueco	3,18	1,75	0,54	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS_E 1_E _Caldera-Condensación-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	12,00	98,00	GasoleoC	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	98,00	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		12,00			

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	202,00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto
TOTALES		0,00			

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	70,00
Caldera de biomasa	47,53	0,00	50,00	15,00
TOTALES	47,53	0,00	50,00	85,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	0,00
TOTALES	0

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	CertificacionVerificacionNuevo
-----------------------	----	------------	--------------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>	A	<i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>	A
	6,12		1,63	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>	<i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>	B	<i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	-
	1,04		-	

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 ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1,04	275,32
<i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i>	8,17	2170,79

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			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>	A	<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>	A
	23,66		6,17	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>	<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>	B	<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	-
	6,12		-	

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
<i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i>	<i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i>

¹El 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.

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)
51.60 A	11.60 A
51.60-83.6 B	11.60-18.8 B
83.60-129.60 C	18.80-29.20 C
129.60-199.30 D	29.20-44.80 D
199.30-357.40 E	44.80-79.20 E
357.40-461.10 F	79.20-103.80 F
461.10 G	103.80 G

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año)
28.90 A	3.90 A
28.90-46.8 B	3.90-6.40 B
46.80-72.60 C	6.40-9.90 C
72.60-111.60 D	9.90-15.20 D
111.60-178.30 E	15.20-18.30 E
178.30-208.60 F	18.30-22.50 F
208.60 G	22.50 G

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² •año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año)										
Demanda (kWh/m ² •año)					[Hatched area]					

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA
Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	12/03/16
--	----------

ANEJO 5: MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Casa Rural Granja de Moreruela

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 CALEFACCION ALTA TEMPERATURA RC									
01.01	Ud DISTRIBUCION DE TUBERIA POLIBUTILENO Distribución por el suelo con tubería de polibutileno de diámetros especificados en planos, forrada y calorifugada para un sistema bitubular incluso codos, accesorios y montaje; realizada en cuatro circuitos, dos en planta baja y dos en planta 1ª, i/p.p. de bomba circuladora, cuatro válvulas de dos vías; montantes, vaso de expansión cerrado con válvula de seguridad y manómetro, purgador automático con válvula de cierre, conexiones y demás accesorios totalmente instalados, incluso bombas si fuera necesario. Tuberías exteriores Uponor Thermo Twin 40, incluso p.p. de piezas especiales, junta, excavación, cama de arena de 20 cm., rasanteo de la misma, colocación de la tubería, relleno de arena de 15 cm., y terminación de relleno con tierra procedente de excavación, totalmente colocada. Totalmente instalada y funcionando.	1				1,00			
							1,00	1.030,00	1.030,00
01.02	ud TERMOSTATO AMBIENT.PROGRAMAB. Termostato ambiente desde 8°C a 32°C, con programación independiente para cada día de la semana de hasta 6 cambios de nivel diarios, con tres niveles de temperatura ambiente: confort, actividad y reducido; programa especial para período de vacaciones, con visor de día, hora, temperatura de consigna y ambiente, instalado.	4				4,00			
							4,00	77,99	311,96
01.03	ud ELEM. ALUMI. DUBAL 60, 120,8 W Elemento de aluminio inyectado modelo DUBAL -60 acoplables entre sí de potencia 120,8 W. para diferencia de temperatura media entre emisor y ambiente de 50°C, probado a 6 bar de presión, acabado en doble capa, una de imprimación por inmersión y la segunda de polvo epoxi color blanco-marfil, secado al horno, equipado de p.p. llave monogiro de 3/8", tapones detentores y purgador automático, así como p.p. de accesorios de montaje: tapones, pintados y cincados con rosca a derecha o izquierda, reducciones, juntas, soportes, manguitos y juntas para la ampliación de elementos, y spray pintura para retoques. Presupuestos anteriores					56,00			
							56,00	13,75	770,00
01.04	ud ELEM. ALUMI. DUBAL 80; 155,5 W Elemento de aluminio inyectado modelo DUBAL -60 acoplables entre sí de potencia 155,5W. para diferencia de temperatura media entre emisor y ambiente de 50°C, probado a 6 bar de presión, acabado en doble capa, una de imprimación por inmersión y la segunda de polvo epoxi color blanco-marfil, secado al horno, equipado de p.p. llave monogiro de 3/8", tapones detentores y purgador automático, así como p.p. de accesorios de montaje: tapones, pintados y cincados con rosca a derecha o izquierda, reducciones, juntas, soportes, manguitos y juntas para la ampliación de elementos, y spray pintura para retoques. Presupuestos anteriores					11,00			
							11,00	18,40	202,40
01.05	ud ELEM. ALUMI. CL 50-1800; 907 W Elemento de aluminio inyectado modelo DUBAL CL 50-1800 de potencia 907 W. para diferencia de temperatura media entre emisor y ambiente de 50°C, probado a 8 bar de presión, acabado en doble capa, una de imprimación por inmersión y la segunda de polvo epoxi color blanco-marfil, secado al horno, equipado de p.p. llave monogiro de 3/8", tapones detentores y purgador automático, así como p.p. de accesorios de montaje: tapones, pintados y cincados con rosca a derecha o izquierda, reducciones, juntas, soportes, manguitos y juntas para la ampliación de elementos, y spray pintura para retoques. Presupuestos anteriores					1,00			
							1,00	264,00	264,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Casa Rural Granja de Moreruela

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.06	<p>ud ELEM. ALUMI. CL 50-800; 389 W</p> <p>Elemento de aluminio inyectado modelo DUBAL PV 600 S-2000 de potencia 2047 W. para diferencia de temperatura media entre emisor y ambiente de 50°C, probado a 10 bar de presión, acabado en doble capa, una de imprimación por inmersión y la segunda de polvo epoxi color blanco-marfil, secado al horno, equipado de p.p. llave monogiro de 3/8", tapones detentores y purgador automático, así como p.p. de accesorios de montaje: tapones, pintados y cincados con rosca a derecha o izquierda, reducciones, juntas, soportes, manguitos y juntas para la ampliación de elementos, y spray pintura para retoques.</p> <p>Presupuestos anteriores</p>					5,00			
							5,00	147,00	735,00
01.07	<p>ud Caldera Condensación Gaoleo C icoVIT exclusiv VKO 156/3-7</p> <p>Caldera de condensación de gasóleo C icoVIT exclusiv VKO 156/3-7. Condensación de gasóleo con quemador de llama azul de dos etapas preoventado. Potencia calorífica nominal 10,3/14,7 kW.</p> <p>Presupuestos anteriores</p>					1,00			
							1,00	5.542,35	5.542,35
01.08	<p>ud aguaFLOW exclusiv 40/45/2 W</p> <p>Módulo para el calentamiento instantáneo de ACS marca VAILLANT, modelo aguaFLOW exclusiv VPM 40/45/2 W. Potencia máx. 109 kW. Capacidad 40 l/min (bomba de calor), 45 l/min (caldera). Intercambiador de calor de placas de acero inoxidable, soldaduras de cobre, estructura de placas con estampación especial para evitar los depósitos de cal. Aislamiento de EPP. Función opcional de protección contra la legionela para la desinfección. térmica de la red de tuberías de ACS y de circulación mediante el ajuste de valores (horario, temperatura y duración de la desinfección) mediante un regulador de sistema adecuado. Montaje sencillo directamente en el acumulador; alternativa de montaje mural. Regulación incorporada. Totalmente instalada.</p>	1				1,00			
							1,00	1.648,00	1.648,00
01.09	<p>ud auroFLOW PLUS VPM 15 D</p> <p>Módulo de carga solar con tecnología Drainback con intercambiador de placas VAILLANT auroFLOW plus VPM 15 D Módulo de carga solar. Regulación solar integrada e indicación exacta del rendimiento solar. Adaptación totalmente automática a la instalación solar. Equipada con todos los componentes: Intercambiador de placas. Sondas de temperatura. Sensor de caudal. Bomba solar de alta eficiencia (modulante PWM). Bomba de carga del depósito. Dispositivo de llenado/purgado. Pantalla para visualizar el rendimiento solar y el estado de los componentes. Montaje sencillo sobre pared; Posibilidad de funcionar sin regulador adicional. Comunicación eBUS. Válido para campos de hasta 15 m2 de captadores planos auroTHERM VFK 135 VD. Totalmente instalada.</p>	1				1,00			
							1,00	1.545,00	1.545,00
01.10	<p>ud auroTHERM plus VFK 135 VD</p> <p>Captador solar térmico vertical para drenaje automático VFK 135 VD. Captador de superficie homogénea de 2,51 m2 de superficie total. Bastidor de aluminio anodizado negro. Absorbedor de aluminio-cobre con recubrimiento altamente selectivo. Rendimiento (2,33m2 absorbedor. Rendimiento: eta0=0,814 K1=2,64 W/(m2K) K2= 0,033 W/(m2K2). Totalmente instalado.</p>	3				3,00			
							3,00	699,00	2.097,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Casa Rural Granja de Moreruela

