



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO EN LA
SUSTITUCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LA
ACTUAL CALDERA DE GAS NATURAL POR
UNA DE BIOMASA.

León, Julio de 2015

Autor: Diego Abril Moreno

Tutor: Olegario Martínez Morán

El presente proyecto ha sido realizado por D. Diego Abril Moreno, alumno de la [Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas](#) de la [Universidad de León](#) para la obtención del título de Grado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D. Olegario Martínez Morán, profesor del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D. Diego Abril Moreno
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D. Olegario Martínez Morán
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

La finalidad del proyecto consiste en realizar la sustitución de la caldera de gas natural por una caldera de biomasa, para suministrar calefacción y A.C.S. al edificio. En un primer lugar se ha estudiado la biomasa y posteriormente se ha hecho un estudio de la demanda calorífica del edificio.

Se ha justificado la elección del nuevo combustible como de los elementos a modificar o adquirir con esta mejora. Después de estudiar la viabilidad técnica y económica podemos concluir que utilizar biomasa aporta un gran ahorro además de evitar emisiones de CO₂.

ABSTRACT

The purpose of the project consists of performing the substitution of natural gas boilers by biomass boilers to provide the heating and S.H.W. to building. In first place, it been made a study of biomass, in addition, it has been a study of building's calorific demand.

It was justified the chose of new fuel as all elements to modified or buy for this improvement. After studying the technical and economical viability, we can conclude that using biomass provides us an important saving as to avoid CO₂.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT.....	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	11
2 LEGISLACIÓN.....	13
3 INTRODUCCIÓN A LA BIOMASA.....	14
3.1 Clasificación de la biomasa.....	14
3.2 Características de la biomasa.....	16
3.3 Tratamientos previos.....	17
3.4 Formas de energía obtenidas.....	19
3.5 Ventajas y desventajas de la biomasa.....	20
3.5.1 Ventajas.....	20
3.5.2 Desventajas.....	21
3.6 Aplicaciones.....	22
3.6.1 Usos térmicos en el sector residencial y terciario.....	22
3.6.2 Sector industrial.....	22
3.6.3 Usos eléctricos.....	22
3.7 Situación actual de la biomasa.....	22
3.7.1 Situación en España.....	23
4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	24
4.1 Descripción de los cerramientos.....	27
5 MEMORIA INSTALACIÓN DE LA CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE A.C.S.....	28
5.1 Horarios de funcionamiento.....	28
5.2 Condiciones exteriores.....	28
5.3 Sistemas de climatización.....	28
5.4 Redes de tuberías.....	29

5.5	Centrales de producción de calor.	29
5.6	Características caldera.	29
5.7	Unidades terminales.	30
5.8	Chimeneas.	35
5.9	Sistemas de expansión.	35
5.10	Cuadros eléctricos.	35
5.11	Sistemas de control.	35
5.12	Características del combustible.	36
5.13	Estimación de los consumos gas natural.	37
5.14	Acometida a Estación de Regulación y Medida (ERM).	38
5.15	Estación de Regulación y Medida.	38
5.16	Redes de distribución.	38
5.17	Ventilación.	39
5.18	Medidas de seguridad.	39
5.19	Protocolo de pruebas.	40
6	JUSTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES CALORÍFICAS.	41
6.1	Calculo de la demanda térmica de calefacción.	41
6.1.1	Metodología a llevar a cabo según el CTE.	41
6.1.2	Cálculos específicos para el edificio en estudio.	50
6.2	Calculo de la demanda térmica de A.C.S.	54
6.3	Potencia total de la caldera.	55
7	TIPO DE BIOMASA A UTILIZAR COMO COMBUSTIBLE.	56
7.1	Pélet de madera.	56
7.2	Astillas.	58
7.3	Hueso de aceituna.	60
7.4	Elección del combustible a utilizar.	61
8	TIPO DE CALDERA DE BIOMASA A UTILIZAR.	63
8.1	Elección de la caldera a utilizar.	64
8.2	Funcionamiento de la caldera.	66
9	Dimensionado de la sala de calderas.	68
9.1	Sistema de almacenamiento, silo.	68
9.1.1	Ubicación del silo.	69

9.1.2	Calculo de la capacidad del silo.	69
9.1.3	Carga del silo.	70
9.1.4	Seguridad en el silo.	71
9.1.5	Elección del silo a instalar.	72
9.2	Sistema de alimentación del combustible.	73
9.2.1	Elección del tornillo sinfín a instalar.	73
9.3	Tolva.	74
9.4	Ventilación de la sala de calderas.	74
9.5	Sistema de evacuación de humos, chimenea.	75
9.5.1	Emisiones producidas.	76
9.6	Tratamiento de las cenizas.	77
9.7	Ruido producido por la sala de calderas.	78
10	Seguridad en la nueva instalación.	80
11	ESTUDIO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN.	83
11.1	Amortización de la instalación.	83
11.2	Viabilidad de la inversión.	86
11.2.1	Valor Actual Neto (VAN).	87
11.2.2	Tasa Interna de Retorno (TIR).	88
12	CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA.	91
12.1	Descripción de un certificado energético.	91
12.1.1	Contenido de un certificado de eficiencia energética.	91
12.1.2	Programas informáticos reconocidos.	92
12.2	Procedimiento llevado a cabo para la obtención del certificado.	93
12.2.1	Descripción.	96
12.2.2	Envolvente térmica.	97
12.2.3	Opciones.	102
12.2.4	Creación del edificio en el espacio 3D.	104
12.2.5	Introducción del sistema.	116
13	CONCLUSIONES.	123
14	BIBLIOGRAFÍA.	124
15	ANEXOS.	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Clasificación de la Biomasa. Fuente: http://ecodesarrollo.cl	16
Ilustración 2. Proceso de transformación y aprovechamiento de la Biomasa. Fuente: http://www.fao.org	20
Ilustración 3. Balance energético en España, 2011. Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo.	23
Ilustración 4. Plano Situación Edificio.....	26
Ilustración 5. Vista Satélite de la localización del Edificio.	26
Ilustración 6. Pélet de madera.....	57
Ilustración 7. Astilla de madera.	59
Ilustración 8. Hueso de aceituna.	60
Ilustración 9. Caldera DCM BIG 130kW.	65
Ilustración 10. SUPER SILO SP modelo SP 250.....	72
Ilustración 11. Tornillo sin fin rígido.	74
Ilustración 12. Sistema de extracción de cenizas.	78
Ilustración 13. División zonas Semisótano.....	94
Ilustración 14. División zonas Planta Baja.....	94
Ilustración 15. División zonas Planta Primera.....	95
Ilustración 16. División zonas Planta Segunda.....	95
Ilustración 17. Descripción del Proyecto.	97
Ilustración 18. Cerramiento Pared Exterior.	98
Ilustración 19. Cerramiento Pared Interior.	99
Ilustración 20. Cerramiento Forjado.....	99
Ilustración 21. Cerramiento Cubierta.	100
Ilustración 22. Cerramiento Ventana Exterior.....	101
Ilustración 23. Cerramiento Puerta Exterior.....	102
Ilustración 24. Espacio de trabajo.....	103
Ilustración 25. Construcción.	104
Ilustración 26. Cotas Planos.....	105
Ilustración 27. Propiedades Planta.	106

Ilustración 28. Inserción de Esferas Creación de Plantas.	107
Ilustración 29. Creación de Espacios en Planta.	108
Ilustración 30. Designación de los Espacios.....	109
Ilustración 31. Edificación de los Espacios.....	110
Ilustración 32. Muros en 3D.....	110
Ilustración 33. Edición de Muros.	111
Ilustración 34. Opciones del Forjado.	111
Ilustración 35. Creación de los forjados.	112
Ilustración 36. Creación de la Cubierta.....	113
Ilustración 37. Cubierta Edificio 3D.	113
Ilustración 38. Eliminación de Muros de la cubierta.	114
Ilustración 39. Creación de las Ventanas.....	115
Ilustración 40. Propiedades de las Ventanas.....	116
Ilustración 41. Biblioteca Sistema.....	117
Ilustración 42. Unidad Terminal.....	117
Ilustración 43. Acumulador.....	118
Ilustración 44. Nombre del Sistema.....	118
Ilustración 45. Equipos del Sistema.	119
Ilustración 46. Demanda de A.C.S.....	119
Ilustración 47. Unidades Terminales.	119
Ilustración 48. Certificación Energética con gas natural.	121
Ilustración 49. Certificación Energética con biomasa.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficies por plantas.....	25
Tabla 2. Distribución según el uso.	26
Tabla 3. Comparación calderas.....	30
Tabla 4. Consumo calorífico vivienda A. (Planta baja).....	31
Tabla 5. Consumo calorífico vivienda B. (Planta baja).....	31
Tabla 6. Consumo calorífico vivienda C. dúplex (Planta baja).	32
Tabla 7. Consumo calorífico vivienda A. (Planta 1º).....	32
Tabla 8. Consumo calorífico vivienda B. (Planta 1º).	33
Tabla 9. Consumo calorífico vivienda A. (Planta 2º).....	33
Tabla 10. Consumo calorífico vivienda B. (Planta 2º).	34
Tabla 11. Consumo calorífico vivienda C. (Planta 2º).	34
Tabla 12. Cargas eléctricas sala de calderas.	35
Tabla 13. Características del gas natural.	37
Tabla 14. Temperaturas interiores.	42
Tabla 15. Valores de las resistencias térmicas superficiales.	43
Tabla 16. Coeficiente de transmisión Cubierta.....	44
Tabla 17. Coeficiente de transmisión Ventanas.	45
Tabla 18. Coeficiente de transmisión Puertas.	45
Tabla 19. Renovaciones por hora de edificios de viviendas.	47
Tabla 20. Suplemento por orientación.	49
Tabla 21. Propiedades de los biocombustibles sólidos.	56
Tabla 22. Características de un pélets de madera estándar.....	57
Tabla 23. Características de las astillas de madera.	59
Tabla 24. Características del hueso de aceituna.....	61
Tabla 25. Dimensiones caldera.	66
Tabla 26. Características de la caldera 1.....	66
Tabla 27. Características de la caldera 2.....	66
Tabla 28. Volumen de almacenamiento necesario por kW de potencia estimada.....	70

Tabla 29. Área del silo para una altura de 2,5 m.	70
Tabla 30. Dimensiones silo.	73
Tabla 31. Límites de emisiones para calderas de diferentes tipos de biomasa y potencias.	77
Tabla 32. Composición de las cenizas de un pélet de madera.	78
Tabla 33. Coste de la inversión.	83
Tabla 34. Resumen del periodo de Recuperación.	86
Tabla 35. Análisis VAN.	88
Tabla 36. Análisis TIR.....	89
Tabla 37. Demandas Caloríficas.....	96

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

Las energías renovables se plantean actualmente como la alternativa a las denominadas energías convencionales aunque no son energías nuevas. El empleo de las energías convencionales ha sido generalizado, hasta la llegada de fuentes de energía alternativa, para minimizar el consumo de las primeras, entre ellas se puede encontrar el petróleo, el carbón y el gas natural. Se ha conseguido que, en España, las energías renovables representen ya el 20% de la energía consumida y teniendo cada vez un valor más en alza y representativo en nuestra base de consumo energético.

Aunque para la mayoría de la gente las formas más comunes de energía renovable son las que provienen del sol o del viento, energía solar y eólica respectivamente, existen otras fuentes como la **biomasa**, que ya son un alto porcentaje de la energía consumida en el mundo y tiene un potencial suficiente para suplir gran parte de los volúmenes que representan las energías convencionales.

Estas nuevas energías se pueden denominar energías limpias ya que muchas de ellas no producen contaminantes a la atmósfera como el SO₂ o el CO₂ muy perjudiciales también para nuestra propia salud. Aunque como es el caso de la biomasa, se tenga que proceder a la combustión obteniendo así CO₂ la cantidad de este gas se puede considerar la misma que la que fue captada mediante la fotosíntesis de las plantas durante su crecimiento. El uso de los combustibles tradicionales perjudica notablemente al medio ambiente en el que vivimos y perjudica nuestra salud.

No se trata de una fuente de energía de reciente descubrimiento o novedosa, se puede considerar todo lo contrario y ser la primera. Desde la prehistoria la forma más común de conseguir calor era mediante la combustión directa en hogueras de palos de leña y así conseguir cocinas artesanales, o “pequeñas calderas” para generar calor.

Pero lo que si se ha conseguido es mejorar y aumentar la calidad y eficiencia de los sistemas empleados consiguiendo resultados capaces de ser una alternativa y a veces una gran mejora frente a los recursos actuales.

Existen zonas denominadas “granjas energéticas” que pueden llegar a suplir un alto porcentaje de las necesidades energéticas mundiales, y a la vez revitalizar las economías rurales, proveyendo energía en forma independiente y segura a la vez que da unos importantes beneficios ambientales. Las comunidades rurales pueden ser por lo tanto energéticamente auto suficientes en un alto grado, a partir del uso racional de los residuos y administrando inteligentemente la biomasa disponible en la localidad.

Actualmente los procesos modernos de conversión solamente suplen el 3% del consumo de energía primaria en países industrializados. Sin embargo para gran parte de la población rural de países subdesarrollados llega a representar cerca del 50%, al depender de la biomasa tradicional, leña, como fuente de energía primaria. Esta supe aproximadamente el 35% del consumo de energía primaria en países subdesarrollados y alcanza el 14% del total de la energía consumida a nivel mundial.

Las calderas diseñadas para un bloque o edificio de viviendas son equiparables en su funcionamiento a las habituales de gasóleo C o gas natural, generando calefacción y agua caliente. Debido a la necesidad de disponer de un lugar amplio y seco para el almacenamiento del biocombustible, este tipo de instalaciones pueden tener problemas en edificios con salas de calderas pequeñas y poco espacio aprovechable. En cambio son una buena solución tanto económica como medioambiental, para edificios de nueva construcción.

Después de lo planteado anteriormente, el **objetivo** de este trabajo se va a centrar en el estudio de una energía renovable y cada vez más en alza como es la biomasa. La cual se ofrece como una nueva alternativa a las demandas de la sociedad actual como pueden ser la producción de calor o electricidad muy indispensables en el día a día.

En los siguientes apartados de este trabajo se va a plantear la mejora que supone la sustitución de la actual caldera de gas natural con la que cuenta el edificio por una de biomasa, analizando también dentro de las diferentes marcas y modelos que hay en el mercado la más idónea para este caso, escogiendo, también, el mejor combustible con el que alimentar la caldera, que produzca un mayor ahorro económico.

Otra de las metas que va a perseguir el trabajo, será la de hacer un análisis de la cantidad de CO₂ que se va a dejar de producir. Esto es muy importante para el edificio de estudio, teniendo en cuenta las nuevas leyes que se han aprobado, en el que cuanto menos contaminante sea un edificio mejor certificación energética y mejor posición tendrá este en el mercado inmobiliario.

2 LEGISLACIÓN.

A continuación se van a citar las leyes y normativa que se ha tenido en cuenta para la realización de este trabajo.

- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, establece las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas tanto en las fases de diseño, dimensionado y montaje, como durante su uso y mantenimiento.
- Código Técnico de Edificación.
- R.D. 275/1995.
- Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE. Requisitos de rendimiento para calderas nuevas de agua caliente alimentadas por combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la directiva 93/63/CEE.
- Disposición Adicional Trigésima Segunda de la Ley 36/2014, de 29 Diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2015.
- Ordenanzas Municipales.

3 INTRODUCCIÓN A LA BIOMASA.

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía, también a las provenientes de la agricultura, del aserradero y de los residuos urbanos. Es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego.

Se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del Sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las plantas captura su energía, y convierte el dióxido de carbono (CO₂) del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen.

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía; transformándola en combustibles líquidos o gaseosos más convenientes y eficientes.

3.1 Clasificación de la biomasa.

Las fuentes de biomasa que pueden ser usadas para la producción de energía pueden ser clasificadas de la siguiente forma, atendiendo a su origen y la composición de cada uno de ellos:

- 1) **Biomasa natural:** La que se produce en ecosistemas naturales. La explotación intensa de este recurso suele ser compatible con la protección del entorno.
- 2) **Biomasa residual:** Incluye los residuos forestales y agrícolas, los residuos producidos por industrias forestales y agrícolas, los residuos sólidos urbanos y los residuos biodegradables como efluentes ganaderos, lodos de depuradoras, aguas residuales urbanas...
- 3) **Cultivos energéticos:** Realizados con el único objeto de su aprovechamiento energético, caracterizados por una gran producción de materia viva por unidad de tiempo (especies agrícolas herbáceas anuales o plurianuales y especies forestales leñosas de crecimiento rápido como chopo, sauce, eucalipto...)
- 4) **Excedentes agrícolas:** Constituidos por los productos agrícolas que no emplea el hombre:
 - Residuos forestales: Se originan en los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales, tanto para la defensa y mejora de éstas como para la obtención de materias primas para el sector forestal. Los residuos generados en las operaciones de limpieza,

poda, corta de los montes pueden utilizarse para usos energéticos dadas sus excelentes características como combustibles.

- Residuos agrícolas leñosos: Las podas de olivos, viñedos y árboles frutales. Es necesario realizar un astillado o empaclado previo a su transporte que unido a la estacionalidad de los cultivos aconseja la existencia de centros de acopio de biomasa donde centralizar su distribución.
- Residuos agrícolas herbáceos: Se obtienen durante la cosecha de algunos cultivos, como los de cereales. La disponibilidad del recurso depende de la época de recolección y de la variación de la producción agrícola.
- Residuos de industrias forestales y agrícolas: Las astillas, las cortezas o el serrín de las industrias de primera y segunda transformación de la madera y los huesos, cáscaras y otros residuos de la industria agroalimentaria (aceite de oliva, conservera). En estos casos la estacionalidad se debe a las variaciones de la actividad industrial que los genera.
- Desechos industriales: La industria alimentaria genera una gran cantidad de residuos y subproductos, que pueden ser usados como fuentes de energía, los provenientes de todo tipo de carnes y vegetales cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria. Estos residuos son sólidos y líquidos con un alto contenido de azúcares y carbohidratos, los cuales pueden ser convertidos en combustibles gaseosos.

A continuación se muestra un esquema que puede servir de resumen para la clasificación de la biomasa.



Ilustración 1. Clasificación de la Biomasa. Fuente: <http://ecodesarrollo.cl>.

3.2 Características de la biomasa.

A continuación se van a citar los parámetros y condiciones que posee la biomasa, importantes para poder evaluar la factibilidad técnica y económica de un proceso de conversión de biomasa en energía.

Los recursos biomásicos se presentan en diferentes estados físicos que determinan la factibilidad técnica y económica de los procesos de conversión energética que pueden aplicarse a cada tipo de particular.

- Composición química y física:** Las características químicas y físicas de la biomasa determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar. Las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar. Por ejemplo los desechos forestales indican el uso de los procesos de combustión directa o procesos termoquímicos mientras que los residuos animales indican el uso de procesos anaeróbicos.
- Contenido de humedad, humedad relativa (H.R.):** El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo con un contenido de humedad muy superior, por lo que se tienen que implementar operaciones de acondicionamiento, antes de ingresar al proceso de conversión de energía.

- **Porcentaje de cenizas:** El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. Es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición en algunos casos, ésta puede ser utilizada como enmienda del terreno de cultivos incrementando así la rentabilidad del proceso. Otro ejemplo sería el de la ceniza de la cascarilla de arroz que es un excelente aditivo en la mezcla de cemento o para la fabricación de filtros de carbón activado.
- **Poder calorífico:** El contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía de la biomasa.

El poder calorífico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que resta de la energía desprendida en la oxidación.

- **Densidad aparente:** Masa por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta. Combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, menores tamaños de los equipos y aumento de los períodos entre cargas. Por otro lado, materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte, y algunas veces presentan problemas para fluir por gravedad, lo cual complica el proceso de combustión y eleva los costes del proceso.
- **Recolección, transporte y manejo:** Las condiciones para la recolección, el transporte y el manejo en planta de la biomasa son factores determinantes en la estructura de costos de inversión y operación en todo proceso de conversión energética. La ubicación del material con respecto a la planta de procesamiento y la distancia hasta el punto de utilización de la energía obtenida deben analizarse detalladamente para lograr un nivel de operación del sistema rentable, con relación al proceso convencional.

3.3 Tratamientos previos.

La biomasa es un recurso que se puede presentar en una gran variedad de materiales como pueden ser: madera, serrín, paja, estiércol... Las características de algunos materiales permiten que lleguen a ser empleados como combustibles directamente, aunque la gran mayoría ha de someterse previamente a una serie de tratamientos antes de su aprovechamiento.

Entre estos tratamientos podemos encontrarnos con:

- **Homogenización:** Son aquellos procesos de trituración, astillado, secado... que transforman la biomasa en unas condiciones adecuadas de humedad y composición para ser tratada y aprovechada energéticamente.
- **Densificación:** Es un tratamiento para mejorar las propiedades de la biomasa y hacerla más compacta. El producto de este tratamiento tiene una forma de aglomerado de madera, que son residuos con una elevada densidad y muy adecuados para el almacenamiento y transporte. La materia prima puede ser aserrín, desechos agrícolas y partículas de carbón vegetal.

Después de haber realizado estos tratamientos previos la biomasa ya puede ser utilizada en diversos procesos como los que se van a detallar a continuación.

- **Procesos químicos:** Son aquellos que transforman la biomasa, en unas determinadas condiciones de presión y temperatura, para obtener productos sólidos, líquidos o gaseosos. Estos productos serán diferentes según el tipo de técnica aplicada

Si atendemos a la cantidad de oxígeno que hay en la transformación se pueden clasificar en:

- **Combustión:** Tratamiento a temperatura entre 150 °C y 800 °C, en el que la cantidad de oxígeno no está controlada. Se hace con aire en exceso. Los residuos de biomasa se oxidan completamente y se obtienen gases calientes, que es la parte aprovechable como energía térmica.
- **Pirólisis:** Descomposición de la materia orgánica por calor. La pirólisis convencional requiere el calentamiento del material original con la ausencia total de oxígeno. El proceso comienza a los 260 °C y finaliza aproximadamente a los 450 °C o 550 °C. Las características de la biomasa empleada y las condiciones de operación del proceso son los factores que determinan la composición y tipo de producto obtenido, entre los que se pueden distinguir: carbón vegetal, combustible líquido y combustible gas.
Una de las técnicas más sofisticadas de pirólisis es la denominada "pirólisis Flash" que opera en tiempos muy cortos y a altas temperaturas, permitiendo obtener una pequeña parte de material sólido y convertir un 60% en gas rico en hidrogeno y monóxido de carbono haciendo por lo tanto que llegue a competir con los métodos de gasificación convencionales.
- **Gasificación:** Tratamiento muy parecido a la pirólisis, pero en éste la cantidad de oxígeno está controlada, con lo que se va a reducir significativamente la obtención de sólido respecto al proceso anterior.

Como resultado se obtiene un gas determinado gas pobre, mezcla de monóxido de carbono, hidrógeno y metano con proporciones menores de dióxido de carbono y nitrógeno. Este gas se puede utilizar para generar calor y electricidad, y se puede aplicar en equipos convencionales, como los motores de gas.

- **Procesos biológicos:** Estos procesos utilizan las características bioquímicas de la biomasa y la acción metabólica de organismos microbiológicos para producir combustibles gaseosos y líquidos.

Se diferencian dos tipos:

- **Digestión anaerobia:** Es un proceso que se utiliza para residuos biodegradables. Se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. La descomposición de la biomasa es debida a la acción de bacterias. El producto resultante es el denominado biogás, que contiene, fundamentalmente, dióxido de carbono y metano. Los componentes sólidos del fango, subproducto de la digestión, pueden emplearse en la alimentación de animales o como fertilizante de terrenos.
- **Fermentación alcohólica:** Se utiliza para las plantas de cultivos azucareros o de cereales, para obtener alcoholes denominados bioalcoholes. Estos alcoholes se pueden utilizar como combustibles para motores de explosión, ya sea directamente, o mezclados con gasolina.

