EPSEB
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR D'EDIFICACIÓ DE BARCELONA

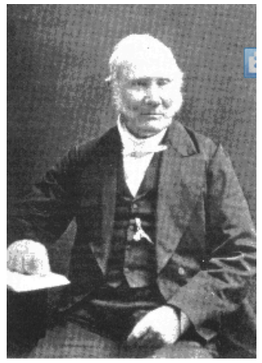
Proyecto Final de Grado

ESTUDIO COMPARATIVO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIO DE VIVIENDAS CON UN SISTEMA DE MICROGENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA Y ELECTRICIDAD FRENTE A SISTEMAS CONVENCIONALES

Alumno Ingeniería de Edificación

Daniel Martínez Sánchez

Tutores
Antonio Caballero i Mestres
Luís Fernández García-Escudero



"...These imperfections have been in great measure removed by time and especially by the genius of the distinguished Bessemer. If Bessemer iron or steel had been known thirty five or forty years ago there is scarce a doubt that the air engine would have been a great success... It remains for some skilled and ambitious mechanist in a future age to repeat it under favourable circumstances and with complete success..."

Rev'd Dr. Robert Stirling, 1876
from "Stirling Engines" by G. Walker

RESUMEN

Este Proyecto de Final de Grado tiene es un estudio comparativo de eficiencia energética entre tres sistemas de suministro térmico (ACS y Calefacción) :

- En primer lugar se estudiará un **sistema convencional** para generación de energía térmica formado por calderas individuales para calefacción apoyadas por energía solar para producción de ACS.
- En segundo lugar se evaluará un sistema formado por **calderas individuales de microcogeneració** (mCHP) que generarán simultáneamente suministro de Calefacción-ACS y electricidad.
- En tercer lugar se evaluará un sistema formado por **un grupo mCHP de producción centralizada** para calefacción y ACS.

La particularidad del proyecto radica en la naturaleza mecánica de los sistemas de mCHP escogidos que basan su funcionamiento en motores combustión externa de tipo Stirling que aprovechan el calor residual generado durante la producción térmica de Calefacción y ACS para generar electricidad.

El trabajo expone brevemente los origenes del motor de combustión externa de tipo Stirling así como su evolución y los distintos campos entorno a los que se aplica en la actualidad, haciendo incapié en la coogeneración de electricidad y más concretamente en la microcogeneración (CHP).

Para la elaboración de este estudio comparativo se ha dimensionado los distintos sistemas en un mismo complejo de edificios. El complejo en cuestión consta de 4 edificios redenciales que conforman una pequeña comunidad de 38 viviendas, ubicada en el la calle c/Sant Roig s/n del municipio de Palafolls.

1º FASE: Cumplimiento CTE-HE1

En un primer lugar se evaluará el cumplimiento de la normativa CTE-HE1 limitación de la demanda energética por parte del edificio mediante la opción general contemplada en la misma normativa. Para ello se ha recreado informáticamente el modelo del edificio según los parámetros originales del proyecto utilizando el programa CYPE2008 y finalmente se ha procedido a su evaluación del cumplimiento del CTE-HE1 con el programa oficial LIDER.

2º FASE: Cálculo Demanda energética

El siguiente paso ha sido calcular la demanda energética en términos de cárgas térmicas y ACS de cada vivienda y cada edificio.

3º FASE: Dimensionado de instalaciones

En función de las demandas calculadas anteriormente se ha procedido a dimensionar:

- En primer lugar la instalación convencional incluida instalación compuesta por calderas mixtass y Energía Solar justificando el cumplimiento del CTE-HE4 (aportación mínima de Energía Solar). Finalmente se ha dimensionado el conjunto de radiadores y tuberías.
- En segundo lugar se ha procedido al dimensionado de la instalación mCHP de tipo individual justificando el cumplimiento del CTE-HE4 mediante la energía y ahorro de emisiones producidas durante la Cogeneración. Finalmente se ha dimensionado el conjunto de radiadores y tuberías.
- En tercer lugar se ha dimensionado la instalción mCHP centralizada así como el cumplimiento del CTE-HE4 mediante cogeneración. Finalmente se ha dimensionado el conjunto de radiadores y tuberías.

4º FASE: Evaluación Eficiencia Energética

Una vez dimensionados los tres sistemas se ha procedido a su evaluación desde un punto de vista de eficiencia energética. Para ello en primer lugar se ha utilzado el programa oficial CALENER VyP mediante el cual se ha podido evaluar la eficiencia energética del sistema convencional anteriormente descrito. Para los casos de mCHP el programa CALENER VyP no contempla el uso de este tipo de sistemas por lo que se ha procedido a realizar una propuesta alternativa de evaluación de las emisiones.

5º FASE: Estudio económico

El siguiente paso ha sido la realización de un apartado de mediciones y presupuesto para cada instalación por separado, tambien se ha evaluado los costes por combustible y mantenimiento de manera que se pueda evaluar los sobrecostes, beneficio anual, TIR y años de amortización de cada instalación.

6º FASE: Conclusiones

Finalmente se han elaborado una serie de conclusiones en base a los resultados obtenidos en los distintos análisis desde un punto de vista de eficiencia energética, desde un punto de vista económico y por último desde un puntode vista general.

ÍNDICE

GLOSARIO..... **Pág. 3**

PREFACIO..... **Pág. 4**
- ANTECEDENTES HISTÓRICOS
- APLICACIONES
- COGENERACIÓN (CHP) Y MICROCOGENERACIÓN (Mchp)

INTRODUCCIÓN..... **Pág. 5**

NUCLEO MEMORIA..... **Pág. 6**

1.1 PRESENTACIÓN EDIFICIO
1.1.1 EMPLAZAMIENTO
1.1.2 DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA
1.1.3 RESUMEN SUPERFICIES
1.1.4 VIVIENDA TIPO
1.1.5 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS EDIFICIO

1.2 COMPROBACIÓN CUMPLIMIENTO CTE-HE y D. ECOEFICIENCIA..... **Pág. 10**
1.2.1 CUMPLIMIENTO DECRETO ECOEFICIENCIA
1.2.2 CUMPLIMIENTO CTE-HE
1.2.2.1 ELECCIÓN ZONA CLIMÁTICA

1.3 CUMPLIMIENTO CTE-HE1 ..... **Pág. 11**
1.3.1 OPCIÓN GENERAL
1.3.2 APLICABILIDAD
1.3.3 CONFORMIDAD CON LA OPCIÓN
1.3.4 REQUISITOS PREVIOS
1.4.4.1 DEFINICIÓN
1.3.4.2 DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA
1.3.5 PROGRAMA DE REFERENCIA – LIDER

1.4 DEFINICIÓN DE GEOMETRÍAS - CYPE2008..... **Pág. 16**
1.4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.4.2 GENERACIÓN DE LAS GEOMETRÍAS

1.5 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO CTE-HE1: LIDER... **Pág. 17**
1.5.1 EXPORTACIÓN DE CYPE A LIDER
1.5.2 CORRECCIONES Y RETOQUES PREVIOS AL ANÁLISIS
1.5.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA – CTE-HE1

1.6. CARGAS TÉRMICAS..... **Pág. 19**
1.6.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.6.2 PROTECCIONES SOLARES (Voladizos – Balconeras)
1.6.3 PUNTOS COMUNES
1.6.3 OCUPACIÓN
1.6.4 VENTILACIÓN
1.6.5 CÁLCULO DE LAS CARGAS TERMICAS
1.6.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1.7. DEMANDA ACS ..... **Pág. 22**
1.7.1 PARÁMETROS MÍNIMOS
1.7.2 CAUDAL ACS

1.8 DIMENSIONADO INSTALACIÓN SISTEMA CONVENCIONAL ..... **Pág. 23**
1.8.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.8.2 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA E. SOLAR
1.8.3 PÉRDIDAS MÁXIMAS ADMITIDAS
1.8.4 INCLINACIÓN PANELES
1.8.5 DIMENSIONADO INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR
1.8.5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.8.5.2 DATOS DE PARTIDA
1.8.5.3 CARGA DE CONSUMO ACS
1.8.5.4 SUPERFICIE DE CAPTACIÓN Y VOLUMEN DE ACUMULACIÓN
1.8.5.5 RESUMEN DEMANDA Y APORTES
1.8.5.6 PÉRDIDAS POR SOMBRAS, ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN
1.8.5.7 SISTEMA DE INTERCAMBIO
1.8.5.8 CIRCUITOS HIDRÁULICOS
1.8.5.9 SISTEMA DE APOYO – CALDERA MURAL
1.8.5.10 REGULACIÓN SOLAR Y SISTEMA ELÉCTRICO
1.8.5.11 ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN E. SOLAR
1.8.6 ELECCIÓN MODELO RADIADORES
1.8.6.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.8.6.2 CARACTERÍSTICAS MODELO RADIADOR
1.8.6.3 DIMENSIONADO RADIADORES
1.8.7 DIMENSIONADO TUBERÍAS
1.8.8 DIMENSIONADO AISLAMIENTO CONDUCTOS EMISORES
1.8.9 ESQUEMA DE PRINCIPIO – CIRCUITO DISTRIBUCIÓN E INVIDIDUAL
1.8.10 ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD

1.9 DIMENSIONADO SISTEMA MICROCOGENERACIÓN INDIVIDUAL (mCHP individual) ..... **Pág. 35**
1.9.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.9.2 ELECCIÓN EQUIPO MCHP
1.9.3 DIMENSIONADO DEPÓSITO ACUMULADOR
1.9.4 JUSTIFICACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA –CTE-HE4
1.9.4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.9.4.2 CÁLCULO DEMANDA DE REFERENCIA
1.9.4.3 CÁLCULO EMISIONES REFERENCIA
1.9.4.4 CÁLCULO EMISIONES MCHP
1.9.4.5 PRIMER BALANCE DE EMISIONES
1.9.4.6 PRODUCCIÓN ELÉCTRICA
1.9.4.7 SEGUNDO BALANCE DE EMISIONES
1.9.5 SELECCIÓN Y DIMENSIONADO DE LOS RADIADORES
1.9.5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.9.5.2 DIMENSIONADO RADIADORES
1.9.6 DIMENSIONADO TUBERÍAS
1.9.6.1 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN
1.9.6.2 DIMENSIONADO AISLAMIENTO TUBERÍAS
1.9.6.3 ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD

1.10 DIMENSIONADO INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA..... **Pág. 41**
1.10.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.10.2 ELECCIÓN MODELO CALDERA MCHP
1.10.3 ELECCIÓN COMBUSTIBLE
1.10.4 CONDICIONES INICIALES
1.10.5 SIMULTANEIDAD
1.10.7 ELECCIÓN MODELO CALDERA APOYO
1.10.8 JUSTIFICACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA
1.10.8.1 Cálculo de la Demanda
1.10.8.2 DEPÓSITO ACUMULACIÓN
1.10.8.3 CÁLCULO EMISIONES
1.10.9 SELECCIÓN Y DIMENSIONADO RADIADORES
1.10.9.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.10.9.2 DIMENSIONADO RADIADORES
1.10.9.3 ESQUEMA DISTRIBUCIÓN
1.10.9.4 DIMENSIONADO TUBERÍAS
1.10.9.5 DIMENSIONADO AISLAMIENTO TUBERÍAS
1.10.9.6 ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD
1.10.9.7 ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA

1.11 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA ..... **Pág. 48**
1.11.1 OPCIÓN GENERAL
1.11.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA – SISTEMA CONVENCIONAL
1.11.2.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.11.2.2 DEFINICIÓN SISTEMAS EN CALENER VyP
1.11.2.3 RESULTADOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA SISTEMA CONVENCIONAL
1.11.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA – SISTEMA MCHP INDIVIDUAL
1.11.3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.11.3.2 PROPUESTA ALTERNATIVA
1.11.3.2 RESULTADOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
1.11.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA
1.11.4.1 PROPUESTA ALTERNATIVA
1.11.4.2 RESULTADOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
1.11.5 CUADRO COMPARATIVO RESULTADOS OBTENIDOS EN EFICIENCIA

1.12 ESTUDIO ECONÓMICO..... **Pág. 55**
1.12.1 CONSIDERACIONES PREVIAS
1.12.2 ESQUEMA GENERAL DEL ESTUDIO
1.12.2 CUADRO RESUMEN COMPARATIVO ESTUDIO ECONÓMICO

CONCLUSIONES ..... **Pág. 56**
- 1 CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
- 2 CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO ECONÓMICO
- 3 CONCLUSIONES GENERALES

BIBLIOGRAFÍA..... **Pág. 58**

AGRADECIMIENTOS..... **Pág. 59**

CONTENIDO CD..... **Pág. 60**

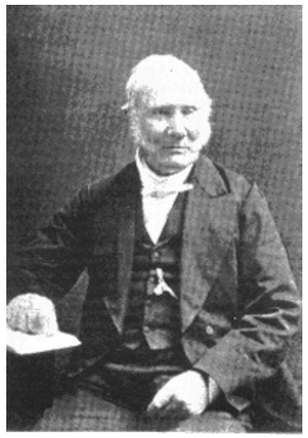
GLOSARIO

- ***Motor térmico:*** Motor que utiliza energía térmica para producir energía mecánica.
- ***Motor de combustión externa:*** Motor térmico que produce energía mecánica a base de energía térmica generada en el exterior del mismo. Por ejemplo un máquina de vapor o un motor Stirling.
- ***Motor de combustión interna:*** Motor térmico que produce energía mecánica a base de energía térmica generada en el interior del mismo. Por ejemplo un motor de Gasolina o un motor Diesel.
- ***Sadi Carnot:*** *Científico* francés que en 1.824, tras estudiar la eficiencia de las diferentes máquinas térmicas de la época, diseñó una máquina térmica totalmente reversible que funciona entre dos fuentes de calor de temperaturas fijas. Esta máquina se conoce como la *máquina de Carnot*.
- ***Máquina de Carnot:*** Es una máquina térmica ideal considerada como el procedimiento más eficaz para producir un trabajo a partir de dos focos de temperatura. En ella hay un gas sobre el que se ejerce un proceso cíclico de expansión y contracción entre dos temperaturas. El ciclo termodinámico utilizado se denomina *ciclo de Carnot*.
- ***Ciclo de Carnot:*** Ciclo termodinámico ideal del que se podría obtener el máximo rendimiento posible cuando actúa entre dos focos térmicos. Es un ciclo reversible formado por dos transformaciones isotérmicas y otras dos adiabáticas. Este tipo de transformaciones no se dan en la naturaleza, donde todas las transformaciones termodinámicas son irreversibles.
- ***Robert Stirling:*** Reverendo escocés que con el objetivo de mejorar la eficiencia y seguridad de los motores a vapor, en 1824 diseñó y construyó el motor de combustión externa llamado Motor Stirling.
- ***Motor Stirling:*** Motor térmico de combustión externa cuyo principio de funcionamiento es el trabajo realizado por la expansión y contracción de un gas (normalmente helio, hidrógeno, nitrógeno o simplemente aire) al ser obligado a seguir un ciclo de enfriamiento en un foco frío, con lo cual se contrae, y de calentamiento en un foco caliente, con lo cual se expande. Es decir, es necesaria la presencia de una diferencia de temperaturas entre dos focos. El ciclo termodinámico utilizado es el denominado como *Ciclo Stirling*.
- ***Ciclo Stirling***: El ciclo Stirling es un ciclo termodinámico del motor Stirling que busca obtener el máximo rendimiento. Por ello, es semejante al ciclo Carnot. A diferencia de la máquina de Carnotesta máquina está constituida por dos isotermas,dos isocoras y un sistema de regeneración entre las isocoras.
- ***Cogeneración:*** La cogeneración es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente sanitaria, hielo, agua fría, aire frío, por ejemplo).
- ***Microcogeneración (micro CHP):*** La Directiva Europea sobre Cogeneración define la Micro CHP como aquellos equipos con una potencia eléctrica de menos de 50 kW.
- ***Eficiencia energética:*** es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Se puede mejorar mediante la implantación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos de consumo en la sociedad
- ***Calificación energética para viviendas:*** es una medida de cuan energéticamente eficiente es una casa, utilizado principalmente en los países desarrollados. La calificación de energía puede ser utilizado tanto para las viviendas existentes o nuevas. La escala se mide gráficamente según las emisiones de CO2/m2 y se escala en 7 niveles de distinto color numerados de la A a la G.
- ***CO2:*** El óxido de carbono (IV), junto al vapor de agua y otros gases, es uno de los gases de efecto invernadero (G.E.I.) que contribuye a que la Tierra tenga una temperatura habitable. Por otro lado, un exceso de óxido de carbono (IV) se supone que acentuaría el fenómeno conocido como efecto invernadero,[cita requerida] reduciendo la emisión de calor al espacio y provocando un mayor calentamiento del planeta

PREFACIO

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En 1816 el reverendo escocés Robert Stirling (25 Octubre 1790 – 6 Junio 1878) patentó un motor que funcionaba básicamente con un diferencial de temperatura. La patente de este motor era el final de una serie de años de estudio dedicados a tratar de simplificar el motor de vapor. Desde siempre Stirling consideraba demasiado complicado calentar agua en una caldera, producir vapor, expansionarlo en un motor, condensarlo y mediante una bomba introducir de nuevo el agua en la caldera.



Además de complicado, dada la tecnología de aquellos tiempos las calderas de vapor eran peligrosas ya que explotaban con facilidad debido a las altas presiones con las que se trabajaba en su interior. Así pues Stirling buscaba, por tanto, como doble objetivo una mejor eficiencia energética así como un mayor grado de seguridad en la transformación y obtención de energía en las máquinas a vapor.

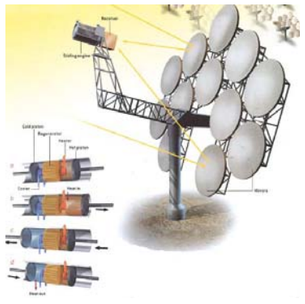
Basándose en ese doble objetivo inventó un motor que aprovechase las propiedades de expansión y contracción de los gases durante el proceso adiabático de calentamiento y enfriamiento de los mismos, al tiempo que consiguió que este proceso se pudiera realizar a bajas presiones eliminando así el riesgo de explosión que caracterizaba a las máquinas de vapor de la época.

Actualmente el uso de motores Stirling tiene su principal campo de desarrollo en numerosas aplicaciones asociadas a la cogeneración de energía eléctrica aprovechando el calor residual de terceros procesos.

Sin embargo con las perspectivas de una creciente demanda energética y de un agotamiento de las fuentes no renovables de energía, los motores Stirling están viviendo una segunda época dorada con un nuevo impulso en su desarrollo gracias a la gran versatilidad de fuentes de energía utilizables para su funcionamiento y que incluyen energías renovables tales como la energía solar térmica, biomasa, energía geotérmica, así como casi cualquier tipo de combustibles de los que obtener calor.

APLICACIONES

Actualmente existe una variedad de aplicaciones que utilizan la tecnología Stirling para obtener energía, incluso algunos con base acústica. La tecnología Stirling permite entre otras posibilidades refrigerar incluso a nivel de temperaturas criogénicas de la forma más eficiente energéticamente hablando en comparación con otras tecnologías. Este hecho convierte a esta tecnología en la ideal para producir nitrogeno líquido en grandes cantidades.



No obstante las aplicaciones más importantes en este tipo de tecnología están orientadas a la generación de electricidad. En este ámbito de desarrollo se deben distinguir dos ramas principales, en primer lugar la generación directa de electricidad asociada a una fuente de calor normalmente de tipo renovable como pueda ser la energía solar.

Como ejemplo práctico y cercano en la Plataforma Solar de Almería se han construido equipos (conocidos como Distal y EuroDISH) formados por grandes discos parabólicos que reflejan y concentran el sol hacia un motor Stirling, el cual produce energía mecánica que mediante un alternador es transformada en energía eléctrica. Son modelos experimentales y demuestran un gran rendimiento potencial.

El segundo campo de aplicación de esta tecnología la encontramos en la Cogeneración de energía térmica y electricidad.

COGENERACIÓN (CHP) Y MICROCOGENERACIÓN (Mchp)

Los sistemas de cogeneración funcionan típicamente como elementos generadores de calor, proporcionando la calefacción y el Agua Caliente Sanitaria (ACS) en edificios residenciales y comerciales, funcionando como calderas convencionales. Pero a diferencia de una caldera convencional, los sistemas CHP generan electricidad junto con calor obteniendo altas eficiencias y además ayuda a ahorrar combustible, disminuir las emisiones de gases invernadero y reducir los costes de electricidad. La mayoría de los equipos operan en paralelo con la red eléctrica, pero también pueden inyectar electricidad a la red. El calor generado del sistema micro CHP se usa para calefacción y ACS, pudiendo incluso ser utilizados para refrigerar.

MCHP DACHS: 5,5 kW_{el} /12,5 - 20 kW_{th} (con tanque de acumulación)

La Directiva Europea sobre Cogeneración **define la micro CHP como aquellos equipos con una potencia menor de 50 kW.**

Una característica importante de los sistemas micro CHP es que son sistemas sencillos de instalar y muy flexibles. Frecuentemente se entregan como proyectos “llave en mano”, en contenedores sólidos e impermeabilizados, con un tamaño razonable y las únicas operaciones que es necesario realizar son las conexiones eléctricas, combustible y agua.

Para el desarrollo de estos sistemas de micro CHP se ha empleado la convergencia de diferentes tecnologías, habiendo plantas disponibles comercialmente como el motor Stirling, ORC y las micro turbinas de gas que están funcionando con éxito. En la actualidad, las células de combustible (tanto de polímeros electrolíticos como las células de óxido sólidas) están en fase de investigación y desarrollo con una serie de plantas piloto que están siendo testadas. Las correspondientes plantas están ya disponibles al comercio, Stirling engines, ORC y las turbinas de microgas están cerca de ello con un número substancial de éxitos en las demostraciones de plantas en operación. Las células de combustible (tanto el electrolito de polímero como células sólidas de óxido de combustible) están todavía en la fase investigación y desarrollo con un número de plantas piloto que actualmente están siendo probadas.

MCHP *Stirling V161: 2 – 9,5 kW_{el} / 8 – 26 kW_t.*

Hasta ahora, los combustibles fósiles (gas natural, gases licuados de petróleo (GLP), y gasóleos) han sido usados en los sistemas micro CHP. Sin embargo, en los últimos años existe la tendencia del uso de biodiesel y aceite de colza en los motores diesel así como de Biogas en los motores que utilizan Gas natural. Debido a la biodegradabilidad y bajo toxicidad de estos nuevos combustibles, el desarrollo de plantas de CHP en regiones sensibilizadas en temas ecológicos está recibiendo mayor atención.

Varias empresas están experimentando el uso de quemadores de pelets de madera y concentradores solares. Sin embargo, el producto desarrollado por éstas compañías está todavía en la fase investigación y desarrollo. Las aplicaciones de refrigeración basadas en micro CHP y sistemas de absorción todavía necesitan un mayor esfuerzo para poder introducirlas en el mercado.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se ideó a raíz del descubrimiento de la tecnología de los motores de combustión externa y en particular del motor Stirling en un documental cuya temática trataba sobre distintas tecnologías alternativas a los motores convencionales en automoción.

En un primer momento el motor Stirling se planteaba como una a forma interesante alternativa para obtener energía mecánica de una fuente de calor. De entrada las ventajas que ofrece esta tecnología son muy variadas, por una parte encontramos la variedad de fuentes de energía de las cuales abastecerse, ya que en esencia solo necesitamos un diferencial de temperatura entre dos puntos, por otro lado tenemos la simplicidad de su mecánica que la hace silenciosa, eficiente y reduce el mantenimiento, pero por encima de todo tenemos su alto nivel de eficiencia ya que es la máquina que más se acerca a conseguir el ciclo teórico de Carnot. En definitiva la tecnología Stirling tiene a priori un gran potencial.

Sin embargo este potencial no es suficiente para hacerla viable en determinados sectores como es el de la automoción. Tal y como en el mismo documental se explicaba, la principal desventaja de la tecnología Stirling es su relación volumen-potencia. En otras palabras, si comparamos un motor convencional de combustión interna (diesel por ejemplo) con uno Stirling de igual potencia comprobaremos como el convencional es mucho más pequeño.

Sin embargo en lugares donde la relación potencia-volumen no sea un problema este tipo de tecnología podría tener aplicaciones interesantes y la edificación es uno de esos sectores. Así pues a partir de ese momento decidí investigar de qué manera se podría aplicar este tipo de tecnología y si ya habían proyectos en marcha. Poco a poco me fui introduciendo en los dos sectores donde se está desarrollando con mayor intensidad la tecnología Stirling, la generación directa de electricidad mediante energía solar y la cogeneración.

Si bien ambos campos son igualmente interesantes finalmente este estudio se decantó por las aplicaciones en cogeneración al ser de los dos el sector donde más desarrollada está esta tecnología.

Tras descubrir que desde un punto de vista comercial existen en el mercado varios modelos de calderas de cogeneración que utilizaban esta tecnología con aparentemente buenos resultados, se decidió enfocar el estudio bajo dos puntos de vista. Por una parte el grado de eficiencia energética que puede conseguirse utilizando este tipo de instalaciones y por otro lado la viabilidad de un proyecto de estas características teniendo en cuenta que son tecnologías relativamente nuevas (a pesar de que sus orígenes se remontan a casi 200 años atrás), por lo que de entrada el coste económico pudiera no compensarse según los resultados de rentabilidad obtenidos.

Una vez definida la filosofía del proyecto el siguiente paso sería tratar de encontrar la forma de realizarlo, para ello se localizó un proyecto constructivo que fuera aparentemente polivalente para instalar de entrada cualquiera de las instalaciones proyectadas en el estudio.

Seguidamente se ideó la forma de evaluar los tres sistemas de una forma lo más veraz posible siempre desde un punto de vista neutral, sin favoritismo alguno y por supuesto dentro del marco del cumplimiento legal de las distintas normativas pues como ya se expuso el objetivo era doble, por un lado evaluar la eficiencia energética y por otro la viabilidad de dicha eficiencia. Si bien en un primer momento se planteó la opción de evaluación mediante los programas específicos Lider y Calener, posteriormente como se puede comprobar en el estudio, dichos programas presentan una serie de limitaciones que han obligado a plantear propuestas alternativas que permitan una correcta evaluación de los objetivos del estudio.

En cualquier caso a lo largo del estudio se ha procurado detallar en la medida de lo posible el conjunto de pasos que lo conforman para que en todo momento se pueda comprobar el cumplimiento de los objetivos previstos y detectar cualquier error en caso de que lo hubiera. Debido a las limitaciones existentes por normativa en la extensión de las distintas partes que conforman el proyecto, hay una gran parte de datos que se adjuntan como anexos. No obstante se hace referencia a ellos cada vez que se considera necesario para tratar de aclarar algún aspecto del contenido del estudio.

Finalmente se ha elaborado una serie de conclusiones divididas en 3 partes, por un lado se han desarrollado conclusiones desde un punto de vista de eficiencia energética, por otro lado desde un punto de vista del estudio económico y finalmente se han realizado conclusiones en términos generales que pretenden englobar la esencia de los resultados y conclusiones más destacadas.

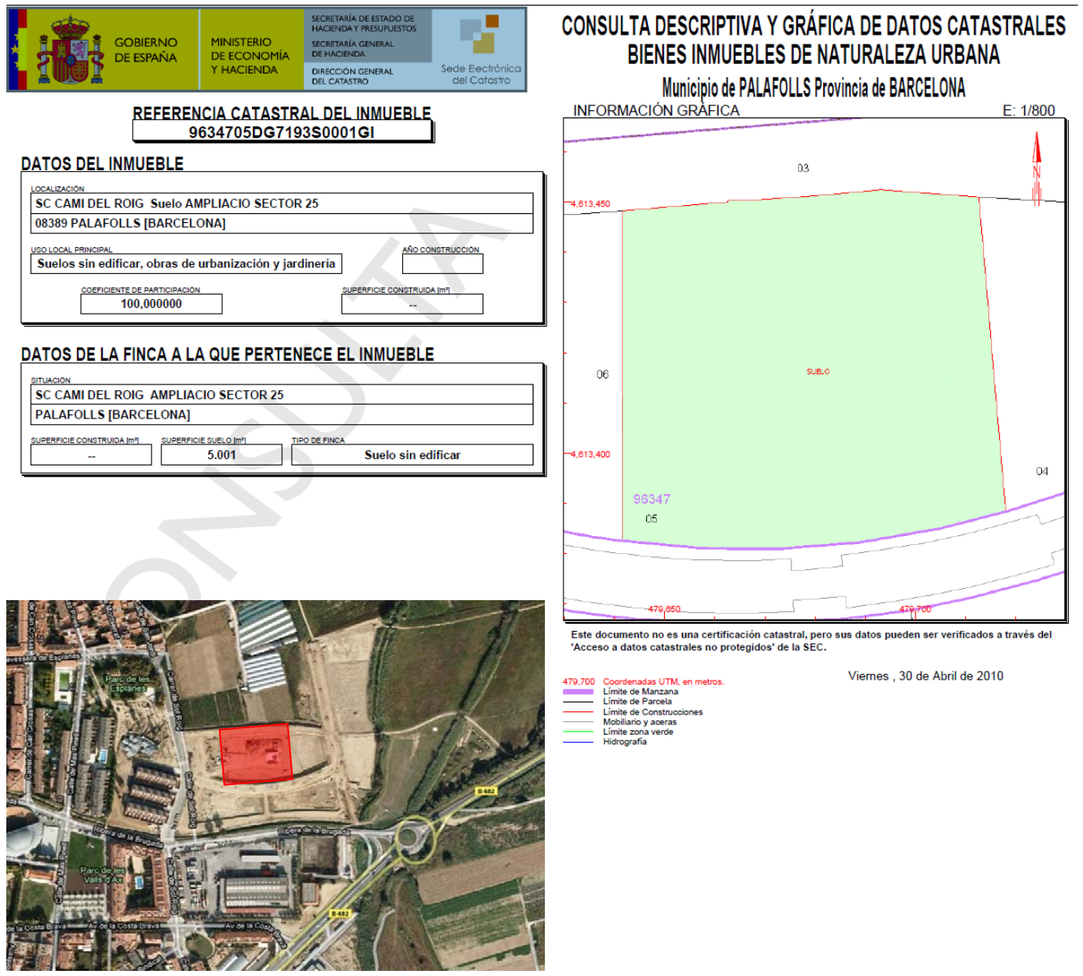
NUCLEO MEMORIA

1.1 PRESENTACIÓN EDIFICIO

1.1.1 EMPLAZAMIENTO

El proyecto escogido para la realización de este estudio se encuentra en el barrio Nuevo calle c/Camí del Roig S/N en el término municipal de Palafolls (Barcelona). Situado a una altura de 16m sobre el nivel del mar, el solar donde se encuentra el conjunto de edificios objeto de estudio.

El solar donde se encuentra el conjunto de edificios consta de 5001m2 con una edificabilidad de 3122’20m2.



GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE ECONOMÍA Y HACIENDA — SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA Y PRESUPUESTOS — SECRETARÍA GENERAL DE HACIENDA — DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO — Sede Electrónica del Catastro

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES
BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA URBANA
Municipio de PALAFOLLS Provincia de BARCELONA

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
9634705DG7193S0001GI

DATOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN
SC CAMI DEL ROIG Suelo AMPLIACIO SECTOR 25
08389 PALAFOLLS [BARCELONA]

USO LOCAL PRINCIPAL: Suelos sin edificar, obras de urbanización y jardinería
AÑO CONSTRUCCIÓN: --
COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: 100,000000
SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]: --

DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE

SITUACIÓN
SC CAMI DEL ROIG AMPLIACIO SECTOR 25
PALAFOLLS [BARCELONA]

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]: --
SUPERFICIE SUELO [m²]: 5.001
TIPO DE FINCA: Suelo sin edificar

INFORMACIÓN GRÁFICA — E: 1/800

Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

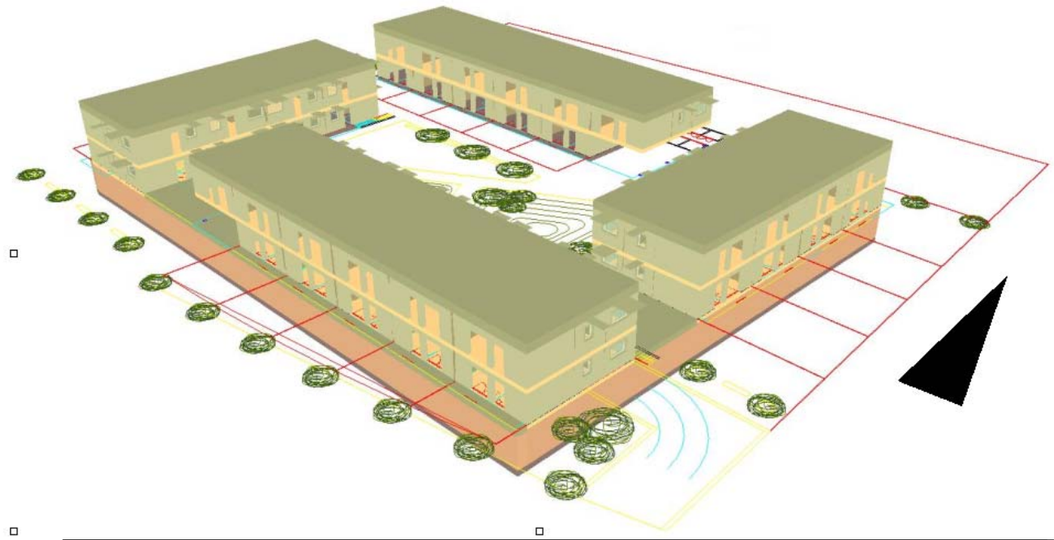
479,700 Coordenadas UTM, en metros.
Límite de Manzana
Límite de Parcela
Límite de Construcciones
Mobiliario y aceras
Límite zona verde
Hidrografía

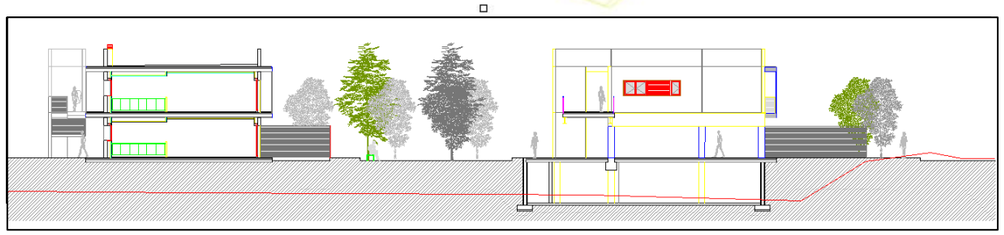
Viernes , 30 de Abril de 2010

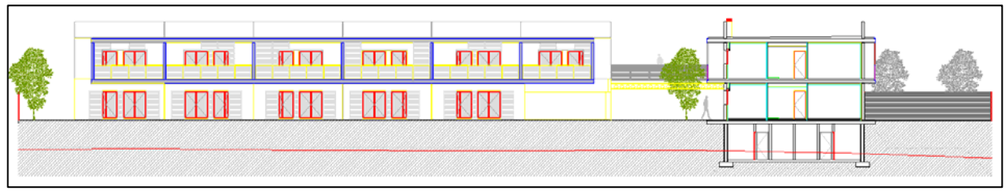
1.1.2 DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

El proyecto en cuestión está compuesto por un conjunto de 4 edificios de tipo residencial plurifamiliar que en su conjunto albergan 38 viviendas con sus respectivos aparcamientos y trasteros. Los 4 edificios se componen de Planta Baja y Planta primera para las viviendas y en 3 de ellos además hay una planta sótano comunicada que conforma el aparcamiento y trasteros.

Para el acceso a las distintas viviendas se han previsto una serie de pasillos y pasarelas exteriores que intercomunican todo el recinto. Las viviendas son simétricas en su mayoría y se componen por dos habitaciones dormitorio, un baño completo, salón-cocina, recibidor y una terraza en caso de planta baja o bien un balcón en el caso de los situados en planta primera.







1.1.3 RESUMEN SUPERFICIES

PLANTA SÓTANO

- Superficie total: 1401’92m2
- Superficie aparcamiento: 1123’04m2
- Superficie trasteros: 250’30m2
- Superficie Escaleras y ascensor: 28’58m2
- Altura libre entre forjados: 3’25m2

PLANTA BAJA

- Superficie total: 1455’50m2
- Superficie viviendas: 1267’86m2
- Superficie Escaleras y ascensor: 33’42m2
- Altura libre entre forjados: 2’75m2

DESGLOSE POR EDIFICIO:

- Edificio 1:
  - Superficie: 300’45m2
  - Viviendas: 4
- Edificio 2:
  - Superficie: 420’64m2
  - Viviendas: 5
- Edificio 3:
  - Superficie: 280’87m2
  - Viviendas: 4
- Edificio 4:
  - Superficie: 420’93m2
  - Viviendas: 5

PLANTA PRIMERA

- Superficie total: 1666’70m2
- Superficie viviendas: 1408’54m2
- Superficie Escaleras y ascensor: 122’32m2
- Altura libre entre forjados: 3’35m2

DESGLOSE POR EDIFICIO:

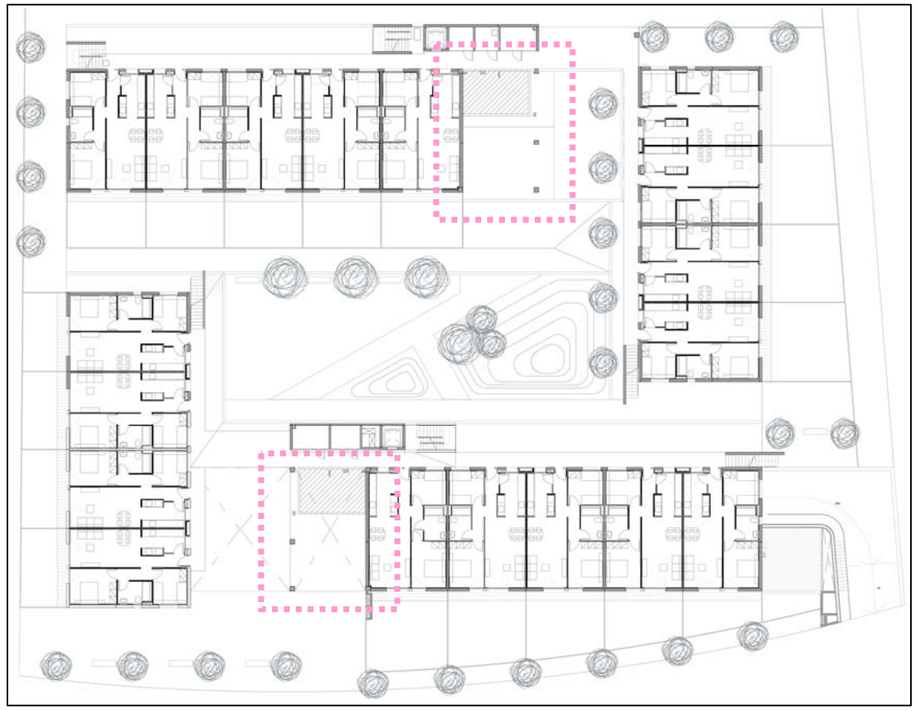
- Edificio 1:
  - Superficie: 300’45m2
  - Viviendas: 4
- Edificio 2:
  - Superficie: 534’59m2
  - Viviendas: 6
- Edificio 3:
  - Superficie: 280’87m2
  - Viviendas: 4
- Edificio 4:
  - Superficie: 534’99m2
  - Viviendas: 6

PLANTA CUBIERTA

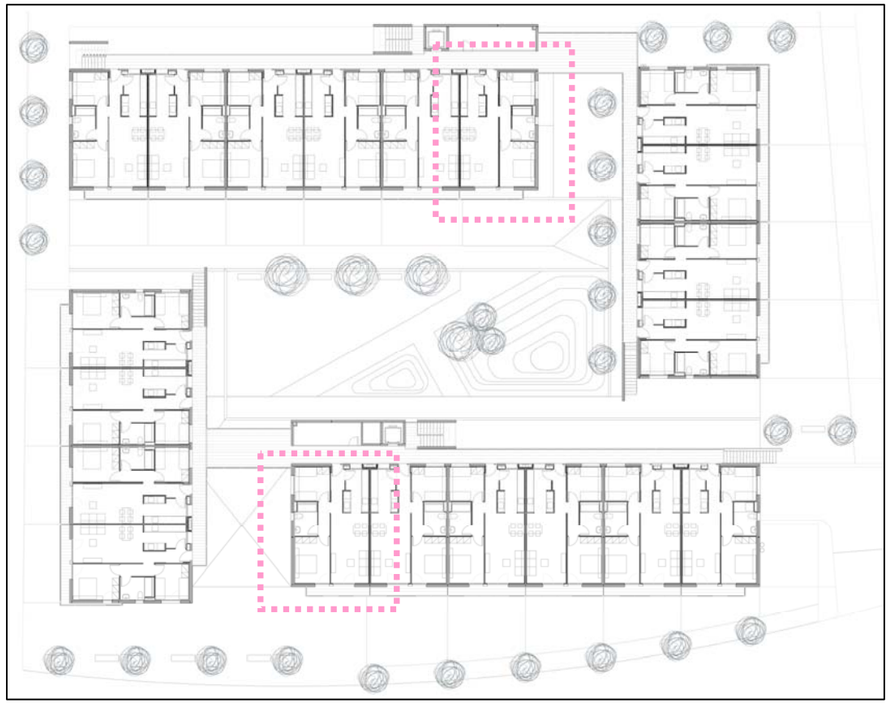
- Superficie total: 1650’50m2

DESGLOSE POR EDIFICIOS:

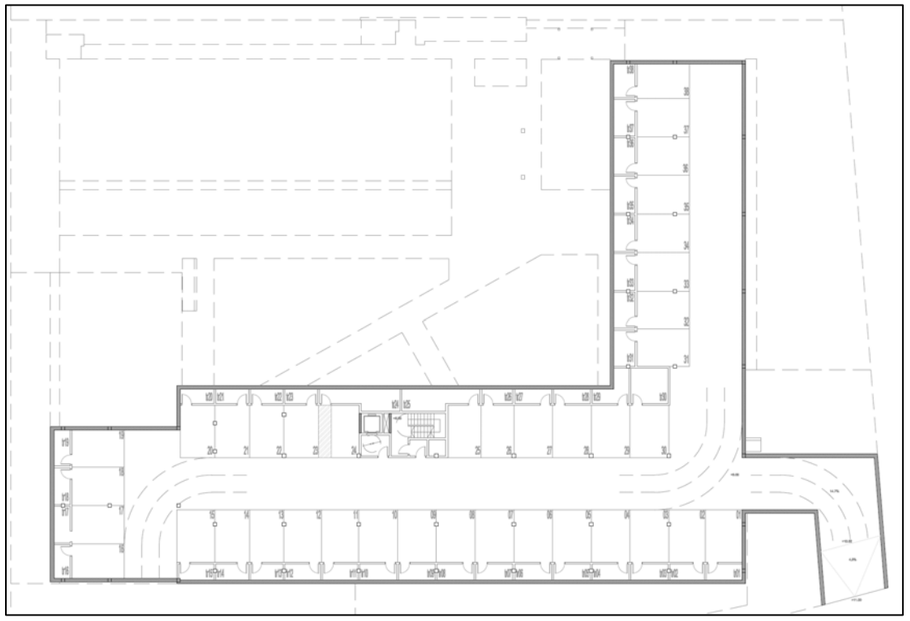
- Edificio 1:
  - Superficie cubierta: 300’45m2
- Edificio 2:
  - Superficie cubierta: 534’59m2
- Edificio 3:
  - Superficie cubierta: 280’87m2
- Edificio 4:
  - Superficie cubierta: 534’99m2



PLANTA BAJA
Los Edificios 2 y 4 cuentan con 5 Viviendas en esta planta



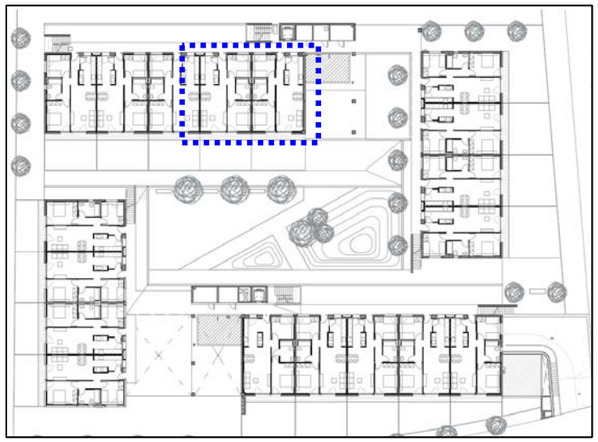
PLANTA PRIMERA
Los Edificios 2 y 4 cuentan con 6 viviendas en esta planta



PLANTA SÓTANO

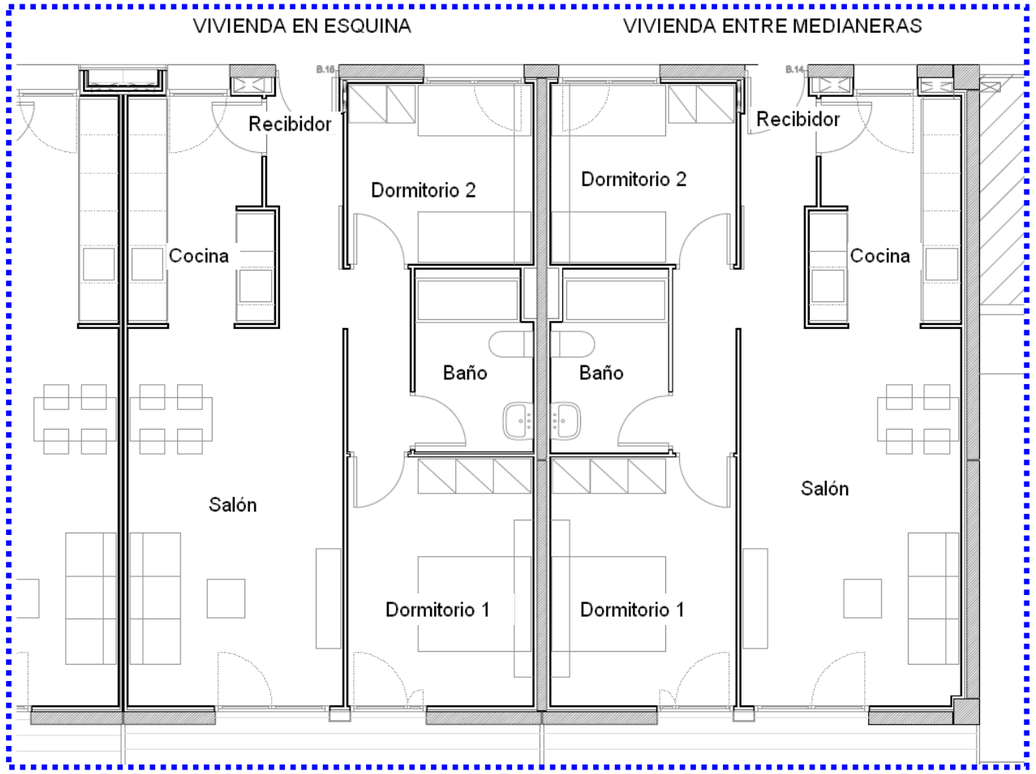
PLANTA CUBIERTA

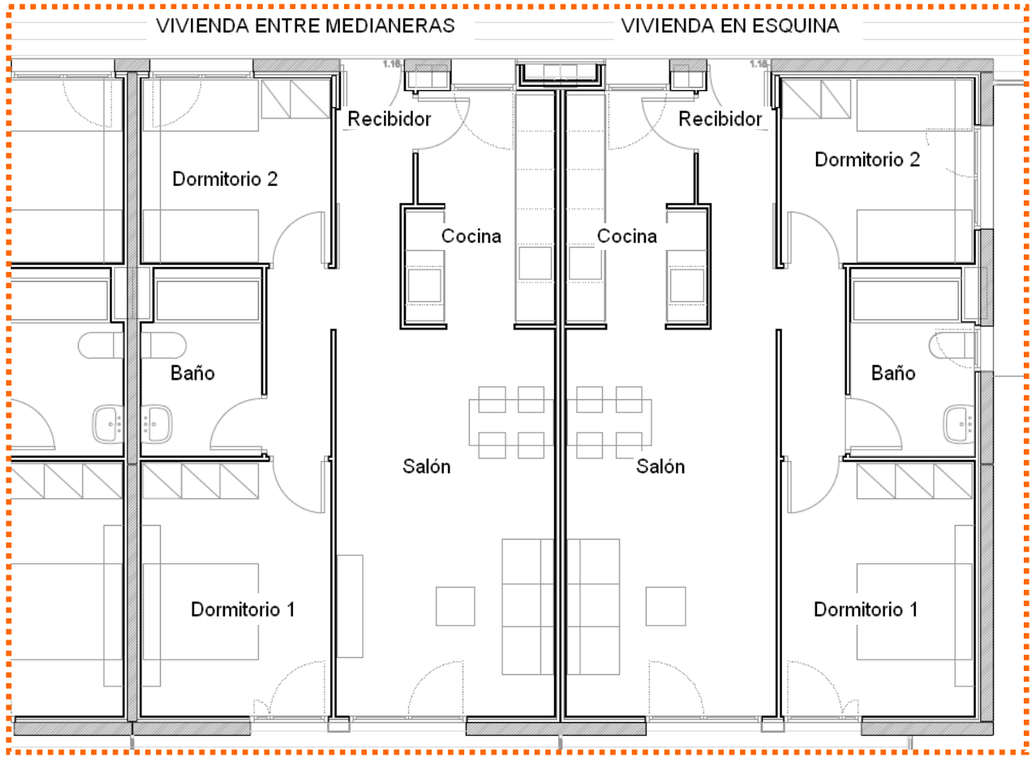
1.1.4 VIVIENDA TIPO



PLANTA BAJA

PLANTA PRIMERA





Las tipología de viviendas es en esencia la misma en el conjunto de edificios. Su configuración es generalmente simétrica a lo largo de los edificios orientando sus salones hacia las fachadas Sur y Este según corresponda.