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.11	ud allSOTR exclusiv VPS 800/3-7 Suministro e instalación de depósito marca VAILLANT, modelo allSTOR exclusiv VPS 800/3-5. Depósito acumulador de carga por estratificación de 778 litros realizado en acero; exterior provisto de una capa de pintura de protección. 11 conexiones de carga y descarga, asignadas claramente a las diferentes zonas de acumulación: estación de carga solar, calderas, circuitos de calefacción, estación de agua corriente. Los elementos constructivos internos, lanzas y plancha de estratificación, facilitan una estratificación óptima. Mediante 4 vainas soldadas se pueden alojar las sondas necesarias en función del entorno del sistema. Aislamiento térmico de alta calidad de 90 mm de espesor compuesto por 2 mitades que una sola persona puede modelar y que se pueden montar fácilmente después de la instalación de los tubos. Peso 130 kg. Diámetro 790 mm. Altura 1832 mm. Totalmente instalada.	1				1,00			
							1,00	1.773,00	1.773,00
01.12	ud Regulador de tiro Regulador de tiro totalmente instalado.	1				1,00			
							1,00	296,00	296,00
01.13	ud Modulo de ampliación depósito de inercia renerVIT Módulo de ampliación regual un depósito de inercia incluye 3 sondas. Totalmente instalado.	1				1,00			
							1,00	195,00	195,00
01.14	ud Válvula desviadora auroFLOW plus Válvula estratificadora activa para carga zona ACS/calefacción del allSTOR VPS/3 Rp 1, 230V. Totalmente instalada.	1				1,00			
							1,00	185,00	185,00
01.15	ud Líquido solar, Bidón de 10 l Bidón de 10 litros de líquido solar Vaillant (propilenglicol en agua con inhibidores. Concentración de propilenglicol: 42 - 45 % según DIN 51777)	1				1,00			
							1,00	43,00	43,00
01.16	m CHIMENEA ACERO INOX. D=200 Chimenea metálica modular para evacuación de humos y gases modelo Nova D=200 mm. de doble pared de acero inoxidable aislada, i/p.p. de codos y demás accesorios totalmente instalada. Homologada por el Ministerio de Industria CHM-0001 s/R.D. 2532-1985. Caldera Barbacoa	1 2	4,00 2,00			4,00 4,00			
							8,00	15,17	121,36
01.17	ud Bomba de recirculación ACS VPM W Conjunto de bomba de recirculación VPM W de Vaillant para la instalación dentro del módulo aguaFLOW VPM V de Vaillant.	1				1,00			
							1,00	169,00	169,00
01.18	ud Kit anclajes tipo P Kit básico anclajes tipo P de Vaillant.	3				3,00			
							3,00	270,00	810,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Casa Rural Granja de Moreruela

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.19	<p>ud Kit tejado inclinado fila V3 DB</p> <p>Kit tejado inclinado fila V3, DB de Vaillant. Estructura para cubierta inclinada de Aluminio con alta resistencia a la corrosión y reducido peso. Diseño para montaje plug and play. Incluye rieles estabilizadores horizontales y todas las conexiones hidráulicas DB incluidas para la conexión de 3 captadores en fila.</p>	1				1,00			
							1,00	386,00	386,00
01.20	<p>ud Instalación solar</p> <p>Circuito primario en cobre de 15mm con 50 mm de aislante de poliestireno incluso p.p. de racores, válvulas de corte, vaso de expansión de 40 l, válvula de seguridad de 6 bar (VS 6); purgador automático de aire (ELT 6), conductos y demás elementos auxiliares. Incluso transporte, montaje, conexionado, pruebas de funcionamiento y puesta en marcha. S/C TE-DB-HE-4.</p>	1				1,00			
							1,00	520,00	520,00
01.21	<p>m Uponor Ecoflex quattro</p> <p>Tubería cuádruple para canalización de agua de calefacción (ida y retorno) y ACS con recirculación, marca Uponor Ecoflex modelo Quattro, constituida por 2 tuberías de polietileno reticulado de alta densidad (PEX-a) SDR 11 (6 bar), con reticulación conforme al método Engel (grado de reticulación >70%), de diferentes tubos de diámetro exterior y cumpliendo la norma UNE EN ISO 15875, con barrera plástica externa Eval (etilvinil-alcohol) antidifusión de oxígeno, según norma EN 1264-4 y 2 tuberías de polietileno reticulado de alta densidad (PEX-a) SDR 7,4 (10 bar) con reticulación conforme al método Engel (grado de reticulación >70%), preaislada térmicamente con espuma de PEX de celda cerrada, conductividad térmica según DIN 52612 y absorción de agua < 1% por volumen, pérdidas de calor controladas por DIN Certco, protección mecánica con tubo envolvente corrugado de PE-HD de 175 mm de diámetro y 2,1 mm de espesor, para una temperatura de Funcionamiento de 70-80 °C (máximo 95 °C) a 6 ó 10 bar.</p> <p>Diseñado de acuerdo a la norma europea EN 15632-3.</p> <p>Resistencia para soportar el paso de camiones de gran tonelaje (60 Toneladas) ATV-DVWK-A127</p> <p>Dimensión 2 de 25x2,3, 2 de 25x3,5 de 175 mm de diámetro.</p>	1	13,20			13,20			
							13,20	113,28	1.495,30
01.22	<p>m Uponor Thermo Twin</p> <p>Tubería doble para canalización de ACS y retorno, marca Uponor Ecoflex modelo Thermo Twin, de polietileno reticulado de alta densidad (PEX-a), con reticulación conforme al método Engel (grado de reticulación >70%), cumpliendo la norma UNE EN ISO 15875, con barrera plástica externa Eval (etilvinil-alcohol) antidifusión de oxígeno, según norma EN 1264-4, preaislada térmicamente con espuma de PEX de celda cerrada, conductividad térmica según DIN 52612 y absorción de agua < 1% por volumen, pérdidas de calor controladas por DIN Certco, protección mecánica con tubo envolvente corrugado de PE-HDr, para una temperatura de Funcionamiento de 80 °C (máximo 95 °C) a 10 bar.</p> <p>Resistencia para soportar el paso de camiones de gran tonelaje (60 Toneladas) ATV-DVWK-A127</p> <p>Dimensiones 2x32x4,4 de 175 mm de diámetro</p>	1	13,20			13,20			
							13,20	88,92	1.173,74
01.23	<p>ud Uponor Ecoflex tapón terminal Twin</p> <p>Tapón Uponor Ecoflex Quattro, para asegurar la estanqueidad del sistema Uponor evitando la entrada de humedad eterna en el aislamiento.</p>	2				2,00			
							2,00	63,34	126,68

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Casa Rural Granja de Moreruela

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.24	<p>ud Uponor Ecoflex tapon terminal Twin</p> <p>Tapón Upnor Ecoflex Thermo twin, para asegurar la estanqueidad del sistema Upnor evintando la entrada de humeddad eterna en el aislamiento.</p>	2				2,00			
							2,00	73,39	146,78
01.25	<p>ud DOMEO 210 FL</p> <p>Ventilación mecánica controlada de doble flujo, para viviendas unifamiliares, con intercambiador de calor de tipo contraflujo del alto rendimiento (hasta 92%) y motor EC de corriente continua, de muy bajo consumo.</p> <p>Asegura la renovación permanente de aire de las viviendas unifamiliares, y garantiza los requisitos requeridos en el CTE.</p> <p>La unidad DOMEO permite controlar baterías externas de precalefacción y post calefacción.</p> <p>Para optimizar el consumo de energía y la calidad de aire, se puede conectar a un sensor (CO2, humedad...).</p> <p>A través de su mando,se puede ajsutar el boost, accionar el by-passs y el reset de filtro sucios.</p> <p>Configuración constructiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 ventiladores centrífugos con rodete de álabes hacia atrás, a caudal constante. - Intercambiador a contraflujo con rendimiento hasta 92% . - Mando a distancia por cable. - Motor EC . - Filtro F5 de impulsión. - Filtro G4 de extracción. - By-pass 100% automático. - 4 embocaduras de 125 mm de diámetro - Desagüe. - Kit de soporte de pared. 	2				2,00			
	Planta baja	2				2,00			
	Planta primera	1				1,00			
							3,00	1.236,36	3.709,08
01.26	<p>ud PLENUM DF 4</p> <p>Plénum de impulsión aislado con 4 embocaduras de 80 mm de diámetro. Conexión trasera de 125 mm de diámetro.</p>	2				2,00			
	Planta baja	2				2,00			
	Planta primera	1				1,00			
							3,00	64,57	193,71
01.27	<p>ud PLENUM DF 6+1</p> <p>Plénum de extracción aislado con 6 embocaduras sanitarias de 80 mm de diámetro y una embocadura de cocina de 125 mm de diámetro. Conexión trasera de 150 mm de diámetro.</p>	2				2,00			
	Planta baja	2				2,00			
	Planta primera	1				1,00			
							3,00	87,70	263,10
01.28	<p>ud GP ISO. 80 6M</p> <p>Conductos flexibles aislados de PVC gris protegidos por una capa aislante de fibra de vidrio y recubiertos por una capa de polietileno. Se utilizan en instalaciones de VMC. 80 mm de diámetro y 6 m de longitud.</p>	4				4,00			
	Planta baja	4				4,00			
	Planta primera	4				4,00			
							8,00	21,84	174,72