3.4 Formas de energía obtenidas.

Una vez se ha realizado los diferentes procesos de conversión de biomasa entre los que se encuentran la homogenización y densificación seguidos de los procesos químicos (combustión, pirólisis y gasificación), fisicoquímicos o biológicos (digestión anaeróbica y fermentación alcohólica), se puede conseguir las siguientes formas de energía:

- **Calor y vapor:** Después de la combustión de biomasa o biogás. El calor puede ser el producto principal para aplicaciones en calefacción, o puede ser un subproducto de la generación de electricidad en ciclos combinados de gas y vapor.
- **Combustible gaseoso:** El biogás producido en procesos de digestión anaerobia o gasificación puede ser usado en motores de combustión interna para generación eléctrica, para calefacción y acondicionamiento en el sector doméstico, comercial e institucional y en vehículos modificados.
- **Biocombustibles:** A partir de biocombustibles se puede llegar a reemplazar a los combustibles fósiles en el transporte con su uso directo o la mezcla de estos con los combustibles tradicionales.

- **Electricidad:** La electricidad generada a partir de los recursos biomásicos no contribuye al efecto invernadero por considerar neutras las emisiones de dióxido de carbono.
- **Cogeneración (calor y electricidad):** Se puede aplicar en muchos procesos industriales que requieren las dos formas de energía.

A continuación se muestra un esquema que puede servir de resumen de todos los procesos planteados anteriormente.

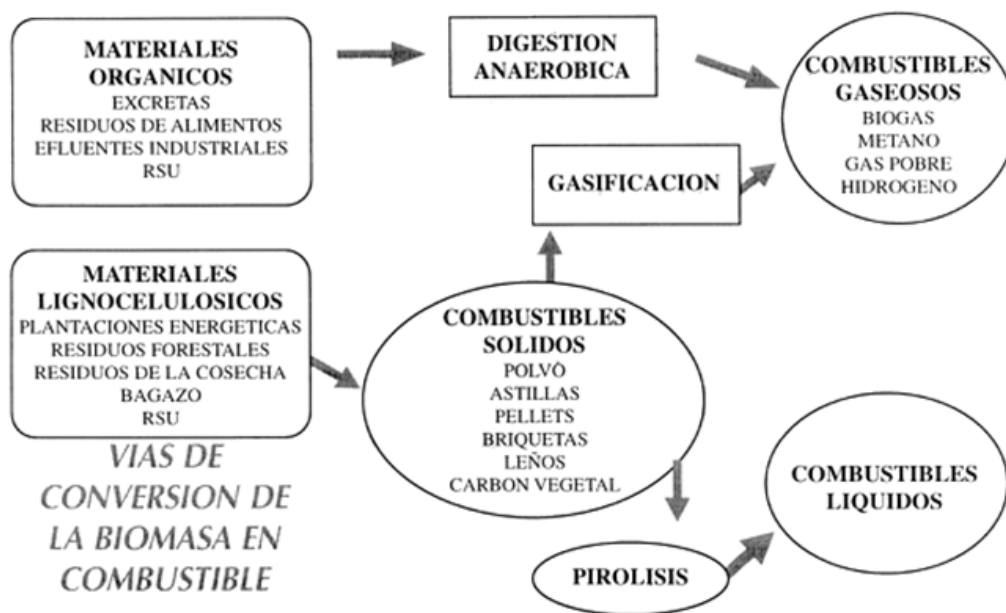


Ilustración 2. Proceso de transformación y aprovechamiento de la Biomasa. Fuente: <http://www.fao.org>.

3.5 Ventajas y desventajas de la biomasa.

A continuación se presentan las ventajas y desventajas que presenta la biomasa, importantes para hacernos una idea más real de esta fuente de energía.

3.5.1 Ventajas.

La utilización de la biomasa con fines energéticos tiene las siguientes ventajas medioambientales:

- Disminución de las emisiones de CO₂. Aunque para el aprovechamiento energético de esta fuente renovable tengamos que proceder a una combustión y el resultado sea agua y CO₂ la cantidad de este gas, causante del efecto invernadero, se puede considerar que es la misma que fue captada por las plantas durante su crecimiento. Es decir, que no supone un incremento de este gas a la atmósfera.

- Diversificación del suministro de energía, reducción de la muy alta dependencia del exterior y ruptura de la tendencia alcista de los precios de los combustibles fósiles.
- No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas.
- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero frente al uso de combustibles convencionales.
- Mejora de la calidad de las masas forestales implicando la disminución del riesgo de incendios.
- Reforestación de tierras agrícolas o deforestadas, con cultivos energéticos, herbáceos o leñosos, con destino a la producción de biomasa, que aumentarían la retención de agua y la disminución de la degradación y erosión del suelo.
- Los cultivos energéticos sustituirán a cultivos excedentarios en el mercado de alimentos. Eso puede ofrecer una nueva oportunidad al sector agrícola.
- Permite la introducción de cultivos de gran valor rotacional frente a monocultivos cerealistas.
- Puede provocar un beneficio económico en el medio rural, generando puestos de trabajo, directos o indirectos, en toda la cadena de gestión y producción, con ventajas como mejoras en la economía local. Además una gran parte de los puestos de trabajo se vinculan al mundo rural, minimizando, por lo tanto, las tendencias al despoblamiento de estas áreas.
- La biomasa es independiente respecto a los combustibles fósiles lo que permite:
 - Obtener una estabilidad de precios de la energía.
 - Unos costes energéticos controlados.

3.5.2 Desventajas.

Frente a las ventajas que se han descrito anteriormente la biomasa presenta las siguientes desventajas:

- Tiene un mayor coste de producción frente a la energía que proviene de los combustibles fósiles.
- Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles.
- Producción estacional.

- La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.
- Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización.

3.6 Aplicaciones.

Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria A.C.S. son las más comunes dentro del sector de la biomasa. En un nivel menor se encuentra la producción de electricidad.

3.6.1 Usos térmicos en el sector residencial y terciario.

Dentro de este grupo nos podemos encontrar con producción a pequeña escala, calderas o estufas individuales utilizadas tradicionalmente en los hogares; mediana escala, calderas para edificios públicos o bloques de viviendas; y gran escala, redes de climatización.

3.6.2 Sector industrial.

Los consumos térmicos destinados a la industria también pueden ser abastecidos por calderas de biomasa. Principalmente del aprovechamiento de residuos de las industrias agroforestales para producción de calor que en algunos casos puede ir acompañado de la producción eléctrica.

3.6.3 Usos eléctricos.

La producción de electricidad con biomasa precisa de sistemas más complejos que otros combustibles sólidos, por el bajo poder calorífico de la biomasa ya que presenta un alto porcentaje de humedad y gran contenido en volátiles. Esto hace que se necesiten centrales térmicas específicas, con calderas de mayor volumen que las de cualquier otro combustible, llevando consigo unas inversiones mucho mayores.

3.7 Situación actual de la biomasa.

Actualmente, los procesos modernos de conversión solamente suplen 3% del consumo de energía primaria en países industrializados. Sin embargo, gran parte de la población rural en los países subdesarrollados que representa cerca del 50% de la población mundial, aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña, como fuente de energía primaria. Ésta suple, aproximadamente, 35% del consumo de energía primaria en países subdesarrollados y alcanza un 14% del total de la energía consumida en el nivel mundial.

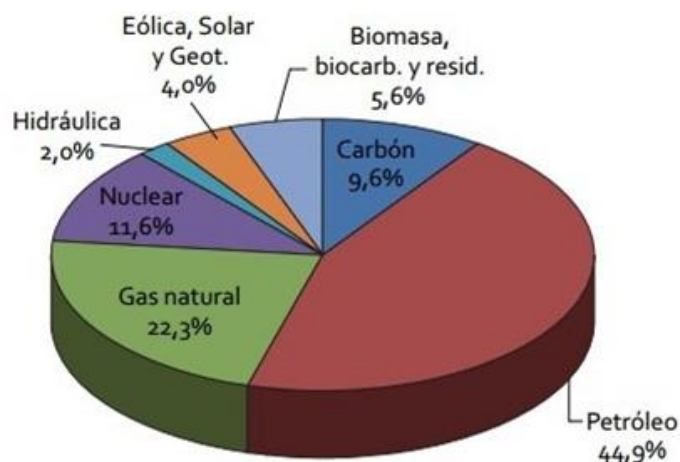


Ilustración 3. Balance energético en España, 2011. Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

3.7.1 Situación en España.

La subida de precios de los combustibles convencionales, las necesidades de autosuficiencia energética y los objetivos medioambientales de nuestra sociedad han impulsado el desarrollo de nuevos proyectos tanto de generación eléctrica como de producción de energía térmica. El desarrollo tecnológico de la biomasa, presenta unas expectativas de crecimiento importantes para el sector de la biomasa en España, incluidas las aplicaciones térmicas eficientes o pequeñas cogeneraciones.

En aplicaciones tanto eléctricas como térmicas los recursos más utilizados son los residuos procedentes de industrias forestales y agrícolas.

El periodo comprendido entre los años 2005 y 2009 ha supuesto en España una época de transición y de sentar las bases para impulsar el despegue del sector de la biomasa.

Andalucía, Galicia y Castilla y León son las Comunidades Autónomas que registran un mayor consumo debido principalmente a la presencia en ellas de empresas que utilizan grandes cantidades de biomasa, a la existencia de un sector forestal desarrollado y la diseminación de la población que facilita el uso de la biomasa doméstica.

Debido al creciente interés de la biomasa doméstica, para su uso térmico, se han promovido un gran número de plantas de producción de pélets, de forma que en los últimos tres años la capacidad de producción se ha visto multiplicada por diez, pasando de 60.000 t/año a unas 600.000 t/año. Deben destacarse dos hechos que han ralentizado este crecimiento espectacular: la crisis financiera que ha afectado a las plantas que estaban en promoción y desarrollo y, por último, la bajada de precios de los combustibles fósiles experimentada entre 2008 y 2009, que ha restado parte de la rentabilidad de estas instalaciones.

4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

Se trata de un edificio de 3 plantas con 8 viviendas, según se muestra en los planos adjuntos en los anexos, repartida en una única escalera.

Su fecha de construcción es julio del 2000.

En el edificio se dispone de planta baja destinada también a viviendas. En la planta semisótano será dónde se ubicará la sala de calderas junto con los garajes y trasteros de los propietarios del edificio.

La disposición del edificio es la siguiente:

Escalera 1 (8 viviendas)

<u>VIVIENDA</u>	<u>PLANTA</u>
A, B, C	Baja
A, B	1º
A, B, C	2º

Las superficies por plantas es la que se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Superficies por plantas.

		Útil(m ²)	Construido(m ²)
Planta Semisótano	Garajes	166,30	179,05
	Trastero	26,29	31,15
	Sala de calderas	7,60	8,23
	Escalera-pasillo	20,00	24,37
	TOTAL	220,19	242,80
Planta Baja	Vivienda A.	71,98	85,45
	Vivienda B.	80,10	70,39
	Dúplex (Planta Baia)	36,88	47,02
	Portal-escalera	23,16	26,18
	Contadores	1,70,	2,46
	TOTAL	193,82	231,50
Planta Primera	Vivienda A.	85,02	102,15
	Vivienda B.	60,38	70,77
	Dúplex (Planta Alta)	36,02	47,54
	Portal-escalera	9,66	11,04
	TOTAL	191,06	231,50
Planta Segunda	Vivienda A.	70,82	83,52
	Vivienda B.	60,85	70,77
	Vivienda C.	54,79	64,57
	Portal-escalera	10,70	12,43
	TOTAL	197,16	231,50
TOTAL EDIFICIO		802,25	937,30

La distribución según el uso es la que se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Distribución según el uso.

Superficies por uso	Útil(m ²)	Construido(m ²)
Viviendas	536,86	642,39
Garajes	186,30	179,05
Trasteros	26,29	31,15
Espacios Comunes	72,80	84,71
TOTAL	802,25	937,30

La localización del edificio es en la C/ Las Arribas nº 14 Esquina C/ Urano, en la localidad de Trobajo del Camino (León), orientación Noroeste. Como se muestra en las ilustraciones 4 y 5.



Ilustración 4. Plano Situación Edificio.



Ilustración 5. Vista Satélite de la localización del Edificio.

El edificio se encuentra dotado de una calefacción centralizada con uso individual y producción de agua caliente sanitaria central (a partir de ahora nos referiremos a ello como A.C.S). Las calderas que son precisas para ambos servicios, son alimentados con gas natural.

4.1 Descripción de los cerramientos.

En el siguiente punto se van a describir los cerramientos, o envolventes, que tiene el edificio, nombrando el material y las dimensiones que lo conforman. Muy necesarios para puntos posteriores.

Estas envolventes serán:

- **Pared exterior:** Compuesta por un muro de 1/2 de asta, 4 cm de polietileno expandido, tabicón de 9 cm y enlucido.
- **Pared interior:** Compuesta por enlucido, tabicón de 9 cm, polietileno expandido de 4 cm y enlucido.
- **Forjado:** Compuesta por una losa de hormigón de 15 cm, 5 cm de aislante térmico, polietileno expandido, 10 cm de cama de arena, 3 cm de mortero de cemento y 2 cm de solado.
- **Cubierta:** Compuesta por bovedilla de hormigón de 25 cm + 5 cm de capa de compresión, 5 cm de aislante térmico de lana de vidrio, cámara sin ventilación, 4 cm de rasillón en faldones de cubierta, 5 cm de mortero con mallazo de reparto.
- **Ventana exterior:** Ventana de aluminio anodizado con rotura de puente térmico y acristalamiento tipo climat 6 + 12.
- **Puerta de entrada:** La puerta de entrada al edificio es de aluminio.

5 MEMORIA INSTALACIÓN DE LA CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE A.C.S.

En el siguiente punto se va a describir todos los componentes que forman la instalación de calefacción y producción de A.C.S. que hay en el edificio, así como las características con las que cuentan.

5.1 Horarios de funcionamiento.

Se trata de un edificio de viviendas urbanas con un alto índice de ocupación por lo que el régimen de funcionamiento será el siguiente:

- **Calefacción:** Uso diario.
De 12 a 24 horas en funcionamiento nivel normal.
De 0 a 12 horas en funcionamiento a nivel reducido o parado.
- **A.C.S.:** Uso diario.
Desde las 7 hasta las 23 horas, en funcionamiento nivel normal, con circulación.
Desde las 23 hasta las 7 horas, en funcionamiento a nivel reducido sin circulación.
- **Antilegionella:** La legionela es una bacteria que se encuentra con frecuencia en el medio ambiente, pero también en el entorno de trabajo: redes de agua caliente sanitaria, redes de refrigeración, sistemas de climatización. Puede provocar epidemias o casos aislados de legionela. Las bacterias de legionela que se encuentran en estado latente en agua fría, menos de 20 °C, pueden proliferar cuando se encuentran en agua templada, entre 20 °C y 45 °C. Se puede eliminar en unos minutos por encima de 60 °C.
En nuestro edificio funciona de 3 a 4 horas en funcionamiento a 65 °C cada sábado.

5.2 Condiciones exteriores.

Según la localización del edificio, Zona E según la distribución por zonas encontrada en el CTE, los valores que corresponden según la normativa son los de una temperatura extrema para el régimen de calefacción, como son:

- Temperatura exterior: -3,5 °C.
- Temperatura interior: 20 °C.
- Temperatura de locales no calefactados: 10 °C.

5.3 Sistemas de climatización.

Se encuentran instalados radiadores de aluminio inyectado de la marca Roca, modelo MEC-60 como emisores de calor en las siguientes condiciones de trabajo:

- Temperatura de impulsión: 80 °C.
- Temperatura de retorno: 65 °C.
- Temperatura de ambiente: 20 °C.

5.4 Redes de tuberías.

Las redes de tuberías se desarrollan en un sistema bitubo hasta la entrada de las viviendas, con tuberías montantes desde la sala de calderas en un circuito.

En el interior de las viviendas existe un sistema monotubo con circuitos de un máximo de 5 radiadores.

5.5 Centrales de producción de calor.

Como ya se ha mencionado son dos, la correspondiente a la demanda de calefacción y la demanda de A.C.S. A continuación se muestran los valores totales que tienen cada una de ellas:

- Necesidades de calefacción: 57 kW.
- Necesidades de A.C.S: 56 kW.

En este edificio, para suplir ambas necesidades, únicamente se cuenta con una caldera, la cual tiene una potencia igual a la suma de ambas demandas 113 kW.

La caldera que se encuentra es de la marca FERROLI, modelo PEGASUS F3 119 EL CE de 119 kW.

En apartados posteriores se mostrarán los métodos utilizados para obtener dichas demandas, así como los cálculos correspondientes, sirviendo como justificación.

5.6 Características caldera.

Se trata de una caldera de hierro fundido de baja temperatura, equipada con quemador atmosférico de gas, regulación de dos etapas, capaz de dividir la potencia total en dos escalones.

Los rendimientos mínimos de la caldera, de acuerdo con el R.D. 275/1995, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de la Comunidad Europea 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas por combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la Directiva 93/63/CEE, son superiores en todo momento a los marcados por la normativa vigente para este tipo de calderas.

En la tabla 3 se muestra una comparación de la caldera instalada en nuestro edificio respecto de las Directivas antes citadas.

Tabla 3. Comparación calderas.

Caldera 119 kW	Rendimiento mínimo Directiva 92/42/CE para Caldera Estándar	Rendimiento mínimo Directiva 92/42/CE para Caldera Baja Temperatura	Rendimiento caldera PEGASUS F3 119 EL CE
Potencia nominal	88,15%	90,61%	91%
30% Potencia nominal	86,23%	90,61%	91%

Por lo que se comprueba que la caldera del edificio cumple con la directiva citada y tiene un rendimiento superior en todo momento al de la caldera estándar, base de comparación.

Además, mediante el sistema de regulación, se consigue reducir la temperatura media del agua en la caldera y adecuar la producción en todo momento a las necesidades, de modo que se consigue aumentar aún más el valor del rendimiento.

5.7 Unidades terminales.

Las unidades terminales van a ser los radiadores del edificio, que como se citó anteriormente serán radiadores de aluminio inyectado de la marca Roca, modelo MEC-60.

A continuación se muestra detalladamente el recuento de todas las unidades terminales con las que cuenta el edificio según cada una de las viviendas y a su vez según la estancia. También se muestra al lado la potencia que genera el conjunto de las unidades terminales, radiador, sabiendo que cada una de ellas produce 0,13 kW.

Tabla 4. Consumo calorífico vivienda A. (Planta baja).

Vivienda A. (Planta baja)		
Estancia	Unidades terminales	Potencia(kW)
Salón	16	2,1
Dormitorio 1	9	1,2
Dormitorio 2	11	1,4
Cocina	7	0,9
Baño	4	0,5
Vestíbulo	3	0,4
Pasillo	3	0,4
TOTAL	53	6,9

Tabla 5. Consumo calorífico vivienda B. (Planta baja).

Vivienda B. (Planta baja)		
Estancia	Unidades terminales	Potencia(kW)
Salón	16	2,1
Dormitorio 1	12	1,6
Dormitorio 2	9	1,2
Cocina	7	0,9
Baño	4	0,5
Vestíbulo	3	0,4
Pasillo	3	0,4
TOTAL	54	7,1

Tabla 6. Consumo calorífico vivienda C. dúplex (Planta baja).

Vivienda C. dúplex (Planta baja)		
Estancia	Unidades terminales	Potencia(kW)
Salón	25	3,2
Cocina	9	1,2
Aseo	4	0,5
Dormitorio 1	9	1,2
Dormitorio 2	10	1,3
Dormitorio 3	6	0,7
Baño	3	0,4
Distribuidor	3	0,4
TOTAL	69	8,9

Tabla 7. Consumo calorífico vivienda A. (Planta 1ª).

Vivienda A. (Planta 1ª)		
Estancia	Unidades terminales	Potencia(kW)
Salón	12	1,6
Dormitorio 1	6	0,7
Dormitorio 2	6	0,7
Dormitorio 3	9	1,2
Cocina	6	0,7
Baño	3	0,4
Aseo	3	0,4
Vestíbulo	3	0,4
Pasillo	3	0,4
TOTAL	51	6,5

Tabla 8. Consumo calorífico vivienda B. (Planta 1ª).

Vivienda B. (Planta 1ª)		
Estancia	Unidades terminales	Potencia(kW)
Salón	13	2,3
Dormitorio 1	10	1,3
Dormitorio 2	8	1,1
Cocina	6	0,7
Baño	3	0,4
Vestíbulo	3	0,4
Pasillo	3	0,4
TOTAL	46	6,6

Tabla 9. Consumo calorífico vivienda A. (Planta 2ª).

Vivienda A. (Planta 2ª)		
Estancia	Unidades terminales	Potencia(kW)
Salón	16	2,1
Dormitorio 1	9	1,2
Dormitorio 2	12	1,6
Cocina	8	1,1
Baño	4	0,5
Vestíbulo	5	0,6
Pasillo	5	0,6
TOTAL	59	7,7

Tabla 10. Consumo calorífico vivienda B. (Planta 2ª).

Vivienda B. (Planta 2ª)		
Estancia	Unidades terminales	Potencia(kW)
Salón	19	2,5
Dormitorio 1	13	2,3
Dormitorio 2	10	1,3
Cocina	8	1,1
Baño	4	0,5
Vestíbulo	3	0,4
Pasillo	3	0,4
TOTAL	60	8,5

Tabla 11. Consumo calorífico vivienda C. (Planta 2ª).

Vivienda C. (Planta 2ª)		
Estancia	Unidades terminales	Potencia(kW)
Salón	12	1,6
Cocina	5	0,6
Dormitorio 1	12	1,6
Dormitorio 2	14	1,8
Baño	4	0,5
Vestíbulo	3	0,4
Pasillo	3	0,4
TOTAL	53	6,9

Si al hacer este recuento de las unidades terminales según cada una de las viviendas se efectúa el sumatorio total se obtiene un valor de **58 kW**, siendo el requerido para las necesidades caloríficas pertenecientes a la calefacción.

5.8 Chimeneas.

Se trata de una chimenea de doble pared de acero inoxidable de 220 mm de diámetro, cumpliendo la normativa UNE 123001:1994.

Las tablas del fabricante de la chimenea cumplen con la evacuación de los productos de la combustión de una caldera presurizada de 119 kW.

5.9 Sistemas de expansión.

Se trata de vasos de expansión cerrados, con una membrana elástica de 140 litros de capacidad

Hay un pirostato con indicador de temperatura en la chimenea de la caldera.

También hay un vaso de expansión conectado a la caldera.

5.10 Cuadros eléctricos.

A continuación se muestran las cargas eléctricas que hay en la sala de calderas:

Tabla 12. Cargas eléctricas sala de calderas.

Elemento	Potencia (W)
Caldera	375
Batería Caldera	175
Batería Calefacción	250
Batería Producción A.C.S.	175
Batería Retorno A.C.S.	125
Tomas de corriente	1.000
Total de la sala de calderas	1.550

5.11 Sistemas de control.

El sistema de regulación está formado por un controlador en la sala de calderas que se comunica mediante un modem con la central de vigilancia.

El modo de funcionamiento de dicho sistema es el siguiente:

- **Calderas:** La demanda originada en la zona de radiadores y en la producción de A.C.S. se compara con la temperatura del colector, conectando o desconectando la caldera y sus etapas para que se adapten al valor de la misma. Están fijados los tiempos mínimos de conexión y de desconexión para evitar fluctuaciones anormales.

La temperatura mínima de retorno para evitar condensaciones en la caldera se consigue mermando la demanda de las zonas. La circulación de agua de la tubería de compensación gracias a la bomba en línea de la caldera constituye un eficaz sistema anticondensación.

- **Calefacción:** Hay una válvula de 3 vías que alimenta a la calefacción de las viviendas correspondientes en función de la temperatura exterior.

La válvula de 3 vías es modulada para mermar la demanda de calefacción en las puestas en marcha del sistema de manera que se alcance rápidamente la temperatura de 60 °C en el retorno de caldera para evitar condensaciones.

En las viviendas se encuentra una válvula de 2 vías comandada por termostato de ambiente desde el interior de la vivienda, para cortar a voluntad la alimentación de calefacción.

Los radiadores están dotados de válvulas termostáticas, excepto en cocinas, baños y pasillos.

Hay un contador de energía en la entrada de cada vivienda.

- **A.C.S.:** Hay una temperatura de consigna para marcar el valor que debe alcanzar el agua en la acumulación en torno a los 50 °C, con una diferencia de +/-3 °C.

Mientras se está calentando el agua, se eleva la temperatura de caldera para que el calentamiento se efectúe lo más rápidamente posible, para descender una vez conseguido, al mínimo necesario.

Hay un contador de agua caliente en la entrada de cada vivienda.