Todas las viviendas cuentan con la misma distribución: 2 dormitorios dobles, 1 cuarto de baño completo, entrada, Salón y cocina.

En el caso de la Planta Primera, las viviendas que hacen esquina tienen una ventana en los baños. Y la ventana del Dormitorio 2 se traslada hacia la fachada Este. En el caso de la planta baja además tienen acceso a una terraza mientras que en la Planta Primera se tiene acceso a un balcón.

Todas las viviendas cuentan con voladizos que actúan como balconera o bien protección solar.

Otro detalle destacables es que la totalidad de zonas comunes se encuentra en el exterior de la envolvente térmica del edificio mediante una serie de galerías y pasarelas que conectan todo el recinto.

1.1.5 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS EDIFICIO

CIMENTACIÓN:

El conjunto de edificios tienen cimentaciones profundas compuestas por zapata corridas ancladas sobre pilones de hormigón armado de espesor aproximado 25cm. Sobre estas zapatas se han previsto una serie de esperas para la solera de 30cm y pilares de hormigón armado de 30x30cm así como una serie de anclajes de acero tipo HPM-30/P PEIKKO donde se fijan los paneles de hormigón prefabricado que componen los distintos cerramientos verticales. En el caso de la planta sótano estos cerramientos se compone por un muro sótano de hormigón prefabricado de 30cm de espesor protegido del terreno su cara exterior por una doble capa bituminosa de láminas tipo LO-30 y LBM-40 seguida de una lámina geotextil 150gr/m2 y cara interior sin recubrimiento. El conjunto perimetral del muro sótano tiene un sistema de drenaje compuesto por tierras y gravas filtrantes y un colector de aguas pluviales en su base.

En el caso de los edificios que no tienen planta sótano o que solo la tienen parcialmente, las cimentaciones partirán de su planta baja mediante zapatas corridas ancladas sobre pilones de 25cm y con esperas de acero para el anclaje de los pilares de hormigón armado así como los paneles de hormigón prefabricado que conformarán la fachada.

SOLERA:

En planta sótano la solera está anclada mediante esperas de acero a las zapatas perimetrales y está compuesta por una capa de 20cm de espesor de hormigón armado y fratasado en su superficie que se aposenta a su vez sobre una capa doble geotextil 150gr/m2 que la separa de un lecho de gravas de 40cm de espesor y tamaño medio 5cm de diámetro.

En el caso de Planta baja la solera está compuesta de igual modo por una lecho de gravas de 20cm de espesor y tamaño medio 5cm de diámetro sobre la cual se coloca una capa protectora de geotextil de 150gr/m2 seguida de una doble capa bituminosa de tipo LO-30 y LBM-40 sobre la cual se aposenta la losa de hormigón de 30cm, sobre ella se coloca una capa de aislamiento térmico de poliestireno extruido de 25mm y una capa de mortero M-80 reguladora para recibir pavimento.

ESTRUCTURA:

Los forjados de todas las plantas se componen de forjados alveolares de 30+5cm anclados sobre pilares de hormigón armado de 30x30cm. En la zona perimetral de fachada se incorporarán anclajes metálicos de tipo HPM-30/P PEIKKO para la fijación de los paneles de hormigón prefabricado que compondrán la fachada.

CERRAMIENTOS:

En el caso de fachada los cerramientos se compondrán en todos los casos de paneles de hormigón prefabricado de 20cm de espesor anclados sobre el forjado mediante conectores de acero tipo HPM-30/P PEIKKO, cámara de aire de 10cm que alberga la subestructura auxiliar metálica para los trasdosados de cartón-yeso así como el aislamiento térmico tipo lana mineral de 6cm de espesor.

TABIQUERÍA:

Tabiquería interior de las viviendas tiene 8cm de espesor y está compuesta por paneles sándwich de cartón-yeso (1’5cm cada uno) con aislamiento acústico-térmico de lana de roca 5cm de espesor.

CUBIERTA:

En la totalidad de edificios las cubiertas son de tipo invertidas planas no transitables con acabado de gravas (diámetro 5cm máx), protegida por lámina geotextil de 150gr/m2, aislamiento térmico de poliestireno extruido 7cm densidad 45kg/m3 colocado con mortero expansivo, seguido de lámina protectora geotextil 150gr/m2 y doble lámina impermeable bituminosa de LO-30 y LBM-40 seguido nuevamente de doble capa geotextil, todo ello sobre hormigón aligerado para formación de pendiente con inclinación no superior a 2%.

ACABADOS:

En el caso de sótanos el acabado de pavimento inferior está compuesto por hormigón fratasado, mientras que en el caso del pavimento del forjado superior y muros sótano se compone de hormigón visto sin revestimiento a excepción de la pintura de parking para delimitar los aparcamientos.

En el caso de los forjados sanitarios de planta baja, el acabado se compone por pavimentos de gres clase 2 sobre recrecido de mortero M-80 de 4cm de espesor y sándwich formado por doble capa geotextil de 150gr/m2 entre la cual se colocará aislamiento térmico de poliestireno extruido de 2cm de espesor.

En la totalidad de las viviendas se incluirá falso techo pintado con 13 mm de espesor y tirantes cada 40 mm, cámara de aire de 22cm sin aislamiento térmico. En el caso de los baños el falso techo estará compuesto por paneles de aluminio de 4mm de espesor y tirantes cada 40mm, .

CARPINTERÍA:

La carpintería interior estará compuesta por puertas de madera lacada tipo monoblock de 4cm de espesor. En el caso de las puertas de entrada a vivienda se colocarán puertas blindada de madera maciza tipo monoblock.

En el caso de la carpintería de ventanas se compondrá por cristales tipos climalit 6/12/4 mm instalados sobre marcos de aluminio lacado con rotura de puente térmico y cajas de persiana prefabricadas tipo beck-eun sobre dinteles cerámicos.

1.2 COMPROBACIÓN CUMPLIMIENTO CTE-HE y D. ECOEFICIENCIA

Antes de proceder a la definición de los distintos cerramientos, comprobaremos que cumplirán la normativa exigida a grandes rasgos en cuanto a aislamiento térmico. Encontraremos esa normativa en primer lugar en Decreto 21/2006 de ECOEFICIENCIA de la Generalitat, así como en el CTE-HE4.

1.2.1 CUMPLIMIENTO DECRETO ECOEFICIENCIA

Según el artículo 4 del decreto de Ecoeficiencia podemos leer los siguientes requisitos a cumplir:

Artículo 4
Parámetros de ecoeficiencia relativos a la energía
4.1 Las partes macizas de los diferentes cerramientos verticales exteriores de los edificios, tanto si son sobreexpuestos, expuestos o protegidos, según NRE-AT/87, incluyendo los puentes térmicos integrados en estos cerramientos, como: contornos de aberturas, pilares de fachada, cajas de persiana u otros, tendrán unas soluciones constructivas y de aislamiento térmico que aseguren un coeficiente medio de transmitancia térmica Km2 0,70 W/m2K.

Por tanto del anterior texto deberemos comprobar que **en el caso de fachadas la U resultante sea inferior a *0,70 W/m2K.***

Para realizar estas comprobaciones previamente necesitaremos determinar una serie de parámetros.

Tal como se indica en el apartado 2.1 del CTE-HE la demanda energética de un edificio se calcula en función de su **zona climática** establecida en el apartado 3.1.1 y en función de la **carga interna** de sus espacios según el apartado 3.1.2.

1.2.2 CUMPLIMIENTO CTE-HE

En el caso del CTE-HE4, el cumplimiento de las transmitancias se regula mediante la selección de la zona climática a la que pertenece el edificio en función de su ubicación geográfica y una vez escogida se procederá a la comprobación del cumplimiento de los distintos tipos de cerramiento en relación a los mínimos exigidos en las tablas anexas.

1.2.2.1 ELECCIÓN ZONA CLIMÁTICA:

Según la tabla D.1 Zonas climáticas del apéndice D del CTE-HE al conjunto de edificios de este proyecto ubicados en el municipio de Palafolls, perteneciente a la provincia de Barcelona y a una altura sobre el mar aproximada de 16m le corresponde la Zona climática de **tipo C2.**

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m) ≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1

En caso de que el municipio escogido tuviera un registro climático podría precisarse mejor la zona climática establecida y sus datos correspondientes pero no es el caso por lo que no ha sido posible utilizar ese método.

1.2.2.2 TRANSMITANCIAS TÉRMICAS

Una vez establecida la zona climática de nuestro edificio procedemos a establecer las transmitancias térmicas máximas permitidas por normativa. Para las transmitancias interiores usaremos la tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima del apartado 2.1 del CTE-HE:

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de *cerramientos* y *particiones interiores* de la envolvente térmica U en W/m²K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, *particiones interiores* en contacto con *espacios no habitables*, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno(1) y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos(2)	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas(3)	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

(1) Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m
(2) Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos
(3) Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Para el caso de las transmitancias térmicas interiores se utiliza la siguiente tabla del apartado 2.1 del CTE-HE.

ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	**U_{Mlim}: 0,73 W/m²K**
Transmitancia límite de suelos	**U_{Slim}: 0,50 W/m²K**
Transmitancia límite de cubiertas	**U_{Clim}: 0,41 W/m²K**
Factor solar modificado límite de lucernarios	**F_{Llim}: 0,32**

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos(1) U_{Hlim} W/m²K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Carga interna baja			Carga interna alta		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

(1) En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm}, definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 W/m²K se podrá tomar el valor de U_{Hlm} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

En el Anexo 15 podemos comprobar un resumen de los distintos resultados obtenidos en cada cerramiento comprobándose que para todos ellos se **CUMPLE** con las exigencias mínimas de transmitancia térmica exigidos por la normativa.

1.3 CUMPLIMIENTO CTE-HE1

1.3.1 OPCIÓN GENERAL

Según el CTE-HE existen dos métodos para comprobar el cumplimiento de su normativa en un edificio, la opción simplificada y la opción general. La opción simplificada es más restrictiva y no es tan precisa en los datos como pudiera serlo la opción general por lo que en este proyecto se ha optado por utilizar la opción general para la verificación del cumplimiento del CTE-HE.

1.3.2 APLICABILIDAD

Antes de poder optar por la opción general debemos comprobar que nuestro edificio cumple los requisitos necesarios para aplicar este método. Para ello nos dirigiremos al punto 3.3.1.2 Aplicabilidad del CTE-HE:texto:

3.3.1.2 Aplicabilidad

1 La única limitación para la utilización de la opción general es la derivada del uso en el edificio de soluciones constructivas innovadoras cuyos modelos no puedan ser introducidos en el programa informático que se utilice.

En este caso el edificio a evaluar no presenta inconvenientes al ser un edificio convencional tanto en su geometría como en sus características constructivas por lo que podemos determinar que se **CUMPLE este apartado**.

1.3.3 CONFORMIDAD CON LA OPCIÓN

Según el apartado 3.3.1.3 Conformidad con la opción del CTE-HE para cumplir con la opción general se comprobarán la demanda energética, la humedad relativa interior, las limitaciones de permeabilidad y las limitaciones de transmitancia térmica de las particiones interiores.

Tal como se indica en el mismo apartado, todas estas comprobaciones se se han de realizar mediante programas informáticos que desarrollen este método de cálculo. En nuestro caso utilizaremos el programa **LIDER** sugerido y suministrado por el propio CTE como referente para este tipo de tareas.

1.3.4 REQUISITOS PREVIOS

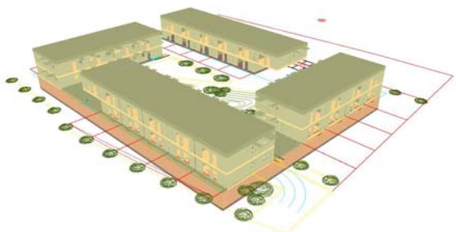
Antes de la realización del proceso de creación del modelo informático del edificio a evaluar, necesitaremos conocer una serie de información sobre el mismo edificio y sus componentes que está resumida en el apartado 3.3.2.2 Descripción del edificio necesaria para la utilización del método de cálculo del CTE-HE.

A continuación verificaremos punto por punto la información necesaria para poder generar correctamente el modelo informático que recreará nuestro edificio.

1.4.4.1 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

a) situación, forma, dimensiones de los lados, orientación e inclinación de todos los cerramientos de espacios habitables y no habitables. De igual manera se precisará si están en contacto con aire o con el terreno;

Este apartado lo verificaremos a la hora de generar el modelo en el programa CYPE utilizando como plantillas los planos constructivos del proyecto en formato DWG. Ver **Anexos 17 a 20.**



b) longitud de los puentes térmicos, tanto de los integrados en las fachadas como de los lineales procedentes de encuentros entre cerramientos;

En conjunto los puentes térmicos se definirán en el programa CYPE utilizando la base de datos que se suministra y que se exportará a LIDER una vez generados los ficheros CTE.

En este caso los puentes térmicos se han escogido en función de las características constructivas de los distintos cerramientos basándose principalmente en los detalles constructivos que se adjuntan en el **Anexo 19**. La justificación de los distintos puentes térmicos lineales se encuentra en el siguiente listado de Puentes térmicos lineales.

c) para cada cerramiento la situación, forma y las dimensiones de los huecos (puertas, ventanas, lucernarios y claraboyas) contenidos en el mismo;

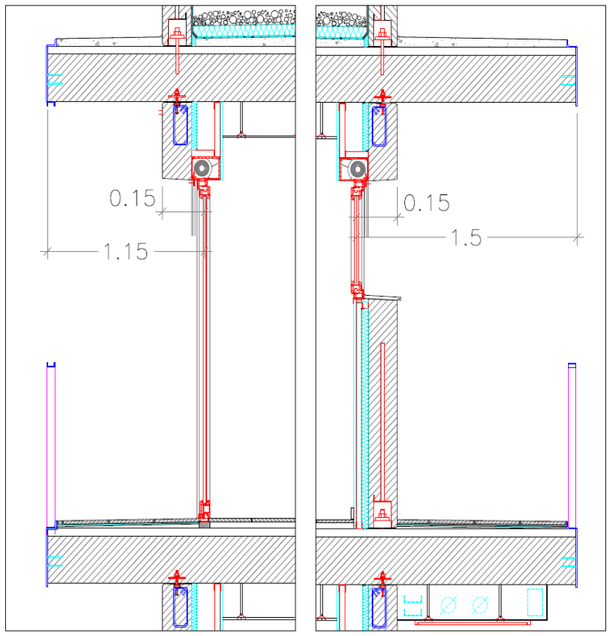
Al igual que ocurre en el apartado “A”, en este caso este apartado lo verificaremos a la hora de generar el modelo en el programa CYPE utilizando como plantillas los planos constructivos en alzado y planta para los distintos huecos de puertas y ventanas del proyecto.

Salvo alguna excepción el resumen de huecos en la vivienda tipo de este edificio sería el siguiente:

- Puertas de entrada (madera maciza) → 2’10 x 0’9m
- Ventana cocina (cristalit 6/12/4 marco metálico con rotura puente térmico) → 1’1 x 1’6m
- Ventana baño (cristalit 6/12/4 marco metálico con rotura puente térmico) → 1’1 x 0’8m
- Balconera Salón (cristalit 6/12/4 marco metálico con rotura puente térmico) → 2’1 x 2m
- Balconera Dorm 1 (cristalit 6/12/4 marco metálico con rotura puente térmico) → 2’1 x 1’2m

d) para cada hueco la situación, forma y las dimensiones de los obstáculos de fachada, incluyendo retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior al hueco;

En este apartado contaremos con voladizos que cubrirán la práctica totalidad de las ventanas y balconeras, en el caso de las fachadas sur y este se compondrán de voladizos de 1’5m de sombra desde su extremo exterior hasta la carpintería, mientras que en el caso de las fachadas Norte y Oeste el voladizo tendrá una longitud de 1’15m. En ambos casos el arranque del voladizo respecto a la carpintería será de 0’5m. Los retranqueos de puertas y ventanas serán de 0’15m



e) para las persianas y cortinas exteriores no se definirá su geometría sino que se incluirán coeficientes correctores de los parámetros de caracterización del hueco;

Este aspecto se ha determinado en CYPE con los valores de Persiana exterior Color Intermedio.

f) La situación, forma y dimensiones de aquellos obstáculos remotos que puedan arrojar sombra sobre los cerramientos exteriores del edificio.

En este caso no existe constancia de edificios colindantes de gran altura ni otro tipo de obstáculos destacables a parte de los árboles del jardín cuya sombra en principio no se tendrá en cuenta.

1.3.4.2 DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

Para la definición constructiva se precisarán para cada tipo de cerramiento los datos siguientes:

a) Parte opaca de los cerramientos:

i) espesor y propiedades de cada una de las capas (conductividad térmica, densidad, calor especifico y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua);
ii) absortividad de las superficies exteriores frente a la radiación solar en caso de que el cerramiento esté en contacto con el aire exterior;
iii) factor de temperatura de la superficie interior en caso de que se trate de cerramientos sin capa aislante.

Debido a las limitaciones de las librerías del programa CYPE se ha recurrido a la base de datos del CTE para obtener las características de los materiales que componen cada cerramiento.

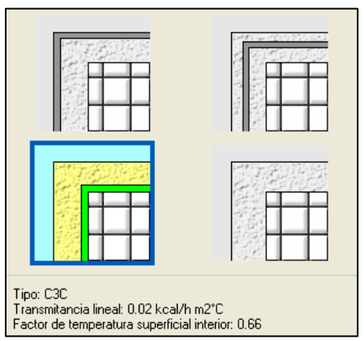
En el **Anexo 1** puede comprobarse el listado de cerramientos, sus componentes, su espesor y sus propiedades de transmitancia térmica para cada edificio.

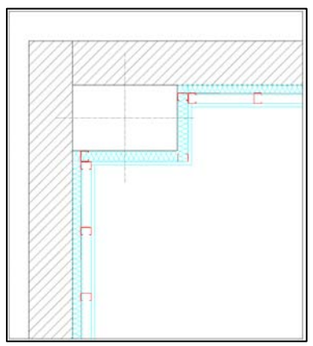
b) Puentes térmicos:
i) transmitancia térmica lineal

Para la definición de los distintos puentes térmicos existentes se ha optado por utilizar la herramienta específica suministrada por el programa CYPE y que incluye una base general para cada tipología, una vez definidos los distintos tipos de puentes térmicos se exportarán a LIDER cuando se generen los ficheros CTE facilitando el trabajo posterior.

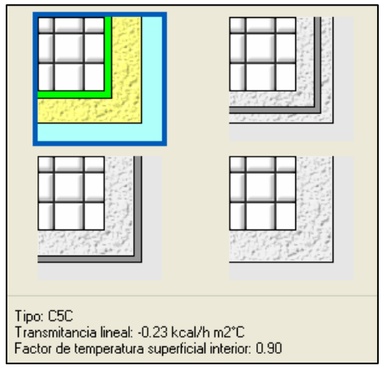
Los puentes térmicos se han escogido en función de las características constructivas de los distintos cerramientos basándose principalmente en los detalles constructivos que se adjuntan **en el Anexo 19**. La justificación de los distintos puentes térmicos lineales se encuentra en el siguiente listado de Puentes térmicos lineales.

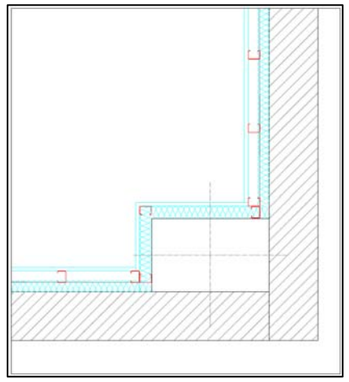
Fachada en esquina vertical saliente: Transmitancia lineal 0,02 kcal/hm2ºC / Factor Tº Sup. 0,66



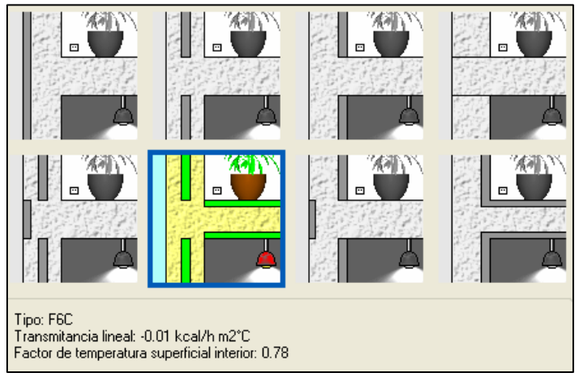


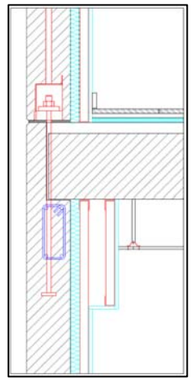
Fachada en esquina vertical entrante: Transmitancia lineal 0,23 kcal/hm2ºC / Factor Tº Sup. 0,90



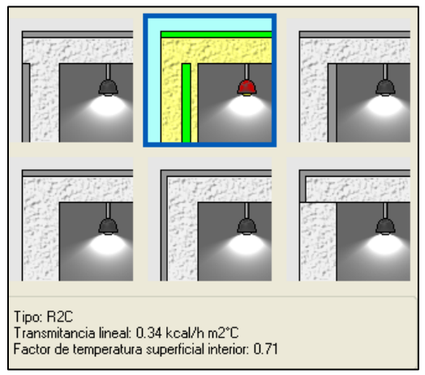


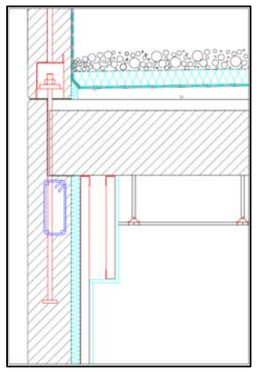
Forjados entre pisos: Transmitancia lineal -0,01kcal/hm2ºC / Factor Tº Sup. 0,78



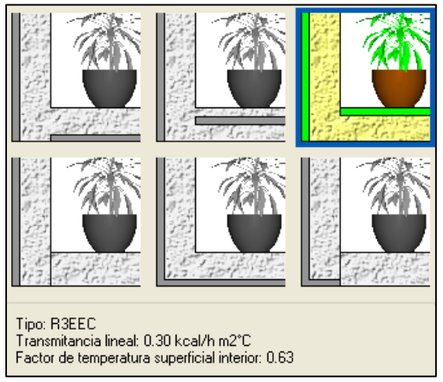


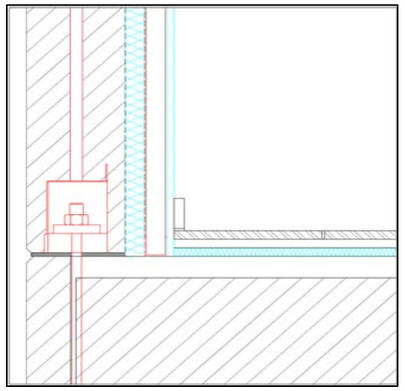
Forjado en esquina horizontal saliente: Transmitancia lineal 0,34kcal/hm2ºC / Factor Tº Sup. 0,71



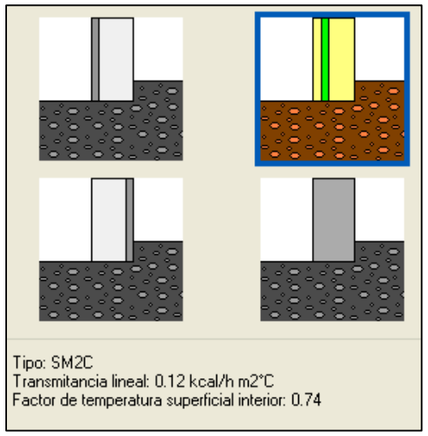


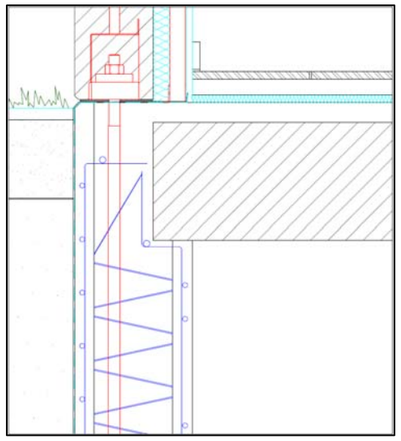
Forjado en esquina horizontal entrante: Transmitancia lineal 0,30kcal/hm2ºC / Factor Tº Sup. 0,63



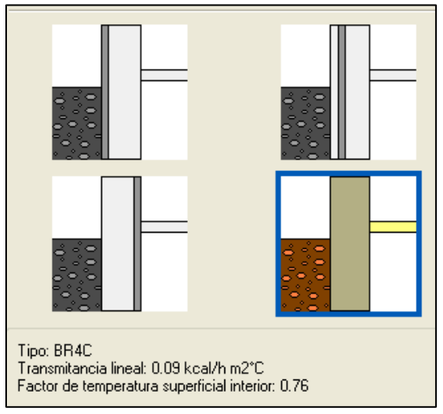


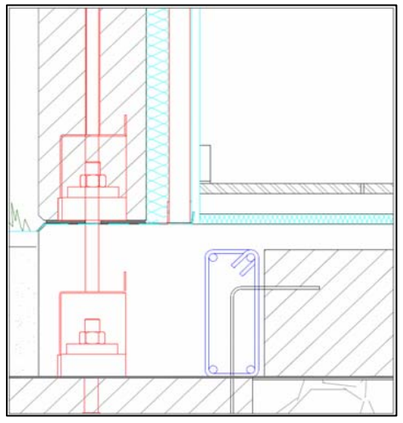
Unión de solera con pared exterior: Transmitancia lineal 0,12kcal/hm2ºC / Factor Tº Sup. 0,74





Contacto entre el terreno y muro bajo rasante: Transmitancia lineal 0,09kcal/hm2ºC / Factor Tº Sup. 0,76

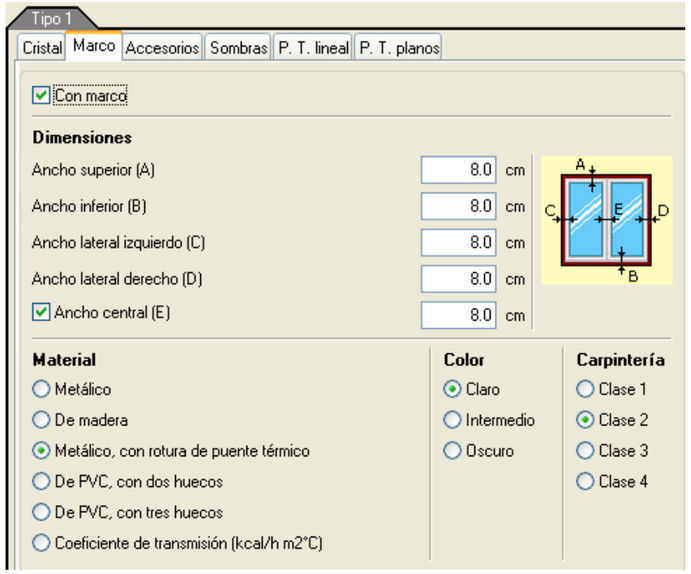




c) Huecos y lucernarios:
i) transmitancia del acristalamiento y del marco;
ii) factor solar del acristalamiento;
iii) absortividad del marco;
iv) corrector del factor solar y corrector de la transmitancia para persianas o cortinas exteriores;
v) permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos para una sobrepresión de 100 Pa. (Para las puertas se proporcionará siempre un valor por defecto igual a 60 m3/hm2).

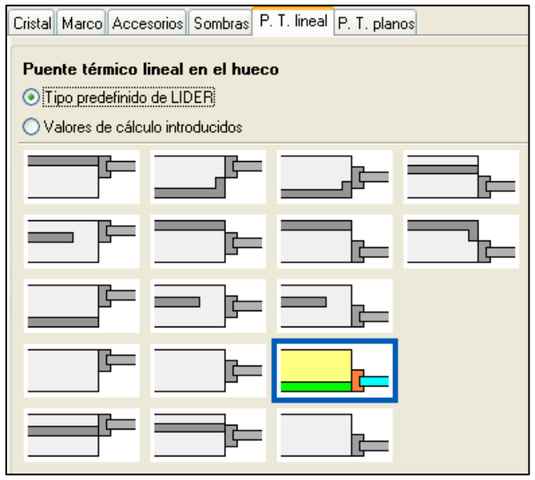
En la definición de la carpintería de ventanas de CYPE se han utilizado los siguientes parámetros para definir su acristalamiento: Acristalamiento doble con cámara de aire tipo 6/12/4mm

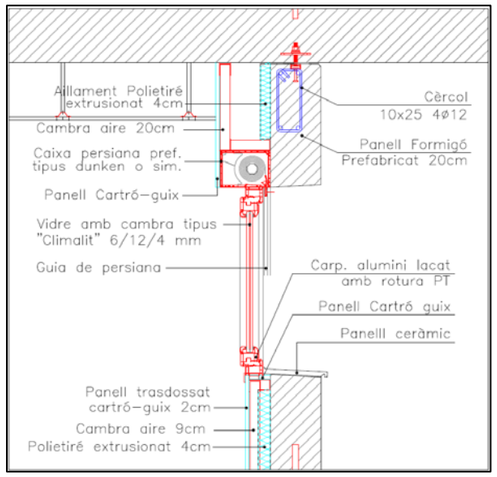
En el caso de la absorvidad del marco se han utilizado los siguientes parámetros: Grueso del conjunto de perfiles 8cm, marco metálico con rotura de puente térmico, color claro y clase 2.



En el caso de los puentes térmicos entre carpintería y sus respectivos huecos planos hemos recurrido a los detalles constructivos de carpintería y huecos de ventana del proyecto para poder determinar los distintos elementos que los componen:

En primer lugar para la definición de los puentes térmicos **Lineales** se ha optado por la opción predefinida de LIDER y concretamente por el tipo W15C con las características expuestas a continuación al tener una disposición muy similar a la que encontramos en el edificio estudiado tal como puede apreciarse en los detalles constructivos de carpintería.



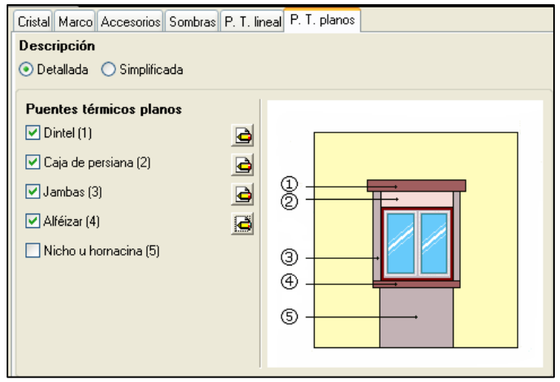


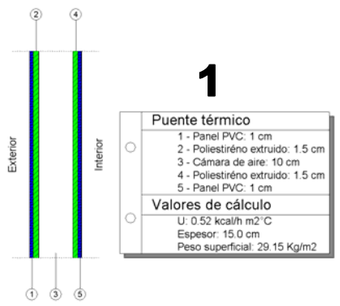
En el caso de los **Puentes térmicos** Planos se procederá a definirlos mediante la opción Detallada que nos ofrecerá CYPE distribuyéndolos según su ubicación y definiendo su tipología constructiva en el contorno de huecos en las posiciones de Dintel, Caja persiana, Jambas y Alféizar del siguiente modo:

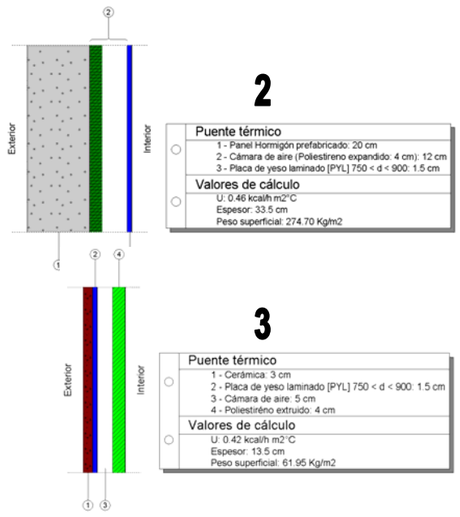
1. Composición para Caja de persianas:
   U = 0,52 kcal/hm2ºC

2. Composición para Dintel y Jambas:
   U = 0,46 kcal/hm2ºC

3. Composición para Alfeizar:
   U = 0,42 kcal/hm2ºC







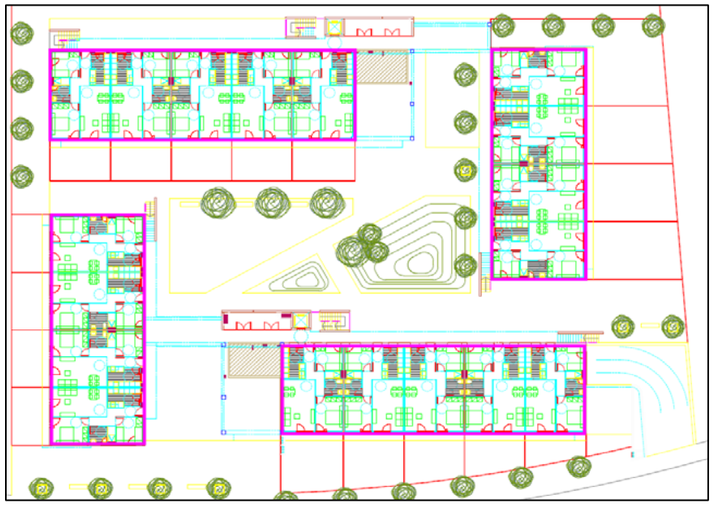
4 Se especificará para cada espacio si se trata de un espacio habitable o no habitable, indicando para estos últimos, si son de baja carga interna o alta carga interna.

Según se establece en el CTE-HE existen dos tipos de espacios en función del uso que se dará al mismo.

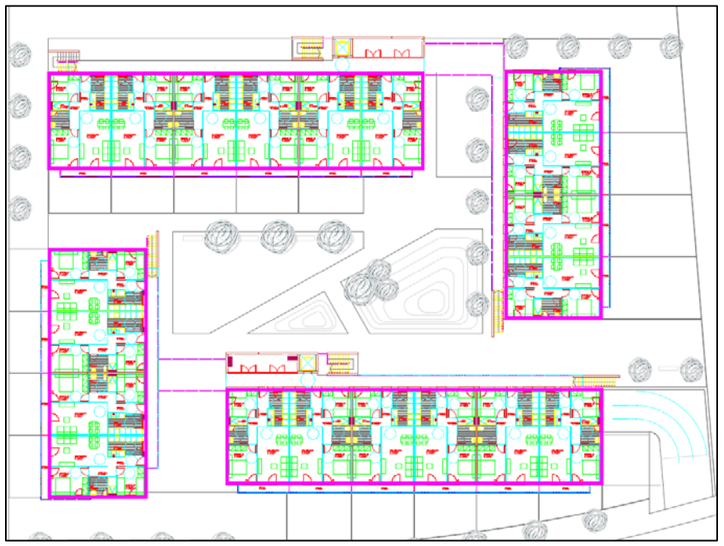
Pág HE1-23 Apéndice A Terminología. Definición de Espacio (habitable o no habitable):
"Espacio formado por uno o varios recintos (habitables o no habitables) con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética."
Pág HE1-26 Apéndice A Terminología. Definición de unidades de uso:
En edificios de viviendas: cada una de las viviendas.

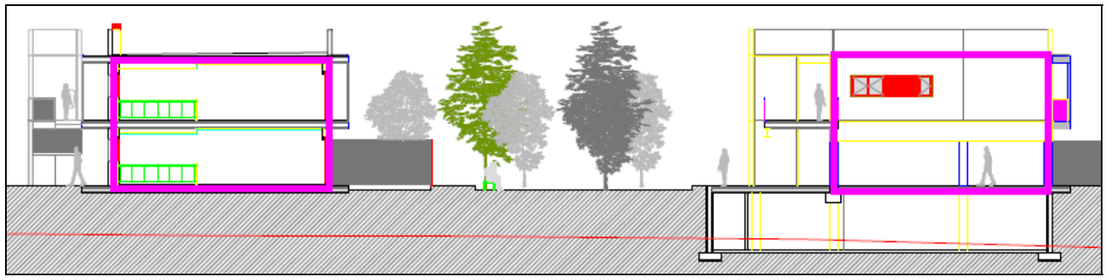
Siguiendo las descripciones expuestas en el apartado 3.1.2 del CTE-HE podemos establecer tal como se indica en los planos adjuntos **el conjunto de espacios de la envolvente térmica de nuestro edificio es de tipo habitable.**

Planta baja



Planta Primera





Alzados longitudinales y transversales

Tal como se nos solicita para clasificar los espacios habitables en alta o baja carga interna, para ello recurriremos a la clasificación de espacios 3.1.2 del CTE-HE donde encontraremos las siguientes definiciones:

3.1.2 Clasificación de los *espacios*

1 Los espacios interiores de los edificios se clasifican en *espacios habitables* y *espacios no habitables*.

2 A efectos de cálculo de la demanda energética, los *espacios habitables* se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

a) espacios con carga interna baja: espacios en los que se disipa poco calor.
Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.

b) espacios con carga interna alta: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.