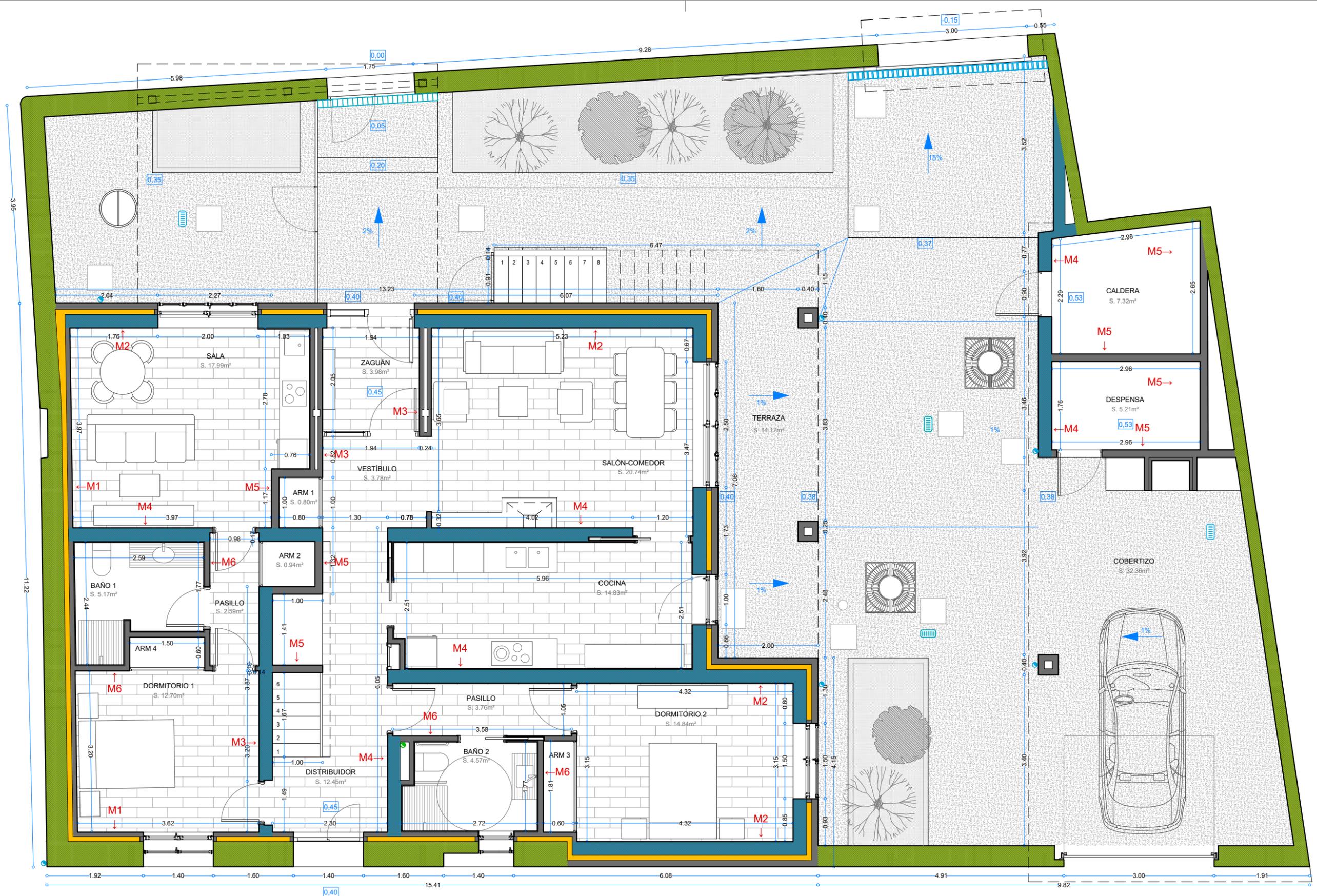
PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Casa Rural Granja de Moreruela

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.29	ud GP ISO. 80 10 M Conductos flexibles aislados de PVC gris protegidos por una capa aislante de fibra de vidrio y recubiertos por una capa de polietileno. Se utilizan en instalaciones de VMC. 80 mm de diámetro y 10 m de longitud.								
	Planta baja	4				4,00			
	Planta primera	4				4,00			
							8,00	41,27	330,16
01.30	ud GP ISO. 125 6 M Conductos flexibles aislados de PVC gris protegidos por una capa aislante de fibra de vidrio y recubiertos por una capa de polietileno. Se utilizan en instalaciones de VMC. 125 mm de diámetro y 6 m de longitud.								
	Planta baja	4				4,00			
	Planta primera	2				2,00			
							6,00	26,99	161,94
01.31	ud GRIPSO-125/225 Conductos y codos rígidos aislados de polietileno. Se utilizan en instalaciones de VMC unifamiliares y colectivas. 125 mm de diámetro y 225 cm de alto.								
	Bajo cubierta	4				4,00			
							4,00	66,47	265,88
01.32	ud CT- 125 P TEJA Sombreros de tejado plásticos diseñados para la extracción o impulsión de aire a través de tejados. Se adaptan a todos los tipos de cubierta. Garantizan la estanqueidad gracias a una chapa aislante de plomo.								
	Impulsión	2				2,00			
	Extracción	2				2,00			
							4,00	57,38	229,52
01.33	ud BDOP 80 Bocas de plástico de color blanco. Se utilizan en extracción o impulsión en instalaciones de simple flujo o doble flujo. En impulsión se puede ajustar la dirección y el alcance del flujo de aire. Se pueden montar con regulador de caudal en el manguito.								
	Planta baja	8				8,00			
	Planta primera	8				8,00			
							16,00	14,56	232,96
01.34	ud REGULADORES DE CUADAL								
	Planta baja	8				8,00			
	Planta primera	8				8,00			
							16,00	15,21	243,36
	TOTAL CAPÍTULO 01 CALEFACCION ALTA TEMPERATURA RC.....								27.391,00
	TOTAL.....								27.391,00