5.12 Características del combustible

La instalación de calefacción y A.C.S usa como combustible gas natural con las características que se muestran en la tabla 13:

Tabla 13. Características del gas natural.

Denominación	gas natural
Naturaleza	Metano
Familia	Segunda
Poder Calorífico Superior	11,9 kW/m ³
Poder Calorífico Inferior	10,7 kW/m ³
Densidad relativa respecto del aire	0,60
Índice de Wobbe	14,9 kW/m ³
Presión máxima de suministro	4 kg/cm ²
Presión mínima de suministro	1 kg/cm ²
Presión en instalación común	500 mm.c.d.a
Presión nominal utilización de aparatos	180-200 mm.c.d.a
Máxima pérdida presión en MPB	0.0125 kg/cm ²
Máxima pérdida presión instalación BP	0.0100 kg/cm ²

5.13 Estimación de los consumos gas natural.

La instalación tiene como puntos de consumo mencionados anteriormente, calefacción y A.C.S. mediante la Caldera Nº1- FerroliPegasus F3 119 EL CE DE 119 kW.

A continuación se van a hacer los correspondientes cálculos para obtener el consumo con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\frac{\text{Potencia nominal}}{\text{P.C.I}}}{\text{Rendimiento}}$$

- Potencia nominal: 119 kW.
- P.C.I del gas natural: 10,7 kW/m³.
- Rendimiento: 92%.

$$Q = \frac{\frac{119 \text{ kW}}{10,7 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3}}}{0.92} = 12,08 \text{ m}^3$$

Por lo tanto el consumo máximo que tiene la instalación es de **12,08 m³**.

5.14 Acometida a Estación de Regulación y Medida (ERM).

Es una tubería que va desde la llave de la Acometida de la Empresa Suministradora hasta la llave de contador, cumpliendo los siguientes requisitos:

- El tubo de polietileno y sus uniones son soldadas.
- El tramo entre el armario y el enterrado son empotrado y ventilado.
- Los diámetros de esta tubería son normalizados 1".

5.15 Estación de Regulación y Medida.

Está instalada en un armario situado en el exterior. Se encuentra empotrado en la fachada del edificio. Cuenta con orificios de ventilación al exterior.

Su función es reducir y regular la presión del gas, de manera que a la salida, ésta se mantiene constante, a pesar de las variaciones de presión que puede haber en la red general.

También filtra y cuantifica el paso de gas hacia los puntos de consumo. Dispone de una llave perteneciente a la Empresa Suministradora.

Los elementos que conforman la instalación son:

- Toma de Peterson.
- Llave de corte antes del filtro de 1".
- Filtro capaz de retener partículas de polvo que puede llevar el gas, 1".
- Regulador de presión con seguridad de máxima, para reducir y estabilizar la presión de entrada del gas natural a valores que permitan el buen funcionamiento de los equipos.
- Llave de corte antes del contador de 1 ½".
- Toma de presión (BP).
- Electroválvula de corte por detención de gas de 1".

Hay un contador de membrana G-16 con un rango de consumos admisible, para cubrir los rangos mínimo y máximo de los puntos de consumo:

- $Q_{\min.}$: 0,16 Nm³/h.
- $Q_{\max.}$: 25 Nm³/h.

5.16 Redes de distribución

Las redes de distribución son de acero estirado con soldadura DIN-2440 y sus uniones se encuentran soldadas.

Los tramos enterrados se encuentran a una profundidad entre 50 cm y 1 m sobre un lecho de arena y con doble encintado anticorrosión o similar.

Los tramos envainados se encuentran ventilados por ambos lados con un diámetro superior a 1 cm.

Los conjuntos de regulación están formados por:

- Válvula de corte.
- Filtro de cartucho recambiable.
- Regulador de presión.
- Tomas de presión antes y después del regulador
- Electroválvula de corte.

5.17 Ventilación.

La ventilación correspondiente a la sala de calderas se encuentra dividida en dos partes:

- **Ventilación inferior:** La entrada de aire para la combustión y ventilación inferior viene directamente desde el exterior. Mediante una rejilla de 0,40 x 0,30 m.
- **Ventilación superior:** La ventilación del cuadro de calderas también está directamente hacia el exterior. Mediante una rejilla de 0,25 x 0,25 m.

La ventilación del armario de regulación se trata de una ventilación directa hacia el exterior por dos orificios uno superior y uno inferior de 12,50 cm² cada uno de ellos. Están protegidos contra la entrada de cuerpos extraños, por una rejilla que impide el paso de partículas mayores de 2 mm. A su vez están en una altura protegida en caso de inundación.

5.18 Medidas de seguridad.

En la sala de calderas hay dos detectores de gas conectados a una centralita. Esta actúa sobre la electroválvula de corte situada en la ERM, cerrándose en caso de detección de fuga.

La entrada a la misma sala de calderas cuenta con un vestíbulo independiente en el que hay un extintor portátil, y también está el interruptor de corte general.

Las puertas de la sala son estancas, con apertura hacia el exterior con un cartel indicando:

“CALDERAS DE GAS. PROHIBIDA LA ENTRADA A TODA PERSONA AJENA AL SERVICIO.”

Las puertas además son resistentes al fuego durante al menos 60 minutos y siempre se pueden abrir desde el interior.

Hay una zona de superficie no resistente en los cerramientos que componen la sala de calderas (paredes y techos exteriores), ya que la potencia del generador es inferior a

600 kW, esta tiene una dimensión de 2 m², cumpliendo con la norma que indica que tiene que ser como mínimo de 1 m².

5.19 Protocolo de pruebas.

El edificio en el periodo de construcción pasó todas las pruebas necesarias para la puesta en marcha de la caldera y así poder dar suministro al edificio. Estas pruebas fueron:

- Pruebas de estanquidad.
- Acometida (MPB).
- Instalación interior MPA.
- Instalación interior BP.

Todas ellas fueron efectuadas por la Empresa Instaladora en presencia de la Compañía Distribuidora, Gas Natural Castilla y León S.A., y la Delegación de Industria.

6 JUSTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES CALORÍFICAS.

Los dos consumos con los que cuenta el edificio como se ha dicho en anteriores ocasiones son los de calefacción y A.C.S. por lo que a continuación se van a hacer los cálculos de las necesidades de cada uno de ellos y así sumando ambos se puede sacar la potencia necesaria que tiene que tener la caldera.

Ambas demandas como ya se ha dicho anteriormente son:

- Calefacción.
- A.C.S.

Para ambas primero se planteará la metodología que hay que llevar a cabo sacada del “Código Técnico de Edificación” (CTE) y después los cálculos específicos para el edificio en estudio.

6.1 Cálculo de la demanda térmica de calefacción.

6.1.1 Metodología a llevar a cabo según el CTE.

En este apartado se van a plantear los procedimientos que se tienen que llevar a cabo para conocer las condiciones climáticas óptimas dentro del edificio que queremos calentar. Después de plantear dichas hipótesis evaluar todas las pérdidas de calor que se puedan producir a través de los cerramientos, para así saber cuál es el aporte de calor que hay que implementar a través de la caldera para conseguir un balance neto.

Para conocer el valor de las pérdidas de calor hay que tener en cuenta dos puntos, las pérdidas de calor por transmisión a través de los cerramientos verticales y horizontales (paredes, muros, forjados...) y luego las infiltraciones de aire del exterior a través de los cerramientos no estancos como las ventanas y puertas. Al final hay que añadir un factor correspondiente a los suplementos para compensar algunas características del edificio como pueden ser la orientación o el sistema de uso de la propia caldera.

La fórmula que hay que utilizar para dicho cálculo es la siguiente:

$$Q_0 = Q_T + Q_V + Q_S$$

Dónde:

Q_0 : Demanda calorífica total, expresada en kW.

Q_T : Pérdidas de calor por transmisión, expresadas en kW.

Q_V : Pérdidas de calor por ventilación o infiltración, expresadas en kW.

Q_S : Pérdidas de calor por suplementos, expresadas en kW.

6.1.1.1 Pérdidas de calor por transmisión.

Para realizar este cálculo se necesita saber cuáles son las temperaturas exteriores e interiores.

- **Temperaturas interiores:** Se trata del grado de confortabilidad que se desee obtener en el interior del edificio, el que depende de factores como el uso al que se vaya a destinar cada una de las estancias, el número de personas que se vayan a encontrar. Por lo que en la tabla 14 se van a mostrar las temperaturas que se recomienda para cada una de las estancias de un edificio destinado a uso residencial:

Tabla 14. Temperaturas interiores.

Estancia de la vivienda	Temperatura(°C)
Salón	20
Comedor	20
Dormitorios	18
Aseos	20
Vestíbulos y pasillos	18
Escaleras	15

- **Temperatura exterior:** Se trata de la temperatura a la que se encuentra el otro lado del cerramiento del edificio, si se trata del cerramiento exterior de éste la temperatura será la del aire exterior, mientras que cuando sea un cerramiento interior dependerá del medio exterior que separe el cerramiento, pudiendo ser superior a la temperatura interior o inferior, ocasionando pérdidas.
- **Coefficientes de transmisión:** Se puede obtener mediante una expresión dependiente de la resistencia térmica superficial interior, la resistencia térmica superficial exterior y las resistencias térmicas internas de los materiales que componen los cerramientos, o bien se pueden calcular mediante valores tabulados para cubiertas, puertas, muros, ventanas y forjados. La fórmula a emplear para este cálculo se expresa a continuación:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}}$$

Dónde:

$\frac{1}{h_i}$: Resistencia superficial interior.

$\frac{e_n}{\lambda_n}$: Resistencias térmicas internas.

$\frac{1}{h_e}$: Resistencia térmica superficial exterior.

A continuación se muestran, en la tabla 15, los valores de las resistencias térmicas superficiales en función de la posición del cerramiento y del sentido del flujo calorífico, tanto para paredes interiores como paredes exteriores. Aunque para este edificio solo se van a tener en cuenta las paredes exteriores porque el objetivo es estudiar la demanda energética del edificio respecto al exterior.

Tabla 15. Valores de las resistencias térmicas superficiales.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Pared exterior		Pared interior	
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$
Cerramiento vertical. Flujo horizontal.	0,13	0,04	0,13	0,13
Cerramiento horizontal. Flujo ascendente.	0,10	0,04	0,10	0,10
Cerramiento horizontal. Flujo descendente.	0,17	0,04	0,17	0,17

Los valores correspondientes a los coeficientes de transmisión para distintos materiales se muestran en las tablas 16, 17 y 18:

Tabla 16. Coeficiente de transmisión Cubierta.

Cubiertas	Valor de U (W/m ² K)						
	Sin aislante sobre listones de madera	Sobre listones de madera con aislante(40 mm)	Sin aislante sobre correas metálicas	Sobre correas metálicas con aislante (40 mm)	Sin aislante sobre tablero rasillón	Sin aislante sobre doble tablero rasilla	Sobre doble tablero rasilla con aislante
De teja árabe	5,93	0,87	6,40	0,99	3,68	2,59	0,66
De teja plana (cerámica)	5,82	0,76	6,29	0,92	3,63	2,64	0,65
De teja (hormigón)	5,70	0,74	6,16	0,84	5,58	2,62	0,63
De pizarra	6,51	1,19	6,69	1,05	3,90	2,77	0,67
De chapa galvanizada graveada	6,12	1,05	6,34	1,28	3,74	2,70	0,64
De placas onduladas de fibra cemento	5,55	0,70	6,11	0,81	3,52	2,58	0,62

Tabla 17. Coeficiente de transmisión Ventanas.

Ventanas	Valor de U (W/m ² K)						
	Cristal sencillo 1 mm	Cristal doble 4mm	Climalit (4-6-4)	Climalit (4-9-4)	Climalit (4-12-4)	Climalit (6-9-6)	Doble ventana. Cámara de aire > 30 mm.
Carpintería de madera	5,76	5,64	2,85	2,83	2,79	2,80	3,72
Carpintería de hierro	6,51	5,93	3,61	3,49	3,47	3,37	3,02
Carpintería de aluminio	6,75	6,16	3,84	3,72	3,70	3,66	3,26
Carpintería de PVC	5,35	3,72	3,37	3,37	3,02	3,01	2,91

Tabla 18. Coeficiente de transmisión Puertas.

Puertas	Valor de U (W/m ² K)				
	Exterior opaca	Interior opaca	De balcón acristalada (30% a 60%)	Exterior acristalada < 30%	Exterior acristalada doble
De madera	3,50	1,98	6,51	4,07	3,26
Metálica	6,75	4,55	5,23	5,47	4,77

- **Calculo de las pérdidas por transmisión:** Se determina multiplicando la superficie de cada cerramiento por los coeficientes de transmisión de cada uno de ellos y a su vez por el salto térmico que hay entre dichos cerramiento. Las pérdidas de transmisión totales se obtienen a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_T = \sum (U \cdot S(T_i - T_e))$$

Dónde:

Q_T : Pérdidas por transmisión totales, expresadas en W.

U : Coeficiente de transmisión global, expresado en $\frac{W}{m^2 \cdot K}$.

S : Superficie de cerramiento, expresada en m^2 .

T_i : Temperatura interior, expresada en °C.

T_e : Temperatura exterior, expresada en °C.

6.1.1.2 Evaluación de las pérdidas de calor por infiltraciones de aire.

Se tiene que tener en cuenta también la aportación calorífica para calentar el aire frío del exterior, que se introduce en el edificio, hasta la temperatura de diseño.

El aire exterior se puede introducir dentro de un edificio por los siguientes puntos:

- A través de cerramientos permeables.
- A través de las infiltraciones o rendijas de puertas y ventanas cuando están cerradas.
- A través de los huecos de puertas y ventanas cuando están abiertas.

Para realizar el cálculo de las pérdidas por ventilación, es necesario determinar con anterioridad el volumen de aire infiltrado en el interior del edificio.

Entre los métodos utilizados para el cálculo del volumen de aire infiltrado el escogido para llevar a cabo en este proyecto es el “Método de las renovaciones de aire”.

Por este procedimiento se determina la cantidad de aire infiltrado de una manera global, al considerar un cierto número de renovaciones del aire del local, de acuerdo con su uso, tipo y ubicación. Puede que éste sea el método menos preciso, pero es el más práctico sobre todo cuando no se tienen datos precisos.

El volumen de aire renovado se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$V_{ar} = V_l \cdot n$$

Dónde:

V_{ar} : Volumen de aire renovado, expresado en $\frac{m^3}{h}$.

V_l : Volumen del local en m^3 .

n : Número de renovaciones por hora.

La medida de la renovación del aire en viviendas se fija mediante la tasa de variación, que indica el número de veces que se renueva el aire contenido en un local por cada hora.

En la tabla 19 se muestran los valores de renovaciones por hora para un edificio de viviendas:

Tabla 19. Renovaciones por hora de edificios de viviendas.

Tipo de habitación	Número de renovaciones por hora
Locales sin ventanas o puertas exteriores	1
Locales con puertas o ventanas exteriores en un lado	1
Locales con puertas o ventanas exteriores en dos lados	1,5
Locales con puertas o ventanas exteriores en tres lados	2
Vestíbulos de entrada	2
Oficinas en general	1,5
Cocinas	1,5 – 2,5
Baños y aseos	3 – 5

Para el cálculo de la potencia necesaria para calentar el aire hasta la temperatura interior de consigna se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Q_V = V_a \cdot (T_i - T_e) \cdot c_V$$

Dónde:

Q_V : Pérdida por ventilación o infiltración, expresada en kW.

c_V : Calor específico volumétrico del aire, expresado en $\frac{kJ}{m^3 \cdot h \cdot ^\circ C}$

V_a : Volumen de aire infiltrado, expresado en $\frac{m^3}{h}$

T_i : Temperatura interior, expresada en $^\circ C$.

T_e : Temperatura exterior, expresada en $^\circ C$.

El calor específico volumétrico del aire es: $1,25 \frac{kJ}{s \cdot kg \cdot ^\circ C}$.

Si 1 hora son 3600 segundos, y 1 kilogramo equivale a 1 metro cúbico:

$1,25 \frac{kJ}{s \cdot kg \cdot ^\circ C} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{1kg}{m^3}$ Se obtiene $3,48 \cdot 10^{-4} \frac{kJ}{m^3 \cdot h \cdot ^\circ C}$ valor que vamos a utilizar para nuestros cálculos.

6.1.1.3 Evaluación de las pérdidas de calor por suplementos.

Además de las pérdidas de calor por transmisión e infiltraciones de aire, que tienen lugar en cualquier cerramiento de un lugar acondicionado, se tiene en cuenta también las pérdidas de calor por suplementos, que representan un coeficiente de suplemento sobre la carga total, teniendo en cuenta los siguientes conceptos:

- Pérdidas por orientación.
- Pérdidas por interrupción del servicio.
- Pérdidas por pared fría. (Aunque ésta, en nuestro proyecto no se va a considerar).

El porcentaje de pérdidas por transmisión se representa mediante la siguiente fórmula:

$$Q_S = F_S \cdot Q_T$$

Dónde:

Q_S : Perdidas por suplemento, expresadas en kW.

F_S : Factor de suplementos.

Q_T : Perdidas por transmisión, expresadas en kW.

El F_S se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$F_S = S_1 + S_2 + S_3$$

Dónde:

S_1 : Suplemento por orientación

S_2 : Suplemento por interrupción.

S_3 : Suplemento por pared fría.

6.1.1.4 Suplemento por orientación.

Sirve para compensar la exposición solar del local al caldear, teniendo en cuenta su orientación mediante el siguiente criterio:

- Cuando tiene una exposición solar única, se toma ésta.
- Si tiene dos exposiciones adyacentes, se toma la de la esquina.
- Si tiene tres o más exposiciones, se toma la que proporcione mayor coeficiente.
- Cuando no exista exposición solar, no se aplica este suplemento.

Los valores que toma este suplemento son los que se muestran en la tabla 20:

Tabla 20. Suplemento por orientación.

Orientación	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
Factor suplemento (%)	0	7	15	18	20	15	10	3

6.1.1.5 Suplemento por interrupción.

Se trata del suplemento que va a compensar las circunstancias consideradas por motivos de ahorro energético, cuando se interrumpe el servicio de calefacción durante un periodo de tiempo las veinticuatro horas del día. Por lo que se está obligando a comenzar de nuevo el funcionamiento de la instalación de calefacción y a calentar el edificio hasta alcanzar el régimen de funcionamiento, lo que se va a conseguir con un aumento transitorio del suministro de calor y obligando al foco de calor a proporcionar una mayor energía calorífica que hay que cuantificar en el dimensionado.

Este va a depender de los siguientes factores:

- Clase de servicio según las interrupciones del mismo:
 - Servicio ininterrumpido, aunque con marcha reducida durante la noche, 5%.
 - Interrupción del servicio entre 9 y 12 horas diarias, 10%.
 - Interrupción del servicio entre 12 y 16 horas diarias, 15%.

6.1.1.6 Demanda calorífica total

Como ya se indicó al principio de este apartado la demanda calorífica total será la suma de las pérdidas de calor por transmisión, las pérdidas de calor por ventilación y las pérdidas de calor por suplemento.

$$Q_0 = Q_T + Q_V + Q_S$$

Para determinar la potencia de la caldera, se suele aumentar la demanda calórica en un determinado porcentaje de suplemento para cubrir posibles imprevistos o errores de cálculo.

Por lo que si se supone un porcentaje del 10%, la potencia calorífica de la caldera se tiene que aplicar la siguiente fórmula:

$$P_e = Q_0 (1 + 0,10)$$

Dónde:

P_e : Potencia calorífica de la caldera, expresada en kW.

Q_0 : Demanda calorífica total del edificio, expresada en kW.

6.1.1.7 Características constructivas de los cerramientos.

Las características constructivas de los cerramientos serán las siguientes, como ya se había indicado anteriormente:

- **Pared exterior:** Compuesto por un muro de 1/2 de asta, 4 cm de polietileno expandido, tabicón 9cm y enlucido.
- **Pared interior:** Compuesto por enlucido, tabicón 9 cm, polietileno expandido 4 cm y enlucido.
- **Forjado:** Compuesto por una losa de hormigón de 15 cm, 5 cm de aislante térmico polietileno expandido, 10 cm de cama de arena, 3 cm de mortero de cemento y 2 cm de solado.
- **Cubierta:** Compuesta por bovedilla de hormigón de 25 cm + 5 cm de capa de compresión 5 cm de aislante térmico de lana de vidrio, cámara sin ventilación, 4 cm de rasillón en faldones de cubierta, 5 cm de mortero con mallazo de reparto.
- **Ventana exterior:** Ventana de aluminio anodizado con rotura de puente térmico y acristalamiento tipo climat 6 + 12.
- **Puerta de entrada:** La puerta de entrada al edificio será de aluminio.

6.1.2 Cálculos específicos para el edificio en estudio.

Una vez planteado el procedimiento que se va a seguir, se va a continuar con el cálculo de la demanda térmica de nuestro edificio.

6.1.2.1 Determinación de las pérdidas por transmisión.

6.1.2.1.1 Temperatura exterior e interior del edificio.

Temperatura exterior del edificio: -3,5 °C.

Temperatura interior del edificio: 20 °C.

Por lo tanto el incremento de temperatura para las fachadas del edificio y la cubierta es de 23,5 °C. Para el caso del suelo se estima que el incremento de temperatura será de 13,5 °C.

6.1.2.1.2 Valores de las resistencias térmicas superficiales.

Los valores de las resistencias térmicas a aplicar en el edificio son las que van a sacar de la tabla correspondiente a los valores de las resistencias térmicas superficiales.

- Flujo horizontal, cerramiento exterior: $\frac{1}{h_i} = 0,13$ y $\frac{1}{h_e} = 0,04$.
- Flujo vertical ascendente, cerramiento exterior: $\frac{1}{h_i} = 0,10$ y $\frac{1}{h_e} = 0,04$.
- Flujo vertical descendente, cerramiento exterior: $\frac{1}{h_i} = 0,10$ y $\frac{1}{h_e} = 0,04$.

6.1.2.1.3 Coeficientes de conductividad.

Para la realización de este apartado se seguirá lo indicado en el “Código Técnico de Edificación” y se buscará el coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen nuestro edificio en concreto.

Como para la realización de este proyecto se está siguiendo lo indicado en el “Proyecto Básico de Ejecución” y siendo este del año 2000, muchos de los materiales empleados no coinciden o no se encuentran con los valores actuales del mismo. Por lo tanto para simplificar el procedimiento y que salgan valores lógicos y acordes con el valor real que tiene la caldera del edificio, se va a optar por el valor global del coeficiente de transmisión de cada uno de los cerramientos, que si figura en dicho “Proyecto Básico de Ejecución”.

Estos valores serán según cada uno de los cerramientos los siguientes:

- Pared exterior: $1,46 \frac{kJ}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$
- Pared interior: $7,92 \frac{kJ}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$
- Suelo: $4,35 \frac{kJ}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$
- Cubierta: $3,34 \frac{kJ}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$
- Ventanas: $10,44 \frac{kJ}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$
- Puertas de acceso al edificio: $14,61 \frac{kJ}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$

6.1.2.1.4 Cálculo de las superficies:

La realización de este apartado consistirá en hacer el sumatorio de cada uno de los elementos que componen los cerramientos basándonos en los planos del edificio. Los resultados totales son los siguientes:

- Pared exterior: 363,5 m².
- Pared interior: 501 m².
- Suelo: 181 m².
- Cubierta: 270 m².
- Ventanas: 66 m².
- Puertas de acceso al edificio: 15,80 m².

Área total de los cerramientos es la suma de todos los anteriores: **1.397,30 m²**.

6.1.2.1.5 Cálculo de las pérdidas por transmisión:

Una vez sacado el valor de los coeficientes de transmisión de los cerramientos y la superficie ocupada por cada uno de ellos se calcula las pérdidas por transmisión de los cerramientos mediante la siguiente fórmula:

$$Q_T = \sum (U \cdot S (T_i - T_e))$$

$$\text{Pared exterior} = 1,46 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 363,5 \text{m}^2 \cdot 23,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 3,46 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 3,46 \text{ kW.}$$

$$\text{Pared interior} = 7,92 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 501 \text{ m}^2 \cdot 23,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 25,9 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 25,9 \text{ kW.}$$

$$\text{Suelo} = 4,35 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 181 \text{ m}^2 \cdot 23,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 2,9 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 2,9 \text{ kW.}$$

$$\text{Cubierta} = 3,34 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 270 \text{ m}^2 \cdot 23,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 5,8 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 5,8 \text{ kW.}$$

$$\text{Ventanas} = 10,44 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 66 \text{ m}^2 \cdot 23,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 4,49 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 4,49 \text{ kW.}$$

$$\text{Puertas} = 14,61 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 15,80 \text{ m}^2 \cdot 23,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 0,01 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 0,01 \text{ kW.}$$

Las pérdidas totales por transmisión es el sumatorio de las anteriores: **42,56 kW**.