Siguiendo la definición anterior podemos establecer que coincidiendo el **conjunto de espacios de la envolvente térmica de nuestro edificio es de tipo habitable de carga interna baja, excepto los sótanos que serán de tipo no habitable.**

5 Se indicarán para cada espacio la categoría del mismo en función de la clase de higrometría o, en caso de que se pueda justificar, la temperatura y la humedad relativa media mensual de dicho espacio para todos los meses del año.

Finalmente para dar respuesta a este último apartado recurriremos a la definición del CTE incluida en el apartado 3.1.2 que nos permitirá establecer la clase higrométrica de los espacios que confieren nuestro edificio:

3 A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los *espacios habitables* se caracterizan por el *exceso de humedad interior*. En ausencia de datos más precisos y de acuerdo con la clasificación que se expresa en la norma EN ISO 13788: 2002 se establecen las siguientes categorías:

a) espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas;

b) espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar;

c) espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

De este modo podemos establecer que los límites de condensaciones en los cerramientos de **los espacios habitables se considerarán de tipo higrometría 3**

Como nota aclaratoria debemos mencionar que, en un edificio de viviendas: **cada vivienda contendrá una serie de espacios térmicos diferenciados**, de manera que se pueda estudiar su demanda energética de manera individual. Lo mismo pasaría en un edificio del sector terciario con distintos establecimientos: cada establecimiento sería un espacio térmico diferenciado.

Además, mientras que para estudiar el edificio a efectos de la limitación de demanda energética (con el programa LIDER) no afecta que un espacio esté acondicionado o no, para poder aprovechar la introducción de datos en el programa LIDER para su traslado al CALENER de cara a la posterior calificación energética, habrá que tenerlo en cuenta diferenciando los espacios acondicionados de los no acondicionados.

1.3.5 PROGRAMA DE REFERENCIA - LIDER

1. Programa informático de referencia

1 El método de cálculo de la opción general se formaliza a través de un programa informático oficial o de referencia que realiza de manera automática los aspectos mencionados en el apartado anterior, previa entrada de los datos necesarios.

2 La versión oficial de este programa se denomina Limitación de la Demanda Energética, LIDER, y tiene la consideración de Documento Reconocido del CTE, estando disponible al público para su libre utilización.

Tal como se indica en el propio CTE-HE el programa de referencia para cálculo y verificación de la opción general es el programa LIDER y por tanto es el que utilizaremos a tal efecto.

Sin embargo este programa tiene ciertas limitaciones técnicas que limitan la geometría del edificio a analizar a un máximo de tan solo 100 espacios y 500 elementos (entre forjados, suelos, etc). En caso de superar estos límites el propio programa en su manual propone dos alternativas, o bien simplificar las geometrías unificando espacios para reducir su número o bien dividir el edificio en distintas partes a analizar por separado. En este último caso si todas las partes cumplen se considera que el edificio cumple también.

En nuestro caso el proyecto a analizar supera estos límites, por lo que **en esta primera fase del estudio se ha optado por "trocear" el proyecto en 4 edificios independientes que se analizarán por separado.**

En segundo lugar otro punto a destacar es que debido a las características del interfaz de LIDER el cual no facilita en muchas ocasiones la introducción de datos y la definición de geometrías, en nuestro caso hemos optado por realizar esas tareas usando el programa CYPE versión 2008 en su módulo de instalaciones y que posteriormente permitirá exportar posteriormente el conjunto al programa LIDER.

1.4 DEFINICIÓN DE GEOMETRÍAS - CYPE 2008

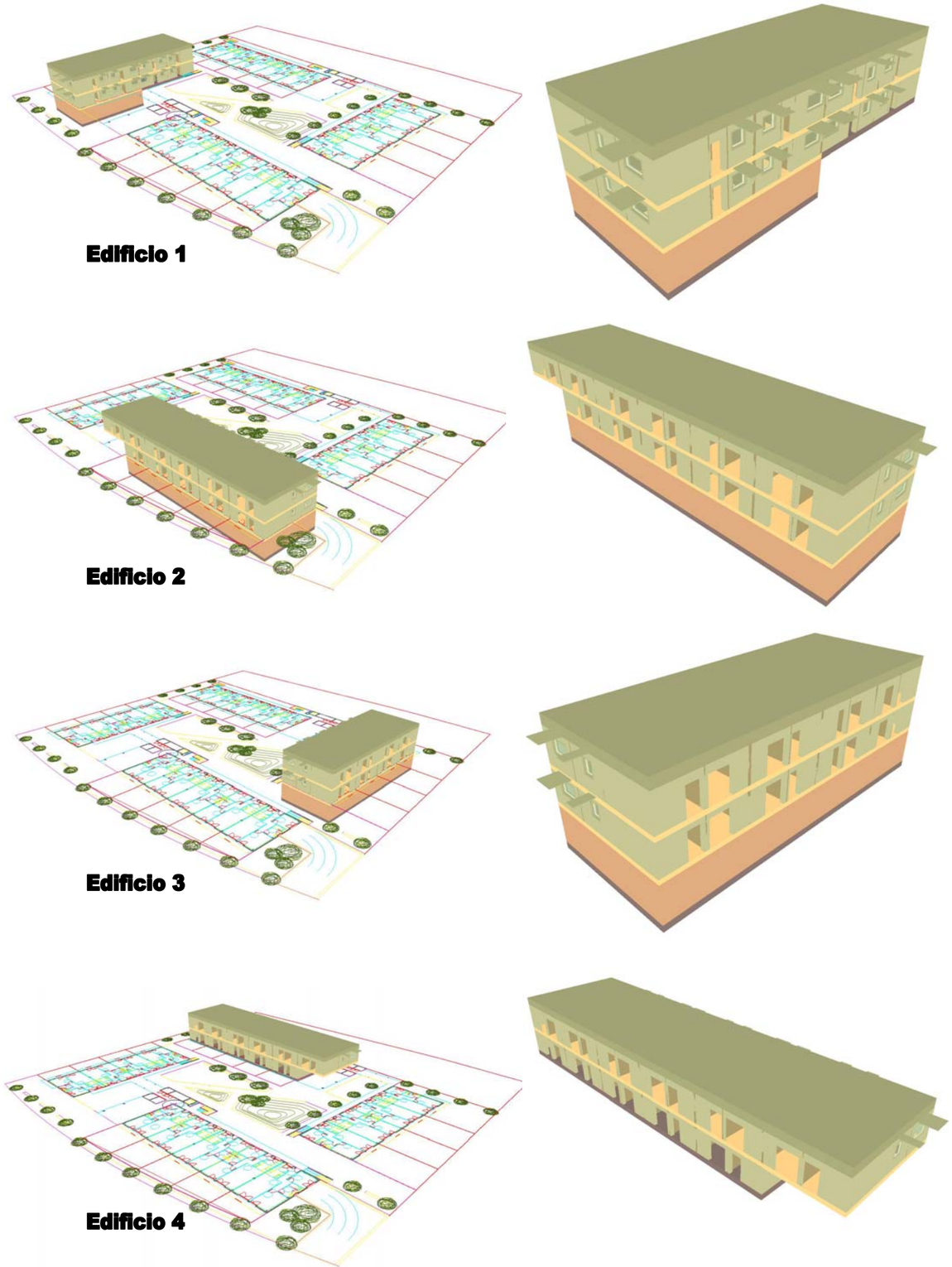
1.4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Una vez definidos los distintos elementos que conformarán los distintos edificios así como las características técnicas y constructivas de los mismos procedemos a generar las geometrías correspondientes en el programa CYPE usando como plantillas los planos de Planta sótano, Planta Baja, Planta Primera y Cubierta todos ellos en formato DWG que puede verse adjuntos en los **Anexos 16 a 19**.

No obstante debido a la limitaciones de la base de datos del programa ha sido necesaria la modificación y creación de distintos materiales para poder reproducir los distintos elementos que definen este proyecto. Tanto en el caso de las modificaciones como en el de las creaciones de nuevos materiales, sus características y propiedades han sido extraídas de la base de datos para materiales genéricos del CTE o bien en algún caso puntual se ha contrastado con datos suministrados por los propios fabricantes.

1.4.2 GENERACIÓN DE LAS GEOMETRÍAS

Tal como se indicaba en el apartado anterior 5.4.5, debido a loas limitaciones de análisis del programa LIDER una vez definido el conjunto del proyecto se ha procedido a "trocearlo" en 4 edificios independientes que se analizarán por separado para poder precisar mejor las necesidades y características de cada vivienda. A continuación pueden verse unas imágenes ilustrativas del resultado de la creación de las geometrías en CYPE y su posterior división en 4 edificios independientes:



1.5 ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO CTE-HE1: LIDER

1.5.1 EXPORTACIÓN DE CYPE A LIDER

Una vez definidas las distintas geometrías de cada edificio en CYPE, las exportaremos al programa LIDER para su análisis.

Concretamente la versión de LIDER utilizada para la evaluación del cumplimiento del CTE-HE será la versión 1.0 2009. Mediante este programa podremos comprobar y validar las distintas soluciones propuestas a nivel de cumplimiento de la normativa CTE-HE en lo referido a ahorro energético.

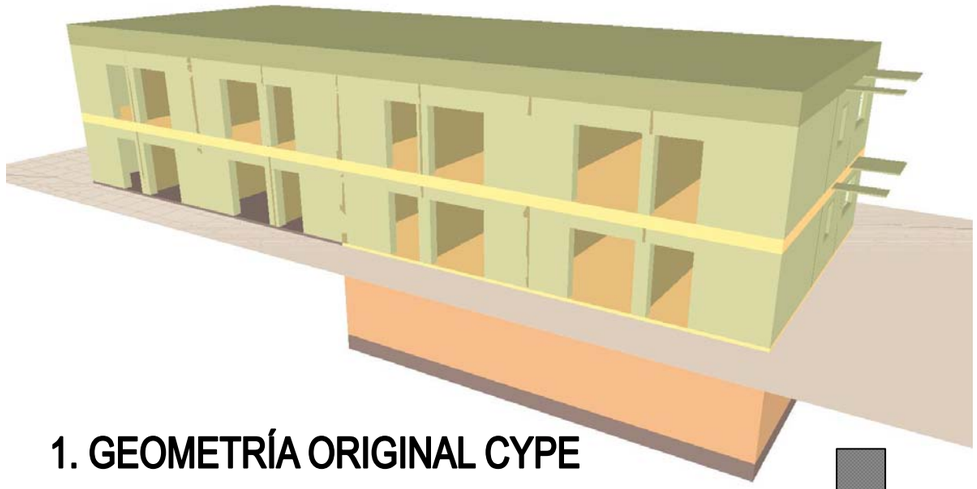
1.5.2 CORRECCIONES Y RETOQUES PREVIOS AL ANÁLISIS

No obstante la exportación de CYPE a LIDER no es definitiva puesto que hay ciertos elementos que deben ser retocados. Concretamente el programa CYPE permite agregar protecciones solares para ventanas que emulan a los voladizos o toldos, sin embargo esta función solo está disponible para ventanas por lo que en caso de querer colocarlos en puertas acristaladas (balconeras) no nos será posible y deberemos introducir estos elementos uno a uno desde el programa LIDER. El proceso es lento pero necesario si queremos aumentar la precisión en los resultados.

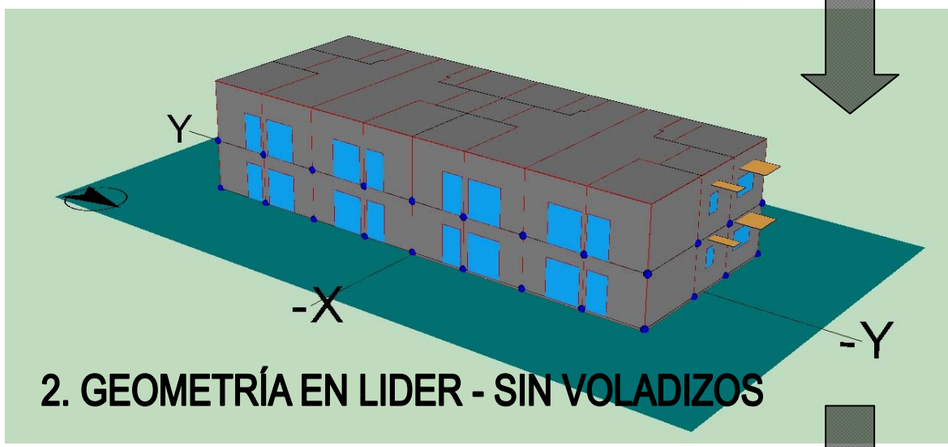
Para suplir las geometrías de los voladizos que actúan como parasoles en el caso de las ventanas y puertas de cristal, ha sido necesario agregar a todas las carpinterías que lo requiriesen una serie de elementos parasoles a modo de “toldos” opacos que cumplan esta función. Como estos elementos solo actúan sobre el elemento al que son asignados se han exagerado sus dimensiones longitudinales para simular el efecto que tendrían los voladizos continuos en forma de balcón o cubierta de balcón creados a tal efecto.

A continuación se expone un ejemplo de este proceso usando el modelo en 3D correspondiente al edificio 1:

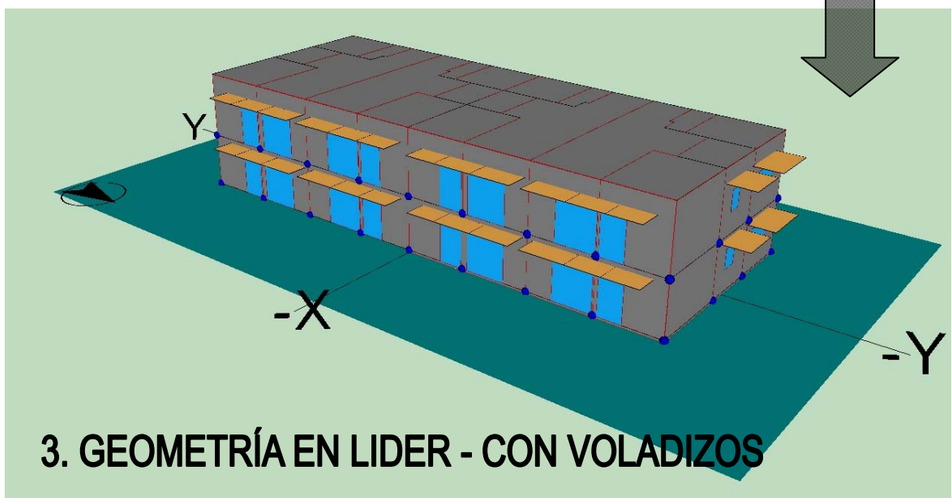
1. En la secuencia puede observarse en la primera imagen el modelo tal como queda en el visor 3D del programa CYPE.
2. En segundo lugar puede apreciarse el mismo modelo del edificio 1 una vez exportado a LIDER
3. En tercer lugar puede verse el edificio 1 en LIDER una vez se han retocado los voladizos en las carpinterías correspondientes.



1. GEOMETRÍA ORIGINAL CYPE



2. GEOMETRÍA EN LIDER - SIN VOLADIZOS



3. GEOMETRÍA EN LIDER - CON VOLADIZOS

1.5.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA – CTE-HE1

Una vez finalizados los retoques de estos elementos, se procede a calcular el cumplimiento de las distintas normativas utilizando el programa LIDER.

De bido a la extensión de los documentos gnerados, en el **Anexo 1** se adjunta una copia de cada informe completo realizado por el programa para cada uno de los edificios analizados donde puede certificándose que en todos los casos cumplen con la normativa vigente.

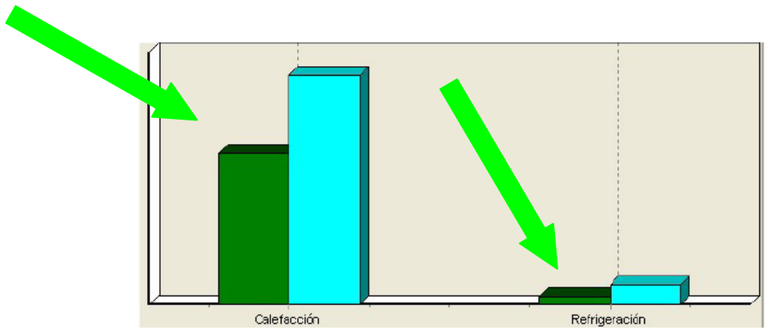
A continuación se muestra un resumen de los resultados y una breve explicación para su correcta interpretación.

Ficha de resultados Edificio 1:

2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	65,8	40,1
Proporción relativa calefacción refrigeración	95,2	4,8



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

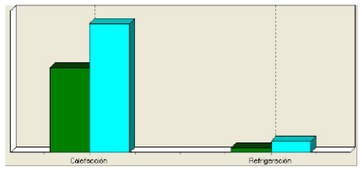
Fecha: 03/05/2010 Ref: 4BBD4AC22619AB8 Página: 1

Tal y como indican las flechas en verde los valores de demanda del edificio Objeto (nuestro edificio) son inferiores a los del edificio de referencia (columna azul) tanto en Calefacción como en Refrigeración. Siempre que se cumpla esta condición podemos considerar que el edificio **CUMPLE** los requisitos mínimos exigidos por el CTE-HE en lo referente a ahorro energético. A continuación se muestra un resumen del conjunto de edificios analizados para justificar que todos cumplen los mínimos exigidos por normativa según LIDER.

2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	65,8	40,1
Proporción relativa calefacción refrigeración	95,2	4,8



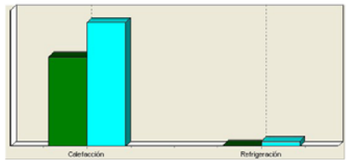
En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Edificio 1
Demanda de Referencia
• Calefacción 65,8
• Refrigeración 40,1
Proporción relativa calefacción refrigeración
• Calefacción 95,2
• Refrigeración 4,8

2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	72,1	24,3
Proporción relativa calefacción refrigeración	98,7	1,3



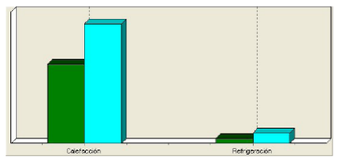
En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Edificio 2
Demanda de Referencia
• Calefacción 72,1
• Refrigeración 24,3
Proporción relativa calefacción refrigeración
• Calefacción 98,7
• Refrigeración 1,3

2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	66,2	47,6
Proporción relativa calefacción refrigeración	94,4	5,6



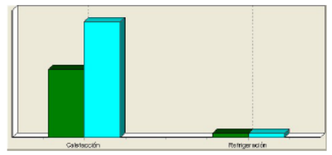
En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Edificio 3
Demanda de Referencia
• Calefacción 66,2
• Refrigeración 47,6
Proporción relativa calefacción refrigeración
• Calefacción 94,4
• Refrigeración 5,6

2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	58,7	97,7
Proporción relativa calefacción refrigeración	94,6	5,4



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Edificio 4
Demanda de Referencia
• Calefacción 58,7
• Refrigeración 97,7
Proporción relativa calefacción refrigeración
• Calefacción 94,6
• Refrigeración 5,4

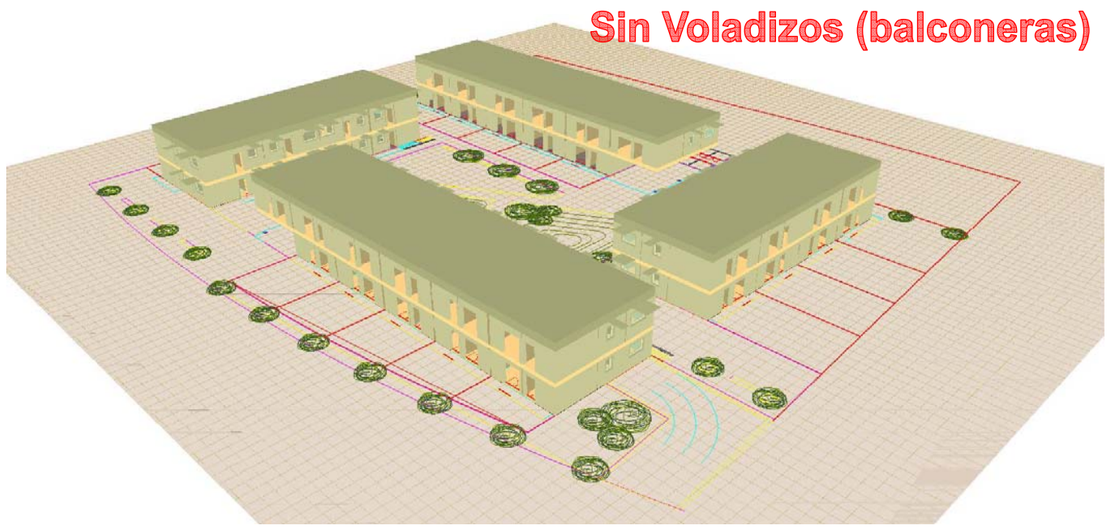
1.6. CARGAS TÉRMICAS

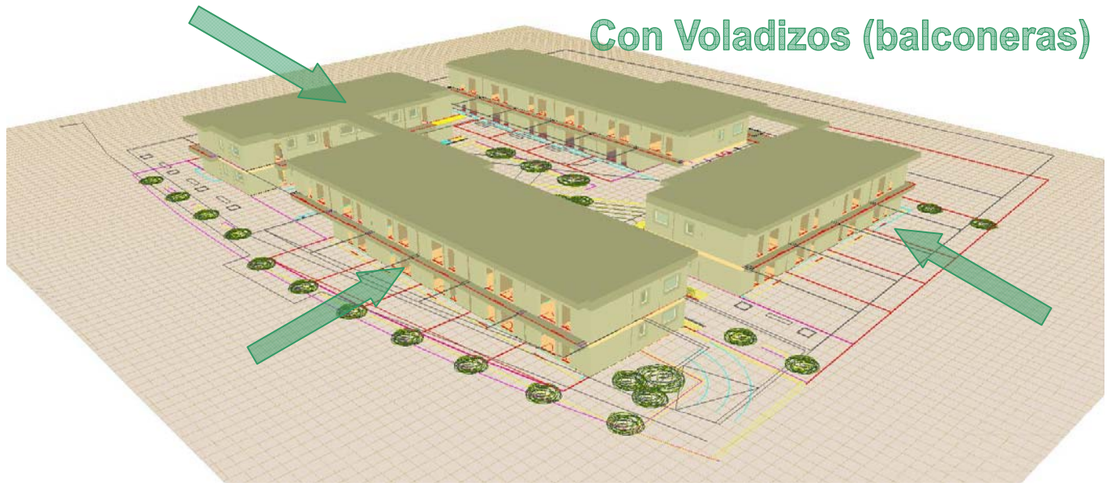
1.6.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Una vez hemos comprobado que el edificio objeto de estudio cumple con la normativa vigente en cuanto a CTE-HE, la siguiente fase de este estudio consistirá en evaluar las cargas térmicas de los distintos espacios del edificio para poder dimensionar sus instalaciones. Existen varios métodos que permiten determinar el conjunto de cargas térmicas, por una parte están los métodos manuales de cálculo y por otro los informáticos. En nuestro caso se ha optado por la opción informática utilizando la herramienta de cálculo suministrada por el propio programa **CYPE2008** aprovechando la geometría que hemos creado inicialmente.

1.6.2 PROTECCIONES SOLARES (Voladizos – Balconeras)

Sin embargo, a diferencia de LIDER, el programa **CYPE sí que tiene en cuenta los voladizos a modo de protección solar**, por lo que hemos eliminado la opción de simulación de toldos en ventanas y hemos agregando en este caso las geometrías de voladizos "reales" del edificio para recrear un modelo más preciso. En la siguiente ilustración puede apreciarse el cambio realizado.

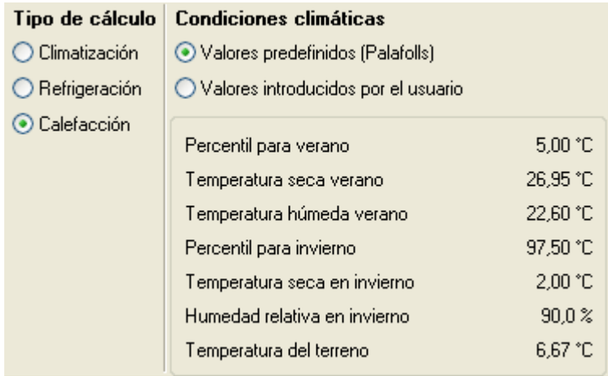




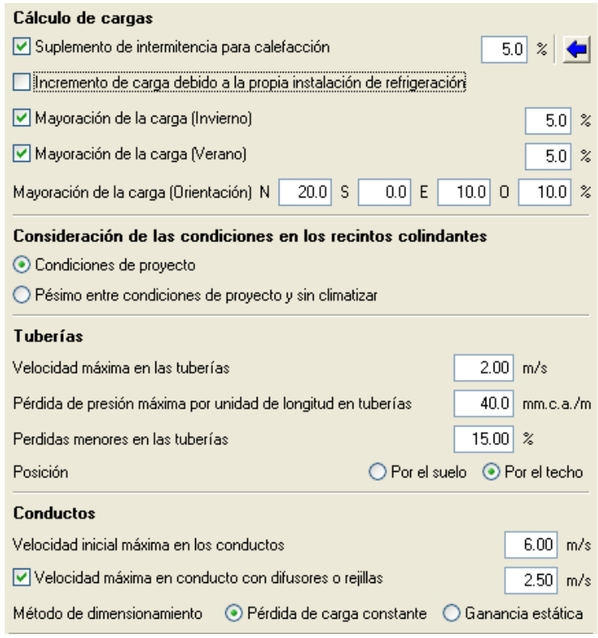
1.6.3 PUNTOS COMUNES

Posteriormente el programa nos solicitará una serie de información previas al cálculo donde determinaremos los distintos usos y características térmicas de cada recinto a evaluar. De manera que las cargas térmicas se ajusten en la medida de lo posible a la realidad.

En primer lugar CYPE tiene una base de datos climática para cada municipio que nos permitirá utilizar parámetros de climatología exterior más precisos que los suministrados por otras fuentes genéricas como pueda ser la normativa.



Otros aspectos comunes a la hora de calcular las cargas térmicas vendrán determinados por los siguientes apartados, los cuales establecerán pequeñas correcciones para aproximar mejor los resultados a la realidad.



Siguiendo con los aspectos comunes al conjunto de recintos, se nos requerirán otra serie de datos de carácter común para el conjunto de recintos.

Siguiendo el artículo 1.4 del RITE IT1 encontraremos la siguiente tabla para determinar las temperaturas y humedades relativas según sea invierno o verano y para el tipo de actividad y vestimenta utilizadas en este edificio.

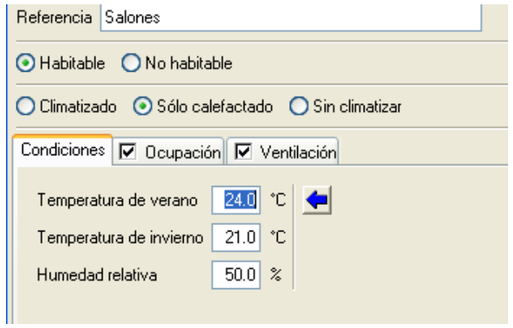
a) Para personas con actividad metabólica sedentaria de 1,2 met, con grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno y un PPD entre el 10 y el 15 %, los valores de la temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la tabla 1.4.1.1.

Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño

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

- Determinaremos la temperatura requerida para invierno a 21ºC
- Determinaremos la temperatura requerida para verano a 24ºC
- La humedad relativa se establecerá en 50%
- Las tablas de actividad se ajustarán para un uso de 100%
- Todos los recintos serán habitables y calefactados (no climatizados)

En la siguiente captura de pantalla puede observarse como introduciremos estos datos en el CYPE, concretamente en los Salones:



1.6.3 OCUPACIÓN

Para determinar este apartado hemos recurrido al CTE-HS3 apartado 2: Caracterización y cuantificación de las exigencias donde se puede leer la siguiente norma:

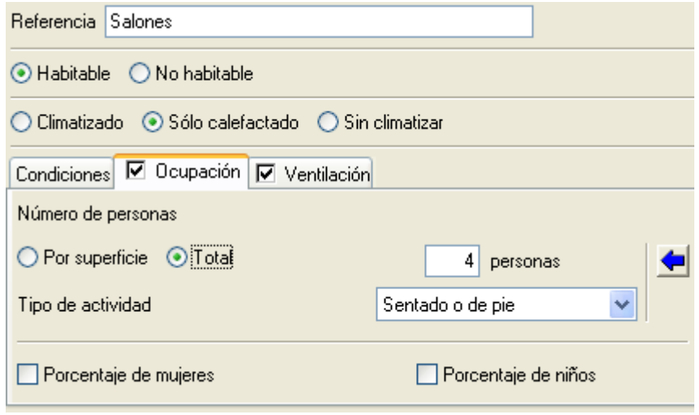
2. El número de ocupantes se considera igual:
a) en cada dormitorio individual, a uno y, en cada dormitorio doble, a dos;
b) en cada comedor y en cada sala de estar, a la suma de los contabilizados para todos los dormitorios de la vivienda correspondiente.

En nuestro caso, ambos dormitorios son dobles por lo que se considerará un uso para **2 personas** en estado de sentadas o reposo.

En el caso del Salón-Cocinas se considerará la suma de personas habitantes de la casa, por tanto **4 personas**.

En el caso del baño al solo tener un lavamanos se considerará un uso de **1 persona** y del recibidor que no se considerará ocupación al ser un lugar de paso.

A continuación se muestra un ejemplo ilustrativo en el caso de los Salones y su ocupación.



1.6.4 VENTILACIÓN

Para dar respuesta a este apartado volvemos a consultar la normativa del CTE-HS3 en lo referente a calidad del aire. Concretamente en el apartado 2: Caracterización y cuantificación de las exigencias encontraremos la siguiente tabla a valorar en función de la ocupación previamente determinada en el apartado anterior:

Tabla 2.1 *Caudales de ventilación* mínimos exigidos

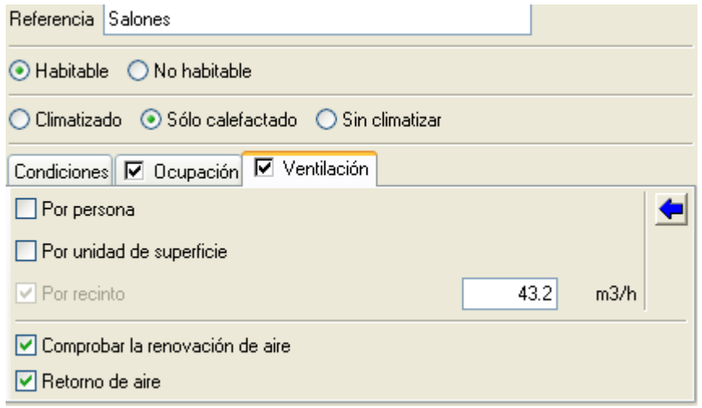
		***Caudal de ventilación* mínimo exigido q_v en l/s**		
		Por ocupante	**Por m² útil**	**En función de otros parámetros**
Locales	**Dormitorios**	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por *local*
	Cocinas		2	50 por *local* (1)
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

(1) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Por tanto siguiendo la tabla anterior las ventilaciones necesarias en estos casos serán las siguientes:

- **Dormitorio** → 5 l/s x ocupante (2 ocupantes) = 10 l/s = **36 m3/h**
- **Salón** → 3 l/s x 4 ocupantes = 12 l/s = **43'2 m3/h**
- **Cocina** → 2 l/sm2 útil x 8'5m2 = 17l/s = **61'2 m3/h**
- **Baños** → 15 l/s x local = **54m3/h**
- **Recibidor** → No se especifica al ser un lugar de paso

A continuación puede verse un ejemplo ilustrativo en el caso de los Salones:



1.6.5 CÁLCULO DE LAS CARGAS TERMICAS

Una vez hemos introducido el conjunto de parámetros que determinarán las cargas térmicas en cada recinto, procederemos a obtener el listado de resultados suministrado por el programa CYPE. El programa nos proporcionará los siguientes datos:

1. DATOS DE OBRA
2. DESCRIPCIÓN DE LOS RECINTOS
3. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS
    a. Calefacción
4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS
5. RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE RECINTOS

En este estudio solo nos centraremos en las cargas por calefacción, no obstante se mostrarán los resultados también de climatización para tener una idea más completa de ambos casos. En cualquier caso debido al gran número de espacios y elementos analizados debido a la extensión del informe resultante no se adjuntará en su totalidad a este estudio, pero sí se mostrará un resumen en el A**nexo 3**.

1.6.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

La primera conclusión que podemos extraer tras analizar los datos de carga térmica es que las diferencias energéticas entre viviendas son muy pequeñas. De hecho si buscamos la vivienda que más requisitos necesita y la que menos en cuanto a demanda energética para calefacción, encontraremos que de entrada ambas se encuentran en el mismo edificio, concretamente el edificio 2. Por un lado la vivienda más favorable es la vivienda PB-8 mientras que la más desfavorable es la P1-5 del edificio 2, tal como se muestra en la tabla siguiente. Pueden verse con más detalle junto al resto de cuadros en el **Anexo 2**:

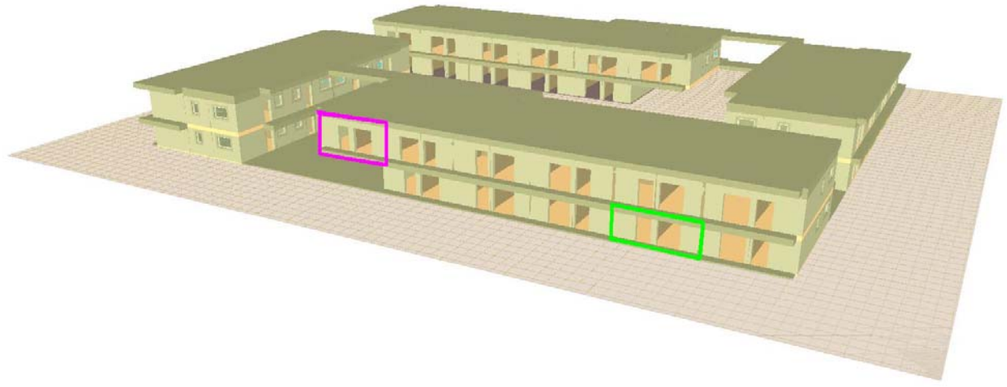
Como puede apreciarse las diferencias son pequeñas entre ambas viviendas, sin ir más lejos la vivienda más desfavorable (P1-5) tiene un consumo una demanda un 14% superior respecto a la vivienda más favorable (PB8).

Planta Baja

Vivienda	Sup. (m2)	Demanda Calefacción (kcal/h)	Demanda Calefacción (kWh)
PB1	71,32	4.032,90	4,69
PB2	69,01	3.776,70	4,39
PB3	69,83	3.791,10	4,41
PB4	70,79	3.983,80	4,63
PB5	72,75	4.002,10	4,65
PB6	69,99	3.803,40	4,42
PB7	69,89	3.797,40	4,42
PB8	68,89	3.775,70	4,39
PB9	71,53	3.996,40	4,65
PB10	70,45	3.963,60	4,61
PB11	69,99	3.785,50	4,40
PB12	69,23	3.785,50	4,40
PB13	71,21	3.984,00	4,63
PB14	72,28	3.993,70	4,64
PB15	70,76	3.805,10	4,42
PB16	69,43	3.781,90	4,40
PB17	69,81	3.785,70	4,40
PB18	70,78	3.986,40	4,64

Planta Primera

Vivienda	Sup. (m2)	Demanda Calefacción (kcal/h)	Demanda Calefacción (kWh)
P1-1	71,32	4.052,60	4,71
P1-2	69,01	3.804,90	4,42
P1-3	69,83	3.834,00	4,46
P1-4	70,79	4.012,60	4,67
P1-5	70,72	4.307,60	5,01
P1-6	67,61	3.780,20	4,37
P1-7	71,89	3.856,00	4,48
P1-8	69,89	3.822,00	4,44
P1-9	68,89	3.799,60	4,42
P1-10	71,53	4.052,60	4,71
P1-11	70,45	4.014,70	4,67
P1-12	69,99	3.826,40	4,45
P1-13	69,23	3.811,90	4,43
P1-14	71,21	4.094,60	4,76
P1-15	70,78	4.090,70	4,76
P1-16	67,81	3.760,80	4,37
P1-17	71,91	3.865,50	4,49
P1-18	69,43	3.815,90	4,44
P1-19	69,81	3.817,40	4,44
P1-20	70,78	4.035,90	4,69



Vivienda más desfavorable P1-5
Vivienda más favorable PB-8

1.7. DEMANDA ACS

1.7.1 PARÁMETROS MÍNIMOS

Una vez determinadas las cargas térmicas, el siguiente paso será determinar la demanda de ACS para cada vivienda. Para ello recurriremos a la normativa exigida en elCTE-HE1 donde según se indica en la tabla 3.1 en función del tipo de vivienda podremos establecer un primer parámetro en cuanto a la demanda de ACS por persona y día a una temperatura de 60ºC.

Tal como se indica a continuación para nuestro caso se trata de viviendas plurifamiliares por lo que según la tabla se establece un **consumo por persona de 22 litros ACS/día a 60ºC.**

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60ºC (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60º C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Seguidamente en el punto 4 del apartado 3.1.1 cálculo de la demanda energética del CTE-HE se establece a efectos de dimensionado un determinado número de habitantes de una vivienda en función del número de dormitorios.

4 En el uso residencial vivienda el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

En nuestro caso serán 2 dormitorios por vivienda por lo que correspondería un mínimo de 3 personas por vivienda:

- Edificio 1 → 8 viviendas x 3 personas = 24 personas
- Edificio 2 → 11 viviendas x 3 personas = 33 personas
- Edificio 3 → 8 viviendas x 3 personas = 24 personas
- Edificio 4 → 11 viviendas x 3 personas = 33 personas
- **Total → 114 personas**

Por tanto si la demanda de ACS a 60ºC por edificio será:

Edificio 1 → 24 personas x 22 l/persona = 528 litros ACS/día
Edificio 2 → 33 personas x 22 l/persona = 726 litros ACS/día
Edificio 3 → 24 personas x 22 l/persona = 528 litros ACS/día
Edificio 4 → 33 personas x 22 l/persona = 726 litros ACS/día
Total → 2508 litros ACS/día

1.7.2 CAUDAL ACS

Para determinar la demanda ACS utilizaremos en primer lugar la normativa incluida en el CTE-HS4 que nos determinará los caudales instantáneos mínimos para cada tipo de aparato. Tal como se nos indica en el apartado 2 de dicha normativa, siguiendo tabla 2.1 podemos establecer los siguientes consumos para cada vivienda:

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm^3/s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm^3/s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Vivienda tipo - Caudal instantáneo mínimo de ACS:

- Baño
  - Bañera de más de 1'40m → **0'20 l/s**
  - Lavabo → **0'065 l/s**
- Cocina
  - Fregadero doméstico → **0'1 l/s**

Por tanto el caudal mínimo de ACS a garantizar para cada vivienda es de **0,365l/s = 21'9l/min = 1314l/h**

1.8 DIMENSIONADO INSTALACIÓN SISTEMA CONVENCIONAL

1.8.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Una vez conocida la demanda energética de Calefacción y ACS del conjunto de viviendas procederemos a iniciar el dimensionado par las instalaciones del sistema convencional. No obstante como en casos anteriores es necesario conocer y establecer ciertos datos previos.

El sistema convencional estará formado por un sistema de producción de Energía térmica Solar mediante paneles solares conectados a un depósito acumulador el cual a su vez distribuirá la energía térmica a las distintas viviendas mediante intercambiadores de calor. Este sistema se apoyará en un un conjunto de calderas estancas individuales mixtas de gas natural que alimentarán la instalación individual de ACS y calefacción mediante un sistema de distribución bitubular.

En cada edificio la configuración del sistema elegido es una instalación en la que el sistema de captación y acumulación de agua calentada mediante aportes solar es centralizado, la distribución del calor solar se hace de forma directa y el sistema de apoyo es individual sin acumulación, mediante Apoyo con caldera mural individual mixta de gas natural.

Para las instalaciones objeto del proyecto, la unión entre el circuito primario y secundario se llevará a cabo mediante un G*rupo Hidráulico* que integrará los elementos de intercambio, bombeo y regulación solar.

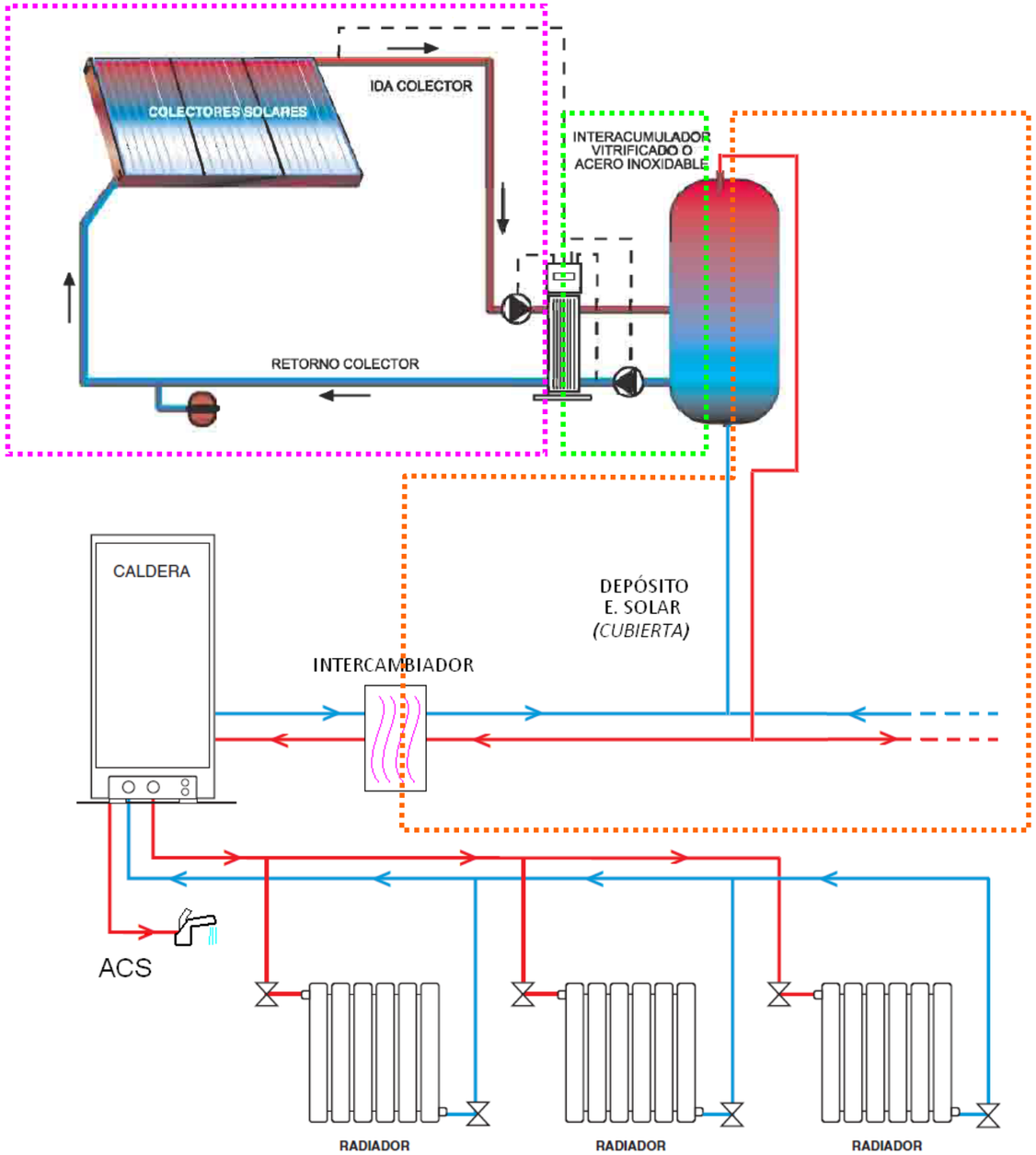
A la hora de dimensionar las instalaciones, en el caso de la instalación de Energía Solar, deberemos considerar el tanto por ciento mínimo exigido por normativa (CTE-HE4).