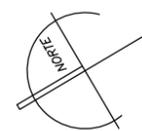
ANEJO 6: PLANOS

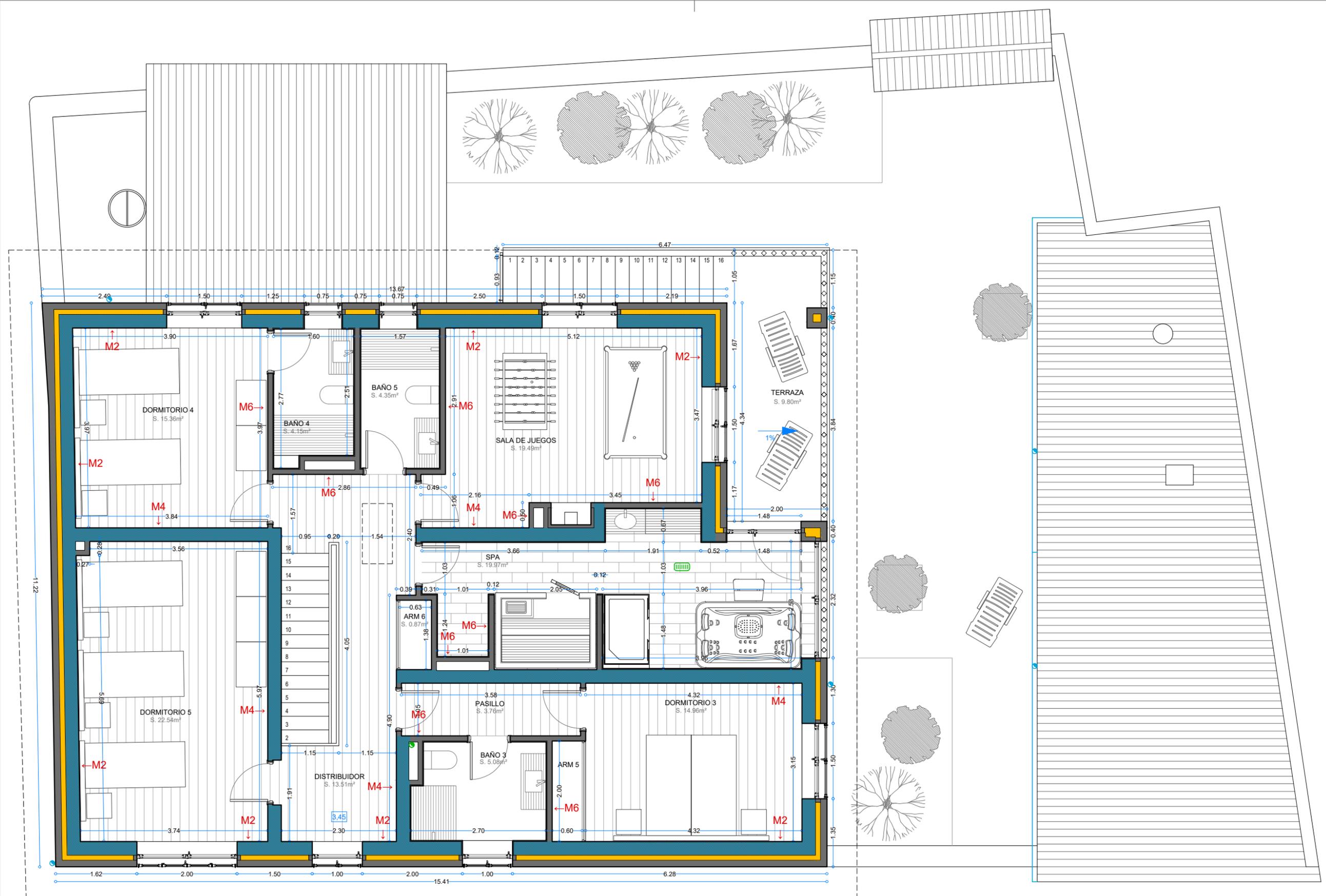
- PLANO 1. SITUACIÓN
- PLANO 2. PLANTA BAJA
- PLANO 3. PLANTA PRIMERA
- PLANO 4. ALZADO NOROESTE
- PLANO 5. ALZADO NORESTE
- PLANO 6. ALZADO SURESTE
- PLANO 7. ALZADO SUROESTE
- PLANO 8. PLANTA BAJA-INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN
- PLANO 9. PLANTA PRIMERA-INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN
- PLANO 10. PLANTA BAJA-INSTALACIONES DE VENTILACIÓN
- PLANO 11. PLANTA PRIMERA-INSTALACIONES DE VENTILACIÓN



TIPOLOGÍA DE MUROS

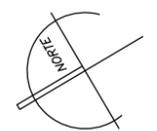
M1 MURO EXISTENTE TAPIAL + CÁMARA CON AISLAM. TÉRMICO + TABICÓN L.H.D.	M2 1 PIE LAD. PERF. + CÁMARA CON AISLAM. TÉRMICO + TABICÓN L.H.D.	M3 1/2 PIE LAD. PERF. + CÁMARA CON AISLAM. TÉRMICO + 1/2 PIE LAD. PERF.	M4 1 PIE LAD. PERF.	M5 1/2 PIE LAD. PERF.	M6 TABICÓN DE L.H.D.	M7 TABICÓN DE L.H.S.





TIPOLOGÍA DE MUROS

M1 MURO EXISTENTE TAPIAL + CÁMARA CON AISLAM. TÉRMICO + TABICÓN L.H.D.	M2 1 PIE LAD. PERF. + CÁMARA CON AISLAM. TÉRMICO + TABICÓN L.H.D.	M3 1/2 PIE LAD. PERF. + CÁMARA CON AISLAM. TÉRMICO + 1/2 PIE LAD. PERF.	M4 1 PIE LAD. PERF.	M5 1/2 PIE LAD. PERF.	M6 TABICÓN DE L.H.D. M7 TABICÓN DE L.H.S.