6.1.2.2 Determinación de las pérdidas de calor por infiltración de aire.

Como ya se indicó anteriormente la metodología que se va a emplear para hacer el cálculo será por el "Método de las renovaciones aire" según la siguiente fórmula:

$$V_{ar} = V_l \cdot n$$

Para ello se tiene que sacar el volumen total del edificio y luego el número de renovaciones que se efectúan por hora según las dependencias del mismo, para lo que habrá que hacer un estudio según sea cada una de las dependencias para saber cuál es dicho valor. Los coeficientes serán los que se han mostrado anteriormente en la tabla "Renovaciones por hora de edificios de viviendas".

El volumen del edificio es de **1.670,30 m³** valor obtenido del "Proyecto Básico de Ejecución".

Según lo dicho se obtiene que los valores de n, según el uso de las dependencias, son los siguientes:

- Locales sin ventanas o puertas exteriores: n=1.
- Locales con puertas o ventanas exteriores en un lados: n=3.
- Locales con puertas o ventanas exteriores en dos lados: No hay.

- Locales con puertas o ventanas exteriores en tres lados: No hay.
- Vestíbulos de entrada: n=2.
- Oficinas en general: No hay.
- Cocinas: n=1,5.
- Baños y aseos: n=3

Una vez hecho el recuento la n total será la suma de todas las anterior es **n=10,5**.

Este valor de n multiplicado por el volumen total del edificio da el volumen de aire renovado por hora que es: **17.538,15 $\frac{m^3}{h}$** .

Ahora se puede calcular la cantidad necesaria para llevar este aire a la temperatura interior, se hace mediante la siguiente formula:

$$Q_V = V_a \cdot (T_i - T_e) \cdot c_V$$

Sabiendo que el calor volumétrico del aire es de $3,48 \cdot 10^{-4} \frac{kJ}{m^3 \cdot h \cdot ^\circ C}$

$$Q_V = 17.538,15 \frac{m^3}{h} \cdot 23,5 \text{ } ^\circ C \cdot 3,48 \cdot 10^{-4} \frac{kJ}{m^3 \cdot h \cdot ^\circ C} \cdot \frac{1h}{3600s} = 0,03 \frac{kJ}{s} = 0,03 \text{ kW}$$

Se obtiene que Q_V es: **0,03 kW**.

6.1.2.3 Determinación de las pérdidas por suplementos

Como se indicó en los apartados de la metodología las pérdidas por suplementos que se van a tener en cuenta serán los correspondientes por orientación e interrupción de servicio.

El porcentaje de pérdidas por transmisión se representa mediante la siguiente fórmula:

$$Q_s = F_s \cdot Q_T$$

- **Suplemento por orientación:** El edificio cuenta con una orientación noroeste, por lo que según la tabla "Suplementos por orientación" anteriormente facilitada se obtiene que hay que aplicar un porcentaje de **18%** de suplemento.
- **El suplemento de interrupciones de servicio:** Para la obtención de este valor se sabe que el régimen de uso de la calefacción es a diario en los meses de invierno, aunque hay unas horas determinadas horas en las que no se encuentra a nivel normal sino reducido, explicado este en el apartado de las horas de funcionamiento de la caldera. Por lo tanto se toma el valor del suplemento de interrupciones de servicio con un valor de **5%**.

Sumando ambos suplemento se tiene un porcentaje de suplementos del **23%**.

Con este valor introduciéndolo en la anterior fórmula se consigue el porcentaje de pérdidas de transmisión que es: **9,78 kW**.

6.1.2.4 *Calculo de las pérdidas totales del edificio.*

Las pérdidas de calor totales del edificio se obtienen mediante las sumas de las pérdidas de calor por transmisión (42,5 kW), las pérdidas de ventilación (0,03 kW) y las pérdidas por suplementos (9,78 kW)

El resultado final por lo tanto es de **52,31 kW**.

6.1.2.5 *Determinación de la potencia de la caldera.*

Como se indicó en anteriormente en la memoria de los cálculos, se va a proceder a realizar un incremento del 10% correspondiente a los suplementos que se supondrán para cubrir los posibles errores de cálculo. Todo ello se expresa en la siguiente fórmula:

$$P_e = Q_0 (1 + 0,10)$$

Por lo tanto la potencia total tendrá que ser de **57,54 kW**.

Por lo tanto se deduce con todos estos cálculos realizados que la caldera tiene que tener al menos 57 kW para cubrir solo las necesidades caloríficas correspondientes a la calefacción.

Seguidamente se calculará las demandas caloríficas correspondientes a la demanda de A.C.S. para sumar a estas últimas y así saber la potencia real que tiene que tener la caldera.

6.2 **Calculo de la demanda térmica de A.C.S.**

Para sacar el consumo que se produce de este se va a recurrir a hacer una suma de los litros que se puede consumir en las viviendas del edificio.

El consumo por persona de agua caliente según el CTE está entre 50 litros de agua al día, aplicando media de tres personas en cada una de las viviendas de nuestro edificio:

$$50 \text{ L} \cdot 3 \text{ personas} \cdot 8 \text{ viviendas} = 1200 \text{ L.}$$

Para saber la demanda total de energía se empleará la siguiente fórmula:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

ΔT = Salto térmico 10-50 °C.

c_p = Calor específico del agua $4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{h} \cdot \text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$

m = Masa de agua a calentar.

1 litro de agua es igual a 1 kilogramo de agua, ya que su densidad es igual a 1 gr/cm³.

$$Q = 1200 L \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 40 ^\circ\text{C} = 200.640 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{h}}{3600 \text{s}} = 55,73 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \mathbf{55,66 \text{ kW}}.$$

Por lo tanto se puede deducir que la potencia necesaria que necesitamos para cubrir la demanda térmica de A.C.S. será de **56 kW**.

6.3 Potencia total de la caldera.

Una vez calculadas, por separado, las demandas térmicas de la calefacción y de A.C.S. se puede saber cuál es la potencia total que va a tener la caldera del edificio, porque como ya se ha explicado anteriormente únicamente se encuentra una caldera que es la que supe ambas demandas.

Necesidades de calefacción: **57 kW**.

Necesidades de A.C.S.: **56 kW**.

Total: 114 kW.

Por lo tanto mediante el cálculo de ambas demandas por separado para justificar porque se encuentra dicha caldera en el edificio se ha llegado al resultado real y así comprobando que no se han cometido fallos en el procedimiento.

7 TIPO DE BIOMASA A UTILIZAR COMO COMBUSTIBLE.

En este capítulo se va a realizar un estudio de los combustibles de biomasa que actualmente se pueden encontrar en el mercado para ser utilizados en sistemas de climatización de edificios.

Se ha optado por hacer una descripción posterior más completa de los tres combustibles, que mayor interés pueden ofrecer, siendo los que tienen un mayor poder calorífico en comparación con el resto de biocombustibles. Estos son el pélet de madera, las astillas y los huesos de aceituna.

Al final de este apartado se hará una elección entre estos tres, para quedarnos con el que utilizaremos como combustible para nuestra nueva caldera de biomasa en el edificio.

En la tabla 21 se muestra una comparativa de los combustibles de biomasa según su poder calorífico y humedad:

Tabla 21. Propiedades de los biocombustibles sólidos.

Combustible	P.C.I		Humedad b.h. (%)
	(kJ/kg)	(kWh/kg)	
Pélets	17.000-19.000	4,7-5,3	<15
Astillas	10.000-16.000	2,8-4,4	<40
Hueso de aceituna	18.000-19.000	5,0-5,3	7-12
Cascara de frutos secos	16.000-19.000	4,4-5,3	8-15
Leña	14.400-16.200	4,0-4,5	<20
Briquetas	17.000-19.000	4,7-5,3	<20

7.1 Pélet de madera.

Se trata del biocombustible más estandarizado y conocido de todos. Se trata de una pequeña porción de madera de origen natural utilizada como combustible de biomasa. Está compuesto por restos forestales, ya sea de labores de limpieza de bosques, podas o talas, restos de la industria de la madera...

Para conseguir un cilindro granulado, forma en la que se presenta el pélet, a la madera hay que secala y homogeneizarla disminuyendo su humedad, para posteriormente pasar por un proceso de molienda. La harina producida es comprimida a alta presión y pasada por una matriz para formar el pélet. Para su elaboración, debido a la alta presión y temperatura del proceso la lignina presente en la madera realiza la función de ligante natural, por lo que no se añade ningún aditivo para conseguir el pélet final.

Los pélets no necesitan de ningún tratamiento posterior. Una vez fabricados, se transportan e introducen en el almacenamiento previo a la caldera.



Ilustración 6. Pélet de madera.

Al ser de pequeña granulometría se puede distribuir de varias formas:

- **Granel:** El combustible se alimenta directamente desde el camión de suministro al depósito de almacenaje con o sin bomba neumática.
- **Bolsas:** Dependiendo del tipo de la caldera tendrá un tamaño u otro, bolsas pequeñas (15 o 25 kg) y bolsas grandes (1.000 kg).

Las bolsas son apiladas en pales y vendidas al por menor. El medio de transporte más apropiado para el reparto de biomasa depende del tipo y la forma de la biomasa, la cantidad a transportar, el tipo de cliente y la distancia a recorrer. El más común es en camiones.

Las características principales de los pélets de madera se muestran en la tabla 22 escogiendo para mostrar los valores de un pélet estándar:

Tabla 22. Características de un pélets de madera estándar.

Características	
Poder Calorífico Inferior (kJ/kg)	16.700
Humedad b.h. (% en base húmeda)	<12
Densidad (kg/m ³)	1.000-1.400
Contenido en cenizas (% en peso)	<1,5
Longitud (mm)	<50
Diámetro (mm)	4-10

Actualmente para garantizar la calidad y el control desde el origen hasta el consumo del pélet se ha aplicado una norma que lo regulariza dando mayores garantías de calidad al mismo. Dicha norma es EN 14961-2 utilizada por la empresa ENplus.

Dicha norma determina unos parámetros unívocos y asegura una mayor protección al consumidor final. No se trata de una simple certificación del producto sino del sistema, ya que examina toda la cadena: producción, recepción de la materia prima, almacenaje del combustible y entrega del pélet al consumidor final.

Por otra parte los productores de pélets tienen que indicar la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos como consecuencia de la producción de los pélets. El sistema de seguimiento funciona como un auto-control y asegura la calidad además ayuda a saber dónde falla la cadena de suministro y a identificar los lotes que están fuera de especificación.

A continuación se muestran una serie de ventajas y desventajas que ofrecen los pélets de madera y que nos pueden ayudar posteriormente a la elección de este como combustible para la caldera.

- Ventajas:
 - Elevado poder calorífico.
 - Muy bajo contenido en cenizas, por lo que se van a reducir las necesidades de operación y mantenimiento de la caldera.
 - Las calderas de pélets son de muy alta eficiencia.
 - Se comercializan a nivel internacional, con una composición constante.
 - Se utilizan con composiciones estándar en Europa.
- Desventajas:
 - Elevado precio en comparación con otros biocombustibles.
- Consideraciones:
 - Precisa de almacenamiento en lugar aislado y seco.
 - No necesita ningún tipo de secado o tratamiento una vez producido.
 - Están estandarizados, por lo que presentan alta fiabilidad de operación y mantenimiento de la caldera. Sin embargo, su coste es elevado debido al tratamiento al que son sometidos en su preparación.

7.2 Astillas.

Las astillas de madera son trozos pequeños de entre 5 y 100 mm cuya calidad dependerá de la materia prima que se utilice para su obtención, su recogida y la tecnología de astillado.



Ilustración 7. Astilla de madera.

Se pueden distinguir dos tipos de astillas:

- **Astillas de clase 1:** Proviene de la industria de la primera y segunda transformación de la madera o de maderas forestales muy limpias. Suelen tener humedades menores al 30%, aunque pueden alcanzar el 45%. Apropriadas para su uso en instalaciones domésticas y válidas para todo tipo de instalaciones.
- **Astillas de clase 2:** Procedentes de tratamientos silvícolas, agrícolas y forestales (podas, clareos, entresacas, cultivos energéticos leñosos...) Hasta un 45% de humedad. Son utilizadas en instalaciones de media a muy alta potencia, como grandes edificios y redes de calefacción.

A continuación se muestran en la tabla 23 las características que presentan las astillas:

Tabla 23. Características de las astillas de madera.

Astillas de madera	
Origen	Troncos de madera
Contenido en humedad	<20-30%
Dimensiones de la fracción principal (>80% en peso)	Dimensión mayor a 63 mm
Densidad energética	<900 m ³ apilados

El control de la calidad de las astillas de madera es muy importante ya que sus características son poco homogéneas, principalmente en lo que se refiere al poder calorífico y la humedad.

A continuación se muestran una serie de ventajas y desventajas que ofrecen las astillas de madera y que nos pueden ayudar posteriormente a la elección de este como combustible para la caldera.

- **Ventajas:**
 - Su coste de producción es inferior al de los pélets.
 - Las astillas limpias de corteza y secas son normalmente de alta calidad.
 - Estandarizado a nivel europeo.
- **Desventajas:**
 - Son menos densas que los pélets y el hueso de aceituna, por lo que precisan de un espacio mayor para el almacenamiento.
 - Al ser menos densas, el transporte se justifica hasta una distancia corta (< 50 km).
- **Consideraciones:**
 - Su composición es variable.
 - Es preciso secar la materia prima de forma natural o artificial hasta una humedad inferior al 45% o incluso menor del 30% en caso de las mejores astillas.
 - Presentan un contenido en cenizas inferior al 1% (clase1) o al 5% (clase2).

7.3 Hueso de aceituna.

Se trata de uno de los combustibles pertenecientes al grupo de los residuos agroindustriales. Proviene de las industrias de la producción de aceite de oliva y aceituna. Su uso como biocombustible está ayudando a la rentabilidad de las propias empresas de las que provienen aumentando los ingresos cuando hasta ahora solo suponían costes, siendo considerados como residuos.



Ilustración 8. Hueso de aceituna.

Las propiedades que muestran los huesos de aceituna se recogen en la tabla 24:

Tabla 24. Características del hueso de aceituna

Hueso de aceituna	
Humedad (%)	10
Densidad aparente (kg/m ³)	650-700
Poder Calorífico Inferior (kJ/kg)	18.000-19.000

A continuación se muestran una serie de ventajas y desventajas que ofrecen los huesos de aceituna y que nos pueden ayudar posteriormente a la elección de éstos como combustible para la caldera.

- Ventajas:
 - Gran disponibilidad en España, gracias a la gran producción de aceite de oliva.
 - Bajo coste de producción, al ser residuos de la producción de aceite de oliva.
- Desventajas:
 - Contenido en cenizas superior al pélet, por lo que necesita mayor frecuencia en las tareas de mantenimiento.
 - No está certificado, por lo que es necesario realizar un exhaustivo control de calidad.
- Consideraciones:
 - Pueden ser biomásas estacionales, por lo que su suministro si es directamente del productor, debe ser acordado durante la temporada.
 - Su composición es variable.

7.4 Elección del combustible a utilizar.

En este apartado se va a tomar la decisión de cuál es el mejor combustible para suministrar a la nueva caldera de biomasa que vamos a instalar, justificando con ellos nuestra elección.

Según los posibles combustibles que se han planteado anteriormente y viendo las características, con sus ventajas y desventajas, que ofrecen cada uno de ellos, se ha determinado la elección del **pélet de madera** como combustible a suministrar a la nueva caldera de biomasa.

Se ha descartado la astilla de madera porque requiere un mayor espacio para su almacenamiento que el pélet para conseguir la misma potencia calorífica. Además su suministro tiene que ser mediante un camión de tipo volquete, obligando a llevar posteriormente dicho suministro hasta el silo que en nuestro caso se encuentra en el interior, en la sala de calderas. Esto nos va a ocasionar mayores costes, si lo tiene que

hacer la empresa distribuidora, ya que nuestro edificio no cuenta con personal encargado de ello. Mientras que el pélet puede ser suministrado por un camión cisterna con sistema neumático directamente al silo que está en el interior, solucionando así el problema.

El hueso de aceituna también ha sido descartado porque aunque también puede ser suministrado mediante un camión cisterna, tiene la desventaja de que no se encuentra normalizado como el pélet por lo que en un futuro se puede llegar a tener problemas con la calidad. Esto podría ocasionar dejar encargado a una persona, y al no contar actualmente con personal de mantenimiento, lo único que se generaría sería la creación de un puesto que incrementaría la inversión a realizar. Por otro lado el hueso de aceituna genera mayor cantidad de cenizas que el pélet, lo que se traduce en que se necesita retirarla con mayor frecuencia de la caldera y por lo tanto mayor incremento del coste de la empresa encargada de ello. Este edificio es una comunidad de vecinos por lo que el coste entero de la inversión ha de ser aprobado por los propietarios, interesando que sea el menor posible para que se lleve a cabo el proyecto de sustitución de las calderas.

Una vez decidido que el pélet es nuestro combustible, hay que dejar asegurado el suministro del mismo. En un principio no es problema, actualmente se trata de un biocombustible muy asegurado en el mercado, encontrándose muchas empresas que se dedican a la fabricación y suministro del mismo. Es conveniente realizar un contrato con la empresa elegida para el mismo, en el que se garantice el precio a un medio y largo plazo, ya que este está tendiendo a la alza en los últimos años y así evitar fluctuaciones en el futuro.

8 TIPO DE CALDERA DE BIOMASA A UTILIZAR.

Una vez determinado el combustible que se va a utilizar toca determinar cuál va a ser la caldera de biomasa que vamos a instalar en nuestro edificio y que sustituya a la anterior de gas natural.

En este apartado primeramente se va a hacer un estudio de las actuales calderas de biomasa que podemos encontrarnos, para así luego escoger una de ellas y tenerlo en cuenta para buscar una empresa que nos pueda ofrecer una caldera de esas características.

La primera clasificación que se puede hacer es según el tipo de combustible que admiten y la clase de tecnología a utilizar. Entre ellas están:

- **Calderas específicas de pélets:** Suelen ser pequeñas, 40 kW y altamente eficientes. Destaca su compacidad debido a la estabilidad del combustible suministrado. La razón de ser de estas calderas tiene sentido por su bajo coste, pequeño tamaño y un elevado rendimiento. En algunos casos pueden utilizar otros biocombustibles con características similares siempre que el fabricante lo garantice.
- **Calderas de biomasa:** Su potencia varía desde 25 kW a cientos de kW. No admiten varios combustibles simultáneamente, aunque se puede cambiar el combustible si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo, la nueva recarga y la reprogramación de la caldera. Precisan de modificaciones en el tornillo de alimentación y la parrilla.
- **Calderas mixtas o multicomcombustible:** Admiten varios tipos distintos de combustible, cambiando de unos a otros de manera rápida y eficiente, como por ejemplo pélets y astillas. Suelen fabricarse para potencias medias, alrededor de 200 kW, o para potencias grandes.

Con esta primera clasificación y sabiendo que nuestro combustible es el pélet nos valdrían todas, pero si tenemos en cuenta la potencia instalada en la caldera de nuestro edificio, calculada en apartados anteriores y sabiendo que es de 119 kW, las calderas específicas de pélets ya no nos valdrían por no alcanzar dicha demanda.

Otra de las clasificaciones que se pueden hacer de las calderas puede ser según la tecnología empleada. Distinguiendo así:

- **Calderas convencionales adaptadas para biomasa:** Suelen ser antiguas calderas de carbón adaptadas para poder ser utilizadas con biomasa o calderas de gasóleo con un quemador de biomasa. Aunque resultan baratas, su eficiencia es reducida, situándose en torno al 75-85%. Suelen ser

semiautomáticas ya que, al no estar diseñadas específicamente para biomasa no disponen de sistemas específicos de mantenimiento y limpieza. En España existen varios fabricantes de este tipo de calderas.

- **Calderas estándar de biomasa:** Diseñadas específicamente para un biocombustible determinado pélets, astillas, leña... alcanzan rendimientos de hasta un 92%, aunque suele ser posible su uso con un combustible alternativo a costa de una menor eficiencia. Generalmente se trata de calderas automáticas ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.
- **Calderas mixtas:** Las calderas mixtas permiten el uso alternativo de dos combustibles, haciendo posible el cambio de uno a otro si las condiciones económicas o de suministro de uno de los combustibles así lo aconsejan. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías. Su rendimiento es alto, cercano al 92%, y son calderas totalmente automáticas.
- **Calderas de pélets a condensación:** Pequeñas, automáticas y para uso exclusivo de pélets, estas calderas recuperan el calor latente de condensación contenido en el combustible bajando progresivamente la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador. Mediante esta tecnología, el ahorro de pélets es del 15% respecto a una combustión estándar, logrando así las mayores eficiencias del mercado, con un rendimiento de hasta el 103% respecto al poder calorífico inferior.

8.1 Elección de la caldera a utilizar.

Para la elección de la caldera aparte de considerar su precio, interesándonos los más económicos, hay que tener en cuenta otros aspectos. Entre ellos hay que tener en cuenta el rendimiento que nos pueda ofrecer la nueva caldera. Este según indica el *RITE* debe de ser mayor al 90%. Con ello vamos a garantizar también que las emisiones que emita nuestra caldera sean más bajas.

También hay que tener en cuenta que la caldera nos tiene que ofrecer poco mantenimiento, ya que como se ha dicho en anteriores ocasiones nuestro edificio no cuenta con un puesto específico para ello, y la creación de uno resultaría inviable. La nueva caldera tiene que tener un elevado grado de automatización, necesitando únicamente revisiones periódicas por una empresa externa que se dedique a ello.

No hay que olvidar que nuestra caldera tiene que ser capaz de cubrir las demandas caloríficas que actualmente tiene el edificio, calefacción y A.C.S, y alcanzando estas una potencia de 119 kW como ya se ha determinado en puntos anteriores.

Con todas estas premisas se ha optado por una **caldera DCM BIG 130 kW**. Se trata de una caldera multicomcombustible para pequeñas y medianas industrias y comunidades. Su potencia puede ir desde 130 kW a 2 MW, quedándonos nosotros con el primer valor ya que es necesario para nuestro edificio. En la ilustración 9 se muestra una fotografía de dicha caldera.



Ilustración 9. Caldera DCM BIG 130 kW.

Entre sus componentes se encuentran:

- Cuerpo de la caldera, será de tipo “Marina” a tres rondas de humos horizontales.
- Quemador, construido totalmente en acero inoxidable AISI 310 de alto espesor que permite la precalfacción del aire de combustión para maximizar el rendimiento y reducir considerablemente los residuos.
- Alimentador, mecánico con un salto que permite el ajuste de aire de combustión y del caudal del combustible.
- Tolva, para el almacenamiento del combustible.
- Intercambiador de A.C.S.

Puede utilizar varios combustibles, por lo que se adapta perfectamente a nuestras premisas de utilizar como combustible el pélet.

En las tablas 25, 26 y 27 se muestran diferentes características que ofrece la caldera:

Tabla 25. Dimensiones caldera.

Dimensiones	
Profundidad total	3.150 mm
Ancho total	1.000 mm
Altura total	1.730 mm

Tabla 26. Características de la caldera 1.

Descripción	Tipo	BIG130
Ida de agua	Brida UNI 2276-67	1 x DN 65
Retorno de agua	Brida UNI 2276-67	1 x DN 65
Vaciado	Manguito	1 x DN 25
Ingreso/ Salida disipador calor	Adaptador de enchufe	2 x DN 15

Tabla 27. Características de la caldera 2.

Potencia nominal	kW	130
Potencia en el fogón	kW	154
Presión máxima de servicio	kPa	300
Presión de la prueba hidráulica	kPa	450
Temperatura de funcionamiento	°C	90
Tensión	V	380
Consumo de electricidad	kW/h	1,04
Consumo de combustible a régimen	kg/h	31,42
Volumen cámara litro y dm ³ es lo mismo	L (dm ³)	490
Autonomía de la tolva 100%	h	9,30
Contenido de agua del cuerpo de la caldera	L	450
Temperatura media de los humos	°C	180
Depresión chimenea	Pa	-20
Diámetro chimenea	mm	290
Dimensión abertura cámara combustión LxH	mm	730x460
Masa en vacío de la caldera	kg	1.240

8.2 Funcionamiento de la caldera.

La caldera como ya se ha indicado anteriormente cuenta con un sistema de alimentación automático que se adaptará según las necesidades que se presenten.