En el caso de la instalación individual, la caldera deberá dimensionarse para ser capaz de producir el total de la calefacción y ACS en caso de que temporalmente no pueda utilizarse la energía Solar para el calentamiento del agua.

A la hora de diseñar las instalaciones, deberemos tener en cuenta la estructura de las mismas. En el caso de la instalación convencional, ésta se compondrá de tres circuitos diferenciados:

- ***Circuito primario***: Entre campo de captadores y el intercambiador.
- ***Circuito secundario***: Entre el intercambiador y el depósito de acumulación.
- ***Circuito de consumo***: Entre el depósito de acumulación y el equipo complementario en cada vivienda.

A continuación se muestra un esquema de principio general de la instalación convencional con los circuitos diferenciados.



1.8.2 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA E. SOLAR

En primer lugar procederemos a dimensionar la instalación de Energía Solar. De acuerdo con el apartado 1.1 del DB HE 4 del CTE debemos cumplir con la obligación de una contribución determinad a la producción de ACS mediante un sistema de captación de energía solar:

1.1 Ámbito de aplicación
1 Esta Sección es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y /o climatización de piscina cubierta.

Para determinar el porcentaje de contribución solar mínima nos dirigiremos al apartado 2.1 del CTE-HE4:

2.1 Contribución solar mínima

1 La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas 2.1 y 2.2 se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 60 ºC, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:

a) general: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural, u otras;
b) efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

Para proceder a determinar el porcentaje de la tabla 2.1 antes determinaremos la zona climática correspondiente a nuestro edificio. Para ello utilizaremos el mapa 3.3 Zonas climáticas así como la tabla D.1 Zonas climáticas del CTE-HE4 que por otra parte nos permitirán establecer la cantidad de radiación solar que incidirá sobre nuestro edificio en función de su ubicación. En este caso para un edificio ubicado en Palafolls (cercano a Blanes) corresponde la categoría III.

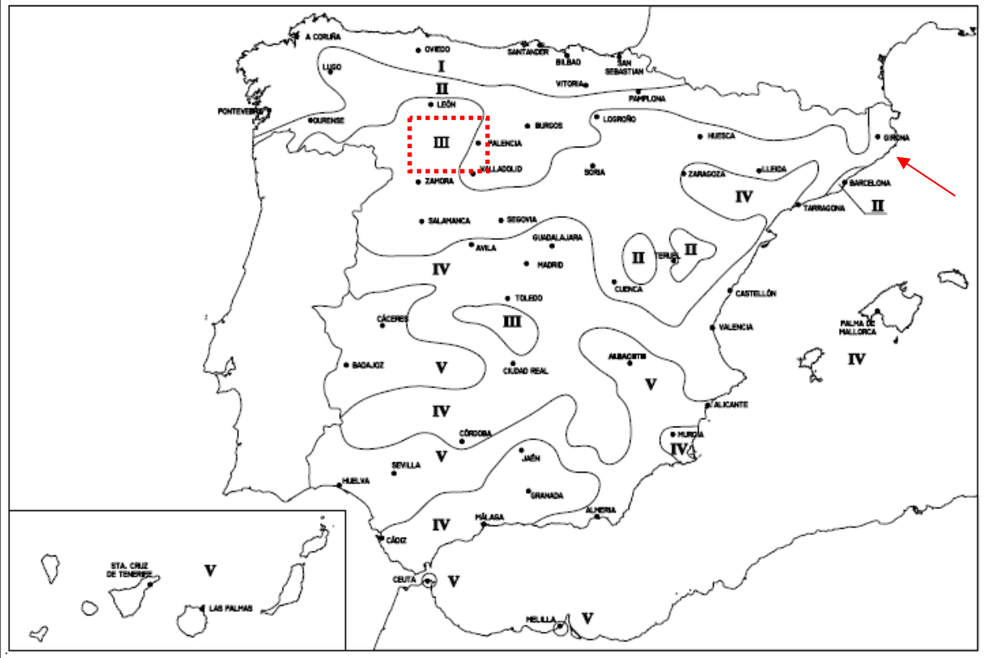


Fig. 3.1. Zonas climáticas

Sant Boi de Llobregat	II		Córdoba	IV		San Andres del Rabanedo	III
Sant Cugat del Valles	II		Lucena	V	LUGO	Lugo	II
Sant Feliu de Llobregat	II		Montilla	V	LLEIDA	Lleida	III
Sant Joan Despi	II		Priego de Córdoba	V	MADRID	Alcalá de Henares	IV
Sant Pere de Ribes	II		Puente Genil	V		Alcobendas	IV
Sant Vicenç dels Horts	II	CUENCA	Cuenca	III		Alcorcón	IV
Santa Coloma de Gramenet	II	GIRONA	Blanes	III		Aranjuez	IV
Terrassa	III		Figueres	III		Arganda del Rey	IV
Vic	III		Girona	III		Colmenar Viejo	IV
Viladecans	II		Olot	II		Collado Villalba	IV
Vilafranca del Penedes	III		Salt	III		Coslada	IV
		GRANADA	Almuñecar	IV		Fuenlabrada	IV
			Baza	V		Getafe	IV
			Granada	IV			

Por tanto según la tabla 3.2 de Radiación solar Global, a Palafolls le correspondería una insolación de **15,1 ≤ H < 16,6 MJ/m2 así como 4,6 ≤ H < 5,0**

Tabla 3.2 Radiación solar global

Zona climática	MJ/m^2	kWh/m^2
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H <4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

Finalmente en función de la zona climática establecida, el tipo de combustible utilizado para generar ACS y de la demanda total de ACS del edificio se establece un porcentaje mínimo de contribución de energía solar en la generación de ACS. En nuestro caso los parámetros serían los siguientes:

- **Zona climática III**
- **Demanda 3344 litos ACS/día** → Determinada en el apartado 1.8 "Demanda ACS"
- **Combustible utilizado Gas natural → Tabla 2.1** (no interviene el efecto Joule)

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Como resultado según la tabla 2.1 del CTE-HE4 **corresponde un total de 50% de contribución solar mínima** quedando la producción de ACS mínima exigida del siguiente modo:

Edificio	Demanda ACS Total	Contribución Solar ACS (50%)	Contribución Caldera (50%)
Edificios 1 y 3	528 litros/día a 60ºC	264 litros/día a 60ºC	264 litros/día a 60ºC
Edificios 2 y 4	726 litros/día a 60ºC	363 litros/día a 60ºC	363 litros/día a 60ºC

1.8.3 PÉRDIDAS MÁXIMAS ADMITIDAS

Siguiendo con la normativa, en el punto 8 nos indicará el tanto por ciento de pérdidas límite en función del tipo de instalación que vayamos a dimensionar, en nuestro caso según la descripción del punto 9 nos corresponde el caso general por lo que en total **no se admitirán pérdidas superiores al 15%.**

8 La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

No obstante **en nuestro caso no se contemplarán pérdidas por orientación ni sombras ya que no hay obstáculos en cubierta y los paneles se orientarán completamente al Sur**.

1.8.4 INCLINACIÓN PANELES

En cuanto a la orientación de los paneles se nos aconseja desde el CTE punto 11 las siguientes opciones, de las cuales optaremos por la inclinación correspondiente a la demanda constante (**opción A**):

11 Se considerará como la orientación optima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

a) demanda constante anual: la latitud geográfica;
b) demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10 º;
c) demanda preferente en verano: la latitud geográfica – 10 º.

Una vez comprobados los requisitos previos establecidos por la normativa se procederá a dimensionar las distintas instalaciones solares

1.8.5 DIMENSIONADO INSTALACIÓN ENERGÍA SOLAR

1.8.5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Para el análisis, cálculo y dimensionado de la instalación de energía solar térmica, se ha utilizado el programa CALSOLAR 2.0 suministrado por la casa SAUNIER DUBAL.

Debido a la extensión de los documentos el conjunto de los mismos se adjunta en el A**nexo 4**. A continuación se mostrará un resumen de los resultados obtenidos durante el proceso de análisis y su comprobación en cuanto a cumplimiento de la normativa exigida en el CTE-HE4 y RITE.

1.8.5.2 DATOS DE PARTIDA

Edificios 1 y 3

- La tipología de edificio es : Viviendas multifamiliares
- Los Edificios 1 y 3 disponen cada uno de 8 viviendas con 2 dormitorios, para lo que el CTE establece 3 personas por vivienda.
- Con lo que nos resulta un número de 33 personas.
- Con un consumo previsto de 22 litros por persona.
- La Temperatura de utilización prevista es de 60 ºC.
- Lo que nos resulta un consumo total de 726 Litros por día y edificio

Edificios 2 y 4

- La tipología de edificio es : Viviendas multifamiliares
- Los Edificios 2 y 4 disponen cada uno de 11 viviendas con 2 dormitorios, para lo que el CTE establece 3 personas por vivienda.
- Con lo que nos resulta un número de 33 personas.
- Con un consumo previsto de 22 litros por persona.
- La Temperatura de utilización prevista es de 60 ºC.
- Lo que nos resulta un consumo total de 528 Litros por día y edificio.

En el conjunto de edificios los porcentajes de utilización a lo largo del año previstos son:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
% de ocupación:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

DATOS GEOGRÁFICOS

- **Provincia:** BARCELONA
- **Latitud de cálculo:** 41º
- **Zona Climática :** III

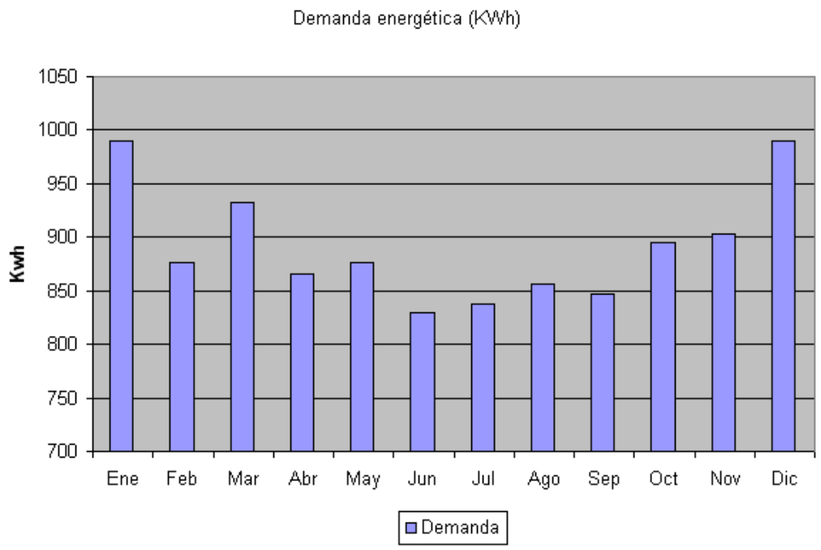
1.8.5.3 CARGA DE CONSUMO ACS

Los datos que se presentan a continuación han sido obtenidos, a partir de las condiciones de partida presentadas en el apartado anterior, utilizando el Programa de Cálculo de Instalaciones de Energía Solar de SAUNIER DUVAL CALSOLAR. Según CTE (3.1.1.1 y 2) se establece un consumo de 22,00 litros l/ persona y día a una temperatura de uso de 60 ºC.

Se presentan a continuación los resultados de necesidades energéticas para cada instalación.

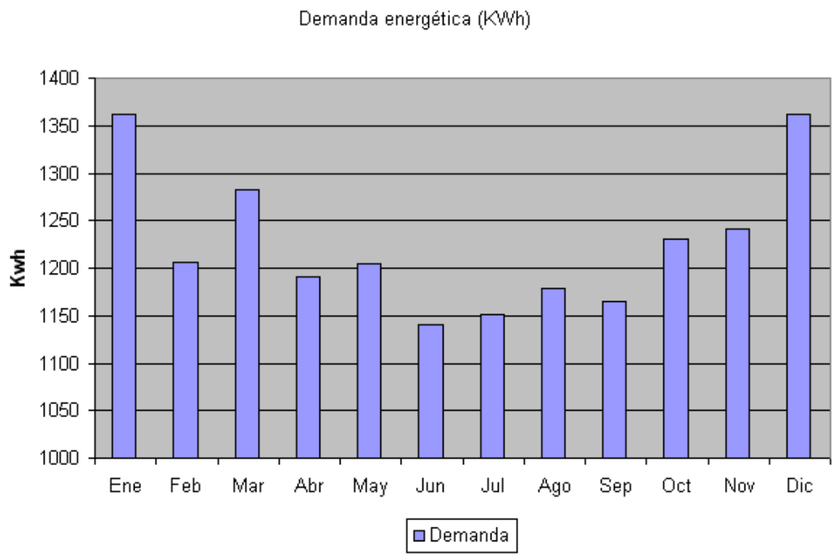
Edificios 1 y 3

El consumo Diario de Agua Total en litros es de: 528 l/día por edificio. Se presentan a continuación los resultados de necesidades energéticas para la instalación.



Edificios 2 y 4

El consumo Diario de Agua Total en litros es de: 726 l/día por edificio. Se presentan a continuación los resultados de necesidades energéticas para la instalación.



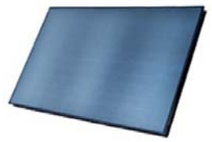
1.8.5.4 SUPERFICIE DE CAPTACIÓN Y VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

La superficie de captación se dimensiona de manera que el aporte solar anual mínimo sea **superior al 50%** de la demanda energética, según se indica en el "Código Técnico de la Edificación" (CTE) para el término municipal de Palafolls (Maresme) .

El número de captadores se ajusta de forma que se obtenga una configuración homogénea y equilibrada del campo de los mismos, lo más cercana posible a la superficie que cubra el requisito de demanda solar.

Campo de Captadores

La instalación se ha dimensionado para captadores marca SAUNIER DUVAL, modelo SRH 2.3:



- η 0,801
- K1 (W/m2K) 3,320
- K2 (W/m2K2) 0,023
- Superficie Total (m2) 2,51
- Superficie Neta (m2) 2,352

Los captadores se colocarán en la cubierta del edificio, quedando **orientados con una desviación de 0 º con respecto al Sur y con una inclinación de 40 º con respecto a la horizontal**.

Se instalarán válvulas de corte a la entrada y salida de cada batería, a fin de poder aislarla del resto para posibles mantenimientos o reparaciones. Se prevén también purgadores, válvulas de seguridad y válvulas para llenado y vaciado del circuito. La estructura soporte de los captadores se compone de perfiles prefabricados de aluminio, dimensionados por el fabricante.

La estructura soporte de los captadores se compone de perfiles prefabricados de aluminio, dimensionados por el fabricante.

Acumulación de ACS

La acumulación solar se lleva a cabo, mediante la instalación de un sistema de acumulación central para todas las viviendas de cada edificio compuesto por depósitos marca SAUNIER DUVAL, modelos:

Edificios 1 y 3

Unidad	**FE 500 S**
Depósito interacumulador	horizontal de acero vitrificado.
Aislamiento térmico	PU de 50 mm (libre de CFC)
Capacidad ACS (l)	500
Superficie serpentín (m2)	2.1
Peso en vacío (kg) 165	165
Temp. máx. ACS (ºC)	85
Presión máx. ACS (bar)	10
Temp. máx. Serpentín (ºC)	110
Presión máx. (bar)	10
Volumen serpentín (l)	14.2

Edificios 2 y 4

Unidad	**BDLN 800**
Depósito interacumulador	acero al carbono
Aislamiento térmico	Espuma rígida de poliuretano
Capacidad ACS (l)	8500
Peso en vacío (kg) 165	125
Presión máx. ACS (bar)	10
Presión máx. (bar)	6

Edificios 1 y 3

Para el edificio se establece una instalación de **3 captadores de 2,352 m^2** de superficie útil, resultando una superficie total de captación de **7,056 m^2.**

La acumulación de Agua Caliente Sanitaria procedente de la aportación solar se realizará mediante un depósito central de **500 litros**, que servirá para hacer frente a la demanda diaria.

Edificios 2 y 4

Para el edificio se establece una instalación de **4 captadores de 2,352 m^2** de superficie útil, resultando una superficie total de captación de **9,408 m^2.**

La acumulación de Agua Caliente Sanitaria procedente de la aportación solar se realizará mediante un depósito central de **800 litros**, que servirá para hacer frente a la demanda diaria.

Comprobación normativa CTE-HE4

En primer lugar en el apartado 2 del artículo 3.3.3 del CTE HE4 encontramos el siguiente aspecto a cumplir en cuanto a la relación entre el volumen de acumulación solar escogido y el área de los captadores:

> 2 Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:
>
> $$50 < \frac{V}{A} < 180 \qquad (3.3)$$
>
> siendo
>
> A la suma de las áreas de los captadores [m²];
>
> V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Edificios 1 y 3

- A = 2,352m2 x 3 captadores = 7’056 m2
- V = 500 litros

V / A = 500 / 7’056 = 70’96
50 < 70’96 < 180 → **CUMPLE CTE**

Edificios 2 y 4

- A = 2,352m2 x 4 captadores = 9’408 m2
- V = 800 litros

V / A = 800 / 9’408 = 85’03
50 < 85’03 < 180 → **CUMPLE CTE**

Seguidamente en el apartado 1 del artículo 3.3.4 del CTE HE4 encontramos el siguiente aspecto a cumplir en cuanto al sistema de intercambio

> 1 Para el caso de intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P, se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m^2 y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50 % cumpliéndose la condición:
>
> $$P \geq 500 \cdot A \qquad (3.4)$$
>
> siendo
>
> P potencia mínima del intercambiador [W];
>
> A el área de captadores [m²].

Edificios 1 y 3

P ≥ 500 * 7’046m2 → **P ≥ 3523 W** → Potencia instalada**: 6,5kW** → **CUMPLE CTE**

Edificios 2 y 4

P ≥ 800 * 9’408m2 → **P ≥ 4704 W** → Potencia instalada**: 6,5kW** → **CUMPLE CTE**

Comprobación normativa RITE IT10

La siguiente comprobación se encuentra en el artículo RITE ITE 10.1.3.2 en relación también al área de los colectores y el volumen. La norma nos exige cumplir la siguiente fórmula:

$$1{,}25 < 100\ A/M < 2$$

Edificios 1 y 3

M	**ACS diario**	528 litros/dia
A	**Área captadores m²**	7’046 m²

1,25 < 100 * (7’046/528) < 2 → **1,25 < 1’33 < 2** → **CUMPLE RITE**

Edificios 2 y 4

M	**ACS diario**	726 litros/dia
A	**Área captadores m²**	9’408 m²

1,25 < 100 * (9’408/726) < 2 → **1,25 < 1’29 < 2** → **CUMPLE RITE**

La siguiente condición exigible va dirigida a instalaciones calculadas para proporcionar un consumo constante todo el año. Se debe cumplir al menos una de las siguientes condiciones por parte del acumulador:

$$0{,}8 \cdot M < V < M \qquad y \qquad 0{,}8 < V/M < 1$$

Edificios 1 y 3 → 0’8 * 528 < 50 < 528 → **422 < 500 < 528** → **CUMPLE RITE**

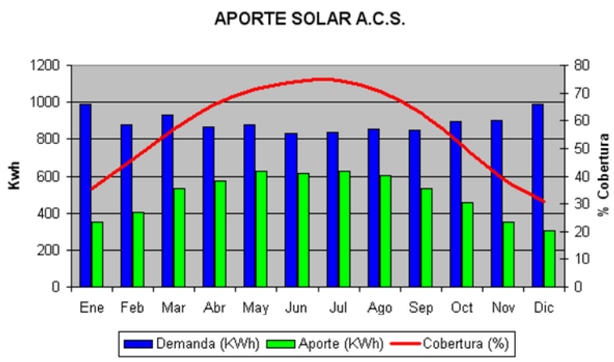
Edificios 2 y 4 → 0’8 * 726 < 800 < 726 → **580’8 < 800 < 726** → **CUMPLE RITE**

1.8.5.5 RESUMEN DEMANDA Y APORTES

Edificios 1 y 3

(Energía en kWh)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Demanda mensual ACS	989,92	876,93	932,81	865,87	875,70	829,03	837,62	856,66	847,45	894,73	902,72	989,92
Aporte solar mensual ACS:	352,50	402,90	531,00	572,70	624,40	614,90	625,50	605,70	533,80	458,10	351,50	305,40
Fracción solar media ACS:	35,6%	45,9%	56,9%	66,1%	71,3%	74,2%	74,7%	70,7%	63,0%	51,2%	38,9%	30,9%

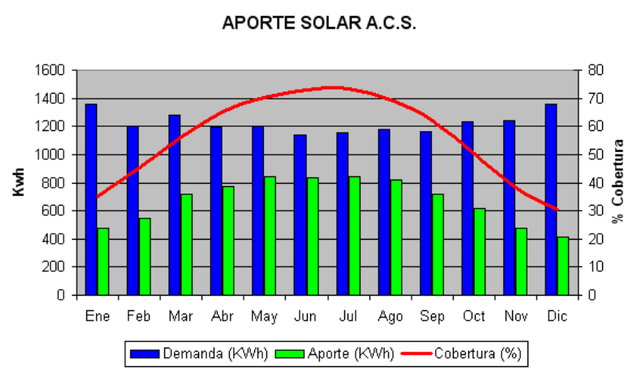
- Total Demanda Mensual ACS: **10699,4 kWh**
- Total Aporte Solar mensual ACS: 5978'4 **kWh**
- Fracción solar Media ACS: **55,9%**
- **M**ínimo exigido por CTE-HE4: 50% → **CUMPLE CTE**



Edificios 2 y 4

(Energía en kWh)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Demanda mensual ACS	1361,14	1205,77	1282,61	1190,57	1204,08	1139,91	1151,73	1177,91	1165,24	1230,26	1241,24	1361,14
Aporte solar mensual ACS:	477,30	544,90	718,30	775,10	845,20	832,10	846,60	819,20	721,70	619,60	475,90	413,90
Fracción solar media ACS:	35,1%	45,2%	56,0%	65,1%	70,2%	73,0%	73,5%	69,5%	61,9%	50,4%	38,3%	30,4%

- Total Demanda Mensual ACS: **14711,6 kWh**
- Total Aporte Solar mensual ACS: **8089,8 kWh**
- Fracción solar Media ACS: **55,0%**
- **M**ínimo exigido por CTE-HE4 : 50% → **CUMPLE CTE**

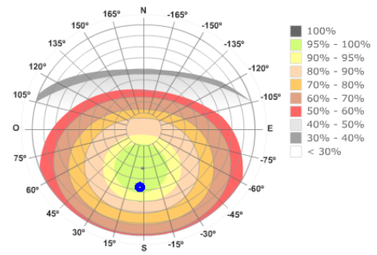


1.8.5.6 PÉRDIDAS POR SOMBRAS, ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Pérdidas por Orientación e Inclinación

La inclinación de diseño del campo de captadores es de β = 40 º. El azimut de los colectores es α = 0 º.

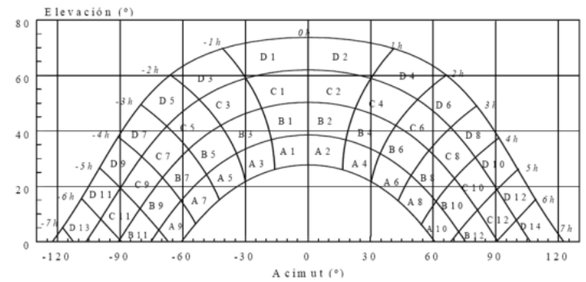
Teniendo en cuenta la inclinación, la orientación del campo de captadores y la latitud de la instalación, las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del campo son del **0,267%.**



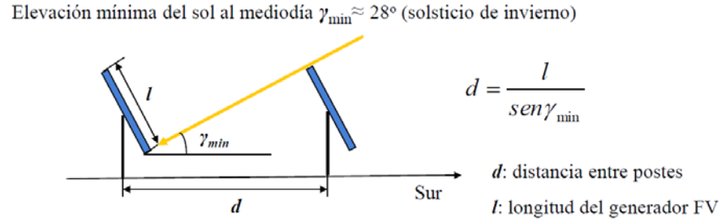
Pérdidas por Sombras

Según la carta cilíndrica de la trayectoria solar (Diagrama de trayectorias del sol), una vez introducidos todos los puntos de los perfiles de los obstáculos que están situados en torno al campo de colectores, estos producirán las siguientes sombras:

Las sombras producen unas pérdidas por sombreado a lo largo de todo el año del **0 %** siempre que respetemos la siguiente condición:



L = 1,033
Sen 28º
d = 2,83m separación



Pérdidas Totales

Según el tipo de instalación de captadores, el sumario de pérdidas por sombreado y orientación e inclinación, las instalaciones **CUMPLEN** con lo establecido en la tabla 2.4 del apartado 2.1.8 del CTE .

	SOMBRAS	ORIENTACION E INCLINACIÓN	TOTAL
Límite máximo CTE-HE4	10	10	15
Calculadas	0	0,267	0,27

1.8.5.7 SISTEMA DE INTERCAMBIO

Para realizar el intercambio de la energía absorbida por el líquido caloportador en los captadores solares al Agua Caliente Sanitaria acumulada en el depósito, se hace uso de un intercambiador de placas de de alta eficiencia. Según el informe resultante los cálculos obtenidos para los respectivos intercambiadores se resumen en la tabla mostrada a continuación:

Captador: **SRH 2.3** **Cantidad:** 3 (Edif. 1 y 3) 4 (Edif. 2 y 4)
Fluido circuito primario : *Agua + Propilenglicol*

ACS	**Edif. 1 y 3**	**Edif. 2 y 4**		**Edif. 1 y 3**	**Edif. 2 y 4**
Tamaño Intercambiador :	Grande	Grande			
Tº entrada c. primario:	38,0 ºC	38,0 ºC	*Tº salida c. primario:*	33,0 ºC	33,0 ºC
Tºa entrada c. secundario:	22,0 ºC	22,0 ºC	*Tº salida c. secundario:*	17,0 ºC	17,0 ºC
Caudal primario:	282 l/h	376 l/h	*Caudal secundario:*	265 l/h	
Potencia:	4.939 W	6.586 W	*Rendimiento:*	81%	81%

1.8.5.8 CIRCUITOS HIDRÁULICOS

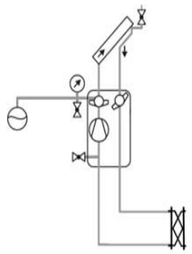
En cada edificio la configuración del sistema elegido es una instalación en la que el sistema de captación y acumulación de agua calentada mediante aportes solar es centralizado, la distribución del calor solar se hace de forma directa y el sistema de apoyo es individual sin acumulación, mediante Apoyo con caldera mural.

Se encuentran por tanto 4 circuitos:

- *Circuito primario*: Entre campo de captadores y el intercambiador.
- *Circuito secundario*: Entre el intercambiador y el depósito de acumulación.
- *Circuito de consumo*: Entre el depósito de acumulación y el equipo complementario en cada vivienda.

Para las instalaciones objeto del proyecto, la unión entre el circuito primario y secundario se llevará a cabo mediante un G*rupo Hidráulico* que integrará los elementos de intercambio, bombeo y regulación solar.

Circuito Primario



Para el conjunto de edificios y sus respectivos caudales y con la premisa de tener una pérdida de carga inferior a 20 mmca/m en las tuberías que circulan por el interior del edificio.

Para el aislamiento de las tuberías, se colocará una coquilla de espuma elastomérica de 35 mm de espesor con acabado que lo proteja de la intemperie para aquellos tramos que estén expuestos al exterior. La bomba del circuito secundario será la integrada en el Grupo Hidráulico.

Se debe instalar un Vaso de Expansión cerrado, adecuado para el uso con mezcla anticongelante de las siguientes características:

- Presión máxima 6 bares.

Se debe hacer uso además de válvula de seguridad tarada a 6 bares, purgador en el punto más alto de la instalación y en la salida de cada batería de captadores, así como manómetro de presión del circuito solar.

Edificios 1 y 3

El dimensionado de los componentes del circuito primario se realiza suponiendo un caudal unitario de diseño de 40l/h/m^2 de superficie de captación, lo que supone en este caso un caudal de 282,24 l/hora.

Edificios 2 y 4

El dimensionado de los componentes del circuito primario se realiza suponiendo un caudal unitario de diseño de 40l/h/m^2 de superficie de captación, lo que supone en este caso un caudal de 376,32 l/hora.

Circuito Secundario

El trazado de tubería de este circuito conecta la salida del intercambiador de placas con el depósito de acumulación.

Las **tuberías del circuito secundario serán de cobre** con las uniones soldadas por capilaridad. Siempre que haya que realizar una unión entre elementos de distinto material, se deberán instalar manguitos electrolíticos, al objeto de evitar la corrosión.

Para el aislamiento de las tuberías, se colocará una coquilla de espuma elastomérica de 25mm de espesor en las tuberías cuyo diámetro exterior sea menor de 60mm, y de 30mm de espesor en aquellas con un diámetro exterior superior a 60mm. No precisan de la colocación de un acabado con protección a la intemperie ya que discurrirán por el interior del edificio.

Este detalle permite cumplir con las exigencias del RITE IT según el cuadro adjunto para ocasiones en las que el paso de las tuberías se realice para interiores de edificio son los grosores de aislamiento serán los siguientes:

Cuando el paso de las tuberías se realice por espacios sin calefactar o exterior las tuberías deberán estar aisladas, según el RITE se incrementará el valor de las tablas anteriores en un mínimo de 10mm para fluidos calientes y 20 mm para fluidos fríos. La bomba del circuito secundario es la integrada en el Grupo Hidráulico. Vaso expansión Circuito Primario:

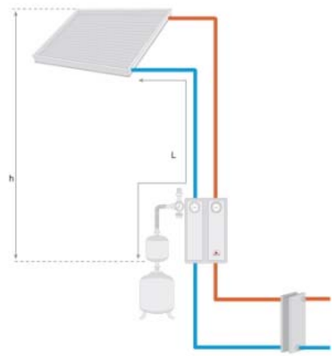
Fluido interior frío				
Diámetro exterior (1) mm	**Temperatura del fluido (3) Cº**			
	-20 a -10	**-9,9 a 0**	**0,1 a 10**	**> 10**
D ≤ 35	40	30	20	20
35 < D ≤ 60	50	40	30	20
60 < D ≤ 90	50	40	30	30
90 < D ≤ 140	60	50	40	30
140 < D	60	50	40	30

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior (1) mm	**Temperatura del fluido (2) Cº**			
	40 a 65	**66 a100**	**101 a 150**	**151 a 200**
D ≤ 35	20	20	30	40
35 < D ≤ 60	20	30	40	40
60 < D ≤ 90	30	30	40	50
90 < D ≤ 140	30	40	50	50
140 < D	30	40	50	60

(1) Diámetro exterior de la tubería sin aislar
(2) Se escoge la temperatura máxima en la red
(3) Se escoge la temperatura mínima en la red

RESUMEN CIRCUITO SECUNDARIO

Captador :	SRH 2.3		Cantidad :	3 (Edif. 1y 3)	4 (Edif. 2y 4)
Características:					
	Edif. 1 y 3	**Edif. 2 y 4**		**Edif. 1 y 3**	**Edif. 2 y 4**
Caudal específico (l/hm²)	40	40	*Alt. estática (h):*	5m	5 m
Longitud total de tubería (L)	20	(m)			
Diámetro recomendado (mm)	18x1	18x1	*Ø seleccionado*	12x0,8mm	18x1 mm
Vol. intercambiador (L)	5 L	5 L	*Longitud tubería*	5m	5m
Vaso de expansión:					
Volumen mínimo:	25 L	30 L	*Presión del gas:*	1,50 bar	1,50 bar
Presión de llenado:	2,00 bar	2 bar			
Vaso amortiguador:					
Volumen mínimo (L)	18	18			
Instalación :					
Volumen total (L)	34,06	38,66			



Circuito de distribución

Se recomienda que el trazado de las tuberías del circuito de distribución desde la acumulación a cada vivienda se configure en al menos una bajante por cada portal de viviendas.

Para calcular los diámetros de las bajantes se ha estimado el caudal punta por puntos de consumo que deberá atender cada tramo de bajante en función del número de viviendas al que abastece, tomando como criterio que las pérdidas de carga por cada metro lineal de tubería sean inferiores a 20 mmca/m.

El trazado de las tuberías de este circuito comunica la salida del depósito de acumulación solar con el kit de intercambiador de placas de cada vivienda. Se recomienda que el circuito se configure mediante al menos una bajante por cada portal de viviendas.

El caudal punta por tramo de bajante se estima en función del caudal máximo minorado por un coeficiente de simultaneidad de uso universal y que se formula como , siendo n el número de puntos de consumo y el caudal máximo por vivienda de 850 litros/h.

Para calcular los diámetros de las bajantes se ha estimado el caudal punta por puntos de consumo que deberá abastecer cada tramo de bajante en función del número de viviendas que abastece, tomando como criterio, como se ha indicado en el caso del circuito primario, de que las pérdidas de carga por cada metro lineal de tubería sean inferiores a 20 mmca/m.

En este circuito, se instalará un vaso de expansión con suficiente volumen para absorber la dilatación del agua desde su temperatura de llenado hasta su temperatura máxima.

1.8.5.9 SISTEMA DE APOYO – CALDERA MURAL

Para aquellos periodos en que el aporte solar no sea suficiente debido a un alto consumo o a una baja radiación solar, es preceptivo la utilización de Apoyo con caldera mural en cada vivienda.

La conexión hidráulica se realiza de manera que el agua de consumo es calentada mediante el sistema de captación solar y acumulada en los depósitos dimensionados a tal efecto y que se colocarán en cada vivienda. El equipo complementario conectado en serie con el depósito solar, solamente aportará al agua procedente de dicho depósito, la cantidad de energía necesaria para llegar a la temperatura de confort.

Según CTE 3.3.6 el equipo complementario deberá disponer de un equipo de energía convencional complementario que debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1) *No se podrá conectar el quipo complementario en el circuito primario de captadores.*
2) *Se deberá dimensionar como si no se dispusiera del sistema solar.*
3) *Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación*
4) *Debe disponer de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis*
5) *En el caso de que el sistema de energía convencional complementario sea instantáneo, el equipo será modulante, es decir, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente con independencia de cual sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo*
6) *En el caso de climatización de piscinas, para el control de la temperatura del agua se dispondrá una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor.La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10 ºC mayor que la temperatura máxima de impulsión*

Como ya hemos comprobado en los apartados anteriores, la **demanda de calefacción por vivienda se situará en los 5'01 kWh (vivienda más desfavorable) y 66 litros/día de ACS a 60ºC con un régimen mínimo de 0'2 litros/s (alimentación bañera)**. Por tanto a la hora de seleccionar un modelo concreto deberemos tener en cuenta que cumpla como mínimo con las demandas exigidas.

Demanda	MÍNIMO Caldera	Resultado
Calefacción 5'01 kW	5'4 kW	CUMPLE
Régimen ACS 0'2 litros/s a 60ºC	0'8 litros/s a 60ºC	CUMPLE

CALDERA MURAL MIXTA GAS NATURAL - MODELO DUBAL F 25 e

Características Generales

- Tipo Gas: Gas Natural
- Tipo Producción: Mixta instantanea
- Potencia Útil: 24,60 kW - 21.150 kcal/h
- Rendimiento Pot. Máx: 92,7 kW
- Cámara de Combustión: Estanca
- Tipo Tiro: Forzado
- Modo Instalación: Mural Interior
- Alto: 740 mm
- Ancho: 410 mm
- Profundo: 310 mm
- Peso: 34,00 kg

Calefacción

- Potencia Mín. Útil: 8,90 kW
- Potencia Máx. Útil: 24,60 kW
- Temperatura Máx: 87 ºC
- Temperatura Mín: 38 ºC
- Presión Mín. Funcionamiento: 0,50 bar
- Presión Máx. Funcionamiento: 3,00 bar

A.C.S.

- Potencia Mín. Útil: 5,10 kW
- Potencia Máx. Útil: 24,6 kW
- Temperatura Máx: 60 ºC
- Temperatura Mín: 38 ºC
- Caudal Específico: 12,20 l
- Caudal Mín. Funcionamiento: 1,90 l
- Presión Mín. Funcionamiento: 0,30 bar
- Presión Máx. Funcionamiento: 10,00 bar
- Potencia Mín. Útil: 5,40 kW
- Potencia Máx. Útil: 19,60 kW
- Temperatura Máx: 80 ºC
- Temperatura Mín: 10 ºC
- Presión Mín. Funcionamiento: 0,75 bar
- Presión Máx. Funcionamiento: 3,00 bar

Cumplimiento normativa Decreto Habitabilidad - Caldera

Según se indica en el Decreto de Habitabilidad 55/2009 del 7 de abril, en su apartado *6. Equipo* encontramos los siguientes aspectos a cumplir:

c)En el Si el suministro es por captación propia o por aforamiento, que disponga de un depósito de reserva de 200 litros.

En el caso de nuestra instalación tenemos una reserva en los captadores solares de más de 700l por edificio, por lo tanto **CUMPLE**.

d) Permita un consumo seguido de 50 litros de agua a una temperatura de 40 grados y con un caudal de 10 litros por minuto.

En este apartado el modelo DUBAL F25 cuyas características se muestran en la ficha técnica anterior, presenta el siguiente resultado en respuesta al Decreto de Habitabilidad:

Régimen Demanda	Régimen Caldera	Resultado
10 Litros / minuto	12'2 litros / minuto	CUMPLE

1.8.5.10 REGULACIÓN SOLAR Y SISTEMA ELÉCTRICO

El funcionamiento de la instalación vendrá controlado por la centralita de control que comparará las sondas de temperatura y actuará sobre las bombas y válvulas correspondientes.

La centralita comandará la instalación mediante un **control diferencial** que actuará poniendo en funcionamiento las bombas de circulación cuando el salto de temperatura entre la salida del campo de captadores y la sonda de menor temperatura sea superior a 5ºC.

Hay que asegurarse que las sondas de temperatura en la parte baja de los acumuladores y en el circuito estén afectadas por el calentamiento. Para ello la ubicación de las sondas se realizará de forma que se detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas, que se ubicarán en la dirección de circulación del fluido y en sentido contrario (a contracorriente).

La precisión del sistema de control, asegurará que las bombas estén en marcha con saltos de temperatura superiores a 7ºC y paradas con diferencias de temperatura menores de 2ºC. El sistema de control asegurará, mediante la parada de las bombas, que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales y componentes.

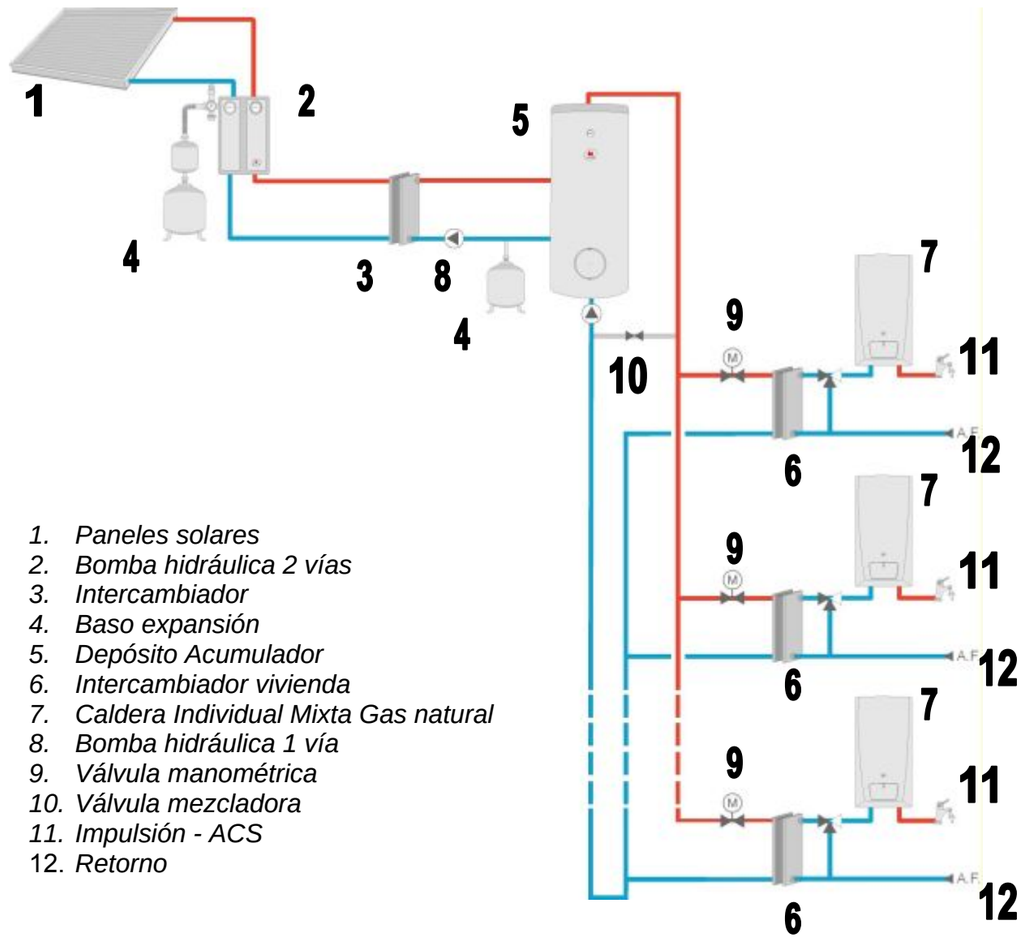
La instalación dispondrá de un **contador de agua caliente solar** situado en el circuito primario que cuantifique la energía producida por la instalación solar. Este contador estará constituido por los siguientes elementos:

- Contador de agua.
- Dos sondas de temperatura.
- Un microprocesador electrónico (en algunos casos irá conectado a la propia centralita).

El contador de agua y una de las sondas se situarán en la entrada del campo de captadores. La otra sonda se situará en la salida del mismo (agua caliente). El microprocesador electrónico podrá estar situado en la parte superior del contador o por separado (incluido en la centralita).

El cuadro eléctrico dispondrá de selectores para controlar el funcionamiento de las bombas con conmutación automática y manual de parada y marcha. Se colocarán elementos de señalización para visualizar el estado de funcionamiento de las bombas y protecciones eléctricas (interruptores magnetotérmicos y diferenciales) adecuadas a cada elemento de la instalación.

1.8.5.11 ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN E. SOLAR



1. *Paneles solares*
2. *Bomba hidráulica 2 vías*
3. *Intercambiador*
4. *Baso expansión*
5. *Depósito Acumulador*
6. *Intercambiador vivienda*
7. *Caldera Individual Mixta Gas natural*
8. *Bomba hidráulica 1 vía*
9. *Válvula manométrica*
10. *Válvula mezcladora*
11. *Impulsión - ACS*
12. *Retorno*

Los planos con los detalles de la instalación pueden verse en el **Anexo 16.**

1.8.6 ELECCIÓN MODELO RADIADORES

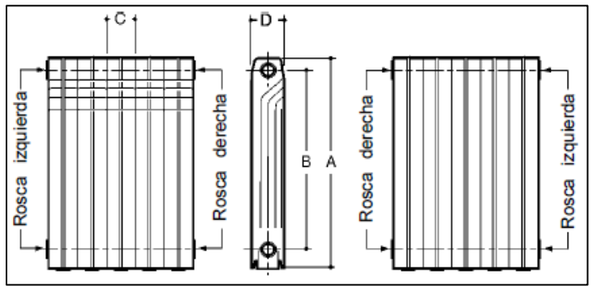
1.8.6.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

En primer lugar debemos plantearnos el tipo de sistema de emisores que utilizaremos. Los principales sistemas de emisores por agua presentes en el mercado son los radiadores murales y el sistema de suelos radiantes. Pese que el sistema de suelos radiantes es más eficiente energéticamente, no es el sistema más convencional principalmente por su elevado coste inicial. Por tanto al no ser representativo se ha optado por el sistema de calefacción mediante radiadores murales.