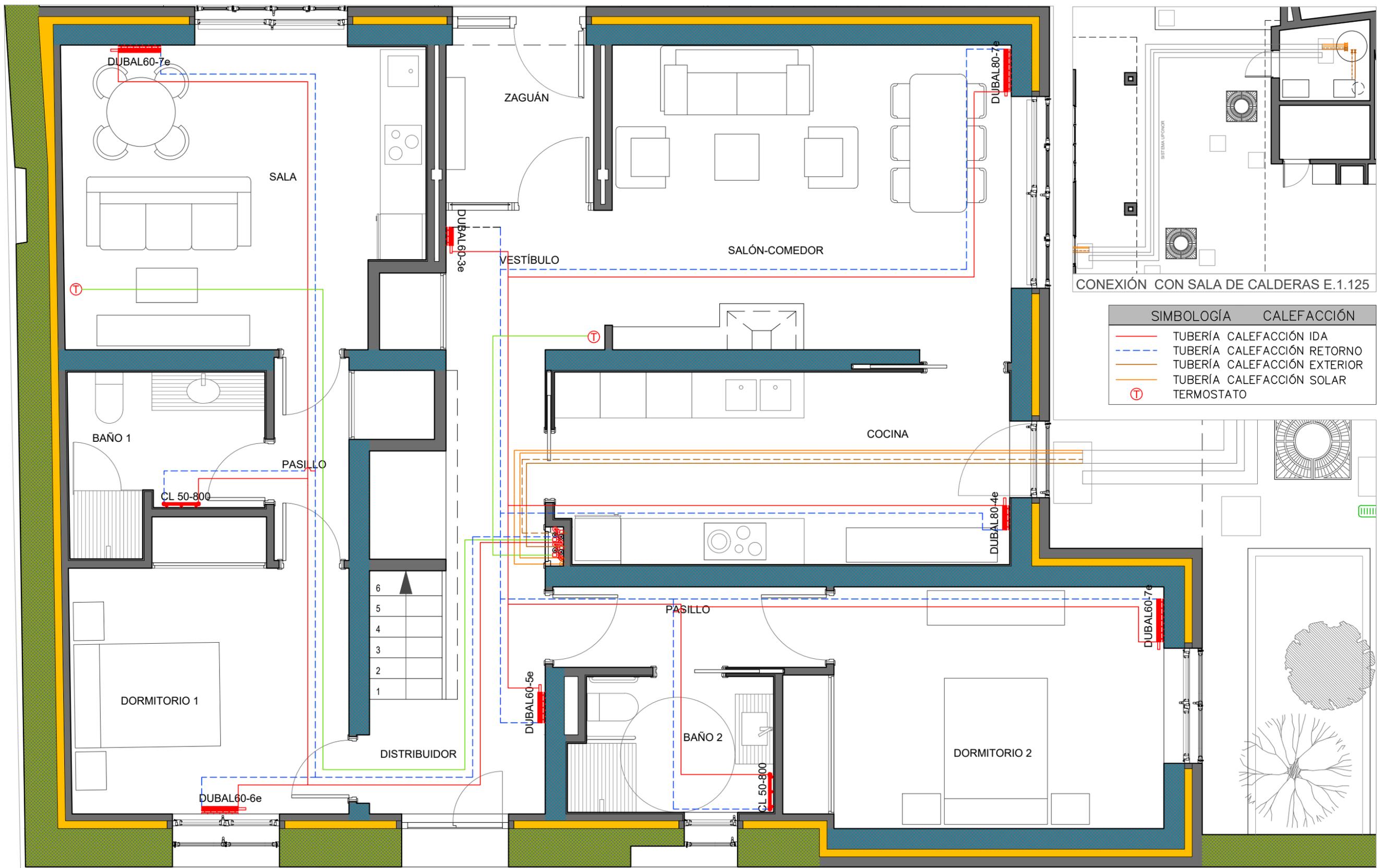












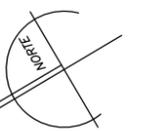
CONEXIÓN CON SALA DE CALDERAS E.1.125

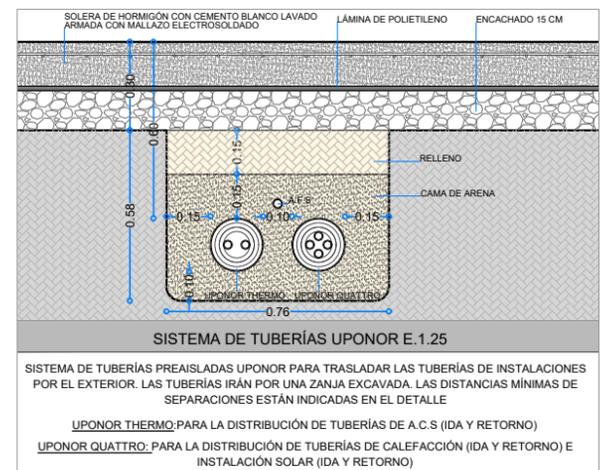
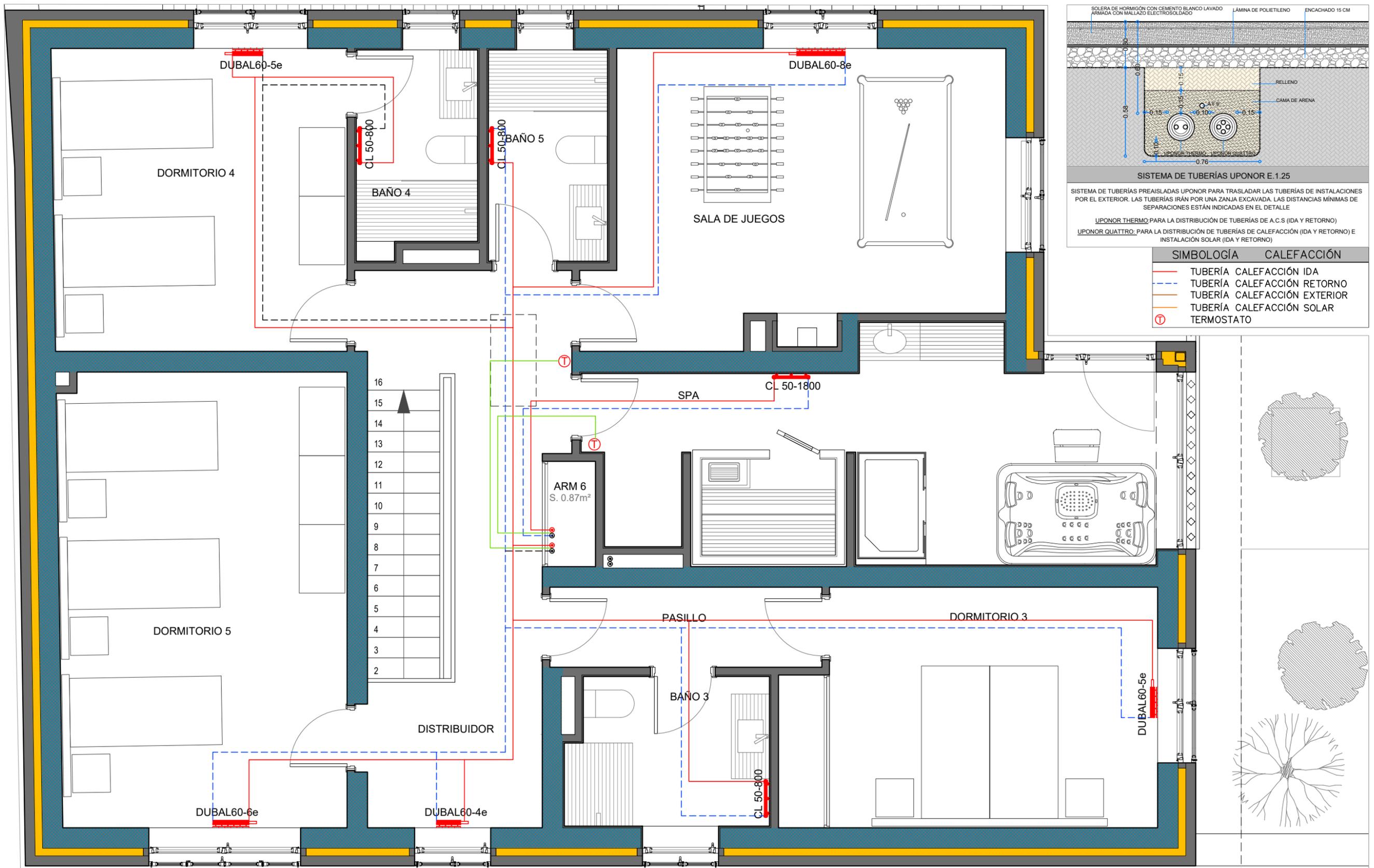
SIMBOLOGÍA CALEFACCIÓN	
	TUBERÍA CALEFACCIÓN IDA
	TUBERÍA CALEFACCIÓN RETORNO
	TUBERÍA CALEFACCIÓN EXTERIOR
	TUBERÍA CALEFACCIÓN SOLAR
	TERMOSTATO

ZONA CALEFACCIÓN 1			
ESTANCIA	PÉRDIDA (W)	EMISORES	POTENCIA (W)
DORMITORIO 1	616 W	DUBAL60- 6e	725 W
BAÑO 1	251 W	CL 50-800	389 W
SALA	834 W	DUBAL60- 7e	846 W
TOTAL			1959 W

ZONA CALEFACCIÓN 2			
ESTANCIA	PÉRDIDA (W)	EMISORES	POTENCIA (W)
DORMITORIO 2	806 W	DUBAL60- 7e	846 W
BAÑO 2	309 W	CL 50-800	389 W
VESTÍBULO	151 W	DUBAL60- 3e	362 W

ZONA CALEFACCIÓN 2			
ESTANCIA	PÉRDIDA (W)	EMISORES	POTENCIA (W)
DISTRIBUIDOR	498 W	DUBAL60- 5e	604 W
SALÓN - COM	968 W	DUBAL80- 7e	1089 W
COCINA	488 W	DUBAL80- 4e	622 W
TOTAL			3912 W



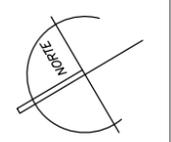


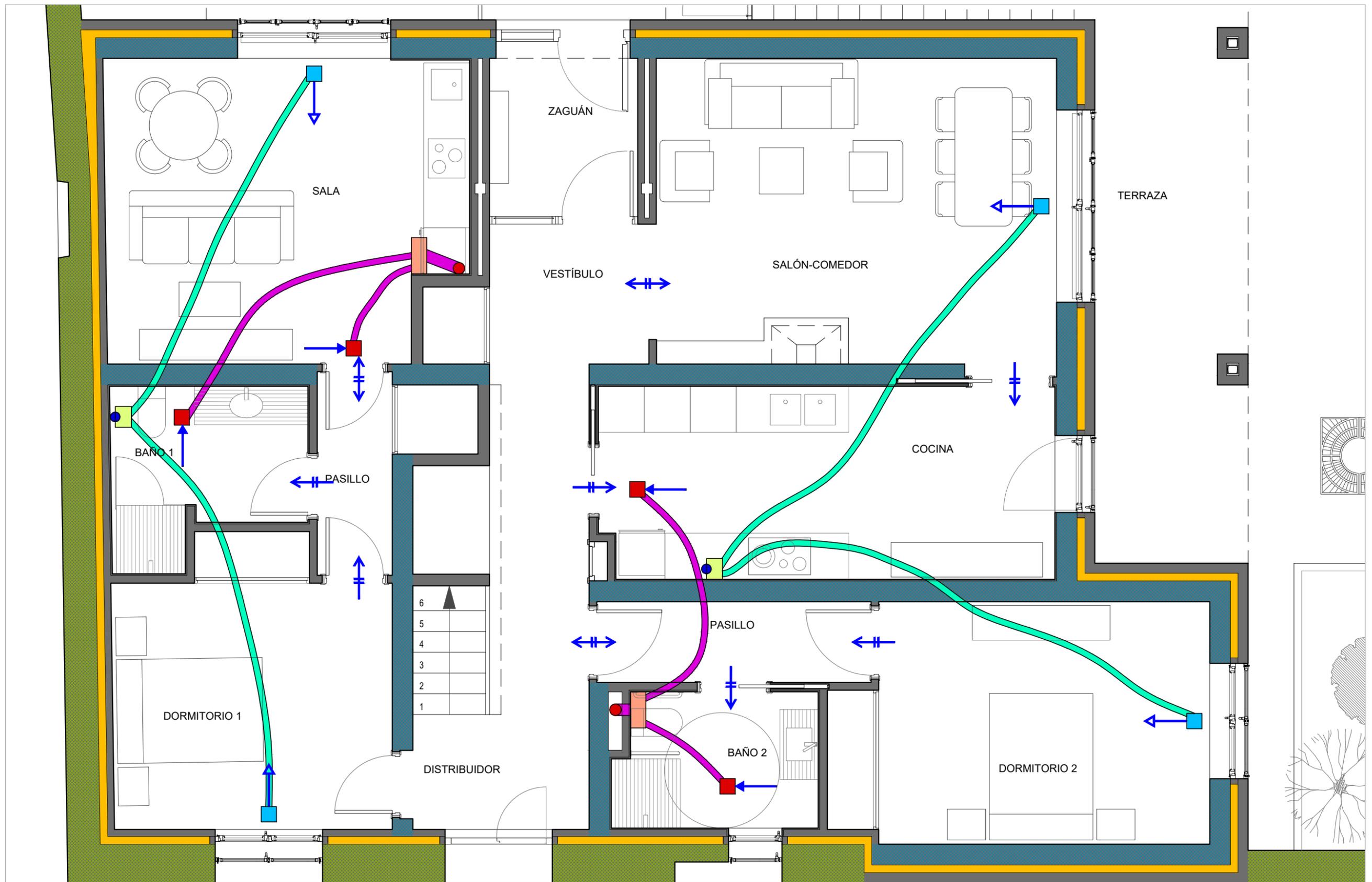
SIMBOLOGÍA CALEFACCIÓN	
—	TUBERÍA CALEFACCIÓN IDA
- - -	TUBERÍA CALEFACCIÓN RETORNO
—	TUBERÍA CALEFACCIÓN SOLAR
⊕	TERMOSTATO