La puesta en marcha será cuando se detecte demanda de calefacción o A.C.S por alguna de las viviendas del edificio. Será el momento en el que un tornillo sin fin irá dosificando una pequeña cantidad de pélet desde la tolva de alimentación hacia la cámara de combustión. En este mismo momento un dispositivo electrónico será el que provoque la ignición de los pélets. Si la caldera ya se encontrase caliente o en funcionamiento la ignición de los pélets hubiese sido inmediata. Únicamente se tardara unos segundos en este proceso y la caldera ya estará en marcha. Cuando la demanda cese la caldera volverá a su posición de reposo.

La caldera cuenta con un dispositivo automático para mantener limpio el intercambiador en todo momento, manteniendo así la alta eficiencia de la operación. La ceniza que se elimina desde la parrilla será compactada en un depósito. La extracción de dicho depósito será efectuada por una empresa externa con cierta periodicidad.

Se dispone de un sistema de control automático, facilitando el manejo de la caldera gracias a una organización sencilla en la pantalla de dicho control. Nos ofrece la posibilidad de regular la caldera, la temperatura de retorno y de los depósitos de inercia. Con este control también tenemos una protección contra las heladas y el modo de funcionamiento durante las épocas de poca demanda.

9 Dimensionado de la sala de calderas.

Ahora que ya se tiene decidido el combustible y la caldera de biomasa que vamos a instalar en nuestro edificio, el siguiente paso será hacer un estudio sobre todos los equipos que hay que modificar o instalar en la sala de calderas con esta nueva tecnología.

Entre estos equipos se encuentran:

- Silo, lugar donde permanecerá el pélet almacenado. Este facilitará la compra del combustible con menor frecuencia y llegando abaratar el coste, al ofertar las empresas suministradoras mejoras según sea el pedido.
- Tolva, que como ya se ha comentado nuestra caldera dispone de una ya incorporada.
- Sistema de alimentación, tonillo sinfín que será el que conecte el silo con la propia caldera.
- Ventilación de la sala de calderas.
- Chimenea, que aunque se encuentre actualmente una, un sistema de biomasa necesita una nueva con un diámetro ligeramente mayor debido al volumen de humos que en este caso será mayor debido a la humedad que presenta la biomasa.
- Sistemas de distribución de calor, puede darse el caso de que nos sirva el ya instalado para el sistema de gas natural. De todas formas será sometido posteriormente a estudio.

9.1 Sistema de almacenamiento, silo.

El biocombustible puede ser entregado en el lugar de consumo de varias formas por la empresa distribuidora del mismo. En forma de sacos normalizados de 15 kg cada uno o bien mediante camiones cisterna equipados con un sistema neumático.

La primera opción para nuestro edificio se hace impensable, ya que si se quiere tener suministro para un tiempo prolongado se ha de comprar muchos sacos de pélets e ir reponiéndolos según se acaben, cosa que en una comunidad de vecinos no es nada práctico.

Por lo tanto la segunda opción es la más idónea para nuestro edificio, ya que el biocombustible se suministra mediante un camión cisterna equipado con un sistema neumático. Éste se conectará con un silo donde podrá ser almacenado el pélet hasta su consumo.

Se realizara un contrato con una empresa suministradora que nos facilitara el biocombustible según la demanda que tenga el edificio, no dejando a éste nunca sin suministro.

Como el suministro será de grandes cantidades, es necesaria la instalación de un silo dentro del edificio con el que poder hacer acopio del biocombustible.

9.1.1 Ubicación del silo.

A la hora de ubicar el silo se puede optar por varias posibilidades, situarlo en la superficie, o subterráneos, en una habitación acondicionada, etc.

En nuestro edificio se ubicará dentro de la propia sala de calderas ya que se dispone de espacio suficiente. Se tratará de un silo textil petrificado, ya que un silo de obra o un depósito subterráneo resulta imposible al tratarse de un edificio ya construido.

Se trata de un silo de lona soportada por una estructura metálica, permeable al aire pero no al polvo. El modo de recarga del mismo es por la parte superior y la alimentación a la caldera por la parte inferior mediante un tornillo sinfín.

9.1.2 Cálculo de la capacidad del silo.

Para calcular el dimensionamiento que necesita tener nuestro silo hay que tener en cuenta factores como: La carga térmica, el tipo de combustible elegido, el espacio disponible, el tamaño del camión de recarga o la facilidad del suministro.

El volumen de almacenamiento tiene que ser al menos el equivalente a alguna de las siguientes premisas, según el caso de la aplicación y la más razonable de acuerdo a la instalación:

- Capaz de almacenar una temporada de funcionamiento de la instalación, así solo es necesario recargar el silo una vez al año. Esta será descartada ya que la actividad de nuestro edificio es demasiado elevada como para tener almacenado el suministro de un año entero.
- 1,5 veces el volumen del camión de suministro: de esta manera es posible recargar el silo con un camión completo antes de que se acabe el combustible. Otra premisa que se descartará ya que no existe lugar en todo el edificio que nos permita el tamaño de este almacenaje.
- 2 semanas de consumo máximo de combustible: este es el volumen mínimo exigido por el *RITE* para edificios de nueva construcción. Esta opción es la más idónea para nuestro edificio ya que este volumen es el que podría introducirse en un silo dentro de la sala de calderas.

Para tomar una primera aproximación que nos dé una orientación del volumen que puede ocupar existen unas tablas en el *RITE* para el almacenamiento de

biocombustibles de nueva construcción que nos pueden ayudar. En las tablas 28 y 29 se muestran los valores para nuestro combustible el pélet:

Tabla 28. Volumen de almacenamiento necesario por kW de potencia estimada.

Tipo de biomasa	Pélet de madera		
Densidad aparente(kg/m ³)	650		
PCI(kJ/kg)	18.000		
Volumen combustible (m ³ /kW)	0,30		
Volumen del silo(m ³ /kW)	Suelos inclinados de 1 o 2 lados	Temporada	0,48
		Semana	0,023
	Suelo horizontal	Temporada	0,40
		Semana	0,019

*1 temporada de invierno equivale a 1.500 horas.

Como para 1 kW de potencia instalada son necesarios alrededor de 200-250 kg de pélets o hueso de aceituna anuales, que equivalen a unos 900 kW.

Tabla 29. Área del silo para una altura de 2,5 m.

Tipo de biomasa	Área del silo(m ²) para altura de 2,50 m			
	Suelo inclinado de 1 o 2 lados.		Suelo horizontal	
	Temporada	Semana	Temporada	Semana
Pélet de madera	0,19	0,009	0,16	0,008

Con las tablas facilitadas anteriormente y sabiendo que nuestra caldera tiene una potencia de 130kW y el silo es de suelo inclinado por dos lados para una capacidad para dos semanas se deduce que:

$$130 \text{ kW} \cdot 0,023 \frac{\text{m}^3}{\text{kW} \cdot \text{semana}} \cdot 2 \text{ semanas} = 5,98 \text{ m}^3 \sim 6 \text{ m}^3$$

Se multiplica por dos semanas ya que la tabla solo ofrece un valor para una semana y como se dijo anteriormente según la norma sacada del RITE nuestro silo tiene que tener la capacidad para al menos dos semanas de consumo.

9.1.3 Carga del silo.

A la hora de hacer el reparto, el camión se conectará con el silo mediante un tubo neumático para depositar el pélet dentro de este último. El camión cuenta con un

sistema de extracción de aire con su filtro de polvo accionado por un pequeño motor eléctrico, evitando así la sobrepresión en el interior del silo y el escape de polvo durante la descarga.

La descarga se efectuará por el garaje del edificio ya que es la mejor opción al estar entre la salida al exterior y la sala de calderas que es donde se encuentra el silo.

Cuando se efectuó el suministro hay que llevar a cabo una serie de medidas como son las siguientes:

- Realizar el suministro con la caldera apagada, para prevenir sobrepresiones y así permitir la aspiración del polvo que se produzca.
- Saber cuál es la presión del suministro, para evitar el daño al silo y la desintegración del combustible durante la carga.
- Disponer de un sistema de protección en la zona de impacto, para evitar así la abrasión del golpeteo de los biocombustibles y no tener desintegración del mismo.
- Tener un sistema anti retorno.

9.1.4 Seguridad en el silo.

El silo instalado debe cumplir una serie de medidas de seguridad para prevenir posibles daños como una posible autocombustión. Estas medidas deben ser:

- Estar completamente seco, ausencia de humedad.
- Disponer de una capa de goma que proteja la pared en los puntos de contacto por golpeteo de los combustibles durante su manipulación.
- Las puertas de la zona donde se encuentre el silo, y en este caso las mismas que para la sala de calderas, deberán de ser compactas e ignífugas.
- Evitar instalaciones eléctricas en el lugar de almacenamiento.
- Dotar al sistema de transferencia de biomasa de una toma de tierra, para evitar la aparición de chispas por cargas electrostáticas durante su transporte.
- Cerciorarse de que las paredes del silo soportan la presión del combustible almacenado y resisten al fuego durante 90 minutos.
- Se debe de prever un procedimiento de vaciado del almacenamiento para el caso en que sea necesario, como en una labor de mantenimiento.

Hay que tener en cuenta que según el *“Documento Básico de Seguridad en caso de incendio”* del *“Código Técnico de la Edificación”* un almacenaje de combustible sólido para calefacción se clasifica como nivel bajo de riesgo de incendio.

9.1.5 Elección del silo a instalar.

A la hora de adquirir el silo de nuestra instalación tenemos que tener en cuenta que al menos ha de tener una capacidad igual o superior a 6 m³ ya que fue el valor que resultó de calcular anteriormente para una demanda de al menos dos semanas.

El silo escogido es un **SUPERSILO SP modelo SP 250**. Se trata de un silo capaz de almacenar pélet, nuestro combustible, de fácil montaje. Fabricado en acero galvanizado y alta resistencia.



Ilustración 10. SUPER SILO SP modelo SP 250.

Cuenta con las siguientes características:

- Es fácil y rápido de montar, no necesita tornillos ni herramientas específicas.
- Su estructura de acero galvanizado con piezas de fundición con prisionero y sujeciones intermedias le aportan estética y robustez.
- Esta fabricado con un tejido técnico de alta resistencia que permite la descarga de electricidad estática directamente a la toma de tierra del edificio o la caldera
- La tela permite la aireación del material pero no la cabida de polvo.
- Su tela es de alta resistencia con seguridad para las costuras y cubre de condensaciones causadas por fluctuaciones de temperatura.

- Es apto para el almacenamiento a granel de cualquier tipo de material.
- Puede ser instalado en el exterior siempre y cuando se proteja de la lluvia y los rayos solares, no siendo necesario para nuestro caso ya que se encontrará en el interior de la sala de calderas.

Las dimensiones que ofrece nuestro silo son las que se muestran en la tabla 30:

Tabla 30. Dimensiones silo.

Modelo	Largo mm	Ancho mm	Altura cm	Volumen m ³	Toneladas t
SuperSilo SP 250	2.500	2.500	200-250	5,1-7,5	3,3-4,9

Además este modelo en concreto cuenta a su vez con la posibilidad de incorporar un sistema de extracción, con un tornillo sinfín o flexible a escoger.

9.2 Sistema de alimentación del combustible.

Se va a transportar al combustible desde el lugar de almacenamiento hasta la caldera mediante un tornillo sinfín. Un sistema mecánico que conduce el combustible almacenado en el silo hasta la tobera con la que cuenta nuestra caldera. La biomasa se va a deslizar desde las paredes hasta el canal del tornillo.

Puede que este tornillo sinfín se quede bloqueado por trozos de biocombustible cuando excedan el límite dimensional. Por lo que hay que tener en cuenta el límite de la granulometría aceptada por el diseño del mismo, que va a quedar definido por el diámetro, el paso y el eje del tornillo sinfín, además de la distancia que hay entre el diámetro exterior del tornillo y el interior del tubo.

Se va a instalar un tornillo sinfín rígido, ya que es el más recomendado para una instalación en la que el silo se encuentra al lado de la caldera. Este no va a precisar casi de mantenimiento y tiene un consumo propio mínimo. Además otra ventaja es que se aprovechara más el volumen del silo.

Como mantenimiento que requiere el tornillo sinfín se encuentra la limpieza del polvo acumulado y engrasar los cojinetes.

9.2.1 Elección del tornillo sinfín a instalar.

Como se indicó cuando se describía el silo a instalar, este ya cuenta con la posibilidad de incorporar un tornillo sinfín, por lo que no hace falta adquirir uno nuevo.

Mencionar que se trata de un tornillo sinfín rígido de la dimensión que separa la “descarga” de silo con la “boca” de la tolva de nuestra caldera. Y con un diámetro de 75 mm, suficiente para transportar el combustible.

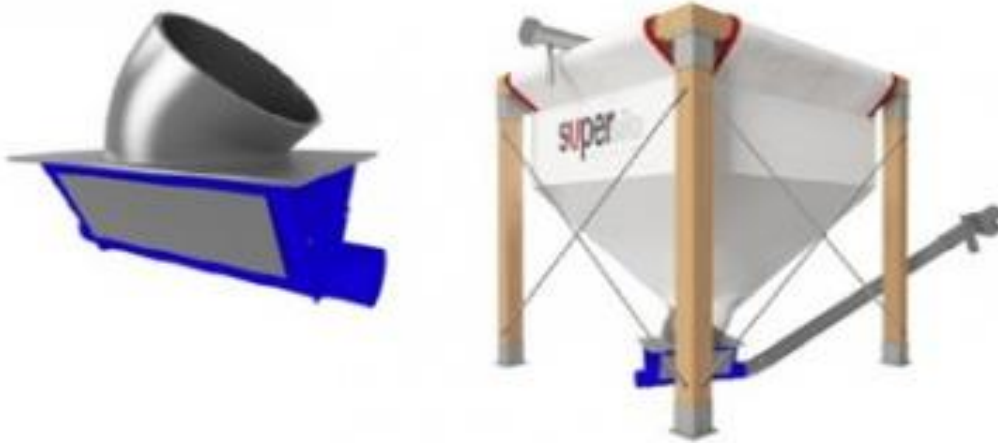


Ilustración 11. Tornillo sin fin rígido.

El tornillo sin fin que une el silo con la caldera irá a parar a la propia tolva, en dónde depositará el combustible y dejando a esta la función de dosificar la cantidad que se irá quemando.

9.3 Tolva.

Como se dijo cuando se citaron las características de la caldera que hemos escogido, ésta tiene una tolva ya incorporada que nos va dar una autonomía de 9,50 h.

9.4 Ventilación de la sala de calderas.

Se trata del sistema encargado de la ventilación de la propia sala de calderas, evacuando parte del calor desprendido por los equipos y tuberías. Suministrando el aire necesario para la combustión.

Lo recomendable es que la sala se encuentre situada en contacto con el ambiente exterior, para que la ventilación tenga lugar siempre por medios naturales. En nuestro edificio la actual sala de calderas, como se indicó en el punto correspondiente a la descripción de esta sala, cuenta con una ventilación inferior y otra superior:

- **Ventilación inferior:** Directa desde el exterior a través de una rejilla 0,40 x 0,30 m.
- **Ventilación superior:** Directa desde el exterior a través de una rejilla 0,25 x 0,25 m.

Para el caso de nuestra nueva sala de calderas y basándonos en las indicaciones que dicta el *RITE*, en el caso de tratarse de una ventilación natural directa hay que disponer de un área libre mínima de 5 cm² por cada kW de potencia térmica instalado. Además

que se disponga de más de una abertura y colocadas en diferentes fachadas y alturas, para que se puedan crear corrientes de aire que favorezcan el barrido de la sala.

Si la potencia de nuestra caldera es de 130 kW multiplicando esta por los 5 cm²/kW necesarios se obtiene un área total de **650 cm²**.

En nuestra actual sala de calderas con las dos rejillas que hemos dicho anteriormente tenemos un área total de 1.825 cm², mayor que lo necesario para la ventilación. Además como están a diferentes alturas favorecerán que haya corrientes de aire para barrer la sala.

Por lo tanto para el sistema de ventilación de la sala de calderas, en nuestro caso no será necesario realizar ninguna modificación de la misma.

9.5 Sistema de evacuación de humos, chimenea.

La diferencia que va a existir con el caso de una chimenea de combustión de cualquier otro combustible líquido o gaseoso, como es nuestro caso, es el diámetro que va a ser necesario. La biomasa requiere de mayor volumen de gases, debido a la humedad que contiene, que se evapora en la caldera y da lugar a vapor de agua que sale mezclado con los productos de combustión.

La evacuación de los productos de la combustión en una instalación de biomasa se debe realizar por la cubierta del edificio. En nuestro caso la chimenea actual ya efectúa la evacuación de los humos producidos en la combustión de gas natural por la cubierta del edificio. Por lo que ésta será empleada para dicha evacuación, pero habrá que ver si se adecúa al reglamento vigente, estudio que se va a realizar a continuación.

Estas exigencias son las siguientes:

- Está prohibido la unificación del uso de los conductos de evacuación de los productos de la combustión con otras instalaciones de evacuación.
- Las calderas de potencia térmica nominal mayor que 400 kW tendrán su propio conducto de evacuación de productos de la combustión.
- Las calderas de potencia térmica nominal igual o menor que 400 kW, que tengan la misma configuración para la evacuación de los productos de la combustión, podrán tener el conducto de evacuación común a varias de ellas, siempre y cuando la suma de la potencia sea igual o menor que 400 kW. De estar instaladas en cascada, el ramal auxiliar, antes de su conexión al conducto común, tendrá un tramo vertical ascendente de altura igual o mayor que 0,2 m.
- En ningún caso se podrán conectar a un mismo conducto de humos calderas que empleen combustibles diferentes.

- Es válido el dimensionado de las chimeneas de acuerdo a lo indicado en las Normas UNE-EN 13384-1, UNE-EN 13384-2 o UNE 123001, según el caso.
- En el dimensionado se analizará el comportamiento de la chimenea en las diferentes condiciones de carga, además, si la caldera funciona a lo largo de todo el año, se comprobará su funcionamiento en las condiciones extremas de invierno y verano.
- El tramo horizontal del sistema de evacuación, con pendiente hacia la caldera, será lo más corto posible.
- Se dispondrá un registro en la parte inferior del conducto de evacuación que permita la eliminación de residuos sólidos y líquidos.
- La chimenea será de material resistente a la acción agresiva de los productos de la combustión y a la temperatura, con la estanquidad adecuada al tipo de generador empleado. En el caso de chimeneas metálicas lo indicado en las Normas UNE-EN 13384-1, UNE-EN 13384-2 o UNE 123001, según el caso.
- Para la evacuación de los productos de la combustión de calderas que incorporan extractor, la sección de la chimenea, su material y longitud serán los certificados por el fabricante de la caldera. El sistema de evacuación de estas calderas tendrá el *certificado CE* conjuntamente con la caldera y podrá ser de pared simple, siempre que quede fuera del alcance de las personas, y podrá estar construido con tubos de materiales plásticos, rígidos o flexibles, que sean resistentes a la temperatura de los productos de la combustión y a la acción agresiva del condensado. Se cuidarán con particular esmero las juntas de estanquidad del sistema, por quedar en sobrepresión con respecto al ambiente.
- En ningún caso el diseño de la terminación de la chimenea obstaculizará la libre difusión en la atmósfera de los productos de la combustión.

No será necesario realizar modificaciones en el sistema de evacuación de humos ya que actualmente se cuenta con una chimenea para la caldera de gas natural que reúne las características que ha de tener una para la combustión de biomasa.

9.5.1 Emisiones producidas.

Se ha decido introducir en el apartado de evacuación de humos, lo referente a la emisiones que produce un sistema de biomasa. Ya que los productos que produce la combustión deben de cumplir con unos requisitos medio ambientales marcados por las autoridades nacionales, regionales o locales.

Según la norma europea UNE-303-5 que es la que hace referencia a las emisiones en función de la potencia de las calderas.

En función de la eficiencia, las calderas se clasifican en tres clases:

- Clase 1: 53-62% de eficiencia.
- Clase 2: 63-72% de eficiencia.
- Clase 3: 73-82% de eficiencia.

En nuestro caso la caldera será de clase 3 ya que su eficiencia se encuentra entre ese rango.

Todo esto se muestra en la tabla 31:

Tabla 31. Límites de emisiones para calderas de diferentes tipos de biomasa y potencias.

Potencia nominal kW	50-150		
Límite de emisiones	CO(mg/m ³ en 10% O ₂)	Clase1	12.500
		Clase2	4.500
		Clase3	2.500
	COV(mg/m ³ en 10% O ₂)	Clase1	1.250
		Clase2	150
		Clase3	80
	Partículas(mg/m ³ en 10% O ₂)	Clase1	200
		Clase2	180
		Clase3	150

*COV: Compuestos orgánicos volátiles.

9.6 Tratamiento de las cenizas.

En el caso de una instalación de biomasa se van a generar cenizas, por lo que va a ser necesario disponer de un dispositivo de extracción de las mismas. Estas cenizas no son peligrosas, ni tóxicas, pudiendo ser utilizadas como fertilizantes para cultivos. En una ciudad pueden ser tiradas en la basura si se trata de pequeñas cantidades, siempre y cuando se cumpla con la normativa de cada municipio.

Hay que tener en cuenta la temperatura de fusión de las cenizas. Si el horno donde se produce la combustión alcanza una temperatura elevada y el biocombustible produce cenizas con temperatura de fusión reducida estas pueden llegar a fundirse, provocando dificultades en la calidad de la combustión y en la extracción de las cenizas.

Los valores medios de concentración de componentes de las cenizas van a depender de los orígenes del biocombustible utilizado. Para un pélet de madera se pueden considerar los de la tabla 32.

Tabla 32. Composición de las cenizas de un pélet de madera.

Componente	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O
(% en masa)	24,5	46,6	4,8	6,9	0,5	3,8

La caldera dispone de un mecanismo para la retirada de las cenizas que consiste en dos tornillos sinfín que transportan la ceniza de manera automática desde la cámara de combustión hasta un contenedor de cenizas. Una vez allí se compactan para que el manejo sea más cómodo. Tendrá suficiente capacidad como para que se prolongue el intervalo de vaciado. El encargado de retirarlas será un servicio contratado a través de la empresa responsable del mantenimiento.



Ilustración 12. Sistema de extracción de cenizas.

9.7 Ruido producido por la sala de calderas.

Se ha decidido hacer en el apartado del dimensionado de la sala de calderas una mención al ruido que pueda producir ésta y si está permitido.

Aunque una caldera de biomasa suele incluir sistemas internos de reducción de ruidos, por lo que resultan más silenciosas que las de otros combustibles como los fósiles. En

general no presentan inconvenientes relacionados con el nivel de ruido. Pero pueden generar problemas de vibraciones que transmiten a la estructura del edificio de los equipos en sus contactos con el suelo o los conductos al traspasar las paredes.

Los elementos generadores de mayor ruido en la sala de calderas son generalmente los ventiladores del aire y de los gases de salida y el sistema de alimentación.

Una sala de calderas normal como en nuestro caso reduce el nivel de emisiones acústicas y nunca supera el máximo valor permitido para un uso de edificio residencial ubicada la sala de calderas en una zona común y de servicios, este valor es de 50 dBA.

10 Seguridad en la nueva instalación.

Aunque toda la instalación se encuentre ya preparada para que pueda actuar en situaciones complejas como la falta de suministro. Se debe de disponer de algún sistema de seguridad para garantizar la protección de todos los vecinos del edificio.

Entre los dispositivos que se encuentran en el sistema de seguridad han de encontrarse según el *RITE*:

- Interruptor de flujo, para detener la circulación del fluido en el interior de la caldera. Salvo que el fabricante especifique que no requieren circulación mínima, las calderas estarán equipadas con un interruptor de flujo con el objeto de poder detener la circulación del fluido en su interior.
- Dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión. Interrumpirá la combustión en caso de alcanzar temperaturas superiores a las de diseño o de existir retroceso de los productos de la combustión o de llama. Será de actuación manual en las siguientes situaciones:
 - En el caso de alcanzarse temperaturas superiores a las de diseño.
 - En el caso de existir retroceso de los productos de la combustión o de llama.
- Dispositivo contra el retroceso de llama, para evitar el retroceso de la llama de la caldera hacia el silo de almacenamiento de la biomasa.