1.8.6.2 CARACTERÍSTICAS MODELO RADIADOR

De entre la multitud de modelos hemos decidido colocar un modelo de referencia en el mercado de los radiadores, concretamente los **radiadores de aluminio marca ROCA y modelo DUBAL con Frontal de aberturas.**

Tal y como puede comprobarse en la ficha adjunta, el fabricante suministra todos los datos necesarios para el cálculo del número de elementos que necesitaremos en cada caso en función de la temperatura de impulsión y del modelo seleccionado.



Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Cotas en mm A	B	C	D	Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento Frontal aberturas Kcal/h	W	Frontal plano Kcal/h	W	Exponente "n" de la curva característica Frontal aberturas	Frontal plano
DUBAL 30	288	218	80	147	0,27	1,36	71,3	82,9	70,5	82,0	1,30	1,29
DUBAL 45	421	350	80	82	0,29	1,13	79,5	92,4	76,2	88,6	1,35	1,35
DUBAL 60	571	500	80	82	0,36	1,43	103,9	120,8	99,0	115,2	1,35	1,34
DUBAL 70	671	600	80	82	0,43	1,63	119,1	138,5	113,7	132,2	1,34	1,34
DUBAL 80	771	700	80	82	0,50	1,83	133,7	155,4	127,9	148,7	1,33	1,34

Emisión calorífica en Kcal/h y W según UNE EN-442 para Δt= 50°C
Δt = (T. media radiador -T. ambiente) en °C
Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

1.8.6.3 DIMENSIONADO RADIADORES

Antes de proceder a determinar el número de elementos para cada radiador, necesitaremos definir sus características. Usando la tabla de datos anterior suministrados por el fabricante, podemos obtener la cantidad de energía disipada por elemento según el modelo escogido. La columna que indica la Energía nominal (Kcal/h) nos servirá como referencia para elaborar una tabla que nos indique el nº de elementos de cada radiador en función de las calorías a suministrar en cada estancia. Estos valores se considera que se suministran en condiciones normales:

Tª impulsión agua	75	ΔT	49
Tª retorno agua	65		
Tª imp. Agua cond. Nominales	75		
Tª ret. Agua cond. Nominales	65	ΔT nominal	49
Tª interior confort	21		
Tª media	70		
Tª media nominal	70		

MODEL	DUBAL 30	DUBAL 45	DUBAL 60	DUBAL 70	DUBAL 80
Potencia nominal	71,3	79,5	103,9	119,1	133,7
exponente n	1,3	1,35	1,35	1,34	1,33
POT. RESULTANTE POR ELEMENTO	**71,30**	**79,50**	**103,90**	**119,10**	**133,70**

Una vez definidas las características de cada radiador pasaremos a definir el nº de elementos para cada estancia y vivienda en función de sus cargas térmicas. Para ello hemos elaborado una serie de tablas en Excel que se adjuntan en el A**nexo 5**.

Como ejemplo ilustrativo a continuación se expondrá el caso de la vivienda más desfavorable (P1-5). En primer lugar se elabora un **cuadro resumen de superficies y potencias** para cada estancia de la vivienda:

RESUMEN POTENCIAS CALORÍFICAS				VIVIENDA B-A	
Ref.	**Sala**	**Ref.**	**Area (m^2)**	**Pot. calorífica total**	**RATIO kcal/hm²**
A	Baño	1	5,39	627 kcal/h	116 kcal/hxm²
B	Cocina	2	8,02	685 kcal/h	85 kcal/hxm²
C	Dormitorio 1	3	12,21	754 kcal/h	62 kcal/hxm²
D	Dormitorio 2	4	9,00	688 kcal/h	76 kcal/hxm²
E	Recibidor	5	3,57	386 kcal/h	108 kcal/hxm²
F	Salón	6	25,00	1.168 kcal/h	47 kcal/hxm²
			63,20 m²	**4.308 kcal/h**	**68 kcal/hxm²**

A continuación se establece el circuito de potencia incluyendo las Kcal/h Reales, las Kcal/h Acumuladas y el valor del circuito de potencia, que en este caso sería 4308 kcal/h. Tambien se añaden los valores de Temperatura Media 70 ºC y el incremento de Temperatura 49 ºC.

CIRCUITO POTENCIA :							4.308 kcal/h	
ORDEN	**Sala**	**Ref.**	**Kcal/h**	**Coef**	**Kcal/h Reals**	**Kcal/h Acumuladas**	**T Media °C**	**ΔT**
1	Baño	A	627	1,00	627	627	70,00	49
2	Cocina	B	685	1,00	685	1.312	70,00	49
3	Dormitorio 1	C	754	1,00	754	2.065	70,00	49
4	Dormitorio 2	D	688	1,00	688	2.754	70,00	49
5	Recibidor	E	386	1,00	386	3.139	70,00	49
6	Salón	F	1.168	1,00	1168	4.308	70,00	49

En la siguiente tabla se exponen los distintos modelos de radiadores disponibles así como su capacidad térmica por elemento y el **número de elementos** que les correspondería en caso de ser seleccionados para cada estancia.

Nº Elementos por dependencia según modelo								
	DUBAL 45	**Kcal Elemento**	**DUBAL 60**	**Kcal Element**	**DUBAL 70**	**Kcal Elemento**	**DUBAL 80**	**Kcal Elemento**
Baño	**8**	79,50	**7**	103,90	**6**	119,10	**5**	133,70
Cocina	**9**	79,50	**7**	103,90	**6**	119,10	**6**	133,70
Dormitorio 1	**10**	79,50	**8**	103,90	**7**	119,10	**6**	133,70
Dormitorio 2	**9**	79,50	**7**	103,90	**6**	119,10	**6**	133,70
Recibidor	**5**	79,50	**4**	103,90	**4**	119,10	**3**	133,70
Salón	**15**	79,50	**12**	103,90	**10**	119,10	**9**	133,70

Por último en la siguiente tabla se nos muestra **la configuración en número de elementos y modelo de radiador** en función del modelo escogido para cada estancia. Para simplificar las instalaciones dado que todas las viviendas tienen la misma configuración de estancias y similares características térmicas, elegiremos en todos los casos el modelo de radiador DUBAL 80 excepto en Baños (DUBAL 60) y recibidores (DUBAL45).

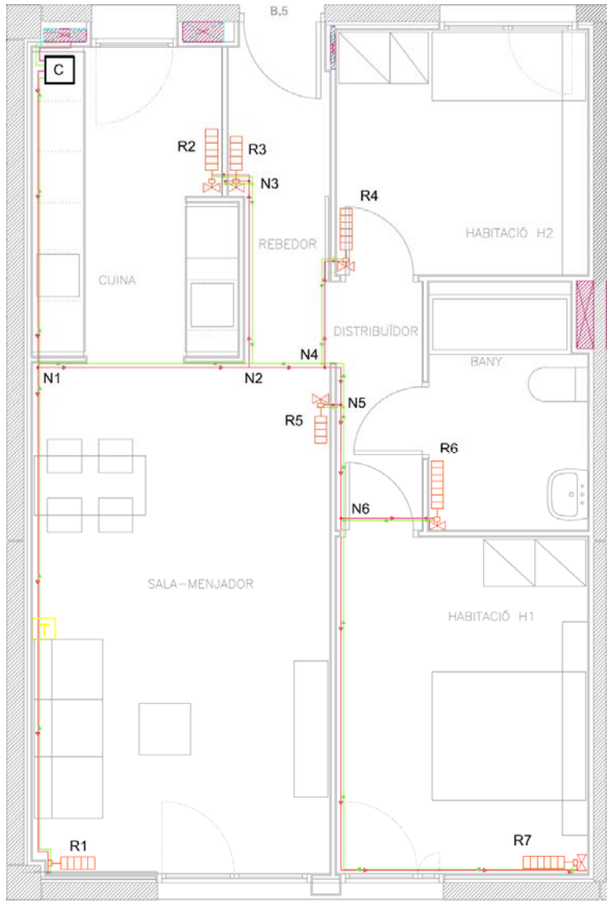
RADIADORES DE ALUMINIO ROCA MODELO DUBAL								
Circuito	**Sala**	**Ref.**	**Modelo radiador**	**Elementos**	**Kcal**	**Longitud mm**	**Anchura total (m)**	**KW**
1	Baño	A	60	**7**	627	560	0,71	0,73
2	Cocina	B	80	**6**	685	480	0,63	0,80
3	Dormitorio 1	C	80	**6**	754	480	0,63	0,87
4	Dormitorio 2	D	80	**6**	688	480	0,63	0,80
5	Recibidor	E	45	**5**	386	400	0,55	0,45
6	Salón	F	80	**9**	1.168	720	0,87	1,36

Como nota aclaratoria se debe añadir que en caso de que alguna estancia tuviera menos de 3 elementos se instalarán un mínimo de 3 por problemas de instalación. Tambien cabe aclarar que la longitud en mm mostrada en el cuadro resumen no incluye la válvula termoestática que tiene una longitud aproximada de 150mm. Los planos de instalaciones se pueden encontrar en **el Anexo 5**.

1.8.7 DIMENSIONADO TUBERÍAS

Una vez definidas las características de las calderas y de cada radiador pasaremos a dimensionar los distintos diámetros de los emisores que conforman el circuito de distribución bitubular. A modo de ejemplo se ilustra el proceso de dimensionado para una vivienda tipo usando como referencia los datos de la vivienda más desfavorable, en este caso sería la vivienda P1-5. El conjunto de cálculos pueden comprobarse en el **Anexo 8.**

En primer lugar hemos recreado un esquema gráfico representativo de la vivienda tipo. En dicho esquema se han colocado y numerado los distintos elementos de la instalación: La caldera (C) y los distintos radiadores (R) en cada estancia, finalmente se ha trazado el circuito de tuberías indicando los nudos (N). El resultado se muestra en la imagen adjunta:



En siguiente lugar hemos creado una serie de tablas Excel nos permiten dimensionar el diámetro de cada tramo del circuito en función de la potencia que deben transmitir. A continuación se muestra la **relación de diámetros-potencia** utilizada para tuberías de cobre y un **resumen de las potencias a disipar en cada radiador.** Nótese que en el caso del Salón hemos dividido la potencia en 2 radiadores (de 4 y 5 elementos) para hacer más eficiente su trabajo:

Sistema Bitubular	
Pot (Kcal/h)	Diám. (mm)
Hasta 1500	10/12
1500 a 2500	12/14
2501 a 3100	13/15
3101 a 3700	14/16
3701 a 5100	16/18
5101 a 9500	20/22
9501 a 17600	25/28
17601 a 33000	32/35
33001 a 56000	39/42

Referencia:	P1-5

Radiador	Localización	Pot (Kcal/h)
R1	Salón 1	668,5
R2	Cocina	685,4
R3	Recibidor	385,8
R4	Dormitorio 2	688,2
R5	Salón 2	499,7
R6	Baño	626,5
R7	Dormitorio 1	753,5
	Total	4307,6

Finalmente gracias a los datos del esquema de la vivienda tipo hemos podido elaborar una serie de tablas que nos calculan para cada tramo del circuito la cantidad de energía que se transporta y en función de ese dato el diámetro de tubería de cobre que le corresponde. Se ha incluido una columna de longitud que nos facilitará el proceso de mediciones en el apartado correspondiente de este estudio.

Tramos	Composición	Pot (Kcal/h)	Diam. (mm)	Longitud (m) (incluid. Mont)
R7 - N6	R7	753,5	10/12	9,08
R6 - N6	R6	626,5	10/12	4,09
N6 - N5	R6+R7	1380	10/12	1,31
R5 - N5	R5	499,7	10/12	3,24
N5 - N4	R7+R6+R5	1879,7	12/14	0,75
R4 - N4	R4	688,2	10/12	4,47
N4 - N2	R7+R6+R5+R4	2567,9	13/15	0,82
R3 - N3	R3	385,8	10/12	3,38
R2 - N3	R2	685,4	10/12	3,48
N3 - N2	R3+R2	1071,2	10/12	2,15
N2 - N1	R7+R6+R5+R4+R3+R2	3639,1	14/16	2,47
R1 - N1	R1	668,5	10/12	9,01
N1- Caldera	R7+R6+R5+R4+R3+R2+R1	4307,6	16/18	3,47

Como resultado final se adjunta un detalle del plano de la instalación de circuitos y radiadores para calefacción convencional. El conjunto de planos completos se puede ver en el **Anexo 16**.

En el plano se resume para cada vivienda la distribución del circuito de tuberías, el tamaño y ubicación de cada radiador y una ficha resumen del nº de elementos por radiador así como el modelo escogido y las calorías que deberá emitir.

1.8.8 DIMENSIONADO AISLAMIENTO CONDUCTOS EMISORES

En la entrada de la vivienda el sistema será bitubular (ver plano), de tubo de cobre, con diámetros según se indica en los cálculos del **Anexo 8** y en los planos adjuntos en el **Anexo 16**. Las tuberías irán por falso techo, y bajarán hasta la conexión del radiador por trasdosado de la pared.

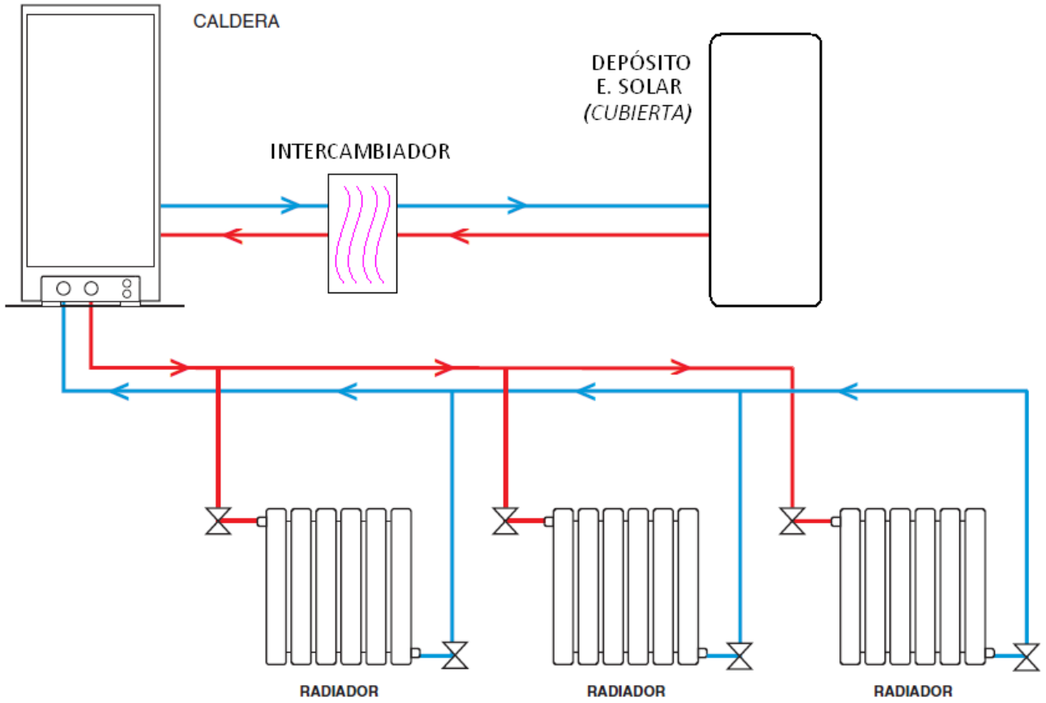
En la entrada del edificio se dispondrá de un contador de energía para distribuir así la facturación comunitaria. Este contador estará acompañado de otros elementos constructivos (ver detalle en el plano). Cuando el paso de las tuberías se realice para interiores de edificio son los grosores de aislamiento serán los siguientes:

Fluido interior frío				
Diámetro exterior (1) mm	Temperatura del fluido (3) Cº			
	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
D ≤ 35	40	30	20	20
35 < D ≤ 60	50	40	30	20
60 < D ≤ 90	50	40	30	30
90 < D ≤ 140	60	50	40	30
140 < D	60	50	40	30

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior (1) mm	Temperatura del fluido (2) Cº			
	40 a 65	66 a100	101 a 150	151 a 200
D ≤ 35	20	20	30	40
35 < D ≤ 60	20	30	40	40
60 < D ≤ 90	30	30	40	50
90 < D ≤ 140	30	40	50	50
140 < D	30	40	50	60

(1) Diámetro exterior de la tubería sin aislar
(2) Se escoge la temperatura máxima en la red
(3) Se escoge la temperatura mínima en la red

1.8.9 ESQUEMA DE PRINCIPIO – CIRCUITO DISTRIBUCIÓN E INVIDIDUAL



1.8.10 ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD

Los emisores dispondrán de válvulas termostáticas o termostatitzables, que controlarán la temperatura de cada emisor. Se prevén termostatitzables en las zonas de menor carga térmica y donde se colocará el termostato de temperatura termostáticos, para controlar y gobernar los dos circuitos existentes en las viviendas. Este espacio corresponde en todas las viviendas en la zona de mayor carga térmica siguiendo recomendaciones del RITE en la ITE 09.4.

En la zona de mayor carga térmica, "Salón", se dispondrá de un cronotermostato regulable, el cual controlará el parada-marcha de la instalación. Cada radiador llevará sus soportes, un purgador automático.

1.9 DIMENSIONADO SISTEMA MICROCOGENERACIÓN INDIVIDUAL (mCHP individual)

1.9.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Para la siguiente fase del estudio comparativo se dimensionará un sistema de calefacción y ACS generado por microcogeneración (mchp) de calor y electricidad, la cual según la normativa vigente se venderá directamente a la red bajo la tarifa estipulada por ley.

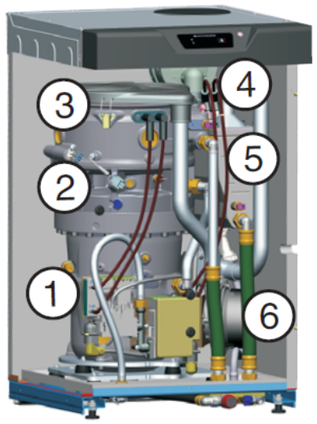
Como se explicó en la introducción de este estudio, la producción de electricidad mediante motores de combustión interna se realiza aprovechando el calor residual excedente de los procesos de producción de energía térmica para la obtención de calefacción y ACS.

Es por este motivo que desde un punto de vista de eficiencia energética y productividad, nos interesará que estos aparatos estén el máximo tiempo generando calor para poder a su vez obtener electricidad de ese proceso. Con ese objetivo se dimensionará la instalación utilizando un depósito acumulador para almacenar energía térmica. Por otro lado la potencia máxima de los aparatos que hay en el mercado tampoco permitiría otra opción ya que tal y como se demostrará en el siguiente apartado, por sí solo una unidad no es capaz de producir la suficiente energía térmica para satisfacer la demanda mínima de ACS exigida.

1.9.2 ELECCIÓN EQUIPO MCHP

De entre las distintas alternativas disponibles en el mercado de productos para mchp se ha seleccionado inicialmente la caldera Wishpergen de la casa EHE por ser la más vendida actualmente dentro de la gama de calderas mchp basadas en motores de combustión externa (Stirling):

WHISPERGEN



1. Generador que produce electricidad a 230 V de corriente alterna.
2. Motor Stirling que crea la energía motriz del generador.
3. Quemador de gas acoplado que produce el calor que mueve el motor Stirling.
4. Quemador auxiliar que produce calor adicional durante los picos de demanda.
5. Intercambiador de calor que recupera el calor de los gases de combustión producidos en el quemador.
6. Dos ventiladores que suministran la mezcla gases para los quemadores y al mismo tiempo ayudan a la salida a la atmósfera de los gases de combustión del proceso vía la salida de humos.

Detalles generales
Motor: Ciclo Stirling de 4 pistones de doble acción
Quemador principal: Quemador con superficie de premezcla
Quemador auxiliar: Quemador con superficie de premezcla
Generador: Motor monofásico de inducción de 4 polos
Ciclo de servicio: Ciclo entre 1 y 23 horas
Tipo de instalación: C13, C33, C63
Suministro eléctrico: 230 Vac 50 Hz (Voltaje nominal de red)

Potencia eléctrica
Modo nominal: hasta 1000 W

Potencia térmica
Mínima: 5,5 kW
Modo nominal: hasta 7,0 kW
Máximo: Valores típicos 13,0-14,0 kW

Consumo energético (neto)
Standby: 10 W
Generando: 60 W

Combustible
Tipo: 2H-2ª familia de gas natural
Presión de suministro: 17…25 mbar (20 mbar nominal)
Condiciones de suministro: I2H-G20-20 mbar, I2L-G25-25 mbar, I1E-G20-20 mbar

Consumo de combustible
Caudal máximo de quemador: 1,55 m3/hora

Sistema de calefacción
Caudal (nominal): desde 8,5 hasta 15 l/min.
Tipo: Circuito cerrado o abierto
Presión máxima del sistema: PMS = Clase 2; máximo 3,0 bar
Temperatura de fluido del sistema: máximo 85ºC

Dimensiones
Anchura x Profundidad x Altura (mm): 491 x 563 x 838
Peso (en vacío): 148 kg

Tal como se indica en el cuadro resumen anterior funciona mediante un motor de ciclo Stirling de 4 pistones con un consumo máximo de 1’55m3/h de gas natural que genera una **potencia térmica nominal de hasta 7kw** con máximos de **14kw**.

Antes de proceder a dimensionar la instalación, valoraremos si es posible prescindir del depósito acumulador. Sabemos también por apartados anteriores, que la demanda de ACS mínima a garantizar es de 0’2 litros/minuto a 60ºC, o lo que es lo mismo, en una hora serán 720 litros los que se necesitan calentar.

Si recurrimos a los dato obtenidos durante el cálculo del sistema de Energía Solar, durante los meses más fríos del año (Enero y Febrero), la temperatura de red se situará en 8ºC. Siguiendo la fórmula siguiente:

Q = m * c * (Δ ºC)

M = 720 Litros agua
Tº Red = 8ºC
Tº ACS = 45ºC
c (agua)= 1/(LºKcal)

- Q = 720 * 1 * (45 – 8ºC) = 26.640 Kcal → Potencia = Q / T → 26.640 Kcalh
- 1 kcalh = 0,8604 kW → 26.640 Kcal / 860,4 = **30,97 kW** → Nuestro máximo nominal es 14kW por lo que por sí sola la caldera **no podría generar suficiente potencia** para cumplir con el mínimo exigido.

En cualquier caso como ya hemos expuesto nos interesará acumular agua para poder tener en marcha el máximo tiempo posible a la unidad. Para ello dimensionaremos un depósito individual tomando como referencia las necesidades térmicas de la vivienda más desfavorable. Este depósito acumulará agua a 60ºC para garantizar el suministro total de ACS y calefacción.

1.9.3 DIMENSIONADO DEPÓSITO ACUMULADOR

Tal y como hemos visto en apartados anteriores **la vivienda más desfavorable es la P1-5** tendremos los siguientes datos de partida:

- Demanda calefacción: 5’01kWh = 120’24 kWdía = 103.454,5 Kcal día
- Demanda ACS: 66 litros/día a 60ºC

Utilizando la fórmula anterior → Q = m * c * (Δ ºC) despejaremos como incógnita la “**m**” (masa de agua)

m * 1 * (60 – 8ºC) = 103.454 Kcal → m = 103.454/52 = 1.989,5 litros/día = **82,3 litros/h**

Total demanda ACS + Calefacción al día → 66 + 82,3 = **148,3 litros/día → Depósito 150 litros**

Interacumulador SUNIER DUBAL VE 150 S

Características Técnicas:

Tipo de instalación	Vertical-mural
Capacidad (L)	150

1.9.4 JUSTIFICACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA –CTE-HE4

1.9.4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

De acuerdo con el apartado 1.1 del DB HE 4 del CTE:

> ***1.1 Ámbito de aplicación***
> *1 Esta Sección es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y /o climatización de piscina cubierta.*
> *2 La contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica que se desarrolla en esta Sección**, podrá disminuirse justificadamente** en los siguientes casos:*
> *a) cuando se cubra ese aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, **procesos de cogeneración** o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio*;

En los **proyectos en los que sea admisible la disminución de la contribución solar mínima:**

> "*se justificará la inclusión alternativa de medidas o elementos que produzcan un ahorro energético térmico o reducción de emisiones de CO2, **equivalentes** a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar, respecto a los requisitos básicos que fije la normativa vigente, realizando mejoras en el aislamiento térmico y **rendimiento energético de los equipos***".

Por "equivalente" entenderemos "al menos, igual". Es necesario, por tanto, justificar una reducción de emisiones de CO2 igual o mayor al que obtendríamos por la instalación del sistema de energía solar para ACS, en las condiciones exigidas por el DB HE 4 del CTE. Para ello realizaremos el siguiente proceso:

1. Establecer la demanda de ACS y Calefacción
2. Calcular la energía para satisfacer la demanda
3. Determinaremos un sistema de emisiones referencia (que deberemos igualar o mejorar)
4. Calcularemos las emisiones producidas por el sistema de referencia y por nuestro equipo
5. Compararemos los resultados para valorar si la propuesta consigue como mínimo igualar al sistema de referencia

1.9.4.2 CÁLCULO DEMANDA DE REFERENCIA

El Primer paso necesario será conocer la energía que se requiere para calentar el volumen de ACS demandado anualmente en cada vivienda, de acuerdo con los ratios exigidos por el DB HE 4 (se debe tener en cuenta que la demanda de ACS requerida por el CTE es muy inferior a la demanda real, según datos estadísticos). Para ello, tenemos que conocer la temperatura de preparación del agua caliente, la temperatura de entrada de agua de la red y el calor específico del agua.

Como vimos anteriormente de acuerdo con el apartado 3 del DB HE 4, para una vivienda unifamiliar en Palafolls de 2 habitaciones (3 personas), la demanda anual sería:

3 personas · 22 litros ACS/persona·día a 60ºC · 365 días = **24.090 litros anuales** a 60ºC (por vivienda)

Sabiendo que la temperatura media de entrada de agua de red es de unos 12ºC para Palafolls, que el calor específico del agua es 4.186 Julios/litro·ºC y teniendo en cuenta que 1 kWh son 3.600.000 Julios, la energía total para cubrir la demanda de ACS sería en promedio:

E ACS = 24.090 litros · (60 ºC – 12 ºC) · 4.186 / 3.600.000= **1337,5 kW anuales** (por vivienda)

Demanda diaria ACS (litros/dia)	Demanda Anual ACS (litros)	Tº Red Promedio (ºC)	Total Anual ACS (kW)
66	24.090	12	1337,5

1.9.4.3 CÁLCULO EMISIONES REFERENCIA

El siguiente paso consistirá en determinar un sistema de emisiones de referencia, las cuales deberemos igualar o mejorar para poder justificar la contribución solar mínima exigida por el CTE-HE4.

EMISIONES ACS REFERENCIA

En primer lugar estableceremos el **sistema de referencia para la producción de energía ACS**. En este caso el sistema de referencia que utilizaremos estará formado por la caldera **Wishpergen + Placas solares** en el porcentaje de contribución solar exigido por el CTE. Los datos de partida serán los siguientes:

	Emisiones GEI (Kg CO2 equivalentes / kWh generado)
Whispergen	**0'23** (fuente: ECOGEN)
Solar térmica	**0'006** (fuente: *University of Sydney*)

Como hemos visto en apartados anteriores, según el CTE-HE4, la contribución solar mínima exigida para Palafolls será del 50%, por tanto las **emisiones de referencia con fuente de energía combinada de referencia serán 50% gasóleo y 50% solar térmica**, serían:

GEI $_{REF}$ = 0,5 · 0'23 + 0,5 · 0'006 = **0'118 kg CO2** equivalentes / kWh generado

Sabiendo la energía de ACS anual que debemos generar podremos determinar la cantidad de CO2 producido durante su producción utilizando el sistema de Referencia:

Emisiones ACS $_{REF}$ = Energía ACS · GEI $_{REF}$ = 1337,5 · 0,118 = **157,3 KgCO2 anuales**

EMISIONES CALEFACCIÓN REFERENCIA

Como el objetivo es justificar la reducción de las emisiones de CO2 por la vía de introducir mejoras en el sistema de cogeneración, también tendremos que calcular las emisiones GEI por calefacción, ya que **durante ese proceso también se genera electricidad**. Para ello, determinaremos la demanda energética del edificio (que, en su caso, debería haber sido limitada previamente mediante la justificación del DB HE 1), y el consiguiente consumo por calefacción.

En este caso recurriremos al programa LIDER donde tras el análisis de cada edificio se genera un archivo de resultados del edificio objeto de estudio y del de referencia donde podemos obtener la demanda energética anual en kw/m2 de calefacción para cada estancia. Una copia del archivo de resultados se adjunta en el A**nexo 2 .**

De los datos obtenidos en dicho archivo podemos resumir que **de promedio la demanda energética global de cada vivienda es de 28.494 kW anuales**.

Repetiremos el proceso utilizado para el cálculo de emisiones en ACS pero aplicado a la Calefacción. En este caso sin embargo se establecerá que la calefacción se producirá **exclusivamente por la caldera**, **sin sistema de apoyo de E. Solar**. Por tanto el CO2 emitido a la atmósfera por el sistema de calefacción se determina, de forma inmediata, en función del sistema utilizado:

Emisiones CAL $_{REF}$ = Energía CAL · GEI $_{Wishpergen}$ = 28.494 · 0,23 = **6.553,6 Kg CO2 equivalentes año**

RESUMEN RESULTADOS SISTEMA REFERENCIA

La suma de las emisiones de ACS y Calefacción nos dará el total de emisiones anuales de Referencia:

SISTEMA REFERENCIA						
ACS			CALEFACCIÓN			TOTAL
Energía ACS anual (kW)	GEI ACS Whispergen + Solar (KgCO2·kWh)	GEI anuales Whispergen + Solar (KgCO2)	Energía anual Calefacción (kW)	GEI Whispergen (KgCO2/kWh)	Emisiones anuales Whispergen (KgCO2)	Emisiones anuales Referencia (KgCO2)
1.337,5	0,118	157,3	28.494,0	0,23	6530,8	**6.688,12**

1.9.4.4 CÁLCULO EMISIONES MCHP

El siguiente paso consistirá en determinar las emisiones durante la producción de ACS y Calefacción mediante la caldera de MCHP modelo Wishpergen.

EMISIONES ACS MHCP

Repitiendo el proceso anterior, la producción de ACS se realizará íntegramente mediante la caldera Wishpergen de MCHP por lo que conociendo los kgCO2 emitidos por cada kW de energía térmica producida podremos establecer las emisiones totales:

Emisiones ACS $_{MHCP}$ = Energía ACS · GEI $_{MCHP}$ = 1337,5 · 0,23 = **306,6 KgCO2 anuales**

EMISIONES CALEFACCIÓN MHCP

En este caso las emisiones del sistema de Referencia coincidirán con las del la producción por MCHP ya que en ambos casos la producción térmica la realizará en exclusiva la caldera de cogeneración Wishpergen.

Emisiones CAL $_{MCHP}$ = Energía CAL · GEI $_{Wishpergen}$ = 28.494 · 0,23 = **6.553,6 Kg CO2 equivalentes año**

RESUMEN RESULTADOS SISTEMA MCHP

A continuación realizaremos la suma de las emisiones de ACS y Calefacción del sistema de MCHP para obtener el total de emisiones directas anuales producidas por el propuesto.

MCHP						
ACS			CALEFACCIÓN			TOTAL
Energía ACS anual (kW)	GEI ACS Whispergen (KgCO2·kWh)	GEI anuales Whispergen + Solar (KgCO2)	Energía anual Calefacción (kW)	GEI Whispergen (KgCO2/kWh)	Emisiones anuales Whispergen (KgCO2)	Emisiones anuales Whispergen (KgCO2)
1.337,5	0,23	306,6	28.494,0	0,23	6530,8	**6.837,39**

1.9.4.5 PRIMER BALANCE DE EMISIONES

Tal y como puede apreciarse en el cuadro adjunto, de entrada las emisiones anuales producidas por el sistema de MCHP no compensan de forma directa las emisiones generadas por el sistema de Referencia que utilizaría paneles solares para generar el 50% de la ACS. Por lo que en un primer análisis no se cumpliría el CTE-HE4 en su apartado de contribución solar mínima.

1º BALANCE EMISIONES			
Emisiones anuales Referencia (KgCO2)	Emisiones anuales Whispergen (KgCO2)	Incremento anual (KgCO2)	Resultado % Contribución Solar Mínima
6.688	6.837	149	NO CUMPLE

Esos 149 kgCO2 anuales, es la cantidad de emisiones que debemos como mínimo igualar a la hora de justificar el cumplimiento de la contribución solar mínima mediante el sistema propuesto.

Para ello utilizaremos la principal ventaja de la Cogeneración, que consiste en que tanto en la producción de ACS como en la producción de Calefacción, se aprovechará la energía residual para producir electricidad que puede ser introducida en la red o para autoconsumo. Este hecho equivale a ahorrar a la red una determinada cantidad de energía y por tanto su equivalente en CO2.

1.9.4.6 PRODUCCIÓN ELÉCTRICA

El siguiente paso será determinar la cantidad de producción eléctrica anual que generará la caldera MCHP para poder posteriormente evaluar el CO2 equivalente. Para ello calcularemos la suma de energía térmica total producida al año (ACS + Calefacción), sabiendo que la potencia nominal de la caldera es de 12kWh y que por cada 12kW se generarán 1,0kW de potencia eléctrica, estableceremos el siguiente cálculo:

Energía Total = Energía ACS + Energía CAL = 1337,5 + 28.494 = **29.831,5 kW anuales**
Horas Funcionamiento = E. Total / 12 kWh = 29.831,5 / 12 = **2485,96 horas → 2485,96 kW Eléctricos**

Una vez determinada la cantidad de energía eléctrica producida al año, podremos establecer la cantidad de CO2 ahorrado en su producción. En ausencia de otras fuentes, utilizaremos el siguiente método basado en la *Ordenanza municipal de Vigo sobre captación y aprovechamiento de la energía solar para usos térmicos en edificaciones e instalaciones Vigo*. En dicho método se establece como estándar para la producción de energía eléctrica, las emisiones de CO2/kWh equivalente generados en una central de Carbón.

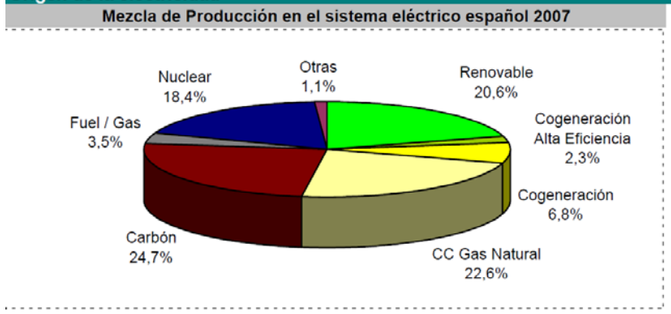
Emisiones GHG (Green House Gasses) **g** (CO2 equivalentes) / kWh	
PRODUCCIÓN ELÉCTRICA (kW· h_e)	
Carbón	1.100
Fotovoltaica (p-Si) (1)	189
Fotovoltaica (m-Si) (1)	114
Eólica (1)	36
Gasóleo	350
Gas natural	260
PRODUCCIÓN TÉRMICA (kW· h_t)	
Fuelóleo (3)	366
Gasóleo C (1)	**338**
GLP (3)	304,3
Gas natural (1)	**286,5**
Pelets (astillas de madera) (2)	37,5
Solar térmica (4)	6

(1) Suisse Office of Energy
(2) Joanneum Research (Austria)
(3) University of California
(4) University of Sidney

Pero a pesar de que el estándar utilizado sea la generación por Carbón, en nuestro caso además analizaremos el proceso desde un punto de vista más realista utilizando como referencia las emisiones de CO2 del mix eléctrico que conforma la red actual y que diversifica las fuentes de producción de electricidad según el siguiente esquema extraído de ENDESA:

Origen de la electricidad

Mezcla de Producción en el sistema eléctrico español 2007



Origen	Mezcla de Producción sistema eléctrico español
Renovable	20,6%
Cogeneración Alta Eficiencia	2,3%
Cogeneración	6,8%
CC Gas Natural	22,6%
Carbón	24,7%
Fuel / Gas	3,5%
Nuclear	18,4%
Otras	1,1%

El impacto ambiental de la electricidad depende de las fuentes energéticas utilizadas para su generación.
La media del sistema eléctrico español corresponde los siguientes valores:

Emisiones de dióxido de carbono Media Nacional	
Contenido de carbono Kg de dióxido de carbono kWh	0,40

Residuos Radiactivos Alta Actividad Media Nacional	
Residuos Radiactivos Miligramos por kWh	0,54

Por tanto en nuestro cálculo de emisiones de CO2 equivalentes ahorradas por la producción eléctrica utilizaremos los siguientes valores:

	Emisiones GEI (Kg CO2 equivalentes / kWh generado)
Térmica Carbón	**1,1** *(fuente: Normativa Vigo)*
Mix Eléctrico Red	**0,40** *(fuente: Endesa)*

Ahorro emisiones CO2 Por la producción Eléctrica:

Usando como referencia Carbón = 2.485,96 · 1,1 = **2.734,5 kgCO2**
Usando como referencia Mix Eléctrico = 2.485,96 · 0,4 = **994,4 kgCO2**

MCHP								
Energía anual Calefacción (kW)	Energía anual ACS (kW)	Total Energía anual (kW)	Horas Funcion. anuales	Energía Eléctrica anual producida (kW)	GEI equivalente Elecricidad Carbón (KgCO2/kWh)	Ahorro GEI equivalentes E.Carbón (KgCO2)	GEI equivalente Elecricidad Mix (KgCO2/kWh)	Ahorro GEI equivalentes E.Mix (KgCO2)
28.494,0	1337,54	29831,5	2.486	2485,96	1,1	2734,6	0,4	994,4

1.9.4.7 SEGUNDO BALANCE DE EMISIONES

Una vez realizados los cálculos de emisiones de CO2 equivalente en la producción eléctrica podemos restárselos a la producción de CO2 anual que emitiremos durante el uso de la caldera MCHP para evaluar si las emisiones ahorradas son como mínimo equivalentes al CO2 ahorrado mediante paneles solares:

2º BALANCE EMISIONES - MCHP ENERGIA ELECTRICA BASADA EN CARBON							
Total Emisiones anuales Referencia (kgCO2)	Total Emisiones Anuales MCHP (kgCO2)	Ahorro equivalente CO2 E. Carbón (kgCO2)	Total Emisiones Anuales Equivalentes MCHP (kgCO2)	Ahorro Sistema Referencia (KgCO2)	Ahorro anual MCHP (KgCO2)	% Contribución Solar Mínima	Resultado
6688,1	6837,4	2734,6	**4102,83**	149,0	**2585,3**	1735,1%	CUMPLE

2º BALANCE EMISIONES - MCHP ENERGIA ELECTRICA BASADA EN MIX ELECTRICO							
Total Emisiones anuales Referencia (kgCO2)	Total Emisiones Anuales MCHP (kgCO2)	Ahorro equivalente CO2 E. Mix (kgCO2)	Total Emisiones Anuales Equivalentes MCHP (kgCO2)	Ahorro Sistema Referencia (KgCO2)	Ahorro anual MCHP (KgCO2)	% Contribución Solar Mínima	Resultado
6688,1	6837,4	994,4	**5843,00**	149,0	**845,1**	567,2%	CUMPLE

Como puede observarse, en ambos casos las emisiones de CO2 ahorradas de forma indirecta a la red, superan con creces las emisiones de CO2 que ahorraríamos de forma directa por el uso de un sistema de paneles solares que supongan una producción del 50% para el ACS.

Si nos fijamos en el ahorro tomando como referencia la generación de electricidad mediante Carbón el ahorro de CO2 es 17 veces superior al valor de referencia que utilizaría paneles solares para producción de 50% de la ACS.

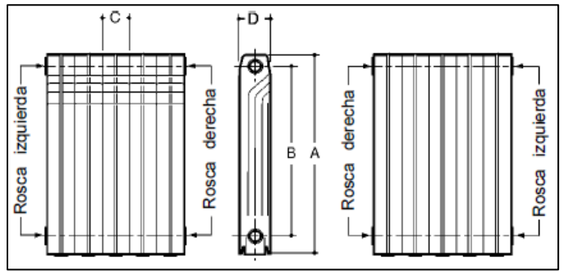
En el caso del sistema de referencia basado en producción eléctrica mediante el mix real de la red nacional, el valor de ahorro disminuye hasta situarse en 5 veces el ahorro generado por el uso de paneles solares.

Con esto podemos concluir que **el sistema de MCHP propuesto justificaría por sí solo el cumplimiento del apartado 2.1 del CTE-HE4 en términos de contribución de Energía Solar mínima**.

1.9.5 SELECCIÓN Y DIMENSIONADO DE LOS RADIADORES

1.9.5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Al igual que ocurría en el caso de la instalación convencional, para el sistema MCHP los emisores escogidos serán radiadores de aluminio y apertura frontal de la casa ROCA modelo DUBAL.



Si bien el proceso de cálculo y dimensionado es idéntico al utilizado en el sistema convencional, en el caso del sistema MCHP existe una particularidad. **El valor de temperatura de impulsión del sistema de calefacción partirá de 60ºC** que será la temperatura de almacenaje del depósito.

Esto se traducirá en que a los distintos elementos de los radiadores les llegará agua a menor temperatura de la nominal (75ºC) por lo que necesitaremos recalcular sus dimensiones para ajustarlos a esta nuevo parámetro.

Por lo demás como ya se ha indicado, el proceso de cálculo y dimensionado será exactamente igual que en la anterior instalación por lo que no repetiremos todo el proceso. No obstante para la consulta de los resultados podemos remitirnos a los **Anexo 6**.

1.9.5.2 DIMENSIONADO RADIADORES

Como ya se ha indicado anteriormente el modelo de radiador utilizado será el modelo DUBAL **de aluminio marca ROCA con abertura Frontal**:

Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento				Exponente "n" de la curva característica	
							Frontal aberturas		Frontal plano			
	A	B	C	D			Kcal/h	W	Kcal/h	W	Frontal aberturas	Frontal plano
DUBAL 30	288	218	80	147	0,27	1,36	71,3	82,9	70,5	82,0	1,30	1,29
DUBAL 45	421	350	80	82	0,29	1,13	79,5	92,4	76,2	88,6	1,35	1,35
DUBAL 60	571	500	80	82	0,36	1,43	103,9	120,8	99,0	115,2	1,35	1,34
DUBAL 70	671	600	80	82	0,43	1,63	119,1	138,5	113,7	132,2	1,34	1,34
DUBAL 80	771	700	80	82	0,50	1,83	133,7	155,4	127,9	148,7	1,33	1,34

Emisión calorífica en Kcal/h y W según UNE EN-442 para Δt= 50°C
Δt = (T. media radiador -T. ambiente) en °C
Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

Tal y como se comentó en el caso de la instalación convencional, los valores de la tabla anterior suponen unas condiciones de trabajo de tipo nominal, es decir Temperatura de impulsión 75ºC, Temperatura de retorno a 65ºC y Temperatura de la estancia a 20ºC.