ZONA CALEFACCIÓN 3			
ESTANCIA	PÉRDIDA (W)	EMISORES	POTENCIA (W)
DORMITORIO 3	487 W	DUBAL60- 5e	604 W
BAÑO 3	261 W	CL 50-800	389 W
DISTRIBUIDOR	435 W	DUBAL60- 4e	483 W
DORMITORIO 4	487 W	DUBAL60- 5e	604 W

ZONA CALEFACCIÓN 3			
ESTANCIA	PÉRDIDA (W)	EMISORES	POTENCIA (W)
DORMITORIO 5	635 W	DUBAL60- 6e	725 W
BAÑO 4	213 W	CL 50-800	389 W
BAÑO 5	220 W	CL 50-800	389 W
SALA JUEGOS	904 W	DUBAL60- 8e	966 W
TOTAL			4549 W

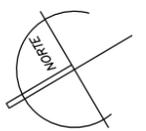
ZONA CALEFACCIÓN 4			
ESTANCIA	PÉRDIDA (W)	EMISORES	POTENCIA (W)
SPA	891 W	CL 50-1800	907 W
TOTAL			907 W

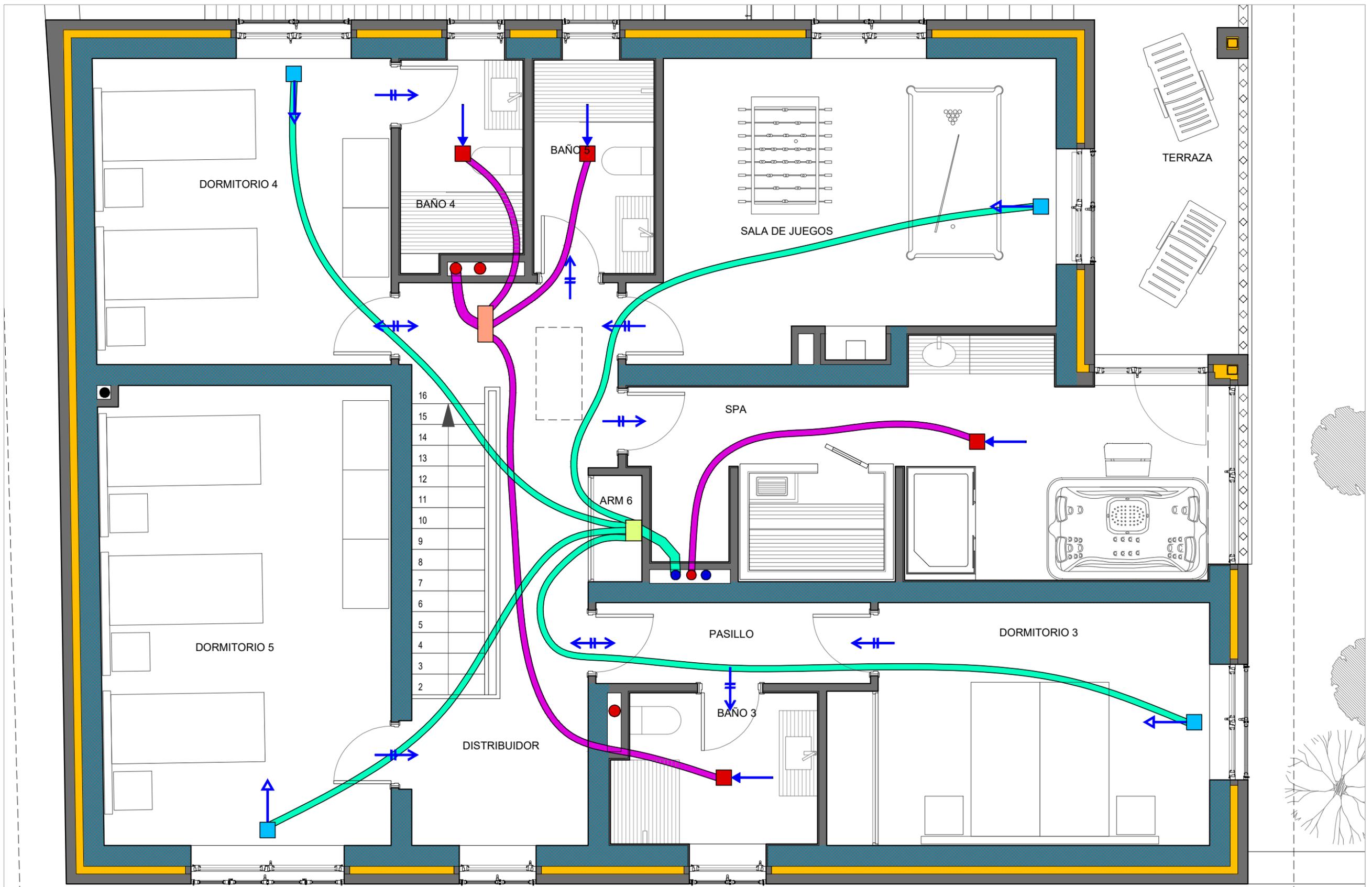




SIMBOLOGÍA VENTILACIÓN

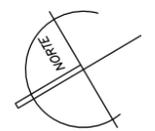
- | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|---------------------|---|--------------------------|---|------------------------|
| ← | ABERTURA DE ADMISIÓN | ↔ | ABERTURA DE PASO | ■ | PLENUM IMPULSIÓN DF 4 | — | CONDUCTO DE IMPULSIÓN |
| ← | ABERTURA DE EXTRACCIÓN | ■ | BOCAS DE IMPULSIÓN | ■ | PLENUM EXTRACCIÓN DF 6+1 | — | CONDUCTO DE EXTRACCIÓN |
| ← | ABERTURA DE PASO | ■ | BOCAS DE EXTRACCIÓN | | | | |





SIMBOLOGÍA VENTILACIÓN

- | | | | | | | | |
|--|------------------------|--|---------------------|--|--------------------------|--|------------------------|
| | ABERTURA DE ADMISIÓN | | ABERTURA DE PASO | | PLENUM IMPULSIÓN DF 4 | | CONDUCTO DE IMPULSIÓN |
| | ABERTURA DE EXTRACCIÓN | | BOCAS DE IMPULSIÓN | | PLENUM EXTRACCIÓN DF 6+1 | | CONDUCTO DE EXTRACCIÓN |
| | ABERTURA DE PASO | | BOCAS DE EXTRACCIÓN | | | | |