Entre los sistemas existen para éste destacan:

- Compuerta de cierre estanca contra el retroceso de la combustión.
- Rociador de extinción de emergencia, que tenga la capacidad para inundar el tubo de transporte del combustible en el caso de que se produzca el retroceso de la llama. Se recomienda que este sistema aporte un caudal mínimo de 15 L/h de agua. Este sistema solo se instala para calderas de grandes potencias.
- Sistemas que garanticen la depresión en la zona de combustión.
- Sistema de eliminación del calor residual. Para eliminar el calor adicional producido por la biomasa ya introducida en la caldera cuando se interrumpe la combustión.
- Válvula de seguridad, para desviar el agua a suministro en caso de sobrepasarse en más de 1 bar la presión de trabajo de agua.

Todos estos elementos ya los tiene incorporados nuestra sala de calderas, por lo tanto no será necesario adquirir ninguno de ellos.

Pero además de cumplir estos sistemas de seguridad marcados por el *RITE*, nuestra sala de calderas también tiene que cumplir el *“Documento Básico de Seguridad en caso de incendio”* del *“Código Técnico de la Edificación”*.

Entre estas medidas se encuentran:

- La sala de calderas no podrá ser utilizada para otros fines, ni se podrá realizar en ella trabajos ajenos a los propios de la instalación.
- El acceso normal a la sala de máquinas no debe hacerse a través de una abertura en el suelo o techo. Las dimensiones de la puerta de acceso serán las suficientes para permitir el movimiento sin riesgo o daño de aquellos equipos que deban ser reparados fuera de la sala de máquinas.
- Entre la maquinaria y los elementos que delimitan la sala de máquinas deben dejarse los pasos y accesos libres para permitir el movimiento de equipos, o de parte de ellos, desde la sala hacia el exterior y viceversa.
- La conexión entre generadores de calor y chimeneas debe ser perfectamente accesible. Además para evitar accidentes fortuitos del personal, los motores y sus transmisiones suficientes deben estar suficientemente protegidos.
- Las puertas deben de estar provistas de cerraduras con fácil apertura desde el interior, aunque hayan sido cerradas con llave desde el exterior.
- Las tomas de ventilación no podrán estar comunicadas con otros locales cerrados y los elementos de cerramiento de la sala no permitirán filtraciones de humedad.
- La sala dispondrá de un sistema eficaz de desagüe por gravedad o en caso necesario por bombeo.
- El cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o por lo menos el interruptor general estará situado en las proximidades de la puerta principal de acceso.
- El interruptor no podrá cortar la alimentación al sistema de ventilación de la sala. El interruptor del sistema de ventilación forzada de la sala, si existe, también se situará en las proximidades de la puerta principal de acceso.
- La iluminación de la sala de calderas debe ser suficiente para realizar los trabajos de conducción e inspección.
- En el exterior de la puerta de acceso a la sala de máquinas, así como en su interior deben de figurar visiblemente y debidamente protegidas las siguientes indicaciones:
 - Exterior de la sala de calderas. Un cartel con la inscripción: *“Sala de Máquinas. Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio”*
 - En el interior de la sala de calderas:

- Instrucciones para efectuar la parada de la instalación en caso necesario, con señal de alarma de urgencia y dispositivo de corte rápido.
- Indicación de los puestos de extinción y extintores cercanos.
- Nombre, dirección y número de teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento de la instalación.
- Dirección y número de teléfono del servicio de bomberos más próximo, y del responsable del edificio.
- Plano con esquema de principio de la instalación.

Según el *“Documento Básico de Seguridad en caso de incendio”* del *“Código Técnico de la Edificación”* nuestra caldera se considera de riesgo medio por estar comprendida su potencia entre $70 < P < 200$ kW. Por lo que con las medidas anteriormente citadas son suficientes para garantizar la seguridad a todos los vecinos del edificio.

11 ESTUDIO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN.

A continuación se va hacer un estudio económico relativo de la inversión que supondrá la nueva instalación. Mostrando primero los precios de cada uno de los equipos que hay que adquirir, para luego mostrar el periodo de amortización que necesitamos para que la instalación sea rentable y empezar a ver mejoras económicas en el edificio.

La inversión necesaria para la ejecución del proyecto asciende a la cantidad de VEINTE Y UN MIL DOSCIENTOS DIECISÉIS euros con CINCUENTA Y TRES céntimos de euro (21.216,53 €) que corresponde a los cálculos recogidos en la tabla 33:

Tabla 33. Coste de la inversión.

Componente	Precio (€)
1. Caldera DCM BIG 130 kW	12.200,00
1. Silo SUPERSILO modelo SP 250	2.016,00
1. Tornillo sinfín rígido 75 mm	342,00
1. Contenedor cenizas	53,94
	14.611,94
I.V.A. 21%	3.068,50
	17.680,44
MANO DE OBRA 20%	3.536,08
TOTAL	21.216,53

11.1 Amortización de la instalación.

Para saber el periodo de amortización que vamos a tener con la nueva instalación hay que ver primero el ahorro en el consumo que se va a producir en el edificio con el cambio de combustible.

Para ello hay que hacer primero cálculos para conocer el consumo anual que se produce tanto con la demanda de calefacción como con la de A.C.S. ya que en nuestro caso únicamente conocemos la potencia de cada una de ellas pero no del total del consumo.

- **Demanda de calefacción:** Para el cálculo de la demanda energética de la calefacción tendremos en cuenta que la caldera funciona de forma estacional, solo en los meses de invierno. Se estima un uso de 200 días al año con una media de 10 horas al día y un coeficiente de intermitencia del 85%.

**Coficiente de intermitencia*: extra de potencia que tendrá el sistema para cubrir la carga térmica debido a las horas de utilización y del sistema empleado.

$$D_{calef.} = Potencia \cdot \frac{n^{\circ} \text{ horas}}{\text{dia}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ dias}}{\text{año}} \cdot \text{coeficiente intermitencia.}$$

$$D_{calef.} = 57 \text{ kW} \cdot 10 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \cdot 200 \frac{\text{dias}}{\text{año}} \cdot 0.85 = \mathbf{96.900 \text{ kWh/año.}}$$

- **Demanda de A.C.S.:** Para el cálculo de ésta hará falta saber el número de personas que viven en el edificio, en este caso son 8 viviendas a razón de 3 personas en cada una, junto con el consumo que éstas hacen de litros de agua por día (50 L/persona·día).

El valor del calor específico del agua es $4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}}$.

El salto térmico del fluido es de 40°C .

1 litro de agua es lo mismo que 1 kilogramo de agua ya que la densidad de esta es $1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$.

$$D_{A.C.S.} = n^{\circ} \text{ personas} \cdot \text{demanda dia} \cdot n^{\circ} \text{ dias} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} D_{A.C.S.} &= 24 \text{ personas} \cdot 50 \frac{\text{L}}{\text{personas} \cdot \text{dia}} \cdot 365 \text{ dias} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg h}^{\circ}\text{C}} \cdot 40^{\circ}\text{C} \\ &= 73.233.600 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 20.342,67 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \mathbf{20.342,67 \text{ kWh/año.}} \end{aligned}$$

- Por lo tanto la **demanda total** es de 117.242,67 kWh/año. Teniendo en cuenta el rendimiento de la caldera actual que es de 90,61 %. El consumo energético de la caldera será:

$$CE = \frac{\text{Demanda}}{\text{Rendimiento}} = \frac{117.242,67 \text{ kWh/año}}{0,9061} = \mathbf{129.392,63 \text{ kWh/año.}}$$

La caldera actual, como se dijo en anteriores ocasiones, consume gas natural, el cual tiene un poder calorífico Inferior PCI de $10,7 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$.

De esta manera, el caudal de combustible necesario, Q_{comb} , se calcula con la siguiente relación:

$$Q_{comb.} = \frac{CE}{PCI} = \frac{129.392,63 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}}{10,7 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}} = \mathbf{12.092,76 \text{ kg/año.}}$$

**gas natural*: 0,451 kg/L por lo tanto tenemos 26.813,23 L.

El precio actual del gas natural según el IDAE es de $0,051 \text{ €/kWh}$, sin tener en cuenta los precios liberalizados según las compañías, el transporte, peajes, impuestos o tarifas... por lo que este será de $0,066 \text{ €/kWh}$.

Con todo ello obtenemos un coste anual con nuestra actual caldera de gas natural de **8.539,91 €/año**.

Ahora para ver el ahorro que se va a producir con la instalación de biomasa, debemos sacar el nuevo consumo energético ya que va a cambiar al cambiar el rendimiento de la caldera nueva, rendimiento de la caldera de biomasa 91,4%.

$$CE = \frac{\text{Demanda}}{\text{Rendimiento}} = \frac{117.242,67 \text{ kWh/año.}}{0,9140} = \mathbf{128.274,25 \text{ kWh/año.}}$$

El biocombustible elegido se trataba de pélet (DIN plus) el cual tiene un poder calorífico Inferior PCI equivalente a $4,90 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$.

Entonces ahora la cantidad de combustible es:

$$Q_{comb.} = \frac{CE}{PCI} = \frac{128.274,25 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}}{4,90 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}} = \mathbf{26.178,41 \text{ kg/año.}}$$

*Pélet: 650 kg/m^3 por lo tanto vamos a tener $40,27 \text{ m}^3$.

El precio actual del pélet según el IDAE es de $0,045 \text{ €/KWh}$ (226 €/t) pero como se comento antes hay que tener en cuenta factores como el transporte, peajes, impuestos... por lo que este será de $0,055 \text{ €/kWh}$ (271€/t) (Valor obtenido en el IDAE).

El resultado que se obtiene del consumo de biomasa al año es de **7.055,08 €/año**.

Con todos estos valores se puede hacer el estudio económico que supone la instalación de la nueva caldera, para ver el ahorro que se va a producir tanto en la demanda energética y en la economía.

Ahorro en la demanda energética: Diferencia entre la demanda con gas natural y la de pélet.

$$129.392,63 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} - 128.274,25 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = \mathbf{257.666,88 \text{ kWh/año.}}$$

Ahorro económico total (€/año): Ahorro que se ha producido en la demanda según el precio del pélet.

$$8.539,91 \text{ €/año} - 7.055,08 \text{ €/año} = \mathbf{1.484,83 \text{ €/año.}}$$

Tiempo de recuperación de la inversión: Precio de la inversión entre el ahorro económico.

$$\frac{21.216,5 \text{ €}}{1.484,83 \text{ €/año}} = 14,28 \text{ años.}$$

A modo resumen y para que se vea más claro se muestra en la tabla 34 los valores a tener en cuenta para la amortización de la instalación:

Tabla 34. Resumen del periodo de Recuperación de la inversión.

Ahorro energético anual kWh/año		Demanda con gas	129.392,63
		Demanda con pélet	128.274,25
		Ahorro en la demanda	257.66,88
Ahorro económico total	€/año	1.484,83	
Inversión total	€	21.216,53	
Tiempo de recuperación de la inversión	Años	14,28	

Una vez planteado el precio total que va a suponer la inversión, el administrador de la finca ha de comunicar a cada uno de los propietarios dicha cantidad e indicar el precio a abonar cada uno de ellos. Como en total son 8 vecinos, cada uno ellos ha de afrontar una derrama de 2.653,06 €, a ingresar en la cuenta de la comunidad en un pago único.

Anualmente cada vecino está pagando por los suministros de calefacción y A.C.S 1.067,48 €/año. Con la nueva instalación se va a convertir en importe de 881,88 €/año por vivienda, por lo que el ahorro va a ser de 185,59 €/año.

11.2 Viabilidad de la inversión.

En un proyecto como este es importante analizar su rentabilidad, sobretodo si es viable o no. Para poder hacer frente a la nueva instalación hay que invertir un capital, esperando obtener rentabilidad a lo largo de los años. Esta debe ser mayor al menos que una inversión con poco riesgo.

Entre los parámetros más recurridos para calcular la viabilidad de un proyecto se encuentran:

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).

Ambas son las que se van a tratar a continuación.

11.2.1 Valor Actual Neto (VAN).

Valor actual neto: Procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial es recomendable que el proyecto sea aceptado.

La fórmula a emplear es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Dónde:

V_t : Representa los flujos de caja en cada periodo t.

I_0 : Valor del desembolso inicial de la inversión.

n : Número de periodos considerado.

k : Tasa de interés.

Una vez implementados los valores en la fórmula anterior se obtienen un resultado para el VAN, el cual es interpretado de la siguiente manera:

- **VAN > 0:** La inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida. La decisión a tomar tiene que ser aceptar el proyecto.
- **VAN < 0:** La inversión va a producir pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida. La decisión a tomar en este caso será la de rechazar el proyecto.
- **VAN = 0:** La inversión no producirá ni ganancias ni pérdidas. Como en este caso el proyecto no agrega un valor económico por encima de la rentabilidad exigida, la decisión a tomar se basará en otros criterios.

Para este proyecto se ha tomado un periodo de **25 años**, ya que es la media en la que se encuentra la vida útil de una caldera de biomasa.

Se ha utilizado como referencia el tipo de interés legal del dinero vigente para el año 2015, establecido por la Disposición Adicional Trigésima Segunda de la Ley 36/2014, de 26 de Diciembre, del Presupuestos Generales del Estado para el año 2015. Esta es del **3,5%**.

El valor inicial de la inversión ya se ha comentado anteriormente que es de **21.216,53 €**

Con todos los datos anteriormente citados se construye una tabla como la que se muestra en la tabla 35 en una hoja de datos Excel, para calcular con ella el valor del VAN.

Tabla 35. Análisis VAN.

Años	Inversión(€)	Años	Inversión(€)
0	21.216,53	13	1.484,83
1	1.484,83	14	1.484,83
2	1.484,83	15	1.484,83
3	1.484,83	16	1.484,83
4	1.484,83	17	1.484,83
5	1.484,83	18	1.484,83
6	1.484,83	19	1.484,83
7	1.484,83	20	1.484,83
8	1.484,83	21	1.484,83
9	1.484,83	22	1.484,83
10	1.484,83	23	1.484,83
11	1.484,83	24	1.484,83
12	1.484,83	25	1.484,83

Todos los flujos de caja han sido actualizados al tipo de interés legal del dinero hasta el momento del desembolso inicial.

El valor del VAN ha resultado 3.255,72 por lo que se puede decir según las interpretaciones antes mencionadas que después de 25 años de vida útil, es superior a 0, por lo tanto esta inversión generará riqueza durante el periodo que esté vigente.

11.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR).

Tasa Interna de Retorno: Aquella que al ser utilizada como tasa de descuento en el cálculo de un VAN dará como resultado 0.

La fórmula a emplear en este caso es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Dónde:

V_t : Representa los flujos de caja en cada periodo t.

I_0 : Valor del desembolso inicial de la inversión.

n : Número de periodos considerado.

Los datos necesarios para resolver esta fórmula serán los mismos que se han comentado para el cálculo del VAN.

También se recurrirá a construir una tabla como la mostrada en la tabla 36 en una hoja de datos Excel, para obtener el valor de la TIR.

Tabla 36. Análisis TIR.

Años	Inversión(€)	Años	Inversión(€)
0	- 21.216,53	13	1.484,83
1	1.484,83	14	1.484,83
2	1.484,83	15	1.484,83
3	1.484,83	16	1.484,83
4	1.484,83	17	1.484,83
5	1.484,83	18	1.484,83
6	1.484,83	19	1.484,83
7	1.484,83	20	1.484,83
8	1.484,83	21	1.484,83
9	1.484,83	22	1.484,83
10	1.484,83	23	1.484,83
11	1.484,83	24	1.484,83
12	1.484,83	25	1.484,83

El valor de la TIR ha resultado 4,86%, la cual hace tener un VAN igual a 0. Por lo que ahora al interpretar las consideraciones anteriores tendremos:

- Con una inversión que ofrezca un tipo de interés del 4,86% durante 25 años, será indiferente llevar a cabo la inversión.
- Con una inversión que ofrezca un tipo de interés superior al 4,86% durante 25 años, la inversión de la nueva caldera no será rentable.

- Con una inversión que ofrezca un tipo de interés inferior al 4,86% durante 25 años, se puede llevar a cabo la inversión.

12 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA.

A continuación se va a mostrar el procedimiento llevado a cabo para obtener la certificación energética al edificio de estudio, tanto antes como después de realizar el cambio de la caldera. Sirviendo así como modo de comparación de la mejora, tanto en demanda y consumo energético, como el descenso de las emisiones de CO₂ al cambiar un combustible fósil como es el gas natural por la biomasa que es renovable.

12.1 Descripción de un certificado energético.

El certificado de eficiencia energética o certificado energético es un documento oficial redactado por un técnico competente que incluye información objetiva sobre las características energéticas de un inmueble.

La certificación energética califica energéticamente un inmueble calculando el consumo anual de energía necesario para satisfacer la demanda energética de un edificio en condiciones normales de ocupación y funcionamiento, teniendo en cuenta la producción de agua caliente, calefacción, iluminación, refrigeración y ventilación.

El proceso de certificación energética concluye con la emisión de un certificado de eficiencia energética y la asignación de una etiqueta energética. La escala de la calificación energética es de siete letras y varía entre las letras A, edificio más eficiente energéticamente, a la G correspondiente al edificio menos eficiente energéticamente. La etiqueta energética expresa la calificación energética de un edificio otorgando una de esas letras. Además también constará, entre otros datos de la información sobre el consumo de energía anual (kWh/año y kWh/m²) y sobre el consumo de CO₂ anual (kg/CO₂/año y kgCO₂/m²).

La etiqueta energética es obligatorio que se acompañe a cualquier actividad comercial que se realice para vender o alquilar una vivienda. Por ejemplo, en los escaparates de las agencias inmobiliarias y en diversos portales de internet deberá aparecer la etiqueta energética del inmueble objeto de venta o alquiler.

La etiqueta energética y los certificados energéticos o certificados de eficiencia energética caducan a los 10 años de su emisión.

Este certificado resulta obligatorio, salvo excepciones, para el propietario de cualquier parte individual de un edificio existente que quiera realizar una operación de compraventa o alquiler.

12.1.1 Contenido de un certificado de eficiencia energética.

Todo certificado de eficiencia energética tendrá como mínimo:

- Identificación del edificio o si es el caso de la parte del mismo que se certifica
- Identificación del procedimiento escogido para la obtención de la calificación energética de un edificio indicando la siguiente información:
 - Descripción de las características energéticas del edificio, envolvente térmica, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, instalaciones y otros datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.
 - Identificación de la normativa sobre el ahorro y eficiencia energética que le era de aplicación en el momento de construcción.
 - Descripción de las comprobaciones, pruebas e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador, durante la fase de calificación energética con la finalidad de establecer la conformidad de la información contenida en el certificado energético.
- Calificación de la eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta energética.
- Documento que recoja las medidas recomendadas por el técnico certificador, clasificadas según la viabilidad técnica, funcional y económica, así como por su repercusión energética, que permitan, en el caso de que el propietario del edificio decida acometer voluntariamente esas medidas, que la calificación energética mejore como mínimo un nivel en la escala de calificación energética.

Desde el punto de vista normativo, la norma actual exige que todos los edificios existentes, cuando se vendan o se arrienden dispongan de un certificado de eficiencia energética. Por ello, resulta obligatorio disponer de dicho certificado antes de proceder a realizar la venta o contrato de arrendamiento correspondiente.

Desde el punto de vista del propietario del inmueble, el certificado energético le informará de lo eficiente que es un edificio aportando una variable más a tener en cuenta en toda operación de compraventa del edificio o parte de este. El certificado le aportará una ventaja o desventaja comparativa respecto al resto de sus competidores.

En definitiva, la nueva norma tiene como finalidad favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética e inversiones en ahorro de energía.

12.1.2 Programas informáticos reconocidos.

Procedimiento general para proyecto y edificio terminado nuevo o existente

- Programa informático CALENER VyP (Viviendas y Pequeño Terciario).
- Programa informático CALENER GT (Gran Terciario).

Ambos requieren importar el archivo del programa LIDER con la geometría y cerramientos del edificio

Procedimientos simplificados para edificios existentes

- Programa informático CE3.
- Programa informático CE3X.

Procedimientos simplificados para viviendas nuevas, solo para proyecto y edificio terminado nuevo

- **Procedimiento 1.** La calificación se obtiene por justificación del cumplimiento estricto de la opción simplificada del HE 1 *“Limitación de demanda energética”* del Documento Básico *“HE Ahorro de energía”* dentro del Código Técnico de la Edificación CTE. Solo permite obtener clases energéticas *“D”* o *“E”*. No se determinan las emisiones globales ni el consumo de energía primaria.
- **Procedimiento 2.** CE2 Mediante un Excel se obtiene la Clase de Eficiencia Energética que se expresa en función del Indicador de Eficiencia Energética Global. Solo se obtiene la letra. No se determinan las emisiones globales ni el consumo de energía primaria.
- **Programa informático CERMA.** Método abreviado. Se obtienen todos los datos: letra, emisiones globales, consumo de energía primaria, demanda de calefacción, refrigeración y ACS, consumo de energía final, emisiones por sistemas...

12.2 Procedimiento llevado a cabo para la obtención del certificado.

Como el edificio en estudio es de uso residencial y ya existente se va a optar por utilizar el programa informático Calener VyP que facilita la página web del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

La descripción del edificio (número de viviendas, distribución...) ya se ha realizado en puntos anteriores por lo que a continuación ya se va a comentar la manera en la que se han introducido todos estos datos en el programa.

Únicamente hacer un comentario que va a ser muy útil en los posteriores pasos. Dentro del programa Calener se va a hacer una división de cada una de las plantas del edificio según sea *“Calefactada”* o *“No Calefactada”* la zona.

Estas zonas son las que se muestran en las siguientes imágenes correspondientes a los planos de cada una de las plantas del edificio. Color azul las *“No Calefactadas”* y color rojo las *“Calefactadas”*. Además se les ha asignado un nombre que es el mismo que ha asignado posteriormente el programa para referirse a las mismas.

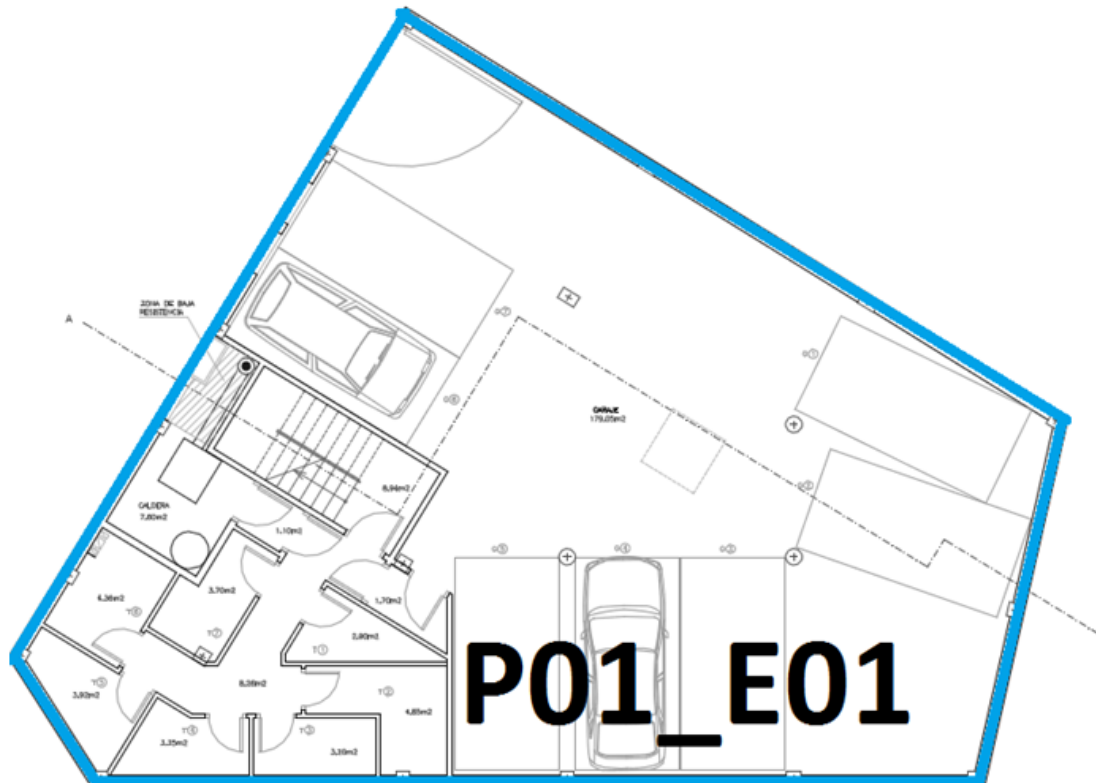


Ilustración 13. División zonas Semisótano.