Sin embargo los valores de funcionamiento para esta instalación no son los valores Nominales, por lo que será necesario el ajuste de los valores de Potencia para cada elemento. Para ello utilizaremos la siguiente fórmula de cálculo extraída de un manual de instalador en inglés, Siguiendo esta fórmula estableceremos las siguientes variables:

Ts (Temperatura de Impulsión) = 60ºC
Tr (Temperatura de Retorno) = 45ºC
Ti (Temperatura estancia) = 21ºC
N (Exponente en función del radiador según tabla anterior)
Tsn (Temperatura de Impulsión Nominal) = 75ºC
Trn (Temperatura de Retorno Nominal) = 65ºC
Tin (Temperatura de confort) = 20ºC

$$P = P_n \times \left(\frac{(t_s - t_i)\ (t_r - t_i)}{(t_{sn} - t_{in})\ (t_{rn} - t_{in})} \right)^{n/2}$$

El resultado de la fórmula anterior nos dará unos valores de funcionamiento en condiciones No Nominales para cada elemento de los distintos modelos de radiadores. Como puede observarse el resultado de la nueva potencia calculada es prácticamente la mitad que la potencia Nominal tal y como se muestra en el cuadro adjunto:

Tª impulsión agua	60	ΔT	31,5
Tª retorno agua	45		
Tª imp. Agua cond. Nominales	75		
Tª ret. Agua cond. Nominales	60	ΔT nominal	46,5
Tª interior confort	21		
Tª media	52,5		
Tª media nominal	67,5		

MODEL	DUBAL 30	DUBAL 45	DUBAL 60	DUBAL 70	DUBAL 80
Potencia nominal	71,3	79,5	103,9	119,1	133,7
exponente n	1,3	1,35	1,35	1,34	1,33
POT. RESULTANTE POR ELEMENTO	**42,09**	**45,99**	**60,10**	**69,18**	**77,97**

Esta reducción en la potencia Resultante por cada elemento de los radiadores, **aumentará el número de elementos** respecto a los que eran necesarios en la instalación convencional. Tal y como se puede observar en el cuadro adjunto:

	Nº Elementos por dependencia según modelo							
	DUBAL 45	**Kcal Elemento**	**DUBAL 60**	**Kcal Element**	**DUBAL 70**	**Kcal Elemento**	**DUBAL 80**	**Kcal Elemento**
Baño	**14**	45,99	**11**	60,10	**10**	69,18	**9**	77,97
Cocina	**15**	45,99	**12**	60,10	**10**	69,18	**9**	77,97
Dormitorio 1	**17**	45,99	**13**	60,10	**11**	69,18	**10**	77,97
Dormitorio 2	**15**	45,99	**12**	60,10	**10**	69,18	**9**	77,97
Recibidor	**9**	45,99	**7**	60,10	**6**	69,18	**5**	77,97
Salón	**20**	45,99	**20**	60,10	**17**	69,18	**15**	77,97

Esto nos obligará a **replantear la elección de los modelos de radiadores** para evitar un número excesivo de elementos en el caso de los modelos de radiador menos potentes. Si en la instalación convencional utilizábamos el modelo DUBAL 60 para baños y DUBAL 45 para Recibidores, en la instalación por MCHP **unificaremos todos los modelos a DUBAL 80** para todas las estancias disminuyendo así el

Finalmente en la siguiente tabla correspondiente a la vivienda más desfavorable (P1-5) se nos muestra **la configuración en número de elementos** en función del modelo de radiador escogido para cada estancia.

RADIADORES DE ALUMINIO ROCA MODELO DUBAL								
Circuito	**Sala**	**Ref.**	**Modelo radiador**	**Elementos**	**Kcal**	**Longitud mm**	**Anchura total (m)**	**KW**
1	Baño	A	80	**9**	627	720	0,87	0,73
2	Cocina	B	80	**9**	685	720	0,87	0,80
3	Dormitorio 1	C	80	**10**	754	800	0,95	0,87
4	Dormitorio 2	D	80	**9**	688	720	0,87	0,80
5	Recibidor	E	80	**5**	386	400	0,55	0,45
6	Salón	F	80	**15**	1.168	1200	1,35	1,36

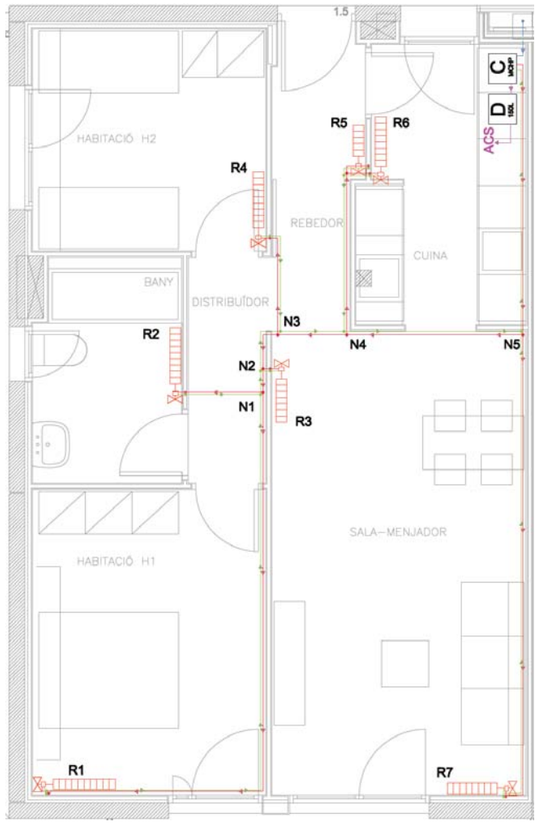
Los planos de instalaciones se pueden encontrar en el **Anexo 17**.

1.9.6 DIMENSIONADO TUBERÍAS

Una vez definidas las temperaturas de trabajo del circuito y el número y potencia de los elementos de cada radiador, podemos dimensionar los distintos diámetros de los tuberías que conforman el circuito de distribución bitubular. El proceso será el mismo que el utilizado en el caso de la Instalación convencional, por lo que no se explicará el proceso en detalle. No obstante los resultados se pueden consultar en el **Anexo 8.**

1.9.6.1 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

A continuación se mostrará el esquema de distribución para la vivienda más desfavorable (P1-5). Como principal diferencia respecto al sistema convencional, **destaca el uso del depósito de acumulación (A) como punto de partida del circuito de Impulsión** mientras que el circuito de Retorno irá conectado directamente a la Caldera de MCHP (C). Otro elemento a destacar es la ausencia de los intercambiadores que conectaban el circuito de cada vivienda al circuito de energía Solar Térmica.

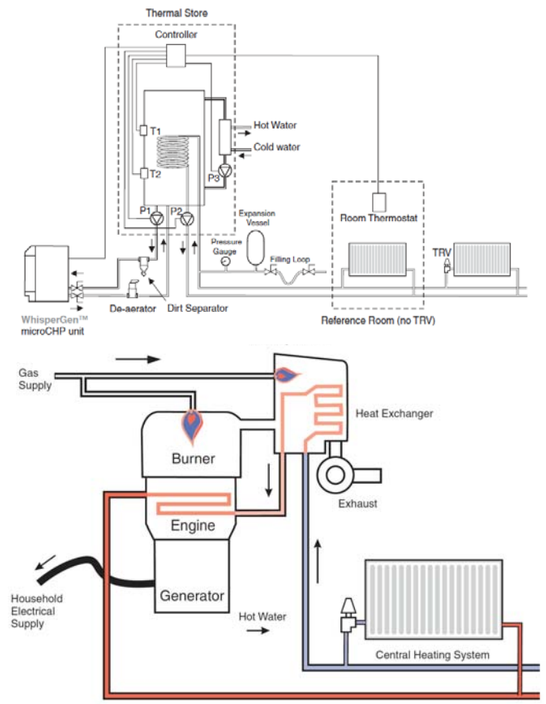


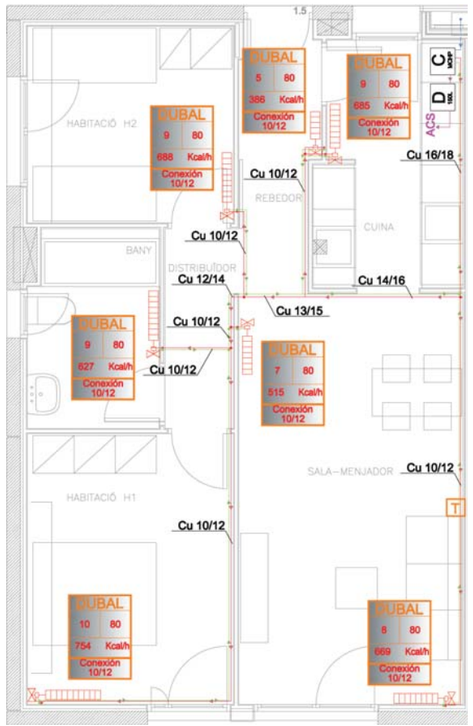
Tal y como se indicó anteriormente, el sistema de calefacción utilizará tuberías de cobre mediante una distribución bitubular. Al igual que en apartados anteriores, el proceso de dimensionado de tuberías coincide con el realizado en la instalación convencional por lo que no se repetirá su explicación. No obstante los resultados se pueden comprobar en **el Anexo 8.**

Sistema Bitubular	
Pot (Kcal/h)	Diám. (mm)
Hasta 1500	10/12
1500 a 2500	12/14
2501 a 3100	13/15
3101 a 3700	14/16
3701 a 5100	16/18
5101 a 9500	20/22
9501 a 17600	25/28
17601 a 33000	32/35
33001 a 56000	39/42

Como resultado final se adjunta un detalle del plano de la instalación de circuitos y radiadores para calefacción convencional. El plano completo se puede ver en el **Anexo 17**.

Al igual que ocurría en el caso de la instalación convencional, el plano incluye la distribución completa de tuberías, ubicación y dimensiones de los radiadores así como un cuadro resumen para cada radiador donde indica el modelo, número de elementos y número de calorías que emitirá.





1.9.6.2 DIMENSIONADO AISLAMIENTO TUBERÍAS

Tal como se indicó en el caso del sistema convencional en la entrada de la vivienda el sistema será bitubular, de tubo de cobre, con diámetros según se indica en los cálculos del **Anexo 6** y en los planos adjuntos en el **Anexo 17**. Las tuberías irán por falso techo, y bajarán hasta la conexión del radiador por trasdosado de la pared.

En la entrada del edificio se dispondrá de un contador de energía para distribuir así la facturación comunitaria. Este contador estará acompañado de otros elementos constructivos (ver detalle en el plano). Cuando el paso de las tuberías se realice para interiores de edificio son los grosores de aislamiento serán los siguientes según RITE tal y como ocurría en la instalación convencional por lo que nos remitiremos al cuadro resumen de aislamiento para no repetir información.

Cuando el paso de las tuberías se realice por espacios sin calefactar o exterior las tuberías deberán estar aisladas, según el RITE se incrementará el valor de las tablas anteriores en un mínimo de 10mm para fluidos calientes y 20 mm para fluidos fríos.

1.9.6.3 ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD

De nuevo tal como ocurría en la instalación convencional los emisores dispondrán de válvulas termostáticas o termostatitzables, que controlarán la temperatura de cada emisor. Se prevén termostatitzables en las zonas de menor carga térmica y donde se colocará el termostato de temperatura termostáticos, para controlar y gobernar los dos circuitos existentes en las viviendas. Este espacio corresponde en todas las viviendas en la zona de mayor carga térmica siguiendo recomendaciones del RITE en la ITE 09.4. En la zona de mayor carga térmica, "Salón", se dispondrá de un cronotermostato regulable, el cual controlará el parada-marcha de la instalación. Cada radiador llevará sus soportes, un purgador automático.

1.10 DIMENSIONADO INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA

1.10.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

El objeto del presente apartado es especificar las partes que componen la instalación de calefacción necesaria para crear el sistema de cogeneración mediante calefacción centralizada. También expone las condiciones técnicas, efectuando los cálculos que justifican las soluciones adoptadas.

La calefacción para el conjunto de las viviendas se plantea como una instalación con producción común que utilizará contadores individualizados por vivienda y contará con la instalación de un **grupo cogenerador** formado en primer lugar por al menos una **caldera** (capaz de generar **potencia eléctrica**), dicho sistema estará apoyado por un conjunto de **calderas murales** que cumplimentarán la energía en los casos de demanda máxima.

Siguiendo con la filosofía de la mchp, **el grupo cogenerador dispondrá de un interacumulador** para el aprovechamiento de la energía térmica generada, y poder disponer de una producción eléctrica continuada. El aprovechamiento de la energía eléctrica del cogenerador, será destinada íntegramente para su venta a la compañía eléctrica según decreto 616/2007.

1.10.2 ELECCIÓN MODELO CALDERA MCHP

El modelo escogido será el **V161 de la marca sueca SOLO Stirling.** Esta caldera es la más representativa del sector de calderas de cogeneración que utilizan motores de combustión externa (Stirling) y cuenta con instalaciones repartidas por toda Europa.

Technical specifications, Bio energy plant

Type	2 cyl, 90° V-Stirling engine, alpha
Burner performance	16-40 kW
Gas line pressure	50 +15/-5 mbar
Electrical power	2 - 9 kW (±5%)*
Cylinder capacity	160 cm³
Thermal power	8 - 26 kW
Network connection	400 V, 50 Hz, 3 phases
Electric efficiency	25 % (±1)*
Total efficiency	92 - 96 %*
Fuel consumption	3 - 7 Nm³/ h**
Operating gas	Helium
Operating pressure	20 - 150 bar
Service interval	4 000 – 6 000 h
Emission CO (at 5% O_2)	50 mg/m³
NOx (vid 5% O_2)	80 mg/m³
External dimensions L x W x H	1 280 x 700 x 980 mm
Weight	460 kg

* At coolant temperature 50°C
** Normal consumption with biogas containing ca 60% CH_4: 6-7 Nm³/h

Como características principales, destacan sus 40 kWh de potencia térmica útil y sus 9kWh de producción eléctrica que se pueden alcanzar a partir de los 26kWh de energía térmica.

Destacan también sus **intervalos de servicio para el mantenimiento que rondan los 4000-6000 horas,** un 40% superiores a los modelos de cogeneración basados en motores de combustión interna cifrados en unas 3000-4000h.

Por último **destaca el uso de la posibilidad del uso de gas natural como combustible pero también como dato importante a tener encuenta existe la opción de usar Biogas** como combustible principal. El uso de este combustible, merece un apartado especial.

1.10.3 ELECCIÓN COMBUSTIBLE

BIOGAS

El Biogas es un combustible considerado como **fuente de energía renovable**, cuyo fundamento es el gas producto de la descomposición anaeróbica de materia orgánica. Este gas es una mezcla de gases originada por la descomposición microbiana de sustancias orgánicas en ausencia de aire y constituye un proceso vital dentro del ciclo de la materia orgánica en la naturaleza. El gas que se obtiene es el metano o gas de los pantanos y sirve como fuente térmica y para generar electricidad.

En resumen, **es la descomposición de la materia orgánica reduciéndola fundamentalmente a Metano y Dióxido de Carbono a través de un complejo sistema microbiológico**.

Está compuesto por un 50%-70% de metano CH4 y un 30%-50% de dióxido de carbono, CO2 conteniendo pequeñas cantidades de nitrógeno N2, sulfuro de hidrógeno H2S, vapor de agua, amoníaco NH3, hidrógeno H2, pudiendo existir otros compuestos azufrados como mercaptanos y silanos, sulfuro de carbonilo, disulfuro de carbono. En casos puntuales hemos detectado la presencia de trazas de compuestos orgánicos, hidrocarburos superiores al metano como, propano, butanos, esto es muy variable y dependerá de múltiples factores.

- Metano, CH4 54 - 70% volumen
- Bióxido de carbono, CO2 27 – 45%
- Hidrógeno, H2 1 - 10%
- Nitrógeno, N2 0.5 – 3%
- Acido Sulfídrico, H2S 0.1%

Con un contenido de metano mucho menor de 50 %, el biogás deja de ser inflamable. A partir de la composición química mencionada nos encontremos con biogas cuyo Poder Calorífico Superior (PCS) en promedio es de 4.600 Kcal./m3 lo que permite generar entre 1,3-1,6 Kwh., lo cual equivale a medio litro de petróleo, aproximadamente. El contenido de energía de 1 m3 de biogas (60% CH4 y 40% CO2) es aproximadamente 6 Kwh./m3. Esta energía puede ser almacenada y distribuida en diferentes formas (gas a baja presión, media o alta), agua caliente o energía eléctrica

CONSUMO Y EMISIONES

Las calderas SOLO Stirling v161 tienen un consumo aproximado de 4,3m3/h de biogas en condiciones operativas convencionales y con biogas en concentraciones del 60% de CH4, considerado como el estándar del mercado.

Teniendo en cuenta que las emisiones directas de CO2 son de 50mg/m3 de biogas consumido, en total durante el uso normal de la caldera las emisiones directas se sitúan en tan sólo 2,15gCO2/h. Es decir en torno a **10 veces menos** que las emisiones producidas por un motor equivalente en potencia basado en gas natural.

Sin embargo la principal ventaja radica en que si se tiene en cuenta que el biogas está considerado como una fuente de energía renovable, su coste en emisiones CO2 podría considerarse de “0” tal y como ocurre con otros combustibles similares como la biomasa.

No obstante en este estudio no se tendrá en cuenta este factor ya que es una particularidad de este modelo de caldera en concreto. En su lugar se utilizará el combustible habitual de gas natural con unas emisiones estimadas en **0’19 kgCO2/kWh** de energía térmica producida.

El motivo de esta decisión es tratar de competir en “igualdad de condiciones” con las demás unidades del mercado, no obstante se tendrá esta ventaja presente de cara a sacar conclusiones del estudio.

1.10.4 CONDICIONES INICIALES

Antes de proceder al dimensionado del conjunto del sistema estableceremos algunos datos de partida. Según normas UNE 100 - 011-91 la temperatura interior de cálculo se debe considerar entre 24 º C y 18 º C. En este proyecto se consideran las siguientes temperaturas:

-Temperatura mínima exterior :	0,10 °C	- Orientación:	Noroeste
-Temperatura interior deseada :	21,00 °C	- Latitud (aproximada):	41º22
-Temperatura mín. locales adyacentes:	10,00 °C	- Altitud (aproximada):	90

De acuerdo con los cálculos efectuados hemos encontrado las necesidades térmicas que se muestran en los cálculos adjuntos. Asimismo, para mantener los niveles de vibración por debajo de un nivel aceptable, los equipos y las conducciones se aíslan de los elementos estructurales del edificio, según se indica en la norma UNE 100153 y al instrucción ITE 02.2.3.2 en referencia a las vibraciones en conductos.

Se incluyen adjunto los cálculos de cargas de todas las zonas calefactadas. Igualmente se incluyen los cálculos hora a hora del aprovechamiento del cogenerador y de la TIR obtenida.

Las condiciones interior de temperatura y humedad vienen indicadas en los cálculos. Como resumen de los datos del cogenerador se han tomado los siguientes puntos de partida:

1.10.5 CÁLCULO SIMULTANEIDAD

La principal ventaja de la instalación centralizada es la posibilidad de dimensionar la instalación en función de un factor determinado de simultaneidad de demanda. Este factor será el que condicione la potencia instalada.

Existen varias formas de determinar la simultaneidad, por una parte hay valores fijos que aumentan o disminuyen según se pretenda optar a un dimensionado que garantice un mayor o menor nivel de confort, y por otra parte también existen fórmulas más precisas de determinar este factor. En nuestro caso aplicaremos los siguientes criterios:

SIMULTANEIDAD ACS

En este estudio la fórmula que utilizaremos para la simultaneidad en el cálculo del ACS es la siguiente:

$$K' = \frac{19 + N}{10x(N+1)}$$

"N" será el nº de viviendas (38) de tal modo que el resultado final nos dará un valor de simultaneidad **K' = 0,146.**

SIMULTANEIDAD CALEFACCIÓN

A la hora de determinar la simultaneidad en el uso de la calefacción se utilizará un valor de **0'65** que supone un valor de confort de tipo medio.

1.10.6 CÁLCULO DEMANDA

El siguiente paso del proceso consistirá en determinaremos la cantidad de demanda energética de Calefacción y ACS que se le exigirá suministrar al conjunto cogenerador. A esos valores de demanda posteriormente se se les aplicarán los respectivos factores de simultaneidad escogidos que finalmente condicionará la potencia instalada.

DEMANDA CALEFACCIÓN

El cuadro resumen de la demanda de Calefacción diaria por vivienda será el siguiente:

Vivienda	Sup. (m2)	Demanda Calefacción (kcal/h)	Demanda Calefacción (kWh)	Caudal (litros/h)	Caudal (m3/h)	Demanda Anual Calefacción (kW/m2)	Total Anual Calefacción (kW)
PB1	71,32	4.032,90	4,69	268,9	0,27	43,40	3.095,5 kW
PB2	69,01	3.776,70	4,39	251,8	0,25	33,15	2.287,6 kW
PB3	69,83	3.791,10	4,41	252,7	0,25	43,44	3.033,1 kW
PB4	70,79	3.983,80	4,63	265,6	0,27	47,18	3.339,4 kW
PB5	72,75	4.002,10	4,65	266,8	0,27	46,51	3.383,6 kW
PB6	69,99	3.803,40	4,42	253,6	0,25	37,57	2.629,8 kW
PB7	69,89	3.797,40	4,42	253,2	0,25	37,55	2.624,2 kW
PB8	68,89	3.775,70	4,39	251,7	0,25	38,39	2.644,8 kW
PB9	71,53	3.996,40	4,65	266,4	0,27	46,61	3.334,3 kW
PB10	70,45	3.963,60	4,61	264,2	0,26	51,93	3.658,4 kW
PB11	69,99	3.785,50	4,40	252,4	0,25	42,60	2.981,2 kW
PB12	69,23	3.785,50	4,40	252,4	0,25	43,90	3.039,3 kW
PB13	71,21	3.984,00	4,63	265,6	0,27	53,24	3.790,8 kW
PB14	72,28	3.993,70	4,64	266,2	0,27	38,66	2.794,7 kW
PB15	70,76	3.805,10	4,42	253,7	0,25	30,01	2.123,3 kW
PB16	69,43	3.781,90	4,40	252,1	0,25	30,72	2.132,7 kW
PB17	69,81	3.785,70	4,40	252,4	0,25	33,38	2.330,3 kW
PB18	70,78	3.986,40	4,64	265,8	0,27	40,83	2.889,7 kW
P1-1	71,32	4.052,60	4,71	270,2	0,27	58,85	4.197,4 kW
P1-2	69,01	3.804,90	4,42	253,7	0,25	45,98	3.173,2 kW
P1-3	69,83	3.834,00	4,46	255,6	0,26	46,10	3.219,4 kW
P1-4	70,79	4.012,60	4,67	267,5	0,27	53,40	3.780,1 kW
P1-5	70,72	4.307,60	5,01	287,2	0,29	65,88	4.659,1 kW
P1-6	67,61	3.760,20	4,37	250,7	0,25	42,17	2.850,9 kW
P1-7	71,89	3.856,00	4,48	257,1	0,26	41,98	3.017,9 kW
P1-8	69,89	3.822,00	4,44	254,8	0,25	41,81	2.921,9 kW
P1-9	68,89	3.799,60	4,42	253,3	0,25	41,91	2.887,3 kW
P1-10	71,53	4.052,60	4,71	270,2	0,27	50,72	3.628,3 kW
P1-11	70,45	4.014,70	4,67	267,6	0,27	54,09	3.810,6 kW
P1-12	69,99	3.826,40	4,45	255,1	0,26	46,14	3.229,5 kW
P1-13	69,23	3.811,90	4,43	254,1	0,25	46,32	3.207,2 kW
P1-14	71,21	4.094,60	4,76	273,0	0,27	59,07	4.206,2 kW
P1-15	70,78	4.090,70	4,76	272,7	0,27	63,99	4.529,0 kW
P1-16	67,81	3.760,80	4,37	250,7	0,25	42,10	2.855,0 kW
P1-17	71,91	3.865,50	4,49	257,7	0,26	42,96	3.089,6 kW
P1-18	69,43	3.815,90	4,44	254,4	0,25	42,88	2.977,6 kW
P1-19	69,81	3.817,40	4,44	254,5	0,25	42,43	2.961,8 kW
P1-20	70,78	4.035,90	4,69	269,1	0,27	52,09	3.686,7 kW
Total	**2.670,83**	**148.267 kcal/h**	**172,40 kW**	**9.884,5**	**9,88 m³/h**	**1.719,94**	**183.000 kW**

Tal y como se muestra el valor total de calefacción será de **172,4kWh**. Un dato importante a la hora de calcular la instalación es saber el caudal de demanda de agua a calentar. Tal y como se vio en apartados anteriores sabiendo el calor específico del agua y el salto térmico para calentarla podemos determinar el volumen de agua necesaria para transportar esa energía en un determinado espacio de tiempo. En este caso sería necesario un caudal de **9,88m3/h si aplicáramos una simultaneidad del 100%**.

DEMANDA ACS

Para determinar la demanda de ACS partiremos de los datos ya conocidos en los que se establecía la demanda mínima instantánea a garantizar para una ducha (0'2 litros/s) a 45ºC que supondrían un total de 720 litros/h. Conociendo los datos de Temperatura de red, impulsión y retorno podremos establecer la potencia unitaria para ACS por vivienda. Los datos de partida para el cálculo serían los siguientes:

ACS	
Ducha a 45ºC	598 Litros/h
ACS a 60ºC	66 litros/día
1 kWh	860 Kcalh
Tº Agua Red	12 ºC
Tº Agua Imp.	60 ºC
Tº Retorno	45 ºC
Potencia ACS unitaria por vivienda	22,9 kW

APLICACIÓN SIMULTANEIDAD

Una vez hemos definido la simultaneidad para Calefacción y ACS así como sus respectivas demandas de potencia, podemos proceder a la obtención de la Potencia resultante al combinar ambos factores:

- **CALEFACCIÓN**

Potencia Calefacción	*148.266,8 kcal/h*	*9.884 l/h*
	172,40 kW	*9,88 m3/h*
Simultaneidad	0,65	
Total Calefacción.	***112,06 kW***	***6,42 m3/h***

- **ACS**

$$K' = \frac{19+N}{10x(N+1)}$$

Potencia ACS unitaria	22,9 kW	1,31 m3/h
Viviendas - N	38	
Total Potencia	871,4 kW	49,96 m3/h
Simultaneidad - K'	0,1462	
Potencia Total ACS	***127,36 kW***	***7,30 m3/h***

- **TOTAL**

DIMENSIONADO CALEFACCIÓN + ACS		
Total ACS + Calef	***239,4 kW***	***13,73 m3/h***

- **POTENCIA CALDERAS**

Potencia calderas	***240,00 kW***
Caudal primario calderas	***13,76 m3/h***

Como se ha comprobado en el análisis anterior, la potencia resultante una vez corregida con los factores de simultaneidad resulta en 237kWh de potencia mínima requerida. Esta potencia se aportará mediante un grupo de calderas de 240kWh de potencia nominal.

Tal y como se explicó anteriormente, el principio de diseño de la instalación utilizará **como base la caldera de cogeneración de 26kW** de potencia nominal para suministrar energía al depósito de almacenamiento durante el mayor tiempo posible, **sólo en caso de demandas elevadas las demás calderas murales de apoyo entrarán en funcionamiento**.

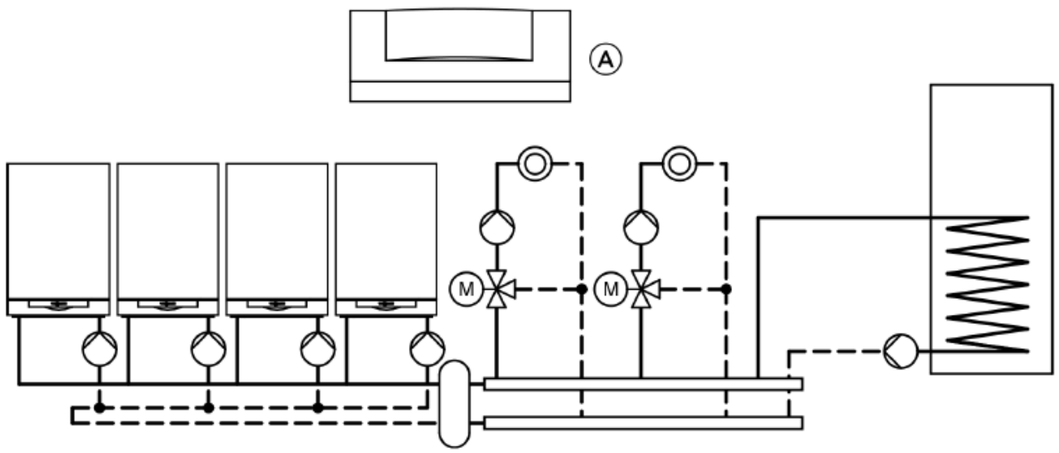
1.10.7 ELECCIÓN MODELO CALDERA APOYO

Una vez conocida la configuración del grupo Cogenerador, procederemos a seleccionar el modelo de caldera Auxiliar que actuará en casos de demanda superiores a la suministrada por la caldera CHP. Sabiendo que la caldera CHP tiene una potencia térmica nominal de 26kW y que nuestro grupo deberá tener al menos 240 kW de potencia nominal necesitaremos buscar una caldera o grupo de calderas que suministren los 214kW restantes.

El modelo escogido será la caldera mural de condensación **VIESSMAN 200W** que con una potencia nominal de 60kW está preparada para su **montaje secuencial** hasta potencias de 240kW.

- **Potencia térmica nominal:** De 4,8 a 60 kW y hasta 240 kW en secuencia
- **Funcionamiento:** estanco
- **Regulación Vitotronic** Por condiciones atmosféricas + Regulación secuencial
- **Intercambiador de placas de calentamiento de A.C.S**: Confort con sensor confort
- **Medidas**
- Largo 3601) / 380 mm
- Ancho 4501) / 480 mm
- Alto 8501) / 850 mm
- **Rendimiento estacional:** hasta 109%
- **Emisiones de CO2:** 204 g/kWh
- **Rango de modulación:** 1 : 4
- **Bomba del circuito integrada:** dos etapas
- **Vaso de expansión integrado:** 10 litros

Esquema de principio para Montaje secuencial



Instalación de varias calderas con interacumulador de A.C.S.

Ⓐ Vitotronic 300-K

1.10.8 JUSTIFICACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

Como ya se ha explicado en apartados anteriores según el CTE deberemos justificar la contribución solar mínima establecida por normativa mediante el cálculo de las emisiones de CO2 ahorradas en comparación con las emisiones producidas por el sistema de referencia.

Al igual que ocurría en el caso de la instalación mchp, la cogeneración compensa sus emisiones directas mediante las emisiones indirectas de CO2 que ahorra a la red al producir electricidad. Siguiendo ese mismo planteamiento valoraremos la justificación del CTE-HE4, contribución solar mínima.

1.10.8.1 Cálculo de la Demanda

DEMANDA CALEFACCIÓN

Para establecer la demanda de Calefacción recurriremos al programa LIDER. Tras la evaluación y análisis de cada edificio, se generan de forma automática una serie de ficheros de resultados tanto para el edificio Objeto (el nuestro) como para el edificio de Referencia.

En ese archivo encontraremos los m2 de cada espacio analizado así como los kWh/m2 de calefacción que el programa ha calculado para dicho espacio. Los resultados vienen desglosados por espacios de forma mensual y anual.

Sin entrar a evaluar la precisión de los mismos debido a las limitaciones técnicas del programa y su base de datos climatológica, daremos por buenos sus valores al ser los mismos que el programa ha utilizado para evaluar posteriormente la eficiencia energética del sistema convencional en CALENER VyP.

El cuadro adjunto muestra un resumen de los resultados obtenidos para la demanda mensual de calefacción para el conjunto de las 38 viviendas. Una muestra del archivo de resultados completa se puede encontrar en el **Anexo 10**.

DEMANDA ACS

Para establecer la demanda de AS utilizaremos utilizaremos los valores diarios establecidos por el CTE que tal y como se expuso en apartados anteriores se establecían en 66 litros/día a 60ºC por vivienda. Conociendo la temperatura de red media, 12ºC y el calor específico del agua 1 kcalºC/litro podemos establecer los siguientes valores mensuales para el conjunto de viviendas.

Datos de partida:

- Demanda 66 litros/día y vivienda a 60ºC
- Calor específico agua 1kcal ºC / litro
- 1kWh = 860 kcalh
- Tº promedio agua red = 12ºC
- Viviendas 38

Energía ACS (kW) = m · C · (ΔTº) / 860

Energía ACS = 66 kg · 1 · (60ºC – 12ºC) / 860 = 3,68 kW → x38 viviendas → **139,98 kW día**

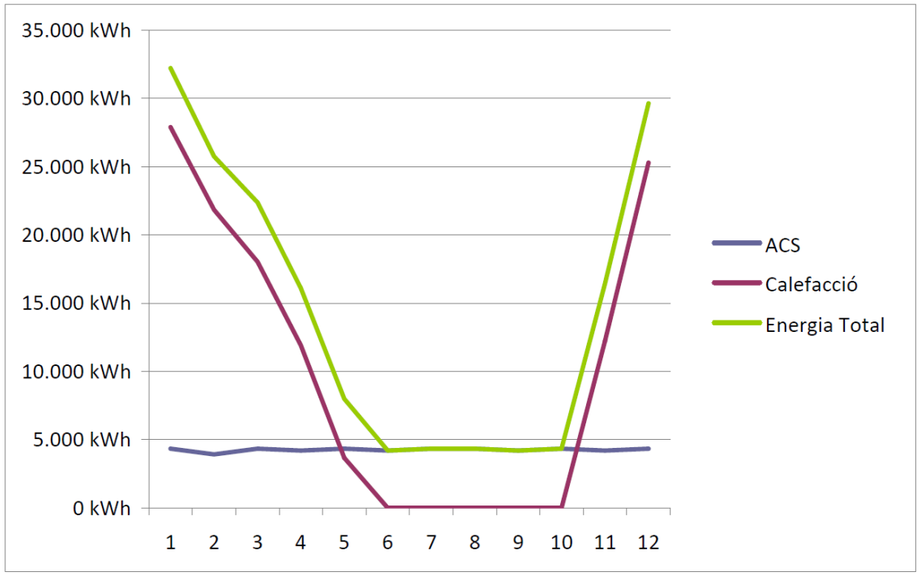
Teniendo en cuenta el número de días de cada mes, multiplicaremos por el valor anterior para obtener los resultados mensuales de la demanda de ACS.

Cuadro resumen de Resultados:

Calefacción	
Enero	27.892 kWh
Febrero	21.837 kWh
Marzo	18.043 kWh
Abril	11.915 kWh
Mayo	3.662 kWh
Junio	0 kWh
Julio	0 kWh
Agosto	0 kWh
Septiembre	0 kWh
Octubre	0 kWh
Noviembre	12.240 kWh
Diciembre	25.297 kWh
Total	***120.886 kW***

ACS	
Enero	4.339 kWh
Febrero	3.919 kWh
Marzo	4.339 kWh
Abril	4.199 kWh
Mayo	4.339 kWh
Junio	4.199 kWh
Julio	4.339 kWh
Agosto	4.339 kWh
Septiembre	4.199 kWh
Octubre	4.339 kWh
Noviembre	4.199 kWh
Diciembre	4.339 kWh
Total	***51.093 kW***

TOTAL	
Enero	32.231 kWh
Febrero	25.757 kWh
Marzo	22.382 kWh
Abril	16.115 kWh
Mayo	8.001 kWh
Junio	4.199 kWh
Julio	4.339 kWh
Agosto	4.339 kWh
Septiembre	4.199 kWh
Octubre	4.339 kWh
Noviembre	16.440 kWh
Diciembre	29.637 kWh
Total	***171.979 kW***



1.10.8.2 DEPÓSITO ACUMULACIÓN

Viendo el gráfico anterior podemos observar que el régimen de ACS se mantiene bastante constante a lo largo del año, por ello partiremos de esa base como mínimo para dimensionar el depósito de acumulación . Sin embargo necesitamos asegurarnos que a lo largo del día la demanda se suministre correctamente. Para ello utilizaremos ajustaremos el depósito acumulador

Sabiendo que son 66 litros de agua al día por vivienda necesitaremos un total de **2508 litros de ACS** como mínimo diarios para satisfacer la demanda. Ese sería nuestro valor mínimo de depósito, pero no podemos limitarnos solamente a la demanda ACS ya que también existe una demanda de calefacción en determinados momentos del año. Para determinar esta demanda se ha elaborado el siguiente cuadro resumen de cálculo utilizando los valores promedio de demanda térmica y ACS distribuidas a lo largo del día.

	CALEFACCION				CALEFACCION				TOTAL		
	VIVIENDA		38 VIVIENDAS		VIVIENDA		38 VIVIENDAS				
Hora	Pot. media	litros/h 60ºc	Potencia	litros/h 60ºc	Potencia	litros/h 60ºc	Potencia	litros/h 60ºc	Potencia	Litros/h	HORAS FUNC.
1	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
2	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
3	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
4	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
5	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
6	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
7	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
8	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	1,84 kWh	33	69,99 kWh	1254	242,39 kWh	11138	1,01
9	2,27 kWh	130	86,20 kWh	4942	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	86,20 kWh	4942	0,36
10	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
11	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
12	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
13	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
14	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
15	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
16	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
17	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
18	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	0,00
19	1,13 kWh	65	43,10 kWh	2471	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	43,10 kWh	2471	0,18
20	3,40 kWh	195	129,30 kWh	7413	1,84 kWh	33	69,99 kWh	1254	199,29 kWh	8667	0,83
21	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
22	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
23	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
24	4,54 kWh	260	172,40 kWh	9884	0,00 kWh	0	0,00 kWh	0	172,40 kWh	9884	0,72
		TOTAL	*2.327,44*	*133.440,12*		*TOTAL*	*139,98 kWh*	*2.508*		*TOTAL*	*10,28*

Como resultado de la hipótesis anterior comprobaremos que en momentos puntuales la demanda para el depósito en **promedio de 5776 litros/h**. Sabiendo que nuestra caldera CHP es capaz de producir 1490 litros/h significa que tardará aproximadamente 2'5h en llenar el depósito por sí sola. Esto se puede aprovechar para compensar las horas de baja demanda con las de máxima demanda por lo que a más capacidad del depósito más horas necesitará estar encendida produciendo electricidad. Por tanto **redondeando dimensionaremos el depósito a 5000 litros** de capacidad de tal manera que en las horas en que no haya demanda el cogenerador siga trabajando en el mantenimiento de la demanda.

1.10.8.3 CÁLCULO EMISIONES

El desglose de cálculos se puede comprobar en el **Anexo 10.**

DEMANDA ANUAL

En primer lugar estableceremos cual será nuestra demanda anual en kW obtenidos de los apartados anteriores para proceder a su evaluación en términos de emisiones según el modelo de referencia y según nuestra instalación.

DEMANDA ANUAL		
Demanda anaual Calefacción (kW)	Demanda anual ACS (kW)	Demanda Anual Calefacción + ACS (kW)
120.886	51.093	**171.979**

PARÁMETROS EMISIONES

Una vez determinada la demanda y conociendo las emisiones de CO2 por kWh de producción térmica del modelo de referencia podemos establecer las emisiones anuales por Calefacción (caldera equivalente) y por ACS (caldera equivalente 50% + E. Solar 50%). Al igual que el caso anterior (mchp) para las emisiones de energía térmica y eléctrica utilizaremos los valores de referencia siguientes obtenidos de las fuentes ya citadas y actualizaremos los referentes a las calderas actuales.

Energía Térmica	
Caldera V161	0,19 kgCO2/kWh
Calderas Auxiliares	0,206 kgCO2/kWh
Grupo CHP + Calderas Auxiliares	0,202 kgCO2/kWh
Panel solar	0,006 kgCO2/kWh
Energía eléctrica	
Energía generada por Central Carbón	1,10 kgCO2/kWh
Energía generada por Mix Eléctrico	0,40 kgCO2/kWh

EMISIONES DIRECTAS SISTEMA DE REFERENCIA

Una vez determinados los valores de las emisiones procederemos a obtener los primeros resultados empezando por el sistema de referencia. Como resultado total tendremos un valor de **38.599,57kg de CO2 anuales que serán el valor de referencia a mejorar o igualar como máximo** con la compensación en emisiones derivadas de la producción de electricidad mediante cogeneración.

CALDERA REFERENCIA		
Emisiones Anuales Calefacción (kgCO2)	Emisiones anuales ACS (kgCO2)	Emisiones Totales (kgCO2)
24.418,97	5.007,13	**29.426,11**

EMISIONES DIRECTAS SISTEMA DE MCHP

En el caso de nuestro grupo de Cogeneración, distribuiremos las emisiones de manera que el ACS lo producirá solamente la caldera de CHP mientras que la calefacción será producida por la caldera CHP + Calderas Auxiliares. Como puede comprobarse el conjunto de emisiones directas es de **48.154,18 kgCO2 anuales**.

GRUPO CALDERA CHP		
Emisiones Anuales Calefacción (kgCO2)	Emisiones anuales ACS (kgCO2)	Emisiones Totales (kgCO2)
24.418,97	9.707,71	34.126,68

PRIMER BALANCE EMISIONES

El primer balance de emisiones arroja una diferencia de **9.555 kgCO2 anuales** entre el sistema de referencia y nuestro sistema de CHP. Esta diferencia será la que **deberemos compensar** mediante las emisiones indirectas por la producción de Electricidad.

Para ello en primer lugar determinaremos el número de horas anuales de funcionamiento de la caldera de cogeneración lo cual nos permitirá obtener la producción eléctrica anual estimada en kW y su consecuente ahorro como equivalencia en CO2.

CÁLCULO HORAS FUNCIONAMIENTO ANUALES

Como resultado de esta hipótesis de distribución de demandas anteriormente expuesta, y sabiendo la potencia nominal del cogenerador y de las calderas de apoyo, podemos obtener las horas de funcionamiento por separado asumiendo que la ACS siempre la generará el cogenerador y el exceso producido por la demanda de calefacción se repartirá entre el cogenerador y las calderas murales de apoyo.

GRUPO COGENERADOR			
CALEFACCIÓN (CHP + Cald. Aux.)		ACS (CHP)	
Pot. Media	46,4 kWh	Pot. Nomin.	26,0 kWh
Demanda día	575,6 kWh	Demanda día	140,0 kW
horas/día	12,41	horas/día	5,38
Total Horas	***2.606,56***	***Total Horas***	***1.965,12***

PRODUCCIÓN ELÉCTRICA ANUAL

Una vez determinadas las horas de funcionamiento de cada parte del grupo cogenerador podemos calcular las emisiones de las mismas así como la producción de electricidad asociada al proceso de cogeneración. Sabiendo que la caldera escogida genera **9'5kW eléctricos por cada hora de funcionamiento** obtendremos una producción anual de

GENERACION ELECTRICIDAD CHP				
Horas Calefacción Anuales	Horas ACS Anuales	Total Horas	% Pérdidas Autocon. Mant.	Producción Eléctrica anual (kW)
2.607	1.965	4.572	5,0%	**41.259,40**

SEGUNDO BALANCE EMISIONES

Finalmente conociendo la producción eléctrica anual podremos calcular su equivalente en CO2 en función de la tecnología escogida para la producción eléctrica. En el caso de la **producción eléctrica basada en el Carbón** (1'10 kgCO2/kWh) obtendremos unos resultados que supondrían **una reducción de emisiones globales del 102,6%** de las emisiones frente al sistema de referencia, es decir que supondría un **ahorro global de 852 kgCO2 anuales**.