REFERENCIAS

PARTE 2: MARCO TEÓRICO. CONTEXTO HISTÓRICO

- ¹ Dean, Phyllis (1977). La primera revolución industrial. Península, Barcelona, 4ª edición.
- ² Landes, David S. (1979). Progreso tecnológico y revolución industrial. Tr. Francisca Antolín, Tecnos D. L., Madrid.
- ³ Ayala Carcedo, Francisco Javier (2001). Historia de la tecnología en España. 1. Valatenea, Barcelona. págs. 17-18.
- ⁴ De Lucas Martínez, Antonio (1999). Análisis del binomio Energía-Medioambiente. Ediciones de la Universidad de Castilla la Mancha, Cuenca. págs. 27-28.
- ⁵ Gaviria Ríos, Jorge Enrique; Mora Guzmán, Jorge Hernán; Ramiro Agudelo, John (2002) Historia de los motores de combustión interna. Revista Facultad de Ingeniería nº26. págs. 68-78.
- ⁶ G. Berejano, Pablo (2013). Cómo ha cambiado el consumo de energía desde el siglo XVIII. <http://blogthinkbig.com/consumo-de-energia-siglo-xviii/>
- ⁷ Iansiti E., Niehaus F. (1989). Repercusiones de la producción de energía en la concentración de gases de efectos invernadero en la atmósfera. Boletín de la Organización Internacional de Energía Atómica. Vol. 31, Nº 2, Viena.
- ⁸ Plataforma Energía y sociedad. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. <http://www.energiaysociedad.es/ficha/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales>
- ⁹ De Lucas Martínez, Antonio (1999). Análisis del binomio Energía-Medioambiente. cit.
- ¹⁰ Yvonne León Uzcátegui. Algunos efectos de la energía en el medio ambiente. Revista FADES, Facultad de ciencias económicas y sociales.
- ¹¹ De Vengoeche, Alejandra (2012). Las cumbres de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Proyecto Energía y clima de la Fundación Friedrich Ebert.
- ¹² Galindo Paz, Marta; García Rivas, Roberto; Pérez Rodríguez, Jaime (2013). Guía para la eficiencia energética de los edificios residenciales. Gobierno de Cantabria, Colegio oficial de arquitectos técnicos de Cantabria. pág. 3.
- ¹³ Acción por el clima (2016). Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020. Dirección General de Acción por el Clima (DG CLIMA). http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_es.htm
- ¹⁴ Acción por el clima (2016). Marco sobre clima y energía para 2030. Dirección General de Acción por el Clima (DG CLIMA). http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/index_es.htm
- ¹⁵ Acción por el clima (2016). Una economía baja en carbono para 2050. Dirección General de Acción por el Clima (DG CLIMA). http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050/index_es.htm
- ¹⁶ López Fernández, José Luis; et al...(2013). Guía práctica sobre la certificación de la Eficiencia Energética de Edificios. Asociación de Ciencias Ambientales, Madrid, 2ª edición. pág. 13
- ¹⁷ Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. (Texto pertinente a efectos del EEE)

- ¹⁸ Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. BOE Num.86. Miércoles, 10 de abril de 2013.
- ¹⁹ López Fernández, José Luis; et al...(2013). Guía práctica sobre la certificación de la Eficiencia Energética de Edificios. cit. pág. 18.
- ²⁰ Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. BOE Num.89. Sábado, 13 de abril de 2013.
- ²¹ Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. BOE Num.89. Sábado, 13 de abril de 2013.
- ²² Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. BOE Num.153. Jueves, 27 de junio de 2013.
- ²³ Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. BOE Num.219. Jueves, 12 de septiembre de 2013.
- ²⁴ Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. BOE Num.38. Sábado, 13 de febrero de 2013.
- ²⁵ Baño Nieva, Antonio; Vigil-Escalera del Pozo, Alberto (2005). Guía de construcción sostenible. Instituto sindical de Trabajo, Ambiente y Saludo, Paralelo Edición. págs. 21-22.
- ²⁶ Datos del fabricante de acristalamiento Climalit. <http://www.climalit.es/>
- ²⁷ Baño Nieva, Antonio; Vigil-Escalera del Pozo, Alberto (2005). Guía de construcción sostenible. cit. págs. 26-28.

PARTE 3: MARCO TEÓRICO. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

- ¹ Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. Marcombo, S.A, Barcelona. págs 243-248.
- ² a3e (2013). Curso de auditor energético en Edificación. Volumen 1. Asociación de Empresas de Eficiencia Energética, Madrid. pág 137.
- ³ Biofloor (2011). Manual técnico suelo radiante. Standard Hidráulica, S.A.U.
- ⁴ a3e (2013). Curso de auditor energético en Edificación. cit. pág 138.
- ⁵ Fuente: UPONOR. Manual técnico de climatización invisible. págs 28-29.
- ⁶ a3e (2013). Curso de auditor energético en Edificación. cit. pág 139-141.
- ⁷ Biofloor (2011). Manual técnico suelo radiante. Standard Hidráulica, S.A.U. págs. 31-32.
- ⁸ Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit. págs 187-188.
- ⁹ Castellá, Josep; et al...(2014). Guía sobre las claves para la optimización de las instalaciones de calefacción individuales. Gráficas Arias Montano, S.A., Madrid. págs. 13-18.
- ¹⁰ Feneca (2009). Guía práctica sobre instalaciones individuales de calefacción y ACS en edificios de viviendas. pág. 19.
- ¹¹ Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit.. págs. 190-191.

- ¹² Garrido, Mariano; et al...(2014). Guía de emisores de calefacción a baja temperatura de agua. Gráficas Arias Montano, S.A., Madrid. págs. 40-41.
- ¹³ Castellá, Josep; et al...(2014). Guía sobre las claves para la optimización de las instalaciones de calefacción individuales. cit. págs. 19-20.
- ¹⁴ Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy; Hernández Gallego, Eva (2006). Curso Universitario de Ingeniería de Climatización. Grupo de investigación reconocido de Termotecnia. Universidad de Valladolid. pág. 218
- ¹⁵ ISOVER. Manual de conductos de aire acondicionado. 2. Tipos de conductos. págs. 15-19.
- ¹⁶ Escobar Fernández, Francisco Javier (2015). Curso de eficiencia energética en edificios. 2. Instalaciones de climatización. pág. 18-27.
- ¹⁷ Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy; Hernández Gallego, Eva (2006). Curso Universitario de Ingeniería de Climatización. pág. 220
- ¹⁸ Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit.. págs. 266-268.
- ¹⁹ Escobar Fernández, Francisco Javier (2015). Curso de eficiencia energética en edificios. 2. Instalaciones de climatización. págs. 12-18.
- ²⁰ Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. cit.. págs. 285-290.
- ²¹ Ibídem. págs. 293-301.
- ²² Directiva 92/42/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos.
- ²³ Ibídem. Artículo 5.
- ²⁴ Ibídem. Artículo 6.
- ²⁵ Real Decreto 276/1995, de 24 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1428/1992, de aplicación de la Directiva 90/396/CEE, sobre aparatos de gas.
- ²⁶ Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de julio de 2005 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.
- ²⁷ Real Decreto 1369/2007, de 19 de octubre, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.
- ²⁸ Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- ²⁹ IDAE (2010). Guía técnica de diseño de centrales de calor eficientes. Madrid.
- ³⁰ a3e (2013). Curso de auditor energético en Edificación. Volumen 1. cit. pág 133-134.
- ³¹ Ibídem. págs. 199-201.
- ³² IDAE (2009). Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios. Madrid. págs. 49-50.
- ³³ Alonso Angonegui, A; et al... (1995). Calefacción eléctrica. Confort, cálculo y sistemas. Editorial Paraninfo S.A., Madrid. págs. 107-113.
- ³⁴ Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- ³⁵ Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la indicación del consumo de energía y otros recursos por parte de los productos relacionados con la energía, mediante el etiquetado y una información normalizada.
- ³⁶ Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2005). Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios. Thomson Editores Spain, Madrid. págs. 73-85.
- ³⁷ Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización, AFEC. La Bomba de Calor; Fundamentos, Tecnología y Casos prácticos. Industrias Gráficas El Instalador, Madrid. págs. 58-60.

³⁸ Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2005). Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios. cit. págs. 87-101.

³⁹ Enseñal Beso, José María; et al... (2007). Energía solar térmica y fotovoltaica en el marco del Código Técnico de la Edificación. Guías Eneragen. pág. 24.

⁴⁰ IDAE (2006). Energía solar térmica. Madrid. págs. 40-45.

⁴¹ Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2007). Calidad de ambientes interiores. Thomson Editores Spain, Madrid. págs. 111-112.