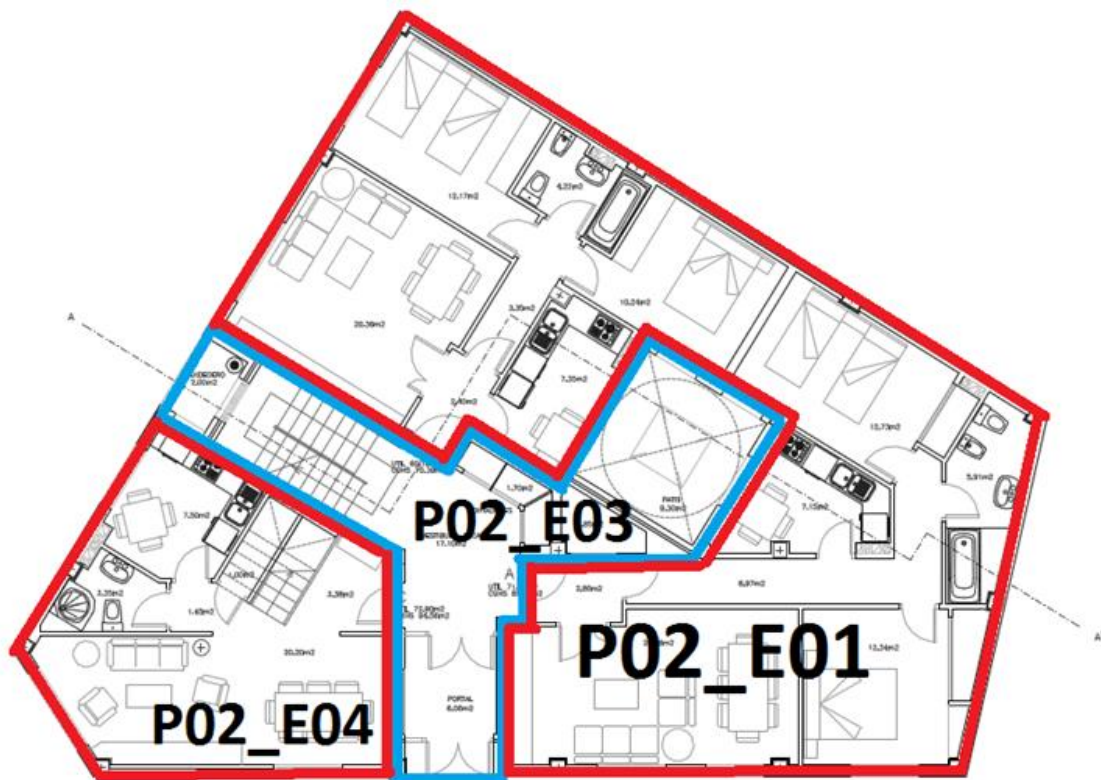


Ilustración 14. División zonas Planta Baja.

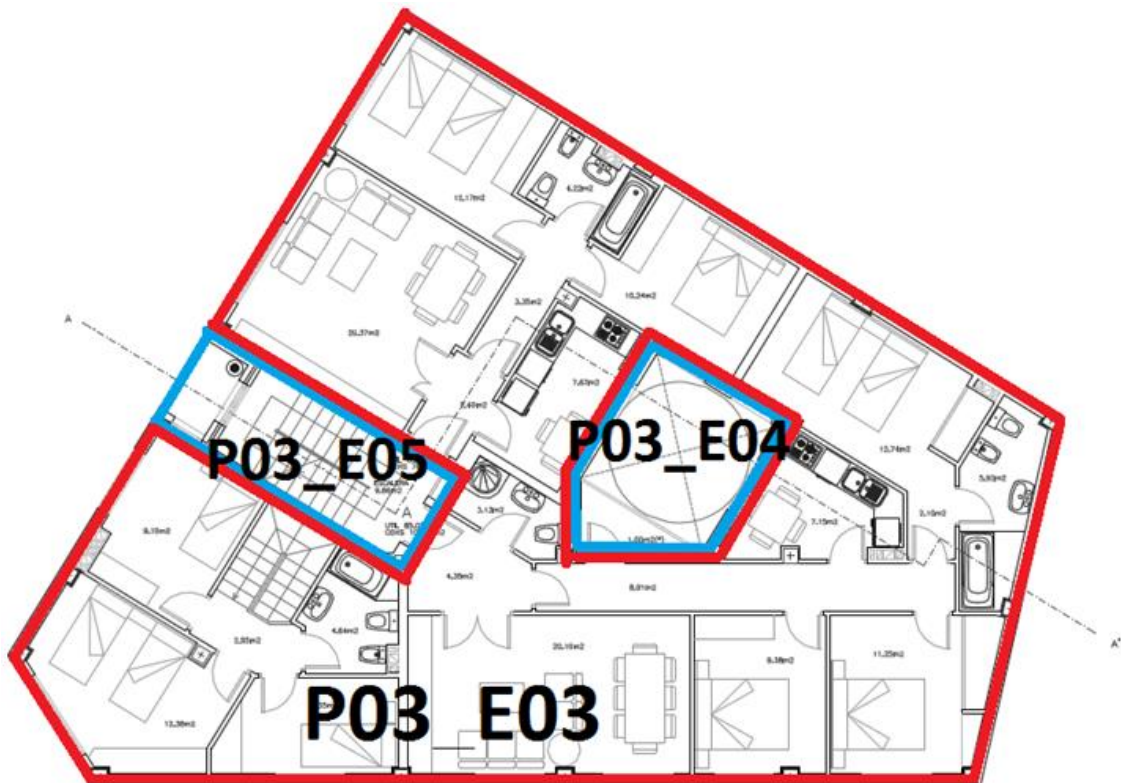


Ilustración 15. División zonas Planta Primera.

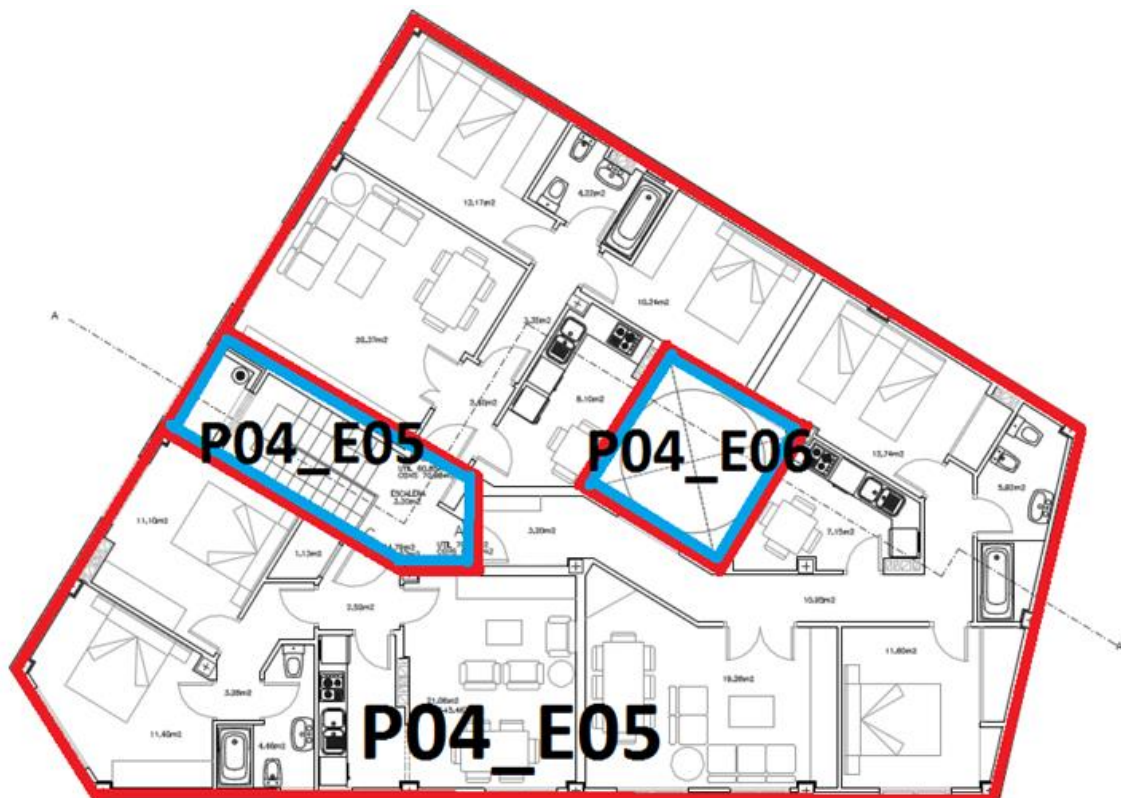


Ilustración 16. División zonas Planta Segunda.

Además como ya se demostró anteriormente y sabiendo la demanda calorífica de cada una de las viviendas, se puede saber cuál es la demanda total de las zonas anteriormente mostradas, haciendo el sumatorio de cada una de las viviendas que conformen dicha zona. Esto nos será de gran utilidad a la hora de introducir el sistema de calefacción a la vez que facilitará mucho al seguir la misma nomenclatura.

Por lo tanto la demanda calorífica será:

Tabla 37. Demandas Caloríficas.

Zona	Demanda calorífica	
	kcal/h	kW
P02_E04	4.592	5,3
P02_E01	1.1984	13,9
P03_E03	14.000	16,2
P04_E05	19.264	22,4

12.2.1 Descripción.

Se encuentra en la barra de tareas que hay en la parte superior de la pantalla del programa. Será el primer apartado a rellenar, en el que tenemos que cumplimentar los siguientes datos:

- Zona climática: Al tratarse de un edificio situado en la LOCALIDAD de **León** la ZONA CLIMÁTICA será **E1**. Automáticamente el programa introducirá la LATITUD: **42,59** y la ALTITUD: **913,00**.
- EL ÁNGULO DE ORIENTACIÓN será de **0º** sacado después de medir en el plano de situación y entorno.
- TIPO DE EDIFICIO: **Vivienda en bloque** ya que se trata de un edificio de 8 viviendas.
- CLASE POR DEFECTO DE LOS ESPACIOS HABITABLES: EL TIPO DE USO será **Residencial**.
Por lo que luego la CONDICIÓN DE HIGROMETRÍA será **Clase 3 o inferior**.
Por último el NÚMERO DE RENOVACIONES POR HORA REQUERIDO será **1**.
- DATOS DEL PROYECTO: Se cumplimentará con el NOMBRE DEL PROYECTO: **“Proyecto fin de grado”**

La COMUNIDAD será **Castilla y León** en la LOCALIDAD de **Trobojo del Camino** y la DIRECCIÓN: **C/ Urano esquina C/ Las Arribas**.

- DATOS DEL AUTOR: Serán mis propios datos personales ya que he sido el que ha realizado la calificación, por lo tanto. NOMBRE: **Diego Abril Moreno**, EMPRESA O INSTITUCIÓN: **Universidad de León** E-MAIL: **dabrim00@estudiantes.unileon.es** TELÉFONO: **647194639**.
- EDIFICIO: Indicará si el edificio es existente o no, en este caso se trata de uno Existente, por lo que se buscará la REFERENCIA CATASTRAL en la página del catastro, del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, en la que aparece con la referencia **6496001TN8169N0001PF**.

En la siguiente imagen se muestran los datos una vez introducidos en el programa:

The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top (Nuevo, Abrir, Guardar, Descripción, BD, Opciones, 3D, Sistema, C.Calf, Resultados, PDF, Exportar, Ayuda, Acerca) and several configuration panels:

- Zonificación climática:** Zona: E1; Localidad: Localidad_ZoneE1; Latitud: 42.35; Altitud: 913.00; Radio buttons for Peninsular (selected) and Extrapeninsular.
- Orientación del edificio:** Ángulo: 0.00; A small diagram showing orientation axes (N, S, E, W, X, Y).
- Tipo edificio:** Radio buttons for Vivienda unifamiliar, Vivienda en bloque (selected), and Edificio sector terciario, pequeño o mediano.
- Clase por defecto de los espacios habitables:** Tipo de Uso: Residencial; Condiciones higrometría: Radio buttons for Clase 3 o inferior (selected), Clase 4, and Clase 5.
- Número de renovaciones hora requerido:** Input field with value 1.0.
- Datos del Proyecto:** Nombre del proyecto: PROYECTO FIN DE GRADO; Comunidad: Castilla y León; Localidad: Trobojo del Camino; Dirección: C/ Urano esquina C/ Las Arribas.
- Datos del Autor:** Nombre: Diego Abril Moreno; Empresa o Institución: Universidad de León; E-mail: dabrim00@estudiantes.unileon.es; Teléfono: 647194639.
- Edificio:** Referencia catastral: Input field with value 6496001TN8169N0001PF; Dropdown menu set to 'Existente'.

An 'Aceptar' button is located at the bottom right of the interface.

Ilustración 17. Descripción del Proyecto.

12.2.2 Envoltente térmica.

Para el cálculo de este parámetro se va a la pestaña BD, la cual va a abrir una nueva ventana en la que primeramente deberemos cargar la biblioteca que facilita el propio programa con todos los materiales opacos para luego hacer uso de ellos y poder rellenar así la composición de las envolventes térmicas.

Para asignar cada una de las envolventes primeramente hay que diferenciar entre cerramientos horizontales o verticales (Forjados y muros).

Estas envolventes ya se han descrito con anterioridad y serán:

- **Pared exterior:** Compuesto por un muro de 1/2 de asta, 4 cm de polietileno expandido, tabicón de 9 cm y enlucido.

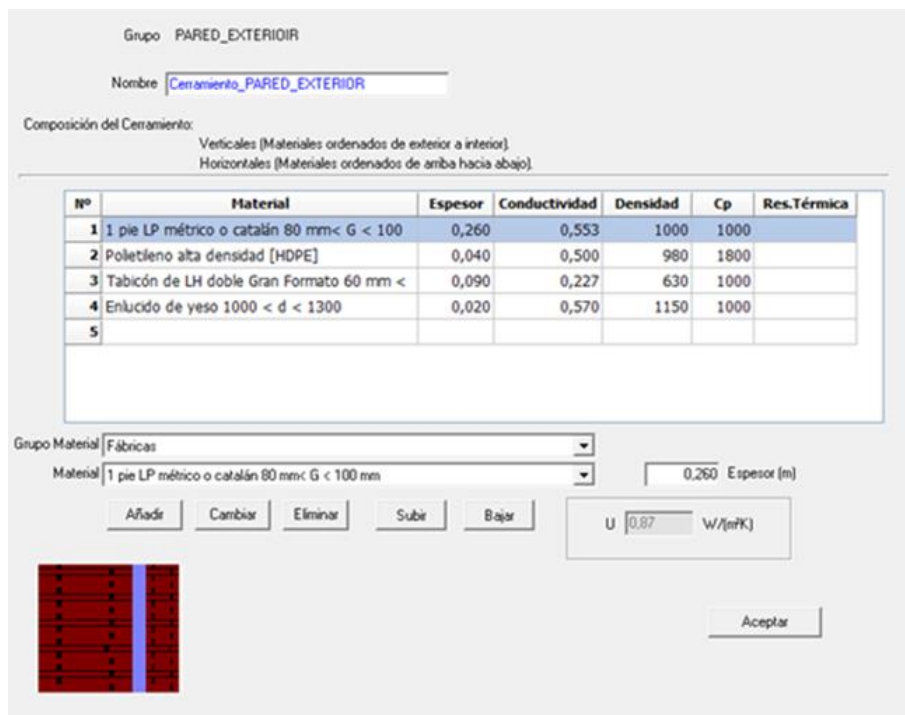


Ilustración 18. Cerramiento Pared Exterior.

- **Pared interior:** Compuesto por enlucido, tabicón de 9 cm, polietileno expandido de 4 cm y enlucido.

Grupo VERTICALES

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,002	0,560	1350	1000	
2	Tabicón de LH doble Gran Formato 60 mm <	0,090	0,227	630	1000	
3	Polietileno alta densidad [HDPE]	0,040	0,500	980	1800	
4	Yeso, de alta dureza 1200 < d < 1500	0,002	0,560	1350	1000	
5						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(mK)




Ilustración 19. Cerramiento Pared Interior.

- **Forjado:** Compuesto por una losa de hormigón de 15 cm, 5 cm de aislante térmico, polietileno expandido, 10 cm de cama de arena, 3 cm de mortero de cemento y 2 cm de solado.

Grupo HORIZONTALES

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Hormigón convencional d 1600	0,150	0,970	1600	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,050	0,037	30	1000	
3	Tierra cruda con densidad 1200 kg/m3	0,100	0,500	1200	1000	
4	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,030	0,700	1350	1000	
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,550	1125	1000	
6						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(mK)

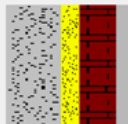


Ilustración 20. Cerramiento Forjado.

- Cubierta:** Compuesta por bovedilla de hormigón de 25 cm + 5 cm de capa de compresión, 5 cm de aislante térmico de lana de vidrio, cámara sin ventilación, 4 cm de rasillón en faldones de cubierta, 5 cm de mortero con mallazo de reparto.

Grupo HORIZONTALES

Nombre

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm	0,300	0,937	1110	1000	
2	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050	0,040	40	1000	
3	Cámara de aire sin ventilar horizontal 2 cm					0,160
4	Ladrillo de hormigón perforado de áridos	0,040	0,395	1183	1000	
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,300	625	1000	
6	Teja de arcilla cocida	0,020	1,000	2000	800	
7						

Grupo Material

Material Espesor (m)

U W/(m²K)

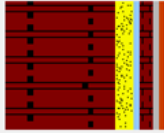


Ilustración 21. Cerramiento Cubierta.

- Ventana exterior:** Ventana de aluminio anodizado con rotura de puente térmico y acristalamiento tipo climat 6 + 12.

Grupo VENTANAS

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

%hueco cubierto por el marco ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire m²/h·m² a 100 Pa

Ilustración 22. Cerramiento Ventana Exterior.

- **Puerta de entrada:** La puerta de entrada al edificio será de aluminio.

Grupo PUERTA

Nombre PUERTA

Propiedades

Grupo Vidrio Dobles bajo emisivos 0.1-0.2 en posición vertical

Vidrio VER_DB1_4-12-331

Grupo Marco Metálicos en posición vertical

Marco VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12

%hueco cubierto por el marco 0.00 ¿Es una puerta?

Permeabilidad al aire 60 m²/hm² a 100 Pa

Ilustración 23. Cerramiento Puerta Exterior.

12.2.3 Opciones.

El siguiente paso será ir a la pestaña OPCIONES donde se tendrá que rellenar el formulario que plantea ésta.

Lo primero que hay que hacer es delimitar las DIMENSIONES DEL ESPACIO DE TRABAJO, lugar en el que se va a representar el edificio, en un primer momento se van a dejar los valores aleatorios de:

- Ancho: **60 m.**
- Alto: **60 m.**
- Cota: **0 m.**

Aunque luego estos valores se podrán modificar si en la introducción de los planos y una vez escalados se ve que este se nos ha quedado pequeño.

En cuanto al color que se puede modificar también se ha dejado el que viene por defecto ya que es algo irrelevante a la hora de trabajar. Verde.

EL RADIO DE LAS ESFERAS DE ATRACCIÓN que será el valor que tomaran luego las esferas que utilizaremos para crear el edificio en 3D se va a tomar un valor de **0,30 m.**

En la última opción que es la de REPRESENTACIÓN DE CUBIERTAS se va a marcar a mayores de las que viene ya asignadas (MOSTRAR ESFERAS A NIVEL DE ESPACIO y

MOSTRAR ESFERAS A NIVEL DE CORONACIÓN DE CERRAMIENTOS) la opción de TRIANGULACIÓN AUTOMÁTICA, todo esto será luego útil cuando se vaya a representar la cubierta del edificio.

A continuación se muestra una imagen que muestra lo anteriormente expuesto:

The image shows a software interface with the following sections:

- Dimensiones del espacio de trabajo:**
 - Ancho: 60 m.
 - Alto: 60 m.
 - Cota: 0 m.
 - Color: A green square.
 - A diagram showing a green square with a coordinate system (X and Y axes). The width is labeled 'Ancho' and the height is labeled 'Alto'.
- Esferas de atracción:**
 - Radio: 0,30 m.
- Representación de Cubiertas:**
 - Mostrar esferas a nivel de Espacio
 - Mostrar esferas a nivel de Coronación de Cerramientos
 - Triangulación Automática

Ilustración 24. Espacio de trabajo.

En esta misma pestaña de OPCIONES aparece una subpestaña que se llama CONSTRUCCIÓN en la que primeramente hay que asignar los CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES en la que hay que rellenar cada uno de los apartados que aparecen en ésta, con las envolventes térmicas creadas anteriormente en la pestaña BD, siendo coherente según lo que queramos poner en cada uno de los casos. Aunque esto solo supone indicar unos valores por defecto que serán los que primeramente queremos que el programa asigne cuando creamos cada espacio, pero si vemos que puntualmente un elemento que nos ha creado el programa tiene que ser diferente, se podrá cambiar más adelante. Por lo tanto, en esta opción se van a poner los valores que más se vayan a repetir luego.

Los diferentes apartados que se tendrán que rellenar serán los siguientes, en los que se va a indicar al lado el elemento que se ha decidido asignar, siendo los ya descritos en la parte de envolvente térmica.

- Muros (fachadas, verticales y rectangulares): **“Pared Exterior”**.
- Huevo: **“Ventana exterior”**.
- Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior (Cubiertas plantas o suelos en contacto con el exterior): **“Forjado”**.
- Medianería: **“Pared Interior”**.

- Suelo en contacto con el terreno: **“Forjado”**.
- Muro en contacto con el terreno: **“Pared Exterior”**.
- Partición interior horizontal: **“Forjado”**.
- Partición interior vertical: **“Pared Interior”**.

The screenshot shows the 'Espacio de Trabajo' (Workspace) for 'Construcción' (Construction). It features several configuration panels:

- Muro:** Muros de fachada. Verticales y rectangulares. Composición tipo "muro": Cerramiento_PARED_EXTEF.
- Hueco:** Composición del "hueco": VENTANAS. Altura del hueco: 1,00 m. Anchura del hueco: 1,00 m. Posición Y respecto al suelo: 1,00 m. Retranqueo: 0,00 m. Protección solar: ...
- Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior:** Cubiertas planas o suelos en contacto con el exterior. Composición tipo "cerramiento horizontal": Cerramiento_PATIO.
- Cerramiento o partición interior geoméricamente singular:** Cubiertas inclinadas, hastiales, fachadas o particiones interiores inclinadas, etc. Composición tipo "cerramiento singular": Cerramiento_CUBIERTA.
- Medianería:** Composición tipo "medianería": Cerramiento_PARED_EXTEF.
- Suelo en contacto con el terreno:** Composición tipo "suelo en contacto con el terreno": Cerramiento_FORJADO. Aislamiento perimetral. D: 0,0 m. Ra: 0,0 m²/W.
- Muro en contacto con el terreno:** Composición tipo "muro en contacto con el terreno": Cerramiento_PARED_EXTEF.
- Partición interior horizontal:** Composición tipo "partición interior horizontal": Cerramiento_FORJADO.
- Partición interior vertical:** Composición tipo "partición interior vertical": Cerramiento_PARED_INTER.

Ilustración 25. Construcción.

La última subpestaña de este apartado sería la de los puentes térmicos, en los que ya vienen unos valores que trae por defecto el programa. Únicamente se revisará cada uno de los subapartados que trae e ir dando aceptar para que se designen.

12.2.4 Creación del edificio en el espacio 3D.

12.2.4.1 Creación de plano.

En esta pestaña (3D) se comenzará introduciendo los planos con los que se cuenta para realizar el proyecto.