BALANCE EMISIONES E. CARBON		
Emisiones quivalentes Carbón (kgCO2)	Emisiones anuales Equivalentes (kgCO2)	Reducción emisiones CO2
45.385,34	-11.258,66	133,0 %

En el caso de la **producción eléctrica basada en el Mix Eléctrico** (0'40 kgCO2/kWh) obtendremos unos resultados inferiores al caso anterior y que supondrían una **reducción de emisiones globales del 37,3%** de las emisiones frente al sistema de referencia.

Y que supone un **ahorro de emisiones de 12.192 kgCO2**, cuando el mínimo a superar era de 9.555 kgCO2 que establecía el sistema de referencia.

BALANCE EMISIONES E. MIX ELECTRICO		
Emisiones quivalentes Mix (kgCO2)	Emisiones anuales Equivalentes (kgCO2)	Reducción emisiones CO2
16.503,76	17.622,92	48,4 %

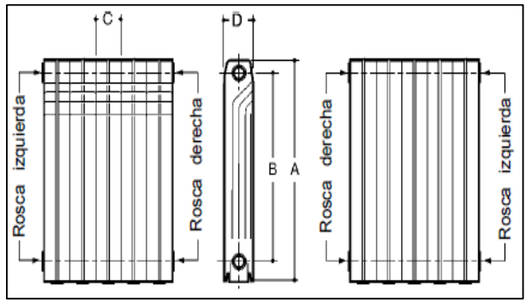
CONCLUSIONES

Como conclusión en ambos casos la cogeneración **supera los 9.555 kgCO2** que supondría el uso de E. Solar para producción del 50% de ACS por lo que consecuentemente **cumple el CTE-HE4**.

1.10.9 SELECCIÓN Y DIMENSIONADO RADIADORES

1.10.9.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Al igual que ocurría en el caso de las instalaciones anteriores, en este caso los emisores escogidos serán radiadores de aluminio y apertura frontal de la casa ROCA modelo DUBAL..



De nuevo el proceso de dimensionado es en esencia el mismo que en los sistemas anteriores. Al igual que ocurría en el sistema por mchp individual, e**l valor de temperatura de impulsión del sistema de calefacción partirá de 60ºC** que será la temperatura de almacenaje del depósito. Por lo que los valores de potencia para cada elemento de cada radiador deberán ajustarse para trabajar fuera de los valores nominales.

Por lo demás como ya se ha indicado, el proceso de cálculo y dimensionado será exactamente igual que en la anterior instalación por lo que no repetiremos todo el proceso. No obstante para la consulta de los resultados podemos remitirnos al **Anexo 7.**

1.10.9.2 DIMENSIONADO RADIADORES

Como ya se ha indicado anteriormente el modelo de radiador utilizado será el modelo DUBAL **de aluminio marca ROCA con abertura Frontal**:

Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento				Exponente "n" de la curva característica	
							Frontal aberturas		Frontal plano		Frontal aberturas	Frontal plano
	A	B	C	D			Kcal/h	W	Kcal/h	W		
DUBAL 30	288	218	80	147	0,27	1,36	71,3	82,9	70,5	82,0	1,30	1,29
DUBAL 45	421	350	80	82	0,29	1,13	79,5	92,4	76,2	88,6	1,35	1,35
DUBAL 60	571	500	80	82	0,36	1,43	103,9	120,8	99,0	115,2	1,35	1,34
DUBAL 70	671	600	80	82	0,43	1,63	119,1	138,5	113,7	132,2	1,34	1,34
DUBAL 80	771	700	80	82	0,50	1,83	133,7	155,4	127,9	148,7	1,33	1,34

Emisión calorífica en Kcal/h y W según UNE EN-442 para Δt= 50°C
Δt = (T. media radiador -T. ambiente) en °C
Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

Al igual que ocurría en el caso de la instalación individual de mchp, el fluido de trabajo se encontrará a 60ºC por lo que será necesario recalcular los valores de potencia para elemento en función del modelo de radiador. El proceso de cálculo de las nuevas características de los radiadores es idéntico al proceso utilizado en la anterior instalación mchp por lo que no se repetirá su explicación. No obstante en el **Anexo 7** podrá consultarse el conjunto de resultados.

De nuevo en este caso **también igualaremos los modelos de radiador a DUBAL 80** para compensar la disminución de potencia frente al aumento del número de elementos por radiador en las estancias que utilizaban modelos más pequeños. A continuación se muestra un ejemplo del resultado final en la configuración de los distintos radiadores que se utilizarán. Los planos de instalaciones se pueden encontrar en el **Anexo 18.**

RADIADORES DE ALUMINIO ROCA MODELO DUBAL

Circuito	Sala	Ref.	Modelo radiador	Elementos	Kcal	Longitud mm	Anchura total (m)	KW
1	Baño	A	80	**9**	627	720	0,87	0,73
2	Cocina	B	80	**9**	685	720	0,87	0,80
3	Dormitorio 1	C	80	**10**	754	800	0,95	0,87
4	Dormitorio 2	D	80	**9**	688	720	0,87	0,80
5	Recibidor	E	80	**5**	386	400	0,55	0,45
6	Salón	F	80	**15**	1.168	1200	1,35	1,36

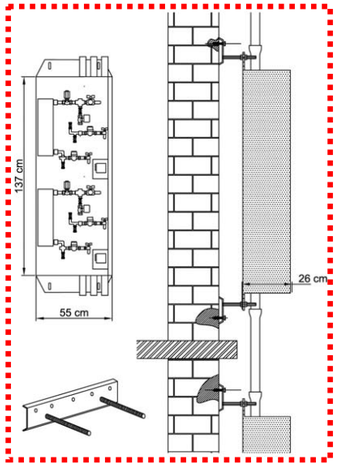
1.10.9.3 ESQUEMA DISTRIBUCIÓN

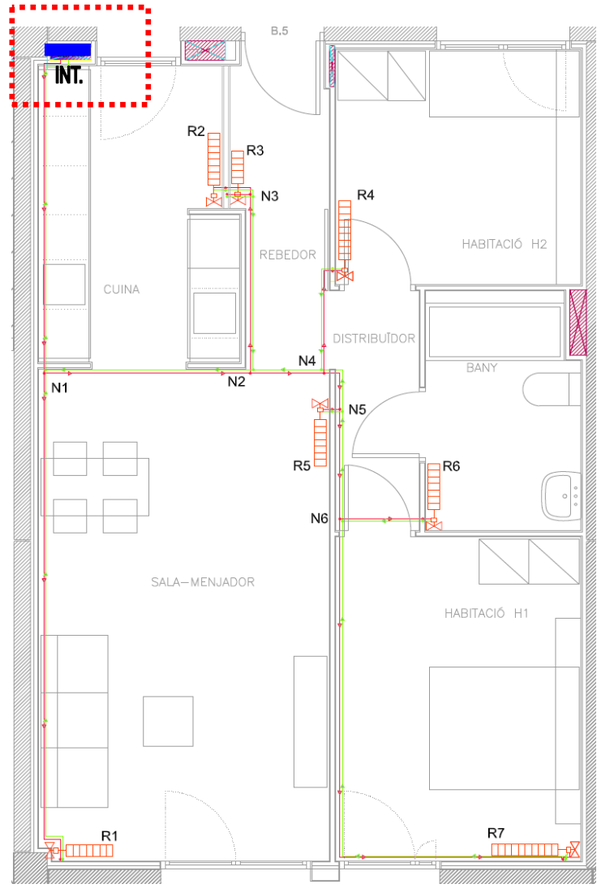
A continuación se mostrará el esquema de distribución para la vivienda más desfavorable (P1-5). Como principal diferencia respecto al sistema convencional, **destaca la desaparición de calderas y depósitos** individuales en su lugar se sustituyen por intercambiadores tipo LEAKO en la entrada de cada vivienda.

Desde la sala de calderas partirá la acometida de agua caliente que irá a parar hasta los armarios contadores de energía LEAKO con un intercambiador representado en el esquema como **"INT**", Este intercambiador interno, distribuirá el calor al circuito interior de la vivienda.

Al igual que en las anteriores instalaciones la vivienda contará con una distribución de calefacción por método bitubular. Las tuberías irán por falso techo, y bajarán hasta la conexión del radiador por trasdosado de la pared.

SISTEMA INTERCAMBIADOR: 2 CONTADORES LEAKO SITUADO EN LA ENTRADA VIVIENDA.





1.10.9.4 DIMENSIONADO TUBERÍAS

Conocidas las temperaturas de trabajo del circuito, el número y potencia de los elementos de cada radiador, así como el esquema de distribución, podemos dimensionar los distintos diámetros de los tuberías que conforman el circuito de distribución bitubular.

Sistema Bitubular

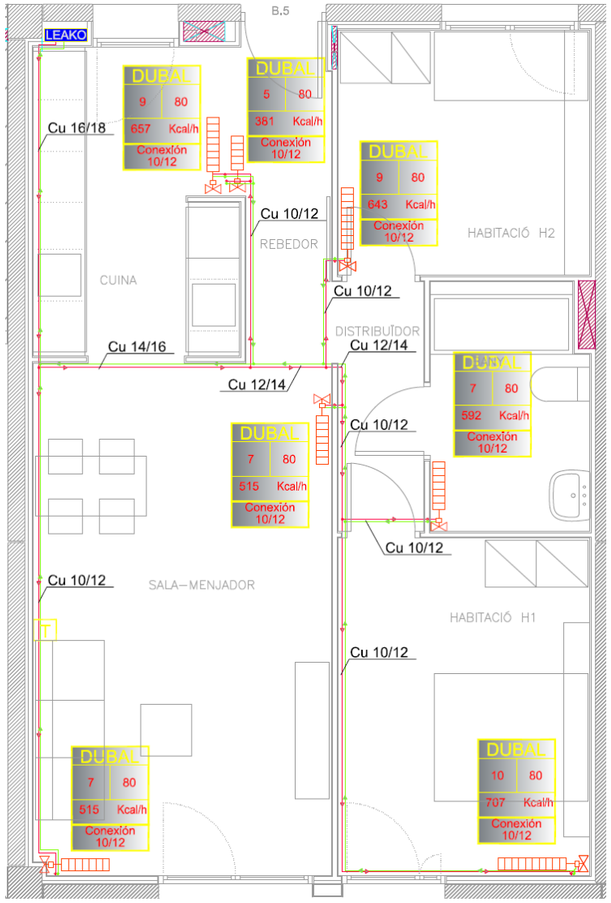
Pot (Kcal/h)	Diám. (mm)
Hasta 1500	10/12
1500 a 2500	12/14
2501 a 3100	13/15
3101 a 3700	14/16
3701 a 5100	16/18
5101 a 9500	20/22
9501 a 17600	25/28
17601 a 33000	32/35
33001 a 56000	39/42

El proceso será el mismo que el utilizado en el casos anteriores, por lo que no se explicará el proceso en detalle. No obstante los resultados se pueden consultar en el **Anexo 8.**

Tal y como se indicó anteriormente, el sistema de calefacción utilizará tuberías de cobre mediante una distribución bitubular. Al igual que en apartados anteriores, el proceso de dimensionado de tuberías coincide con el realizado en la instalación convencional por lo que no se repetirá su explicación.

Como resultado final se adjunta un detalle del plano de la instalación de circuitos y radiadores para calefacción convencional. El plano completo se puede ver en el **Anexo 18.**

Al igual que ocurría en el caso de la instalación convencional, el plano incluye la distribución completa de tuberías, ubicación y dimensiones de los radiadores así como un cuadro resumen para cada radiador donde indica el modelo, número de elementos y número de calorías que emitirá.



1.10.9.5 DIMENSIONADO AISLAMIENTO TUBERÍAS

Tal como se indicó en el caso del sistema convencional en la entrada de la vivienda el sistema será bitubular, de tubo de cobre, con diámetros según se indica en los cálculos **Anexo 7** y en los planos adjuntos en el **Anexo 18**. Las tuberías irán por falso techo, y bajarán hasta la conexión del radiador por trasdosado de la pared.

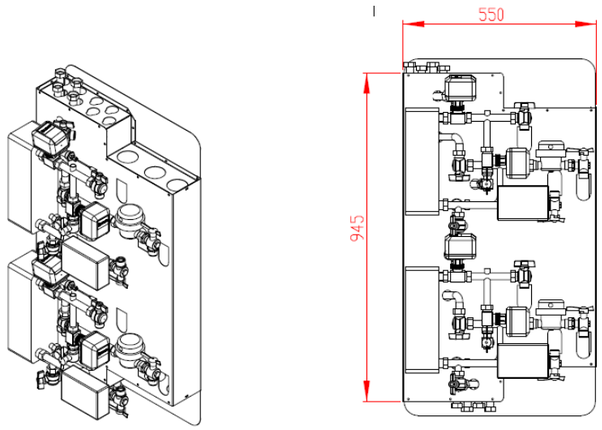
En la entrada del edificio se dispondrá de un contador de energía para distribuir así la facturación comunitaria. Este contador estará acompañado de otros elementos constructivos (ver detalle en el plano). Cuando el paso de las tuberías se realice para interiores de edificio son los grosores de aislamiento serán los siguientes según RITE: Cuando el paso de las tuberías se realice por espacios sin calefactar o exterior las tuberías deberán estar aisladas, según el RITE se incrementará el valor de las tablas anteriores en un mínimo de 10mm para fluidos calientes y 20 mm para fluidos fríos.

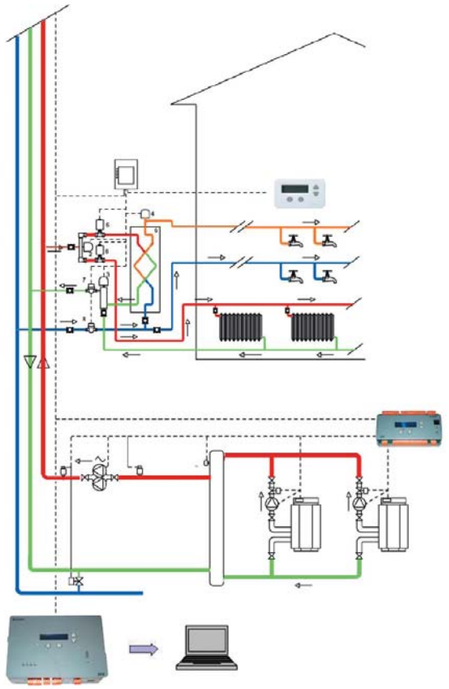
1.10.9.6 ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD

De nuevo como ocurría en el caso de las instalaciones anteriores, los emisores dispondrán de válvulas termostáticas o termostatitzables, que controlarán la temperatura de cada emisor. Se prevén termostatitzables en las zonas de menor carga térmica y donde se colocará el termostato de temperatura termostáticos, para controlar y gobernar los dos circuitos existentes en las viviendas. Este espacio corresponde en todas las viviendas en la zona de mayor carga térmica siguiendo recomendaciones del RITE en la ITE 09.4. En la zona de mayor carga térmica, "Salón", se dispondrá de un cronotermostato regulable, el cual controlará el parada-marcha de la instalación. Cada radiador llevará sus soportes, un purgador automático.

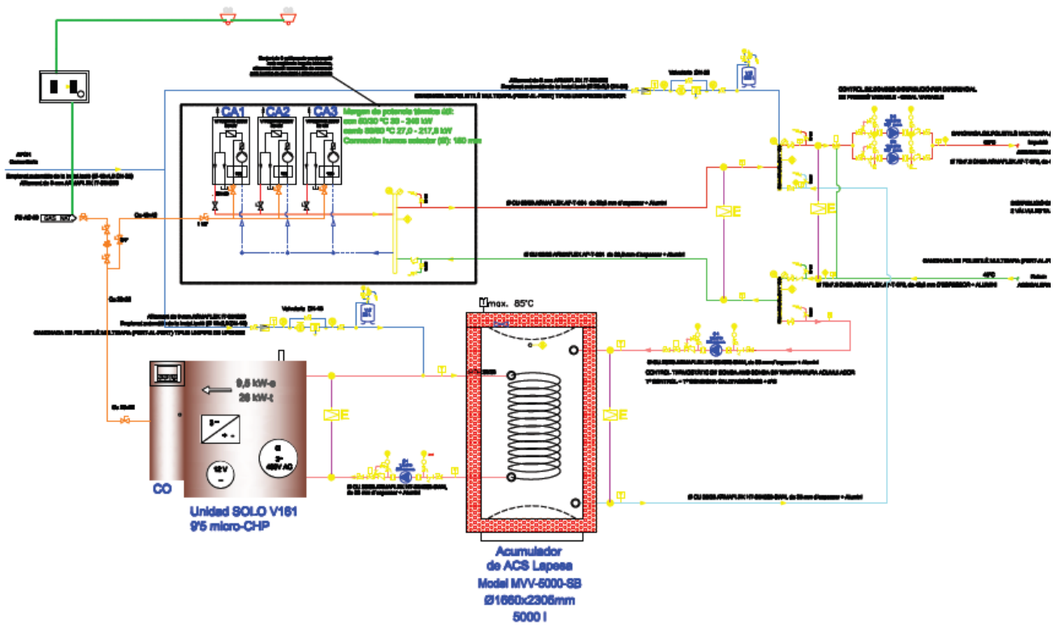
1.10.9.7 ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA TÉRMICA PARA CALEFACCIÓN Y ACS EN SISTEMA CENTRALIZADO MEDIANTE INTERCAMBIADORES INDIVIDUALES LEAKO





SISTEMA CENTRALIZADO DE MCHP PARA PRODUCCIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS CON CALDERAS MURALES DE APOLLO EN SECUENCIA Y ACUMULADOR TÉRMICO DE 5000L



1.11 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

1.11.1 OPCIÓN GENERAL

Una vez dimensionado el conjunto de las instalaciones el siguiente paso será evaluar su eficiencia energética. Partiendo de la base del análisis del sistema de referencia (el convencional) podremos determinar en qué modo los sistemas de cogeneración planteados mejoran sus resultados.

Para esta evaluación energética inicial procederemos a utilizar la opción general que nos ofrece el CTE y que utiliza el programa informático CALENER para analizar la geometría introducida mediante LIDER y tras definir los parámetros de demandas y los sistemas energéticos de ACS y calefacción a utilizar, evaluará nuestro edificio en comparación el modelo de referencia y finalmente otorgará una determinada calificación energética en el ranking establecido por normativa que va desde la A (máxima eficiencia) a la G (mínima eficiencia). No obstante este sistema no servirá en los casos de cogeneración, por lo que se han propuestos sistemas de cálculo alternativos.

1.11.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA – SISTEMA CONVENCIONAL

1.11.2.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

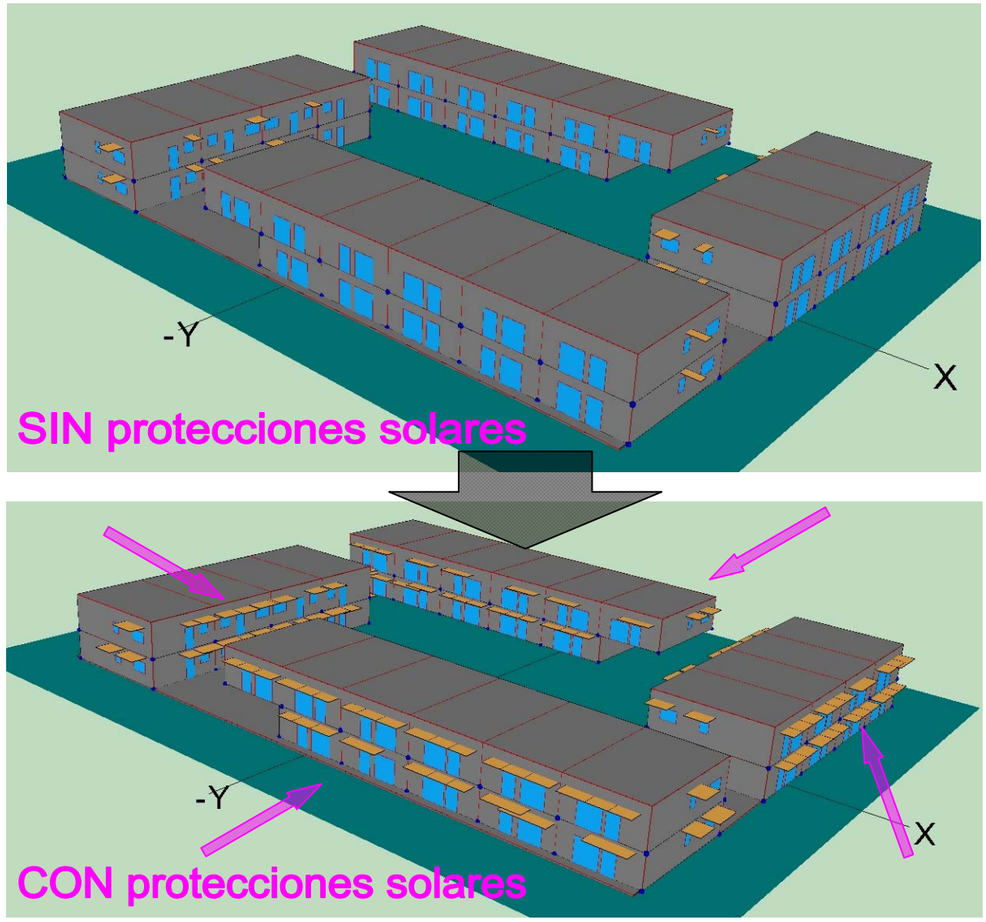
En primer lugar debemos tener en cuenta que CALENER ser presenta en dos modalidades, CALENER VyP (edificios residenciales y pequeños edificios de sector terciario) y CALENER GT (grandes edificios terciario). Dado que nuestro edificio es residencial se ha optado por la opción de CALENER VyP, concretamente la versión 1.0 de Julio 2009 obtenida directamente de la web del Ministerio de Industria al ser la última hasta la fecha.

Llegados a este punto debemos tener en cuenta un detalle importante, al igual que ocurría con el programa LIDER, en CALENER existe una limitación técnica de 100 espacios y/o 500 elementos a la hora de definir la geometría de un edificio. Por este motivo si pretendemos analizar el conjunto del proyecto simultáneamente debemos simplificar las geometrías de manera que queden bajo la limitación de 100 espacios.

Para solucionar este problema se ha optado por convertir cada vivienda en un único espacio eliminando sus divisiones interiores y dándoles el tratamiento de un gran salón-comedor calefactado y no climatizado, de tal forma que en total quedarán 38+1 espacios (viviendas + aparcamiento).

Otro detalle importante a tener en cuenta, es que al igual que ocurría en LIDER, es que no se reconocen los voladizos a la hora de proyectar sombras, por lo que debemos introducir manualmente uno a uno los "toldos" que simularán el efecto de protección solar que generarían los voladizos existentes en el diseño original.

En la siguiente imagen puede observarse la geometría tal cual es exportada desde CYPE a CALENER, se aprecia que no existen más toldos que los que se permiten colocar mediante CYPE en ventanas. A continuación se muestra la geometría corregida con los toldos correspondientes en cada ventana y puerta según su geometría original para simular el efecto de protección solar con el objeto de hacer una simulación más precisa.



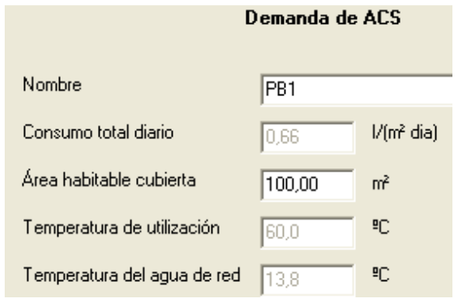
1.11.2.2 DEFINICIÓN SISTEMAS EN CALENER VyP

Una vez hemos ajustado la geometría, el programa nos solicitará la definición de los sistemas de ACS y calefacción del edificio. Para ello lo primero será definir la demanda de ACS de cada vivienda que como ya hemos visto anteriormente está establecida en 66l/día de agua a 60ºC por vivienda.

DEMANDA ACS

Una particularidad en este apartado, es que el programa no nos permite introducir directamente el consumo de ACS en litros/día, por lo que nos da un parámetro estándar de 0'66 l/m2 · día y nosotros lo multiplicaremos por el Área habitable de cubierta en m2 que ajuste la demanda a lo deseado. En nuestro caso sería:

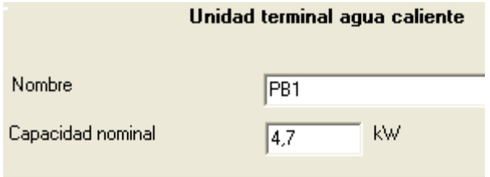
Demanda ACS = 100m2 * 0'66 l/m2 · día **= 66 l/día**



UNIDADES TERMINALES (RADIADORES)

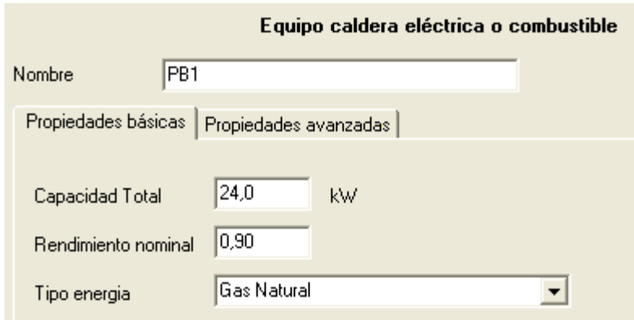
Una vez definidas las demandas ACS para cada vivienda el siguiente paso será definir las unidades terminales (emisores). Siguiendo las recomendaciones del propio manual del programa, para cada espacio a calefactar se debe asignar una única unidad terminal (radiador) con el valor total de potencia equivalente al conjunto de los que correspondería a ese espacio.

Para ello crearemos una unidad terminar de agua caliente para cada vivienda y le asignaremos el valor correspondiente al conjunto de radiadores de la misma que hemos establecido en el estudio de cargas térmicas. En la imagen a continuación se muestra la unidad terminal de la vivienda PB1 y su potencia asignada según las tablas del **Anexo 5**.



DEFINICIÓN CALDERA

El siguiente paso consistirá en definir las calderas a utilizar para cada sistema. En este caso se utilizan calderas mixtas de gas natural para cubrir la demanda de ACS y calefacción. Debido a la complejidad que supone definir una caldera idéntica a la que vamos a evaluar según el catálogo se ha optado por utilizar el modelo de caldera mixta convencional que incorpora el propio programa ajustando sus valores de potencia y rendimiento nominal a los indicados en el catálogo del fabricante.



Tal como se puede apreciar en la imagen correspondiente a la configuración de la caldera de la vivienda PB1, la potencia total se ajusta a 24 kW, el rendimiento nominal a 0'94 y como combustible se escoge Gas Natural.

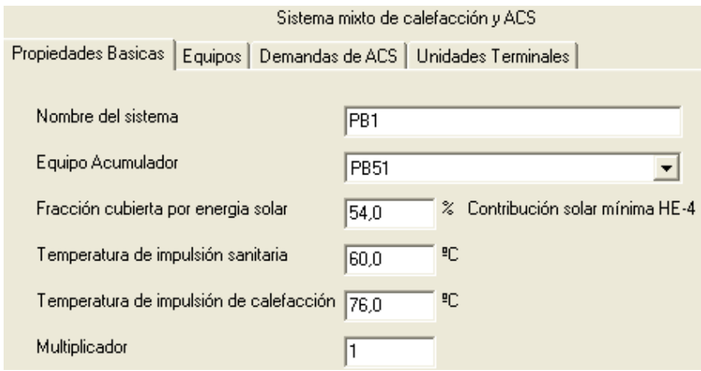
DEFINICIÓN SISTEMA

Finalmente el programa nos solicitará que definamos los sistemas a utilizar tanto para el ACS como para calefacción. En este caso como ya se ha dicho utilizaremos un sistema mixto que nos suministrará ACS y calefacción.

A la hora de definir el sistema en primer lugar le asignaremos un nombre, como se puede ver en la imagen este corresponderá al sistema de la vivienda PB1.

En segundo lugar definiremos la fracción de ACS cubierta por energía solar. En nuestro caso según los cálculos realizados es del 54%.

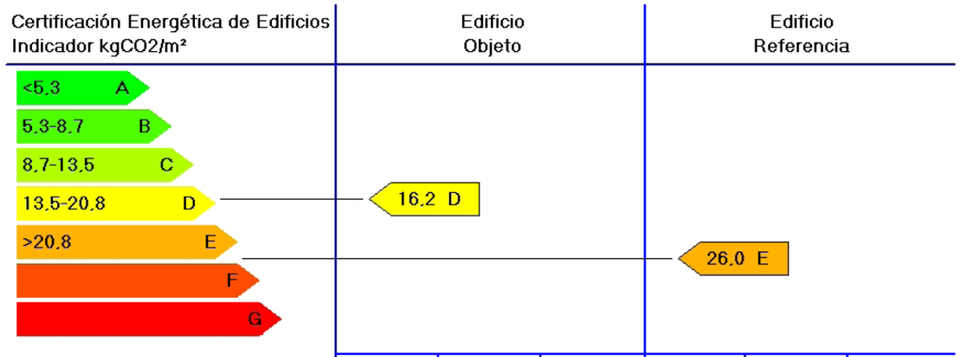
Seguidamente indicaremos la temperatura de impulsión de agua sanitaria a 60ºC y la de impulsión de calefacción a 76ºC.



Los siguientes pasos consistirán en asignar un equipo (caldera), una demanda de ACS y por último una unidad terminal (radiador) el cual será asociado al espacio (vivienda) que calefactará. Repetiremos el proceso para cada vivienda hasta tener definido el conjunto de sistemas del edificio y podremos así proceder a calificar la eficiencia energética del mismo.

1.11.2.3 RESULTADOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA SISTEMA CONVENCIONAL

Una vez el programa ha realizado los cálculos pertinentes, nos mostrará un resumen con los resultados y que se adjunta en el **Anexo 11**. No obstante la información principal se resume en el cuadro final que se muestra a continuación:



	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	E	45,3	120988,6	E	65,9	176007,8
Demanda refrigeración	A	1,7	4540,4	B	3,9	10416,2
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	D	10,6	28310,8	E	21,1	56354,5
Emisiones CO2 refrigeración	B	0,9	2403,7	C	1,5	4006,2
Emisiones CO2 ACS	E	4,7	12552,9	D	3,4	9080,8
Emisiones CO2 totales			43267,5			69441,6

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	76,3	203827,6	106,6	284752,2
Consumo energía primaria (kWh)	79,2	211643,6	115,9	309464,8
Emisiones CO2 (kgCO2)	16,2	43267,5	26,0	69441,6

En él podemos ver en primer lugar la escala gráfica de eficiencia energética a la que nuestro edificio con la configuración de sistemas introducida obtiene un resultado de **"D"** (media) con un valor de emisiones de **16'2 kgCO2/m2 anuales** frente al edificio de referencia que presentaría una calificación de **"E"** (baja) con unos valores de emisiones de **26 kgCO2/m2 anuales**.

Tambien se adjunta una serie de cuadros con información desglosada sobre los distintos aspectos analizados, destaca la demanda de refrigeración que resulta muy baja tal y como ya se observó en los resultados obtenidos en LIDER. En resumen en este caso el edificio objeto analizado ofrece unos resultados de un nivel (letra) superior en todos los casos tanto a nivel de demanda energética como a nivel de emisiones, a excepción de la demanda de calefacción que tanto para el edificio analizado como el de referencia corresponden a la letra "E", si bien el edificio objeto tiene unos resultados más positivos.

1.11.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA – SISTEMA MCHP INDIVIDUAL

1.11.3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

A la hora de evaluar la calificación energética de los sistemas de cogeneración nos encontraremos con un importante obstáculo. La opción general que pasaría por utilizar el programa CALENER VyP, tal como se hizo en el apartado anterior correspondiente al sistema convencional, no puede ser utilizada en casos de cogeneración ya que no está contemplada en dicho programa.

Debido a estas limitaciones técnicas para este estudio se ha decidido **prescindir de las herramientas de simulación** que ofrece la opción General y se ha optado por evaluar la eficiencia energética realizando estimaciones de consumo, rendimientos y emisiones, usando como punto de referencia base los resultados obtenidos para la instalación convencional mediante CALENER y analizando los datos de forma manual.

1.11.3.2 PROPUESTA ALTERNATIVA

Debido a la extensión de las hojas de cálculo necesarias para elaborar el proceso, se ha optado por mostrar solamente los resultados finales a modo de resumen del esquema de trabajo. En cualquier caso las fichas con los cálculos detallados se pueden comprobar en el **Anexo 9**.

DEMANDA y EMISIONES CALEFACCIÓN Y ACS: Estableceremos la demanda de energía térmica de Calefacción y ACS, posteriormente calcularemos las emisiones resultantes sabiendo que el emitiremos **0,18 kgCO2/kWh de energía térmica**.

CALEFACCIÓN			ACS				ACS + CALEFACCIÓN	
Demanda Anual Calefacción (kW/m2)	Total Anual Calefacción (kW)	Emisiones Calefacción (KgCO2)	Demanda Anual ACS (litros)	Tº Red Prom. (ºC)	Total Anual ACS (kW)	Emisiones ACS (kgCO2)	Demanda anual ACS + Calefacción (kW)	Emisiones ACS + Calefacción (KgCO2)
1.719,9	120.886	21.780,25	915.420	12	51093,2	9.196,78	172.094,58	30.977,02

HORAS FUNCIONAMIENTO: Se calcularán las horas de funcionamiento anuales según se produzcan durante la generación de la producción de Calefacción, ACS y la suma de ambas.

HORAS ANUALES		
Horas anuales Producción Calefacción	Horas anuales Producción ACS	Total Horas anuales
8.643	3.650	12.292

ENERGÍA ELÉCTRICA y EMISIONES EQUIVALENTES AHORRADAS: Sabiendo las horas de producción de energía térmica podremos también conocer la producción eléctrica anual sabiendo que por cada hora de funcionamiento se producirá 1kW eléctrico. Del mismo modo podremos establecer las emisiones de CO2 equivalentes ahorradas en la producción eléctrica en función del valor utilizado:

- **CENTRAL TÉRMICA DE CARBÓN:** 1,10 kgCO2/kWh

CALEFACCIÓN			ACS			CALEFACCIÓN + ACS		
Electricidad Producida Calefacción (kW/año)	Emisiones (kgCO2/kWh)	Ahorro Emisiones Calefacción (kgCO2)	Electricidad Producida ACS (kW/año)	Emisiones (kgCO2/kWh)	Ahorro Emisiones ACS (kgCO2)	Electricidad Producida Total (kW/año)	Emisiones (kgCO2/kWh)	Ahorro Emisiones Total (kgCO2)
8.643,0	1,10	9.507,25	3.649,5	1,10	4.014,47	12.292,5	1,10	13.521,72

- **MIX ELÉCTRICO RED CONVENCIONAL:** 0,40 kgCO2/kWh

CALEFACCIÓN			ACS			CALEFACCIÓN + ACS		
Electricidad Producida Calefacción (kW/año)	Emisiones (kgCO2/kWh)	Ahorro Emisiones Calefacción (kgCO2)	Electricidad Producida ACS (kW/año)	Emisiones (kgCO2/kWh)	Ahorro Emisiones ACS (kgCO2)	Electricidad Producida Total (kW/año)	Emisiones (kgCO2/kWh)	Ahorro Emisiones Total (kgCO2)
8.643,0	0,40	3.457,18	3.649,5	0,40	1.459,81	12.292,5	0,40	4.916,99

CÓMPUTO CO2/M2 EQUIVALENTE: Finalmente con el total de CO2 generado en la producción de ACS y Calefacción podremos restarle los valores de CO2 ahorrados por las respectivas producciones eléctricas para posteriormente dividirlo por la superficie construida. De este modo obtendremos el valor final de CO2/m2 tanto en la producción de ACS como de calefacción pudiéndolo así comparar con los valores de la instalación de referencia.

- **EMISIONES BASADAS EN GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE CENTRAL DE CARBÓN**

EMISIONES GLOBALES					
Emisiones Globales Calefacción (kgCO2)	Emisiones Globales Calefacción (kgCO2/m2)	Emisiones Globales ACS (kgCO2)	Emisiones Globales ACS (kgCO2/m2)	Emisiones Globales Totales (kgCO2)	Emisiones Globales Totales (kgCO2/m2)
12.273,00	4,59	5.182,31	1,94	17.455,31	6,53

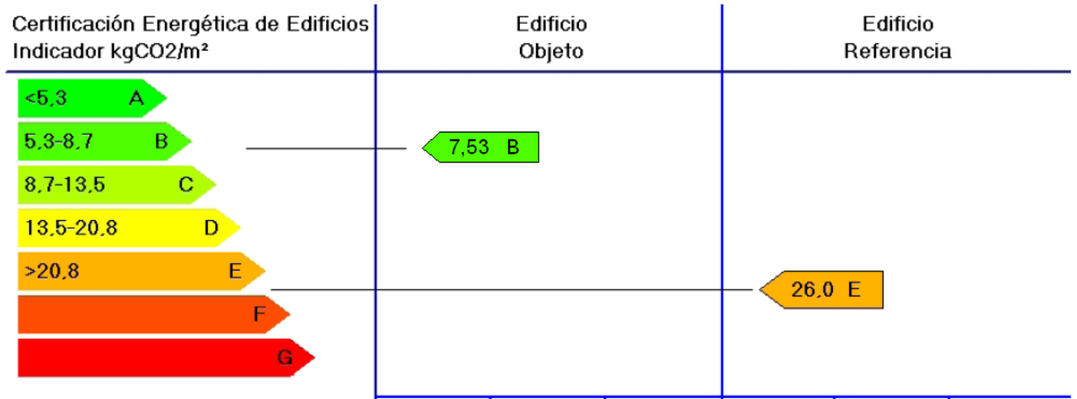
- **EMISIONES BASADAS EN GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE MIX ELÉCTRICO**

EMISIONES GLOBALES					
Emisiones Globales Calefacción (kgCO2)	Emisiones Globales Calefacción (kgCO2/m2)	Emisiones Globales ACS (kgCO2)	Emisiones Globales ACS (kgCO2/m2)	Emisiones Globales Totales (kgCO2)	Emisiones Globales Totales (kgCO2/m2)
18.323,06	**6,85**	7.736,97	**2,90**	26.060,04	**9,75**

Una vez finalizado el proceso anterior, dispondremos de los datos necesarios para cumplimentar el cuadro resumen de calificación energética y compararlo con los resultados de la instalación de referencia. A continuación se muestra el cuadro resultante en la evaluación de la Instalación convencional:

1.11.3.2 RESULTADOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA INSTALACIÓN CALDERA INDIVIDUAL MCHP APLICANDO CRITERIOS DE EMISIONES BASADAS EN LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE CARBÓN



	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	E	45,3	120988,6	E	65,9	176007,8
Demanda refrigeración	A	1,7	4540,4	B	3,9	10416,2
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	A	4,59	12273,00	E	21,1	56354,5
Emisiones CO2 refrigeración	B	0,9	2403,7	C	1,5	4006,2
Emisiones CO2 ACS	A	1,94	5182,31	D	3,4	9080,8
Emisiones CO2 totales			19859,01			69441,6

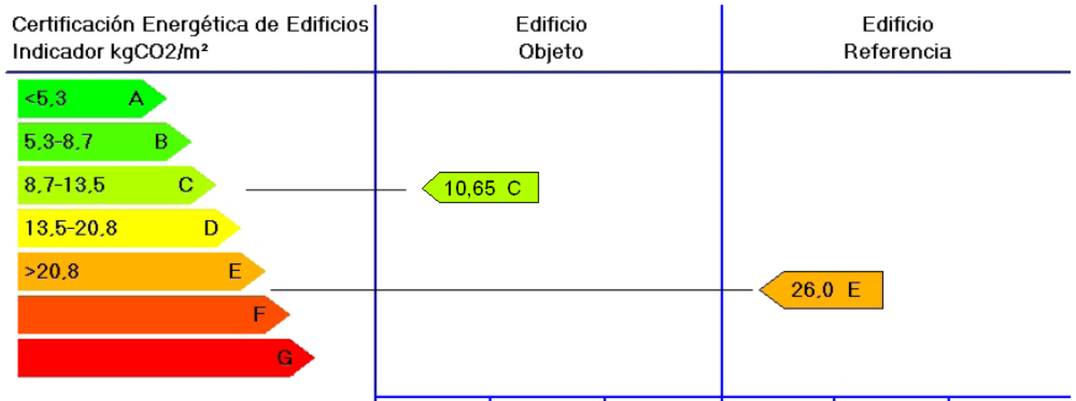
Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	76,3	203827,6	106,6	284752,2
Consumo energía primaria (kWh)	79,2	211643,6	115,9	309464,8
Emisiones CO2 (kgCO2)	7,53	19859,01	26,0	69441,6

COMPARATIVA RESULTADOS

	INSTALACIÓN CONVENCIONAL			INSTALACIÓN INDIVIDUAL MCHP		
	C02/M2	EMISIONES	CALIFICACION	C02/M2	EMISIONES	CALIFICACION
CALEFACCION	10,6	28.310,8	D	4,59	12.273,00	A
ACS	4,7	12.552,9	E	1,94	5.182,31	A
GLOBAL	26	69.441,6	E	7,53	19.859,01	B

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA INSTALACIÓN CALDERA INDIVIDUAL MCHP APLICANDO CRITERIOS DE EMISIONES BASADAS EN LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA DEL MIX ELÉCTRICO DE LA RED CONVENCIONAL



	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	E	45,3	120988,6	E	65,9	176007,8
Demanda refrigeración	A	1,7	4540,4	B	3,9	10416,2
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	B	6,85	18323,06	E	21,1	56354,5
Emisiones CO2 refrigeración	B	0,9	2403,7	C	1,5	4006,2
Emisiones CO2 ACS	A	2,90	7736,97	D	3,4	9080,8
Emisiones CO2 totales			28463,73			69441,6

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	76,3	203827,6	106,6	284752,2
Consumo energía primaria (kWh)	79,2	211643,6	115,9	309464,8
Emisiones CO2 (kgCO2)	10,65	28463,73	26,0	69441,6

COMPARATIVA RESULTADOS

	INSTALACIÓN CONVENCIONAL			INSTALACIÓN INDIVIDUAL MCHP		
	C02/M2	EMISIONES	CALIFICACION	C02/M2	EMISIONES	CALIFICACION
CALEFACCION	10,6	28.310,8	D	6,85	18.323,06	B
ACS	4,7	12.552,9	E	2,90	7.736,97	A
GLOBAL	26	69.441,6	E	7,53	28.463,73	C

1.11.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA

1.11.4.1 PROPUESTA ALTERNATIVA

Al igual que ocurría con la instalación mCHP individual, debido a la extensión de las hojas de cálculo necesarias para elaborar el proceso, se ha optado por mostrar solamente los resultados finales a modo de resumen del esquema de trabajo. En cualquier caso las fichas con los cálculos detallados se pueden comprobar en el **Anexo 10**.

DEMANDA y EMISIONES CALEFACCIÓN Y ACS: Estableceremos la demanda de energía térmica de Calefacción y ACS, posteriormente calcularemos las emisiones resultantes sabiendo que el emitiremos **0,18 kgCO2/kWh de energía térmica**.

CALEFACCIÓN			ACS				ACS + CALEFACCIÓN	
Demanda Anual Calefacción (kW/m2)	Total Anual Calefacción (kW)	Emisiones Directas Anuales Calefacción (KgCO2)	Demanda Anual ACS (litros)	Tº Red Prom. (ºC)	Total Anual ACS (kW)	Emisiones Directas Anuales ACS (kgCO2)	Demanda anual ACS + Calefacción (kW)	Emisiones ACS + Calefacción (KgCO2)
45,3	120.886	24.418,97	915.420	12	51.093,2	9.707,71	171.979,21	**34.126,68**

HORAS FUNCIONAMIENTO: Se calcularán las horas de funcionamiento anuales según se produzcan durante la generación de la producción de Calefacción, ACS y la suma de ambas.