⁴² Documento Básico de Salubridad HS 3: Calidad del aire interior. Apéndice A. Terminología

⁴³ a3e (2013). Curso de auditor energético en Edificación. Volumen 1. cit. págs 150-152.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

ARTÍCULOS, LIBROS, GUÍAS, MANUALES

- a3e (2013). Curso de auditor energético en Edificación. Volumen 1. Asociación de Empresas de Eficiencia Energética, Madrid.
- Alonso Angonegui, A; et al... (1995). Calefacción eléctrica. Confort, cálculo y sistemas. Editorial Paraninfo S.A., Madrid.
- Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización, AFEC. La Bomba de Calor; Fundamentos, Tecnología y Casos prácticos. Industrias Gráficas El Instalador, Madrid.
- Ayala Carcedo, Francisco Javier (2001). Historia de la tecnología en España. 1. Valatenea, Barcelona.
- Baño Nieva, Antonio; Vigil-Escalera del Pozo, Alberto (2005). Guía de construcción sostenible. Instituto sindical de Trabajo, Ambiente y Saludo, Paralelo Edición. ⁴¹ Datos del fabricante de acristalamiento Climalit. <http://www.climalit.es/>
- Biofloor (2011). Manual técnico suelo radiante. Standard Hidráulica, S.A.U.
- Castellá, Josep; et al...(2014). Guía sobre las claves para la optimización de las instalaciones de calefacción individuales. Gráficas Arias Montano, S.A., Madrid.
- Castellá, Josep; et al...(2014). Guía sobre las claves para la optimización de las instalaciones de calefacción individuales.
- Dean, Phyllis (1977). La primera revolución industrial. Península, Barcelona, 4ª edición.
- De Lucas Martínez, Antonio (1999). Análisis del binomio Energía-Medioambiente. Ediciones de la Universidad de Castilla la Mancha, Cuenca.
- De Vengoeche, Alejandra (2012). Las cumbres de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Proyecto Energía y clima de la Fundación Friedrich Ebert.
- Elías castells, Xavier; Bordas Alsina, Santiago (2012). Energía, agua, medioambiente. Territorialidad y sostenibilidad. Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid.
- Enseñat Beso, José María; et al...(2007). Energía solar térmica y fotovoltaica en el marco del Código Técnico de la Edificación. EnerAgen.
- Escobar Fernández, Francisco Javier (2015). Curso de eficiencia energética en edificios. 2. Instalaciones de climatización.
- Feneca (2009). Guía práctica sobre instalaciones individuales de calefacción y ACS en edificios de viviendas.
- Fenercom (2014). Guía sobre gestión de la demanda energética del edificio. Conserjería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas. Madrid.
- Fenercom (2014). Guía de emisiones de calefacción a baja temperatura de agua. Conserjería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas. Madrid.

- Fenercom (2014). Guía sobre las claves para la optimización de las instalaciones de calefacción individuales. Eficiencia energética y máximo confort con radiadores. Conserjería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas. Madrid.
- G. Berejano, Pablo (2013). Cómo ha cambiado el consumo de energía desde el siglo XVIII.
- Galindo Paz, Marta; García Rivas, Roberto; Pérez Rodríguez, Jaime (2013). Guía para la eficiencia energética de los edificios residenciales. Gobierno de Cantabria, Colegio oficial de arquitectos técnicos de Cantabria.
- Garrido, Mariano; et al...(2014). Guía de emisores de calefacción a baja temperatura de agua. Gráficas Arias Montano, S.A., Madrid.
- Gaviria Ríos, Jorge Enrique; Mora Guzmán, Jorge Hernán; Ramiro Agudelo, John (2002) Historia de los motores de combustión interna. Revista Facultad de Ingeniería nº26.
- Iansiti E., Niehaus F. (1989). Repercusiones de la producción de energía en la concentración de gases de efectos invernadero en la atmósfera. Boletín de la Organización Internacional de Energía Atómica. Vol. 31, Nº 2, Viena.
- IDAE (2006). Manuales de energía renovables. Energía solar térmica. Madrid.
- IDAE (2008). Guía técnica de instalaciones de calefacción individual. Madrid.
- IDAE (2009). Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios. Madrid.
- IDAE (2010). Guía técnica de diseño de centrales de calor eficientes. Madrid.
- IDAE (2011). Guía práctica sobre instalaciones individuales de calefacción y agua caliente sanitaria en edificios de viviendas. Madrid.
- IDAE (2012). Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización. Madrid.
- IDAE. Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2011-2020.
- ISOVER. Manual de conductos de aire acondicionado. 2. Tipos de conductos.
- J. Moran, Michael; N. Shapiro, Howard (2012). Fundamentos de Termodinámica Técnica. Editorial Reverte. Spain. Barcelona.
- Jutglar, Luis; Miranda, Ángel Luis; Villarubia, Miguel (2011). Manual de calefacción. Marcombo, S.A, Barcelona.
- Landes, David S. (1979). Progreso tecnológico y revolución industrial. Tr. Francisca Antolín, Tecnos D. L., Madrid.
- López Fernández, José Luis; et al...(2013). Guía práctica sobre la certificación de la Eficiencia Energética de Edificios. Asociación de Ciencias Ambientales, Madrid, 2ª edición.
- Pizzetti, Carlo (1991). Acondicionamiento del Aire y Refrigeración. Editorial Bellisco, Spain, Madrid.
- Recknagel; Sprengerl; Honmann (1991). Manual Técnico de Calefacción y Aire Acondicionado, Tomo 1: Calefacción. Editorial Bellisco, Spain, Madrid.
- Recknagel; Sprengerl; Honmann (1991). Manual Técnico de Calefacción y Aire Acondicionado, Tomo 2: Aire Acondicionado y Frío. Editorial Bellisco, Spain, Madrid.

- Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2005). Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios. Thomson Editores Spain, Madrid.
- Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy; Hernández Gallego, Eva (2006). Curso Universitario de Ingeniería de Climatización. Grupo de investigación reconocido de Termotecnia. Universidad de Valladolid.
- Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2007). Calidad de Ambientes Interiores. Thomson Editores Spain, Madrid.
- Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2007). Eficiencia Energética en Edificios. Editorial Paraninfo S.A., Madrid.
- UPONOR. Manual técnico de climatización invisible.
- UPONOR. Manual técnico de calefacción por radiadores.
- Yvonne León Uzcátegui. Algunos efectos de la energía en el medio ambiente. Revista FADES, Facultad de ciencias económicas y sociales.

NORMATIVA

- Directiva 92/42/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos.
- Real Decreto 276/1995, de 24 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1428/1992, de aplicación de la Directiva 90/396/CEE, sobre aparatos de gas.
- Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de julio de 2005 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.
- Real Decreto 1369/2007, de 19 de octubre, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.
- Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la indicación del consumo de energía y otros recursos por parte de los productos relacionados con la energía, mediante el etiquetado y una información normalizada.
- Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. (Texto pertinente a efectos del EEE)

- Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. BOE Num.86. Miércoles, 10 de abril de 2013.
- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. BOE Num.89. Sábado, 13 de abril de 2013.
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. BOE Num.89. Sábado, 13 de abril de 2013.
- Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. BOE Num.153. Jueves, 27 de junio de 2013.
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. BOE Num.219. Jueves, 12 de septiembre de 2013.
- Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. BOE Num.38. Sábado, 13 de febrero de 2013.
- Norma UNE-EN 12207: 2000. Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación.
- Norma UNE-EN 12237: 2003. Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica.
- Norma UNE-EN 13403: 2003. Ventilación de edificios. Conductos no metálicos. Red de conductos de planchas de material.
- Norma UNE-EN 13180: 2003. Ventilación de edificios. Conductos. Dimensiones y requisitos mecánicos para conductos flexibles.
- Norma UNE-EN 13779: 2008. Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
- Norma UNE-EN 442-1: 2015. Radiadores y convectores. Parte 1: Especificaciones y requisitos técnicos.
- Norma UNE-EN 442-1: 2015. Radiadores y convectores. Parte 2: Métodos de ensayo y evaluación.
- CTE. Documento básico Documento Básico HS 3: Salubridad. Calidad del aire interior
- CTE. Documento Básico HE 0: Ahorro de energía. Limitación del consumo energético
- CTE. Documento Básico HE 1: Ahorro de energía. Limitación de la demanda energética
- CTE. Documento Básico HE 2: Ahorro de energía. Rendimiento de las instalaciones térmicas
- CTE. Documento Básico HE 4: Ahorro de energía. Contribución solar mínima de ACS

PÁGINAS WEB

- <http://www.energiaysociedad.es/ficha/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales>
- <http://www.energiaysociedad.es/ficha/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales>
- http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/index_es.htm
- http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050/index_es.htm
- http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_es.htm
- <http://blogthinkbig.com/consumo-de-energia-siglo-xviii/>

FUENTES

CONSUMOS ENERGÉTICOS

- Acción por el clima
- Banco mundial
- BP. Statistical review of world energy
- Dirección general de acción por el clima
- IDAE
- IDAE/EUROSTAT EUROPEAN COMMISSION
- MINETUR/IDEA

FABRICANTES: CATÁLOGOS, TARIFAS

- AIRFLOW
- BAXI-ROCA
- CARRIER
- FERROLI
- FERROPLAST
- JAGA
- ROCA
- SOLER&PALAU
- SOLICLIMA
- UPONOR
- VAILLANT