HORAS ANUALES		
Horas anuales Producción Calefacción	Horas anuales Producción ACS	Total Horas anuales
2.607	1.965	4.572

ENERGÍA ELÉCTRICA y EMISIONES EQUIVALENTES AHORRADAS: Sabiendo las horas de producción de energía térmica podremos también conocer la producción eléctrica anual sabiendo que por cada hora de funcionamiento se producirá 1kW eléctrico. Del mismo modo podremos establecer las emisiones de CO2 equivalentes ahorradas en la producción eléctrica en función del valor utilizado:

- **CENTRAL TÉRMICA DE CARBÓN:** 1,10 kgCO2/kWh

Electricidad producida al generar Calefacción				Electricidad producida al generar ACS			
Electricidad Producida Calefacción (kW/año)	Emisiones Equivalentes (kgCO2/kWh)	Ahorro Equivalente Emisiones Calefacción (kgCO2)	% Ahorro Emisiones Calefacción	Electricidad Producida ACS (kW/año)	Emisiones Equivalentes (kgCO2/kWh)	Ahorro Equivalente Emisiones ACS (kgCO2)	% Ahorro Emisiones ACS
23.524,2	1,10	25.876,58	106,0 %	17.735,2	1,10	19.508,76	201,0 %

CALEFACCIÓN + ACS			
Electricidad Producida Total (kW/año)	Emisiones (kgCO2/kWh)	Ahorro Equivalente Emisiones Totales (kgCO2)	Ahorro Emisiones Total (kgCO2)
41.259,4	1,10	45.385,34	133,0 %

- **MIX ELÉCTRICO RED CONVENCIONAL:** 0,40 kgCO2/kWh

Electricidad producida al generar Calefacción				Electricidad producida al generar ACS			
Electricidad Producida Calefacción (kW/año)	Emisiones Equivalentes (kgCO2/kWh)	Ahorro Equivalente Emisiones Calefacción (kgCO2)	% Ahorro Emisiones Calefacción	Electricidad Producida ACS (kW/año)	Emisiones Equivalentes (kgCO2/kWh)	Ahorro Equivalente Emisiones ACS (kgCO2)	% Ahorro Emisiones ACS
23.524,2	0,40	9.409,66	38,5 %	17.735,2	0,40	7.094,10	73,1 %

CALEFACCIÓN + ACS			
Electricidad Producida Total (kW/año)	Emisiones (kgCO2/kWh)	Ahorro Equivalente Emisiones Totales (kgCO2)	Ahorro Emisiones Total (kgCO2)
41.259,4	0,40	16.503,76	48,4 %

CÓMPUTO CO2/M2 EQUIVALENTE: Finalmente con el total de CO2 generado en la producción de ACS y Calefacción podremos restarle los valores de CO2 ahorrados por las respectivas producciones eléctricas para posteriormente dividirlo por la superficie construida. De este modo obtendremos el valor final de CO2/m2 tanto en la producción de ACS como de calefacción pudiéndolo así comparar con los valores de la instalación de referencia.

- **EMISIONES BASADAS EN GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE CENTRAL DE CARBÓN**

EMISIONES GLOBALES (Directas - Indirectas)					
Emisiones Globales Calefacción (kgCO2)	Emisiones Globales Calefacción (kgCO2/m2)	Emisiones Globales ACS (kgCO2)	Emisiones Globales ACS (kgCO2/m2)	Emisiones Globales Totales (kgCO2)	Emisiones Globales Totales (kgCO2/m2)
-1.457,61	-0,55	-9.801,05	-3,67	-11.258,66	-4,22

*Como se puede observar, los valores de emisiones resultantes tras compensar las emisiones directas con las indirectas **generan valores negativos**. Esto ocurriría porque a nivel teórico se ahorra más C02 del que se genera por la compensación de emisiones indirectas en términos de generación eléctrica. A efectos prácticos **consideraremos estos valores negativos como "0,0."***

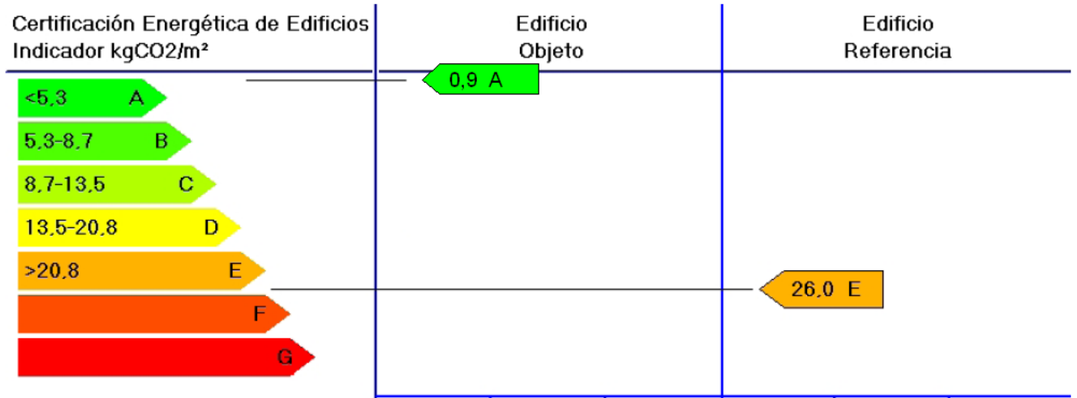
- **EMISIONES BASADAS EN GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE MIX ELÉCTRICO**

EMISIONES GLOBALES (Directas - Indirectas)					
Emisiones Globales Calefacción (kgCO2)	Emisiones Globales Calefacción (kgCO2/m2)	Emisiones Globales ACS (kgCO2)	Emisiones Globales ACS (kgCO2/m2)	Emisiones Globales Totales (kgCO2)	Emisiones Globales Totales (kgCO2/m2)
15.009,31	5,62	2.613,61	0,98	17.622,92	6,60

Una vez finalizado el proceso anterior, dispondremos de los datos necesarios para cumplimentar el cuadro resumen de calificación energética y compararlo con los resultados de la instalación de referencia. A continuación se muestra el cuadro resultante en la evaluación de la Instalación convencional:

1.11.4.2 RESULTADOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA INSTALACIÓN CALDERA INDIVIDUAL MCHP APLICANDO CRITERIOS DE EMISIONES BASADAS EN LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA DE UNA CENTRAL TÉRMICA DE CARBÓN



	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	E	45,3	120988,6	E	65,9	176007,8
Demanda refrigeración	A	1,7	4540,4	B	3,9	10416,2
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	A	0,0	0,0	E	21,1	56354,5
Emisiones CO2 refrigeración	B	0,9	2403,7	C	1,5	4006,2
Emisiones CO2 ACS	A	0,0	0,0	D	3,4	9080,8
Emisiones CO2 totales		0,9	2403,7			69441,6

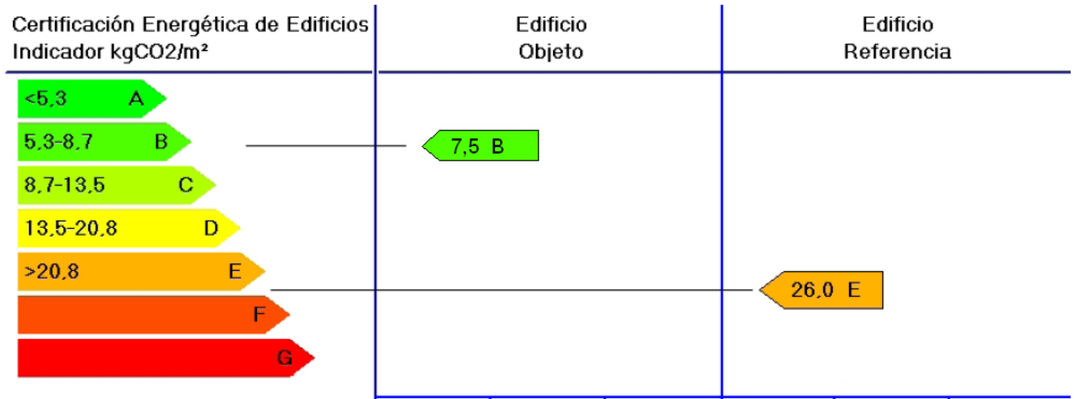
Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	76,3	203827,6	106,6	284752,2
Consumo energía primaria (kWh)	79,2	211643,6	115,9	309464,8
Emisiones CO2 (kgCO2)	0,9	2403,7	26,0	69441,6

COMPARATIVA RESULTADOS

	INSTALACIÓN CONVENCIONAL			INSTALACIÓN INDIVIDUAL MCHP		
	C02/M2	EMISIONES	CALIFICACION	C02/M2	EMISIONES	CALIFICACION
CALEFACCION	10,6	28.310,8	D	0,0	0,0	A
ACS	4,7	12.552,9	E	0,0	0,0	A
GLOBAL	26	69.441,6	E	0,9	2.403,7	A

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA INSTALACIÓN CALDERA INDIVIDUAL MCHP APLICANDO CRITERIOS DE EMISIONES BASADAS EN LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA DEL MIX ELECTRICO CONVENCIONAL



	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	E	45,3	120988,6	E	65,9	176007,8
Demanda refrigeración	A	1,7	4540,4	B	3,9	10416,2
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	B	5,62	15009,31	E	21,1	56354,5
Emisiones CO2 refrigeración	B	0,9	2403,7	C	1,5	4006,2
Emisiones CO2 ACS	A	0,98	2613,61	D	3,4	9080,8
Emisiones CO2 totales		7,5	20026,62			69441,6

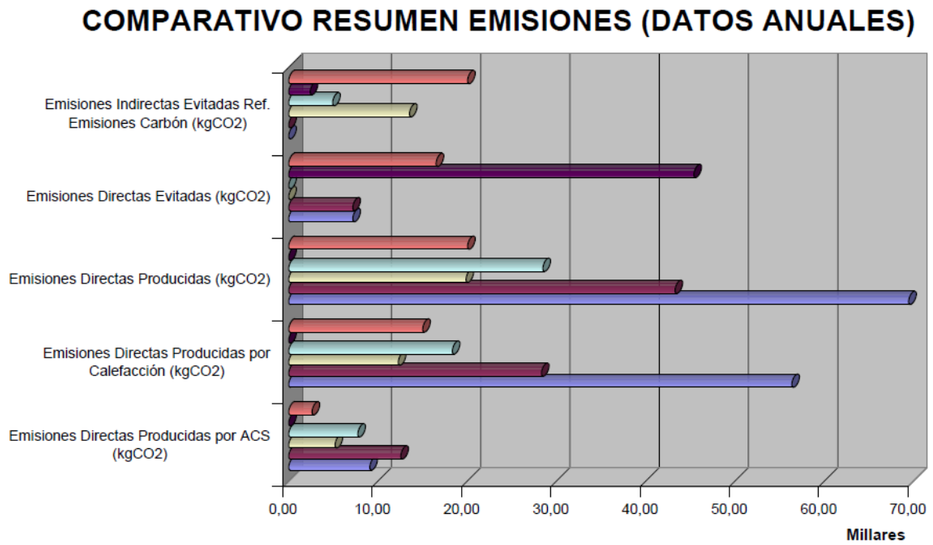
Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	76,3	203827,6	106,6	284752,2
Consumo energía primaria (kWh)	79,2	211643,6	115,9	309464,8
Emisiones CO2 (kgCO2)	7,5	20026,62	26,0	69441,6

COMPARATIVA RESULTADOS

	INSTALACIÓN CONVENCIONAL			INSTALACIÓN INDIVIDUAL MCHP		
	C02/M2	EMISIONES	CALIFICACION	C02/M2	EMISIONES	CALIFICACION
CALEFACCION	10,6	28.310,8	D	5,62	0,0	A
ACS	4,7	12.552,9	E	0,98	0,0	A
GLOBAL	26	69.441,6	E	7,5	20.026,62	B

1.11.5 CUADRO COMPARATIVO RESULTADOS OBTENIDOS EN EFICIENCIA



	Emisiones Directas Producidas por ACS (kgCO2)	Emisiones Directas Producidas por Calefacción (kgCO2)	Emisiones Directas Producidas (kgCO2)	Emisiones Directas Evitadas (kgCO2)	Emisiones Indirectas Evitadas Ref. Emisiones Carbón
mCHP Centr. (Ref. E. Mix Eléctrico)	2.613,61	15.009,31	20.026,62	16.503,76	20.026,62
mCHP Centr. (Ref. E. Carbón)	0,00	0,00	0,00	45.385,34	2.403,70
mCHP Ind. (Ref. E. Mix Eléctrico)	7.736,97	18.323,06	28.463,73	0,00	4.916,99
mCHP Ind. (Ref. E. Carbón)	5.182,31	12.273,00	19.859,01	0,00	13.521,72
Sistema Convencional	12.552,90	28.310,80	43.267,50	7.173,49	0,00
Modelo Referencia	9.080,80	56.354,50	69.441,60	7.173,49	0,00

En el cuadro comparativo adjunto se ha resumido las información obtenida en cuanto a términos globales de emisiones de CO2 para los distintos sistemas analizados en función de los datos obtenidos.

Por una parte se analiza el modelo de referencia equivalente a la instalación convencional ubicada en el edificio de referencia utilizado por Lider y que por tanto consta con los mínimos en cuanto a aislamiento y transmitancias térmicas exigidos por normativa.

Seguidamente encontramos el sistema convencional en analizado en el edificio Objeto, definido según los parámetros extraídos del proyecto.

Posteriormente encontramos las instalaciones mCHP individual y mCHP centralizada analizadas según su aplicación al edificio Objeto y utilizando bases de referencia para el cálculo de emisiones según Energía eléctrica producida por carbón o bien por Mix eléctrico.

En el apartado de conclusiones se analizarán los datos obtenidos.

1.12 ESTUDIO ECONÓMICO

1.12.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Finalmente se ha procedido a realizar las mediciones de la instalación para poder realizar un estudio económico de los costes aproximados y amortización de cada instalación en función de los costes directos de la instalación, el precio y consumo de combustible, coste de mantenimiento así como las posibles compensaciones económicas derivadas de la venta de electricidad a la red.

No obstante como en anteriores ocasiones debido a la extensión de los documentos resultantes se ha optado por incluirlos en los **Anexos 12, 13 y 14** como anexos de mediciones y presupuestos. En su lugar a continuación se mostrará un resumen de los resultados obtenidos.

1.12.2 ESQUEMA GENERAL DEL ESTUDIO

El estudio económico se plantea desde 3 apartados diferenciados con sus respectivos subapartados:

- **Datos Generales:**
  - Nos indica los datos de partida con los que se han realizado los cálculos del estudio.

- **Gastos:**
  - Costes directos instalación: En este apartado se contemplan los gastos directos que supone la instalación en sus distintos capítulos.
  - Coste Combustible: se establecen los criterios y costes estimados por consumo de combustible para cada instalación.
  - Coste por Mantenimiento: Se establecen los criterios y costes par el mantenimiento de las distintas instalaciones.

- **Ingresos:**
  - En el caso de la instalación convencional no existe este apartado ya que no se produce ningún tipo de ingreso directo por la producción de ACS mediante Energía solar térmica, no obstante sí que existe un cierto ahorro de combustible que se contemplará de cara a su amortización.
  - En el caso de las instalaciones mchp individual y centralizada existen unos ingresos directos por la venta de la energía eléctrica generada durante el funcionamiento del la unidad que si bien pueden servir para autoconsumo la ley obliga a que sea vendida, Así pues el estudio se contemplará bajo esta perspectiva que por otro lado es la más rentable.

- **Beneficio**:
  - En primer lugar en se elabora un Beneficio en función de la diferencia entre ingresos y costes de mantenimiento anuales. En el caso de la instalación convencional como ya hemos indicado no tiene ingresos directos por lo que este apartado equivaldría al ahorro de combustible gracias al aporte de ACS generado por energía solar.
  - **TIR*** (Tasa de Retorno Intermedio) calculado a 20 años. Se pretende establecer un nivel de viabilidad al proyecto establecido en función del sobrecoste de la inversión inicial y el beneficio resultante anual.
  - Por último ese beneficio será el que permitirá establecer el ritmo de amortización de la instalación entendiendo por ello la amortización de los costes directos que suponen los distingos grupos de cogeneración.

- **Amortización**:
  - En el caso de la instalación convencional evalúa los años que se tardará en amortizar el sobrecoste por la instalación de E. Solar en función del ahorro energético en combustible. Mientras que en el caso de las instalaciones mCHP evalúa la amortización en años que supone el sobrecoste inicial por el conjunto de la instalación frente a la instalación convencional en función del beneficio anual obtenido.

**** TIR**: La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad*.

1.12.2 CUADRO RESUMEN COMPARATIVO ESTUDIO ECONÓMICO

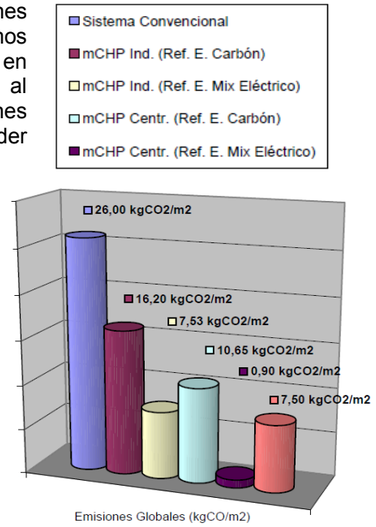
DATOS GENERALES					
DEMANDA ENERGÉTICA					
Nº Viviendas	38			(1) - Fuente Gas Natural	
ACS suministrado por E. Sol.	54,0%			(2) - Fuente I.D.A.E.	
Demanda anual ACS	51.093,2 kW			(3) - Fuente ENDESA	
Demanda anual Calefacción	120.886,0 kW			(4) - Fuente Ecogen	
Total Demanda anual	**171.979,2 kW**			(5 - Fuente energie | wasser-praxis 7/8 2005	
INSTALACIÓN CONVENCIONAL		**INSTALACIÓN MCHP INDIVIDUAL**		**INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA**	
GASTOS					
COSTE DIRECTO INSTALACION					
Instalación individual	134.258,89 €	Instalación individual	67.866,32 €	Instalación individual	67.866,32 €
Instalación Colectiva E. Solar	41.258,88 €	Calderas mchp + valvulería + puesta en marcha	136.971,00 €	Calderas mchp + valvulería + puesta en marcha	34.000,00 €
Instalación Acum, conduc, etc.	36.494,69 €	Instalación Acum, conduc, etc.	39.282,72 €	Conjunto mchp	37.590,33 €
				Instalación Acum, conduc, etc.	99.420,42 €
				Control y gestión	23.102,98 €
Total 38 viviendas	**212.012,46 €**	Total 38 viviendas	**244.120,04 €**	Total 38 viviendas	**261.980,05 €**
Total por vivienda	**5.579,28 €**	Total por vivienda	**6.424,21 €**	Total por vivienda	**6.894,21 €**
COSTE COMBUSTIBLE					
Alquiler contador individual (1)	0,41 €/mes	Alquiler contador individual (1)	0,41 €/mes	Alquiler contador colectivo	48,32 €/mes
Total contadores	186,96 €	Coste 38 contadores	186,96 €	Precio Gas Natural (1)	0,036472 €/kWh
Precio Gas Natural (1)	0,036472 €/kWh	Precio Gas Natural (1)	0,036472 €/kWh	Consumo anual ACS	1.863,48 €
Consumo anual ACS	857,20 €	Consumo anual ACS	1.597,27 €	Consumo anual Calefacción	2.834,82 €
Consumo anual Calefacción	4.408,98 €	Consumo anual Calefacción	3.782,73 €		
Total 38 viviendas	**5.453,14 €**	Total 38 viviendas	**5.566,96 €**	Total 38 viviendas	**4.698,30 €**
Total por vivienda	**143,50 €**	Total por vivienda	**146,50 €**	Total por vivienda	**123,64 €**
COSTE MANTENIMIENTO					
Instalación Solar Colectiva (2)	10,60 €/m2 panel	Mantenimiento mCHP (3)	0,020 €/kWh	Mantenimiento mCHP (5)	0,012 €/kW
Total m2 instalados	35,14 m²	Total Energía E. Generada	11.923,7 kW	Total Energía E. Generada	41.259,4 kW
Total Instalación Solar	372,48 €			Mantenimiento Caldera mCHP	495,11 €
Instalación Individual	75,00 €/año			Mantenimiento C. Secuencial	225,00 €
Instalación 38 viviendas	2.850,00 €				
Total 38 viviendas	**3.409,44 €**	Total 38 viviendas	**238,47 €/año**	Total 38 viviendas	**720,11 €**
Total por vivienda	**89,72 €**	Total por vivienda	**6,28 €**	Total por vivienda	**18,95 €**
TOTAL COSTES FIJOS ANUALES (Combustible + Mantenimiento)					
Total costes fijos 38 Viviendas	**8.862,58 €**	Total costes fijos 38 Viviendas	**5.805,43 €**	Total costes fijos 38 Viviendas	**5.418,41 €**
Total por vivienda	**233,23 €**	Total por vivienda	**152,77 €**	Total por vivienda	**142,59 €**
AHORRO (ENERGIA ACS)		**INGRESOS DIRECTOS ENERGIA PRODUCIDA**			
Aportación ACS solar	54,0%	Electricidad generada ACS	3.540,0 kW	Electricidad generada ACS	17.735,2 kW
Precio Gas Natural (2)	0,036472 €/kWh	Electricidad generada Calef.	8.383,7 kW	Electricidad generada Calef.	23.524,2 kW
Energía aportada paneles	27.590,3 kW	Total Electricidad generada	11.923,70 €/kWh	Total Electricidad generada	41.259,4 kW
		Precio kW eléctrico venta	0,14 €/kWh	Precio kW eléctrico venta	0,14 €/kWh
		Ingresos Electricidad ACS	1.173,71 €	Ingresos Electricidad ACS	2.482,93 €
		Ingresos Electricidad Calef.	1.669,32 €	Ingresos Electricidad Calef.	3.293,38 €
		Total Ingresos Electricidad	**2.843,03 €**	Total Ingresos Electricidad	**5.776,32 €**
		Precio kW Energía térmica (1)	0,036472 €/kWh	Precio kW E. térmica (1)	0,036472 €/kWh
		Ingresos Energía térmica	**6.272,46 €**	Ingresos E. térmica producida	**4.324,38 €**
Ahorro anual ACS Solar 38	**1.006,28 €**	Total ingresos 38 viviendas	**7.941,77 €**	Total ingresos 38 viviendas	**10.100,69 €**
Ahorro anual por vivienda	**26,48 €**	Total ingresos por vivienda	**208,99 €**	Total ingresos por vivienda	**265,81 €**
BENEFICIO					
		TIR (Tasa de Retorno Interno)	**2,89%**	TIR (Tasa de Retorno Interno)	**13,23%**
		Beneficio Anual	**2.136,34 €**	Beneficio Anual	**4.682,29 €**
		Beneficio Anual por vivienda	**56,22 €**	Beneficio Anual por vivienda	**123,22 €**
AMORTIZACION					
Instalación Colectiva E. Solar	**41.258,88 €**	Coste Instalación Convencional	212.012,46 €	Coste Instalación Convencional	212.012,46 €
		Coste Instalación mCHP	244.120,04 €	Coste Instalación mCHP	261.980,05 €
Amortización (E. Solar)	**41,0 años**	Sobrecoste entre Instalaciones	**32.107,58 €**	Sobrecoste entre Instalaciones	**49.967,59 €**
		Beneficio Anual	**2.136,34 €**	Beneficio Anual	**4.907,29 €**
		Amortización sobrecoste instalación mCHP	**15,0 años**	Amortización sobrecoste instalación mCHP	**10,2 años**

En el apartado de conclusiones se analizarán los datos obtenidos.

CONCLUSIONES

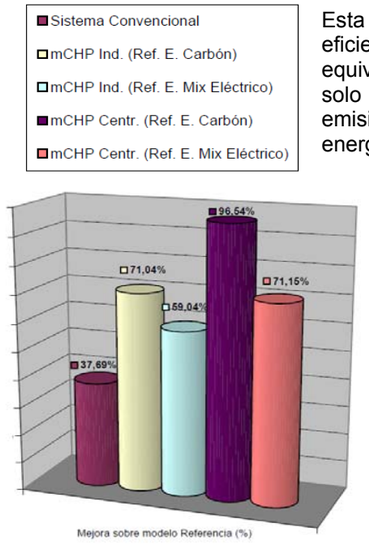
1 CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En primer lugar cabe destacar las diferencias entre resultados de emisiones obtenidos en función de la base de referencia que se establezca (Recordemos que E. Carbón 1'10 kgCO2/kWh y E. Mix 0'40 kgCO2/kWh). Se debe tener en cuenta ese detalle a la hora de interpretar los resultados, no obstante al margen de esto se ha constatado una vez más que las instalaciones centralizadas ofrecen claramente mejoras en la eficiencia energética al poder suministrar la misma demanda con menores consumos y emisiones.



Otro aspecto destacable es que, al margen de la base de referencia utilizada para evaluar las emisiones de CO2 equivalentes, tanto en los casos de mCHP basados en motores de combustión externa, la electricidad generada ha sido capaz por sí sola de justificar la reducción de emisiones equivalentes que permiten sobradamente garantizar el cumplimiento del CTE-HE4 en su apartado de contribución solar mínima.

En cuanto a resultados directos, en términos de rendimiento de los sistemas de cogeneración, llama la atención que a pesar de que los equipos de mchp individuales sumaban un potencial de generación eléctrica de 38kWh frente a los 9'5kWh de la unidad centralizada, han terminado produciendo menos electricidad que la instalación centralizada, si bien se han cumplido las expectativas. Esto se explica en parte por la relación potencia térmica/eléctrica que ofrecen los dos sistemas siendo inferior en el caso del sistema individual.



Esta menor cantidad de producción eléctrica también ha jugado en contra de la eficiencia energética del sistema mchp individual al ser menor su ahorro equivalente en emisiones de CO2. Como se aprecia en el gráfico adjunto tan solo se iguala el sistema individual al centralizado en el caso de que las emisiones de referencia. Por tanto en este caso la mejora de la eficiencia energética es doble, al combinar la mejora en la eficiencia de la producción de energía térmica centralizada junto con la aportación de energía eléctrica generada por los excedentes de calor con rendimientos bastante elevados.

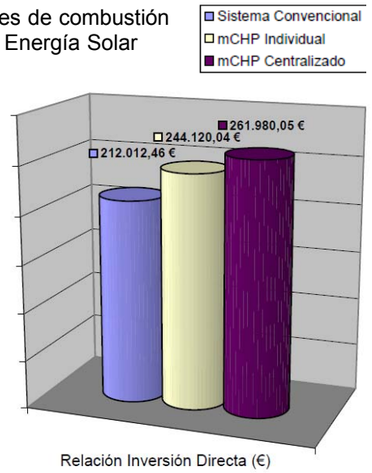
Otro aspecto destacable es la posibilidad que ofrecen estas calderas de cogeneración basadas en motores de combustión externa cuando permiten utilizar Biogas de origen renovable como combustible. Como ya se explicó en el apartado correspondiente, se descartó esa opción en el análisis por no ser un combustible representativo de los estándares actuales del mercado. De haberse contemplado esta posibilidad, las mejoras en la calificación energética hubiera sido más que evidentes ya que incluso aunque los rendimientos fueran inferiores, las emisiones directas generadas por combustibles renovables automáticamente se hubieran contabilizado como "0'0".

Siguiendo con el análisis cabría destacar que los rendimientos de este tipo de instalaciones están muy ligadas a la demanda que tengan y por tanto a la climatología de la región. A nivel teórico cuanta más demanda se les exija más rendimiento se obtiene y más eficientes son. Por tanto cuanto más frío sea el clima donde se ubiquen teóricamente más demanda tendrán y por tanto mejores resultados se obtendrá en comparación con sistemas de Energía Solar que por el contrario bajan notablemente su rendimiento cuanto más fría es la climatología.

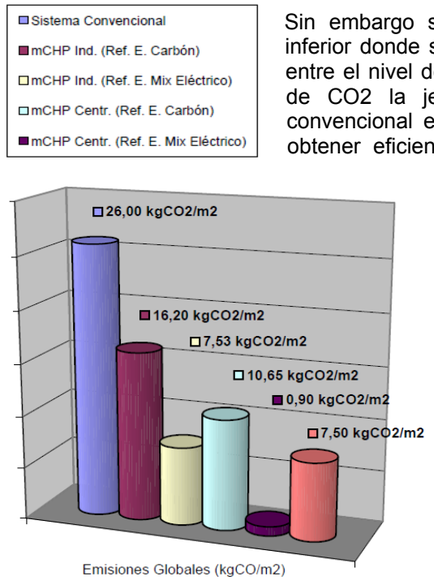
Para finalizar otro detalle importante en este aspecto es que además de lo anteriormente comentado los sistemas mCHP al basar su fuente de energía en un suministro de combustible regular no se verá alterada su producción energética por los ciclos día-noche o por la climatología que sí que afecta a los sistemas estándar basados en Energía Solar.

2 CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO ECONÓMICO

Como ya se ha comprobado las instalaciones mCHP basadas en motores de combustión externa han demostrado la posibilidad de prescindir de la instalación de Energía Solar para el cumplimiento de la normativa correspondiente al ofrecer una reducción de emisiones superior a la ofrecida por estos sistemas. Esto les hace reducir notablemente los costes de inversión inicial al poder prescindir de los sistemas de Energía Solar.



A pesar de ello, si comparamos los distintos presupuestos iniciales tal y como se observa en el gráfico adjunto, la instalación convencional es la que presenta un coste directo menor de entre las 3 opciones estudiadas con un presupuesto de 212.012€, le sigue de cerca la instalación individual mCHP con un sobrecoste de un 15'2% y en tercer lugar se sitúa la instalación centralizada con un sobrecoste del 23'6% respecto a la instalación convencional. De entrada esto podría ser desalentador a la hora de plantear este tipo de sistemas como una opción viable.

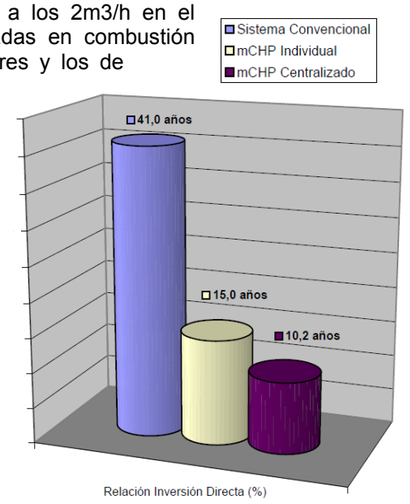


Sin embargo si observamos el gráfico inferior donde se establece una relación entre el nivel de inversión versus ahorro de CO2 la jerarquía se invierte totalmente. La baja eficiencia del sistema convencional en relación a su inversión la sitúa como la más cara a la hora de obtener eficiencia energética, en medio quedaría la inversión del sistema CHP individual y en primer lugar encontraríamos la instalación CHP centralizada que presenta los mejores rendimientos en relación a la inversión inicial. Una vez más debemos prestar atención al tipo de emisiones de referencia que utilicemos para valorar la eficiencia energética de los distintos sistemas ya que este factor variará sensiblemente los resultados finales.

Otro aspecto en el que se mantiene esta jerarquía se ha constatado a la hora de evaluar los costes de consumo de combustible así como de mantenimiento ya que los sistemas basados en combustión externa presentan unos costes notablemente inferiores en ambos casos.

Si para una caldera de similar potencia pero de combustión externa los costes de mantenimiento se sitúan entorno a los 0'02€/kWh y los de combustible entorno a los 2m3/h en el caso de las unidades basadas en combustión externa esta cifra se sitúa en los 0'012€/kWh, es decir un 40% inferiores y los de consumo de combustible se sitúan entorno a los 1,50m3/h es decir entorno a un 25% de ahorro.

Este ahorro se explica gracias a que la simplicidad de su mecánica minimiza las averías, el consumo de aceite, reduce las pérdidas por fricción y calor, la necesidad de refrigeración. Por si fuera poco los intervalos de mantenimiento, que pueden alcanzar las 8000h frente a las 6000h de las mejores calderas de combustión interna.



Como resultado, a pesar de los sobrecostes iniciales los sistemas mCHP basados en motores de combustión externa permiten periodos de amortización muy superiores tal como se observa en el gráfico anterior. De nuevo en la instalación convencional se ve relegada al peor puesto, seguida de la instalación mCHP individual y por último encontramos a la instalación centralizada que a pesar de ser la más cara se amortiza en menos tiempo.

3 CONCLUSIONES GENERALES

De entrada merece una mención especial la problemática y dificultad derivada de las distintas limitaciones técnicas que se han encontrado en los programas LIDER y CALENER a la hora de evaluar edificios residenciales de una cierta complejidad así como sistemas de producción de energía térmica fuera del estándar. Resulta paradójico que los programas oficiales destinados a evaluar y mejorar el nivel de eficiencia energética sea precisamente el que por sus limitaciones no permita aplicar nuevas tecnologías que mejoren las alternativas convencionales. Como ya se ha visto estas limitaciones han complicado y obligado a proponer alternativas que tal vez hayan desvirtuado en parte la precisión de los resultados por lo que debe tenerse en cuenta este factor a la hora de interpretar los datos.

Así pues ha quedado de manifiesto la importancia de una buena precisión en las estimaciones de cálculo y dimensionado para una correcta evaluación de las distintas alternativas que puedan plantearse a la hora de decantarse por la elección de uno u otro sistema.

En cualquier caso el objetivo principal de este estudio era comprobar el grado de eficiencia energética así como de viabilidad de las instalaciones de microcogeneración basadas en motores de combustión externa y a tenor de los resultados obtenidos ambos aspectos del estudio han sido satisfactorios.

Parte de este éxito se debe al principio mismo de la tecnología Stirling, pues mientras que en las unidades basadas en combustión interna se genera electricidad y se aprovecha el excedente de calor para abastecer sistemas de ACS y Calefacción, en los sistemas CHP basados en tecnología de combustión externa se produce electricidad con los excedentes de energía térmica resultantes de la producción de ACS y Calefacción. Esta idea del “reciclaje” de calor se puede confirmar como una alternativa viable tanto desde el punto de vista de eficiencia energética como desde el punto de vista económico.

Sin embargo es importante aclarar que esa misma naturaleza de dependencia basada en el reciclado de calor implica a su vez que la eficiencia y productividad de este tipo de tecnologías aumentan conforme aumenta la demanda de térmica, por lo que en principio estos sistemas mejoran sus resultados en climas fríos, mientras que en el caso de la alternativa basada en sistemas de energía solar resultan más productivos con climas cálidos y soleados. Este factor por sí solo puede condicionar la viabilidad de una instalación, por lo que se hace hincapié en la importancia de realizar estudios lo más precisos posibles pues sería incorrecto generalizar el uso de estas tecnologías de forma indiscriminada como panacea puesto que en determinados casos puede no resultar una alternativa viable desde un punto de vista de eficiencia energética y rentabilidad.

Al margen de todo lo anterior se debe resaltar que los motores de combustión externa gracias a su naturaleza mecánica permiten ampliar la variedad de fuentes de energía que utilizan incluyendo energías renovables, lo cual añadido a su diseño más eficiente desde un punto de vista de rendimiento energético es en conjunto una de las principales ventajas frente a sistemas convencionales destinados a la CHP.

Si bien el nivel de prestaciones que ofrecen las unidades CHP basadas en motores de combustión externa que existen en el mercado no ofrecen, por el momento, mejoras espectaculares en las prestaciones que puedan justificar su sobrecoste inicial sí que se ha comprobado que a la larga ofrecen rendimientos que justifican el sobrecoste tanto desde un punto de vista de eficiencia energética como desde un punto de vista económico.

No obstante teniendo en cuenta el desarrollo que están experimentando este tipo de sistemas, es cuestión de tiempo que se alcancen mejores resultados en las prestaciones. Hay que tener en cuenta que hace unos años este tipo de tecnología Stirling permanecía casi olvidada y en relativamente poco tiempo ha evolucionado hasta cotas actuales en las que puede competir directamente con los estándares del mercados de la cogeneración representado por las unidades basadas en tecnología de combustión interna.

Por ello podemos concluir que en una sociedad cada vez más exigente en términos de eficiencia energética y en el uso de energías limpias que permitan alcanzar mayores cotas de sostenibilidad, la tecnología de motores de combustión externa, con la tecnología Stirling como punta de lanza, tienen un campo de desarrollo con un elevado potencial en el sector de la Cogeneración, así como otros tantos sectores. Por ello desde este estudio se invita a tener presente este tipo de tecnologías como una alternativa viable y con amplias posibilidades de desarrollo y promoción con el objetivo de satisfacer la demanda energética mediante sistemas más limpios y eficientes.

BIBLIOGRAFÍA

NORMATIVA

CÓDIGO TÉCNICO EDIFICACIÓN: CTE-HE
http://www.codigotecnico.org

PROGRAMA LIDER
http://www.codigotecnico.org/web/recursos/aplicaciones/contenido/texto_0002.html

PROGRAMA CALENER
http://www.mityc.es/ENERGIA/DESARROLLO/EFICIENCIAENERGETICA/CERTIFICACIONENERGETICA/PROGRAMACALENER/Paginas/DocumentosReconocidos.aspx

DECRETO ECOEFICIENCIA GENERALITAT
http://www.gencat.cat/diari_c/4574/06033084.htm

DIRECTIVA EUROPEA COGENERACIÓN
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:12:03:32004L0008:CS:PDF

REAL DECRETO 1030-2007 PNA 2008-2012
http://www.acogen.org/sitio/pdfs/34.pdf

REAL DECRETO 661-2007 - Regimen Especial
http://www.acogen.org/sitio/pdfs/33.pdf

REAL DECRETO 616-2007 - Fomento Cogeneración
http://www.acogen.org/sitio/pdfs/32.pdf

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

CHP STIRLING V161
http://www.cleanergyindustries.com

CHP WHISPERGEN
http://www.whispergen.com

CALEFACCIÓN Y ENERGÍA SOLAR SAUNIER DUVAL
www.saunierduval.es

CALEFACCIÓN VIESMAN VITOPEND
www.viessmann.es

REFERENCIAS VARIAS

HISTORIA: ROBERT STIRLING
http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Stirling
http://www.stirlingengines.org.uk/pioneers/pion2.html
http://www.electricscotland.com/history/men/stirling_robert.htm

MOTORES COMBUSTIÓN EXTERNA
http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_externa
http://www.cochesdeaire.com/aviso.html
http://vehiculosverdes.com/transportes-especiales/proxima-presentacion-motor-frio-de-combustion-externa/gmx-niv85-con202.htm
http://www.patentesonline.com.mx/motor-de-combustion-externa-42228.html

MOTORES COMBUSTIÓN INTERNA
http://www.monografias.com/trabajos14/impacto-ambiental/impacto-ambiental.shtml
http://www.todomotores.cl/mecanica/el_motor.htm
http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna

MOTOR STIRLING
http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling
http://personales.able.es/jgros/tipos.htm
http://www.stirlingengine.com/
http://didactica.usach.cl/motordestirling.pdf

CALDERAS COGENERACIÓN
http://www.epa.gov/chp/
http://www.envocare.co.uk/condensing_boilers.htm
http://www.gasairconditioning.org/chp_how_it_works.htm
http://www.envocare.co.uk/combined_heat_and_power.htm

COGEN: ESPAÑA - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA COGENERACIÓN
http://www.cogenspain.org

ACOGEN: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE COGENERACIÓN
http://www.acogen.org

LEVENGER: IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES
http://www.levenger.es

PLATAFORMA SOLAR ALMERÍA
http://www.psa.es/

SISTEMAS DISTAL Y EURODISH
http://www.psa.es/webesp/instalaciones/discos.php

PROYECTOS TECNOLOGÍA STIRLING EN COGENERACIÓN Y SOLAR
http://www.stirlinginternational.org
http://mkv.dgc.dk/Nyhedsservice/mkv_seminar_081002/oj_STIRLING.pdf
http://www2.fh-muenster.de/FB1/Koenig/englisch/stirlingmaschine.shtm
http://www.opet-chp.net/download/wp2/WP2_best_practice_Germany_2.pdf
http://www.meike.com/solarpaces.au/symposium/papers/Hell1.pdf

EMISIONES C02
http://www.ceroco2.org/calcular/Default.aspx
http://www.idae.es/
http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen
http://www.mityc.es/es-ES/Paginas/index.aspx
http://www.endesa.com
http://www.gasnatural.com

AGRADECIMIENTOS

Desde este apartado quisiera dar las gracias a mis tutores Toni y Luís, por su tiempo y paciencia. a mi familia, por su apoyo incondicional, a los creadores del documental que inspiró este proyecto. A Robert Stirling, por su contribución a crear una tecnología innovadora. Por último a todas aquellas personas que a diario trabajan en la búsqueda, y desarrollo de sistemas que permitan crear una sociedad cada vez más sostenible en todos los sentidos.

CONTENIDO DEL CD

Carpeta PFG…….....…….. Documentación principal en formato PDF

- Resumen
- PFG

Carpeta Anexos …….....……..Conjunto de Anexos en formato PDF

- Anexo 1. RESULTADOS - LIDER
- Anexo 2. DEMANDA ENERGÉTICA LIDER
- Anexo 3. CARGAS TÉRMICAS CYPE 2008
- Anexo 4. MEMORIA INSTALACIONES E. SOLAR
- Anexo 5. DIMENSIONADO RADIADORES EN INSTALACIÓN CONVENCIONAL
- Anexo 6. DIMENSIONADO RADIADORES EN INSTALACIÓN MCHP INDIVIDUAL
- Anexo 7. DIMENSIONADO RADIADORES EN INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA
- Anexo 8. DIMENSIONADO DE TUBERÍAS
- Anexo 9. CALCULOS EMISIONES Y GENERACIÓN ELÉCTRICA EN INSTALACIÓN mCHP INDIVIDUAL
- Anexo 10. CALCULOS EMISIONES Y GENERACIÓN ELÉCTRICA EN INSTALACIÓN mCHP CENTRALIZADA
- Anexo 11. RESULTADOS CALENER PARA INSTALACIÓN CONVENCIONAL
- Anexo 12. PRESUPUESTOS Y MEDICIONES PARA INSTALACIÓN CONVENCIONAL
- Anexo 13. PRESUPUESTOS Y MEDICIONES PARA INSTALACIÓN MCHP INDIVIDUAL
- Anexo 14. PRESUPUESTOS Y MEDICIONES PARA INSTALACIÓN MCHP CENTRALIZADA
- Anexo 15. COMPROBACIÓN CUMPLIMIENTO CTE-HE1 Y D. ECOEFICIENCIA

Carpeta Planos …….....……...…… Documentación gráfica en formato PDF

- Anexo 16. PLANOS INSTALACIÓN CONVENCIONAL
    - Solar – Pb
    - Solar – P1
    - Solar – Cub
    - Conv – Pb
    - Conv – P1
- Anexo 17. PLANOS INSTALACIÓN INDIVIDUAL MCHP
    - MCHP – Indv – PB
    - MCHP – Indv – P1
- Anexo 18. PLANOS INSTALACIÓN CENTRALIZADA MCHP
    - MCHP – Cen – Sot
    - MCHP – Cen – Pb
    - MCHP – Cen – P1
- Anexo 19. PLANOS DETALLES CONSTRUCTIVOS
    - Detalles constructivos 1
    - Detalles constructivos 2