Los planos se introducen en formato “.dxf”, a los que una vez cargados saldrá una ventana emergente que pedirá indicar cuanto equivale 1 cm en el plano a metros en la realidad. Dado que los planos se han confeccionado con el programa AUTOCAD, ya han sido escalados en éste, haciendo que en esta ventana se deje como venía por defecto (1 cm del plano equivale a 1 m en la realidad)

En la siguiente ventana emergente que aparece pedirá indicar la capa en la que se encuentra el plano en AUTOCAD. Una vez seleccionada únicamente queda por indicar la cota a la que se va a encontrar el plano que acabamos de introducir.

Las cotas de todos los planos serán las siguientes:

- **Semisótano:** 0 m.
- **Planta baja:** 2,50 m.
- **Planta Primera:** 5,40 m.
- **Planta Segunda:** 8,30 m.
- **Techo Planta Segunda:** 11,30 m.
- **Cubierta:** 19,19 m.

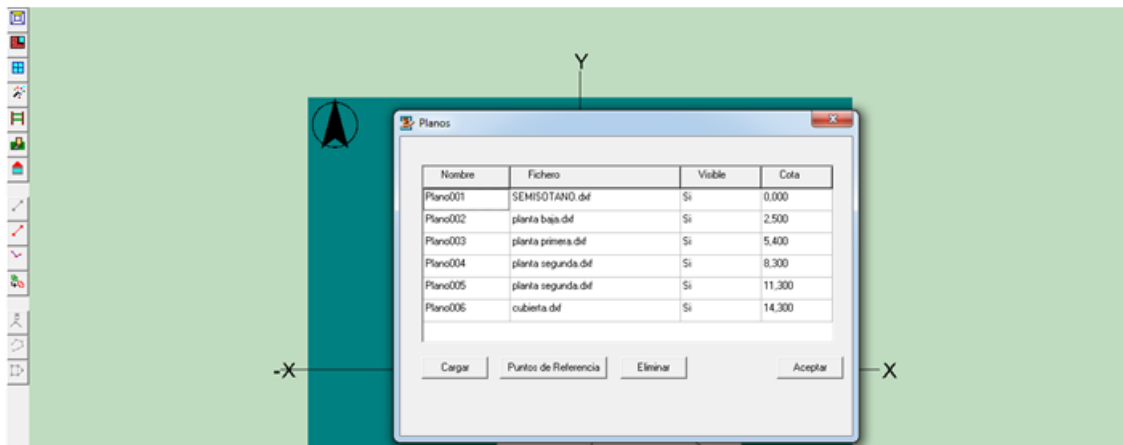


Ilustración 26. Cotas Planos.

Una vez introducidos los planos habrá que referenciarlos para que todos se encuentren en la misma posición. Para ello se coge plano por plano con la opción PUNTO DE REFERENCIA y se escoge un punto cualquiera que decidamos y que se sepa que todos los planos tienen en común para que sea el que los referencie a todos. Además se tienen que indicar las coordenadas de dicho punto para que sea colocado dentro del espacio de trabajo.

12.2.4.2 Creación de plantas.

Cuando los planos ya han sido introducidos se procederá a crear las plantas con las que cuenta el edificio. Para ello se va al icono que hay para esta función.

Cada vez que se quiera crear una planta se deberá repetir esta función, al igual que cada vez que se acabe de crear para indicar que hemos acabado de crear la planta. Una vez seleccionado aparecerá una ventana emergente en la que habrá que indicar:

- Nombre.
- Planta anterior.
- Multiplicador, en el que se va a dejar por defecto el valor de 1.
- Altura del espacio, indicando la altura que tiene la planta.
- Cota, si es la primera planta se indicará la cota a la que está pero si se ha dicho anteriormente que hay una planta anterior automáticamente ya aparecerá una cota asignada siendo la altura del espacio anterior.

- Igual a planta, si procede y es igual a alguna planta ya creada se puede indicar mediante un menú desplegable si es igual a otra planta.

Aceptar espacios anteriores/crear espacios igual a planta, si anteriormente se ha dicho que esta planta es igual a otra y además cuenta con los mismos espacios que ella se puede seleccionar esta opción y ahorrar tiempo. Si no es el caso, o lo es pero cuenta con otros espacios diferentes, se procederá a asignar CREAR ESPACIOS IGUAL A PLANTA y después ya se crearán si hubiese los diferentes espacios mediante otro icono.

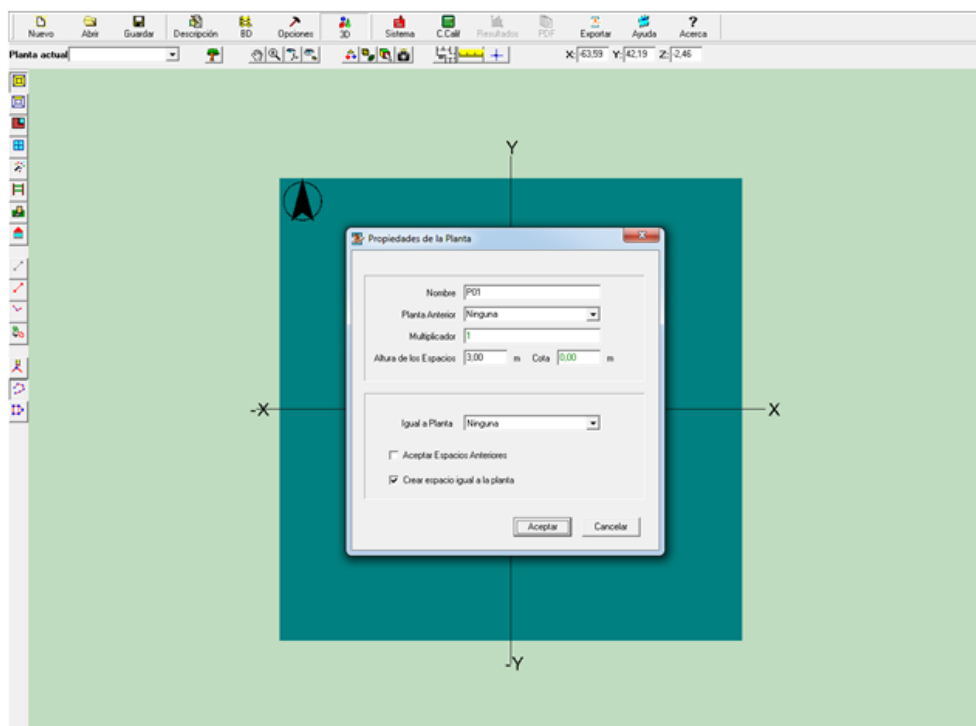


Ilustración 27. Propiedades Planta.

La manera de crear la planta será mediante esferas, de color rojo, que tendrán que colocarse en cada uno de los vértices que conforman cada uno de los planos. Se tendrán que colocar de una manera muy precisa y en sentido de las agujas del reloj. Una vez creada la planta en la que se está trabajando se presiona de nuevo el icono de crear plantas para finalizar esta planta.

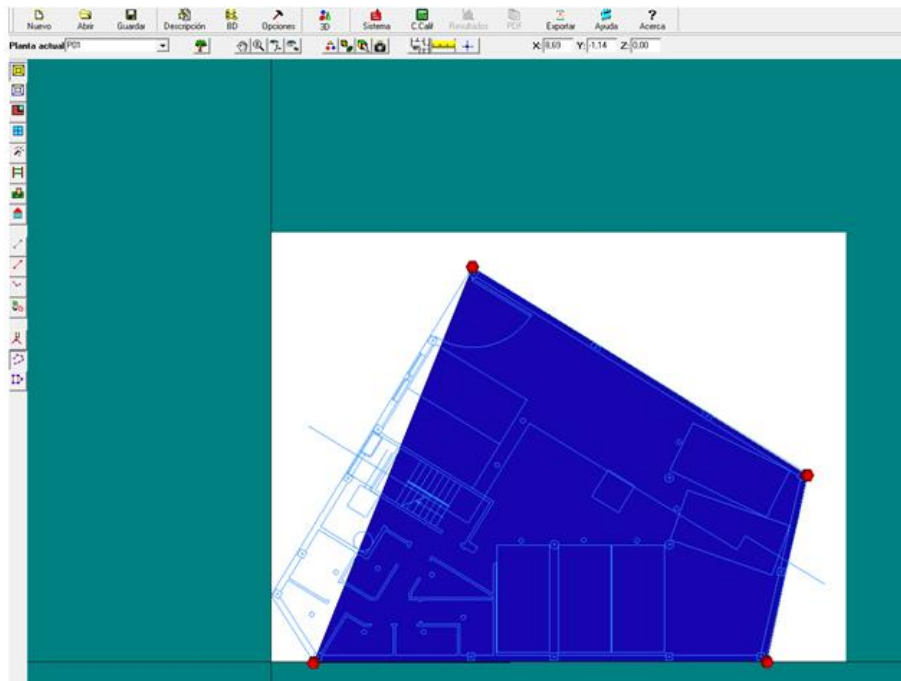


Ilustración 28. Inserción de Esferas Creación de Plantas.

El siguiente paso, después de tener todas las plantas, que habría que realizar es la de crear los espacios dentro de cada planta.

Una aclaración que habría que hacer y que va a servir para muchos más de los pasos es que cada vez que se quiera hacer alguna modificación o añadir algo a alguna de las plantas se tendrá que ir a la zona de PLANTA ACTUAL y colocarnos en la planta en la que se quiere trabajar, porque si no puede parecer que no estamos realizando ninguna modificación y en realidad se está cambiando en la planta que no deseamos que pase.

12.2.4.3 Dividir espacios.

La manera en la que se van a crear los espacios, la elegida por mí, fue a través del icono DIVIDIR ESPACIOS, aunque también se podría haber escogido la CREACIÓN DE ESPACIOS.

La manera de proceder será parecida a la de crear las plantas, con esferas, esta vez el color será gris y se unirán entre ellas mediante una línea del mismo color. Únicamente se señalarán las zonas interiores de la planta, no hará falta crear líneas de división de espacios en las zonas externas de la planta, es decir en los que luego serán los muros exteriores de la planta.

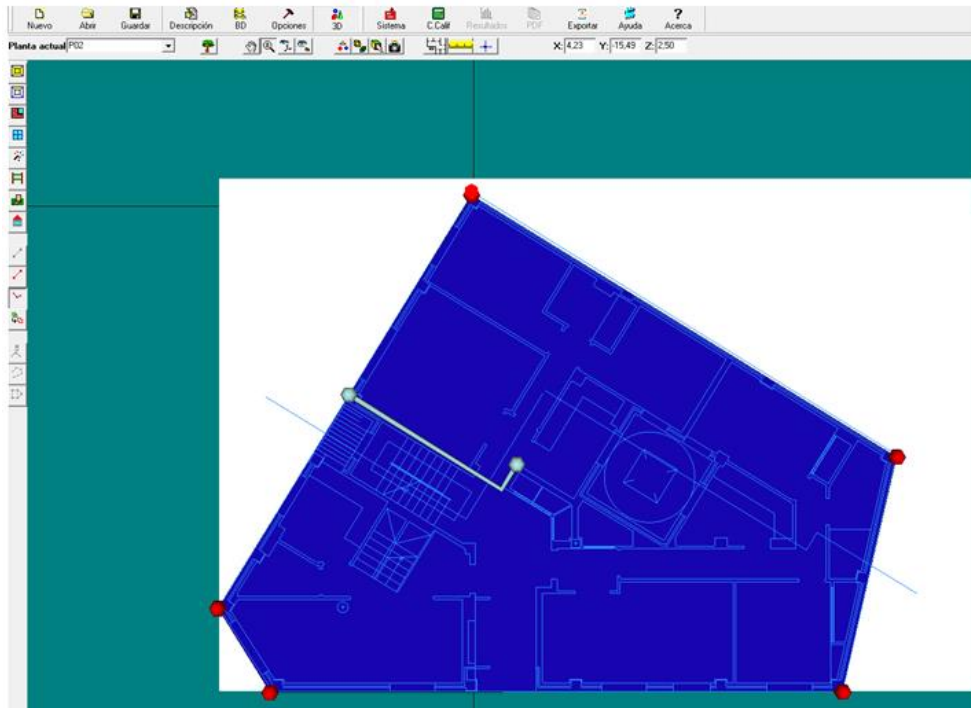


Ilustración 29. Creación de Espacios en Planta.

Cada uno de los espacios creados anteriormente deberá de asignarse luego si va a ser Calefactado o No Calefactado, en el programa se nombra como: **“Acondicionado”** o **“No Habitable”**. Para ello se ha de ir al icono del **“Árbol”** que es donde se puede gestionar cada uno de los elementos del edificio.

En éste, para asignar el tipo de espacio habría que ir al espacio en sí y pinchando en él se puede editar el **Tipo de Espacio**. Se debe de revisar cada uno de los espacios ya que por defecto viene puesto como acondicionado y puede ser que no sea el caso.

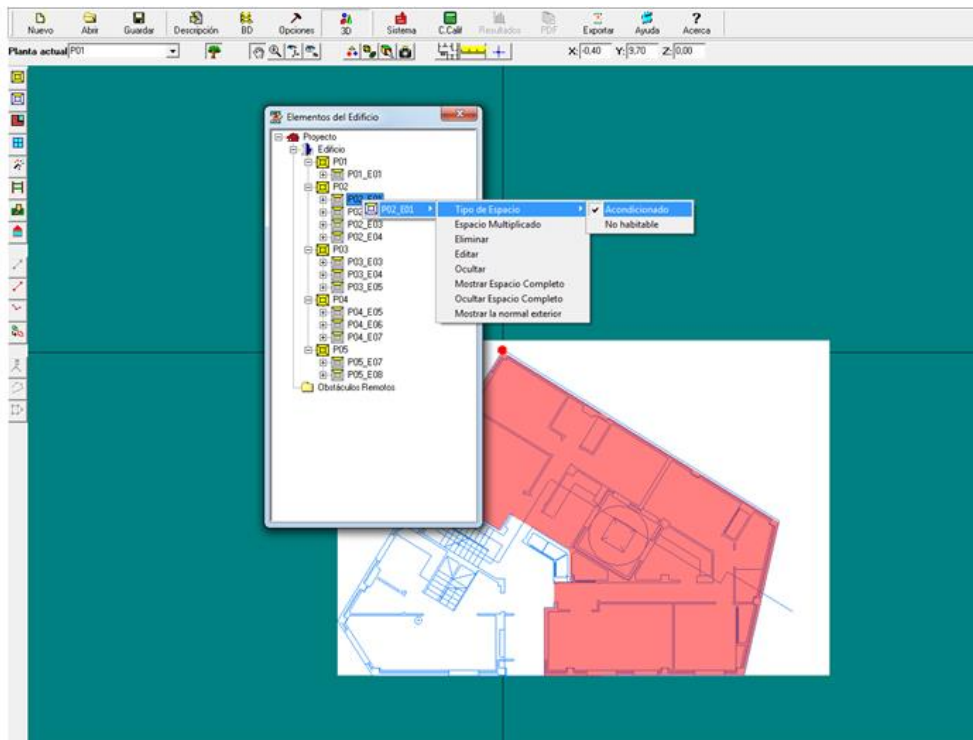


Ilustración 30. Designación de los Espacios.

En este mismo lugar también se puede editar cada uno de los espacios y modificar condiciones como por ejemplo NÚMERO DE PILARES en los que se ha modificado cada uno de ellos, basándose en los pilares que hay en los muros de cada una de las zonas y según viene indicado en los planos del edificio. El resto de las características se han dejado como están ya que son las que anteriormente se habían indicado en la sección DESCRIPCIÓN en el apartado de CLASE POR DEFECTO DE LOS ESPACIOS HABITABLES.

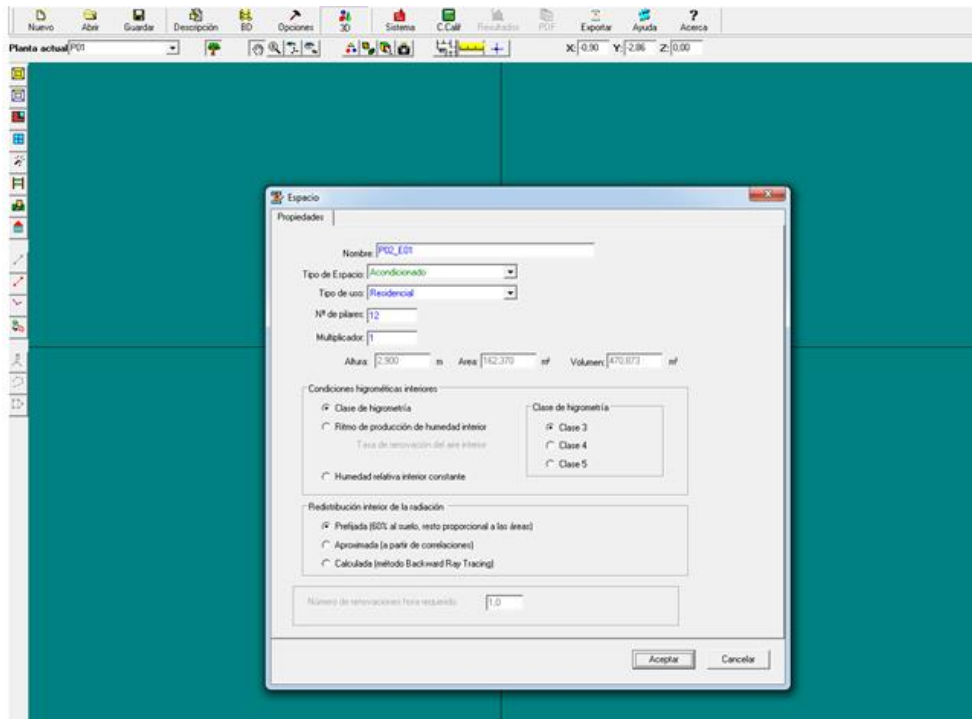


Ilustración 31. Edificación de los Espacios.

12.2.4.4 Creación de los muros.

Una vez que hemos creado los espacios interiores, procede crear los muros, para ello se activa el icono que lo realiza dentro del programa.

La manera de crear los muros es ir planta por planta seleccionándola previamente en PLANTA ACTUAL.

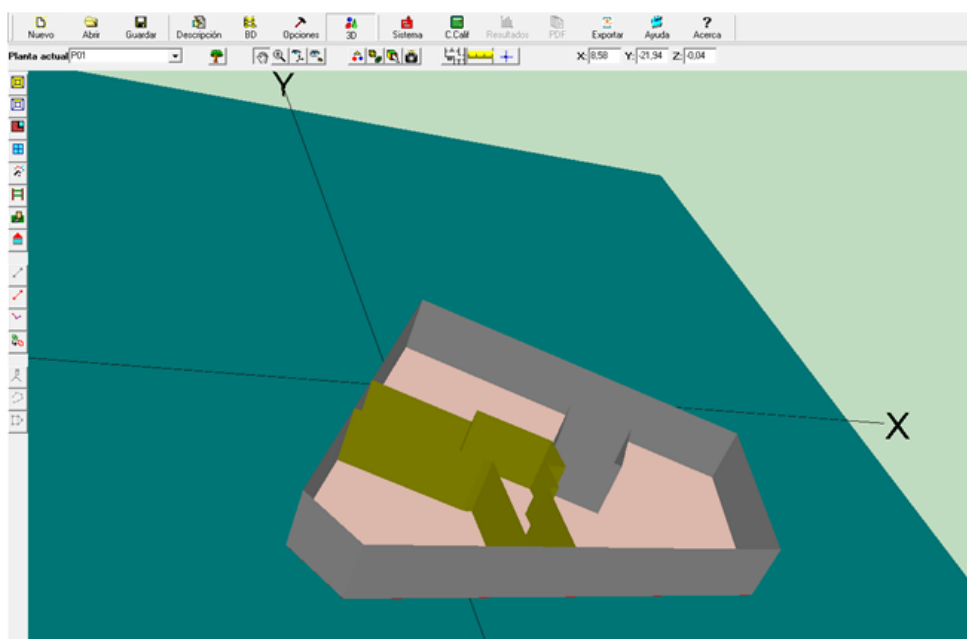


Ilustración 32. Muros en 3D.

Por defecto todos los muros que se van a crear serán Exteriores y de la composición del mismo cerramiento indicado para los muros exteriores en la pestaña de OPCIONES, por lo que hay que ir de nuevo al “Árbol” o pinchando manualmente muro por muro para modificar y cambiar el cerramiento que nos interese en el apartado de la COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO.

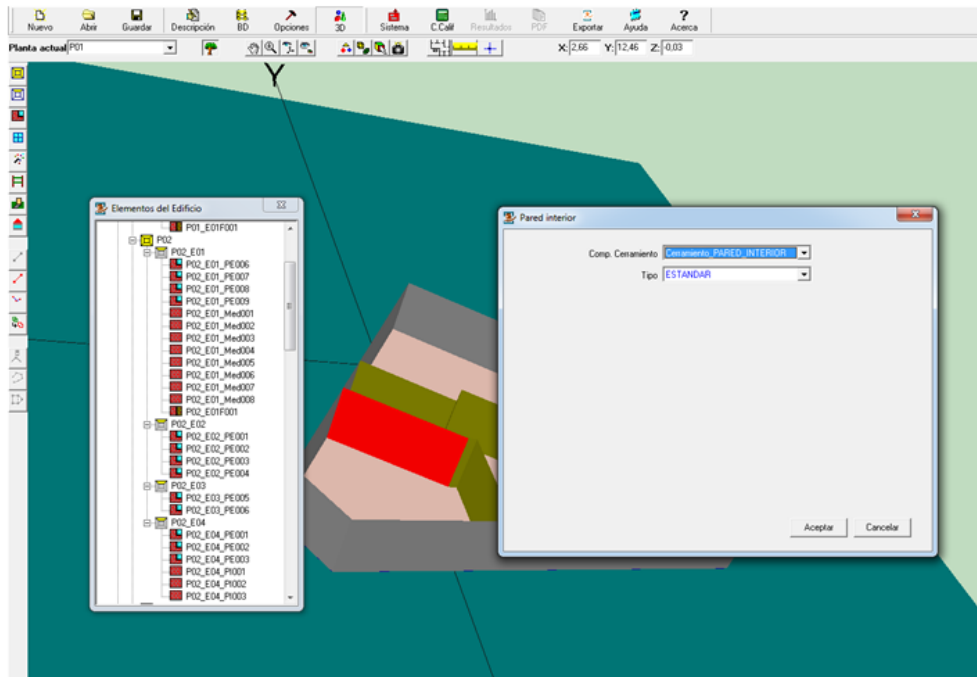


Ilustración 33. Edición de Muros.

12.2.4.5 Creación de los forjados.

Para la creación de los forjados se habilitará el icono específico para ello, seguidamente se hará “clic” con el botón derecho del ratón sobre algún punto del espacio de trabajo para luego ir rellenando todas las pestañas que aparecen y que servirán para crear el forjado.

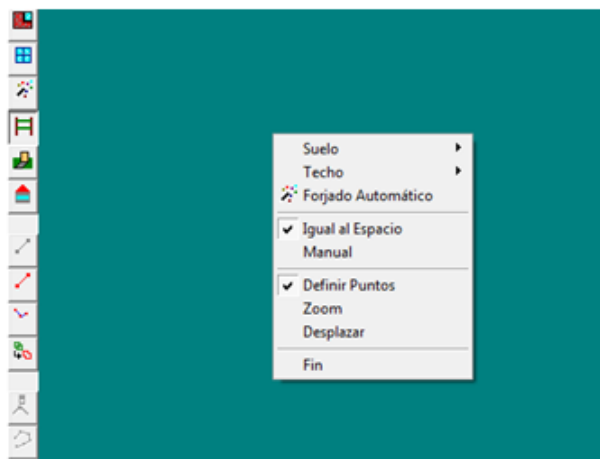


Ilustración 34. Opciones del Forjado.

Se escogerá primero la pestaña SUELO y luego aparecerán distintas opciones como: CONTACTO CON EL TERRENO, OTRO ESPACIO, EXTERIOR o ADIABÁTICO. Según sea el forjado se asignará uno u otro, por ejemplo para el forjado del Semisótano se escogerá el de CONTACTO CON EL TERRENO el resto será OTRO ESPACIO.

Una vez escogido el tipo de suelo se ira a la opción de MANUAL para indicar las zonas que corresponden al forjado, ya que hay zonas como el patio de luces que no tienen forjado en varias plantas. Se irá tocando cada una de las esferas azules que conforman el forjado, cambiando estas a color verde.

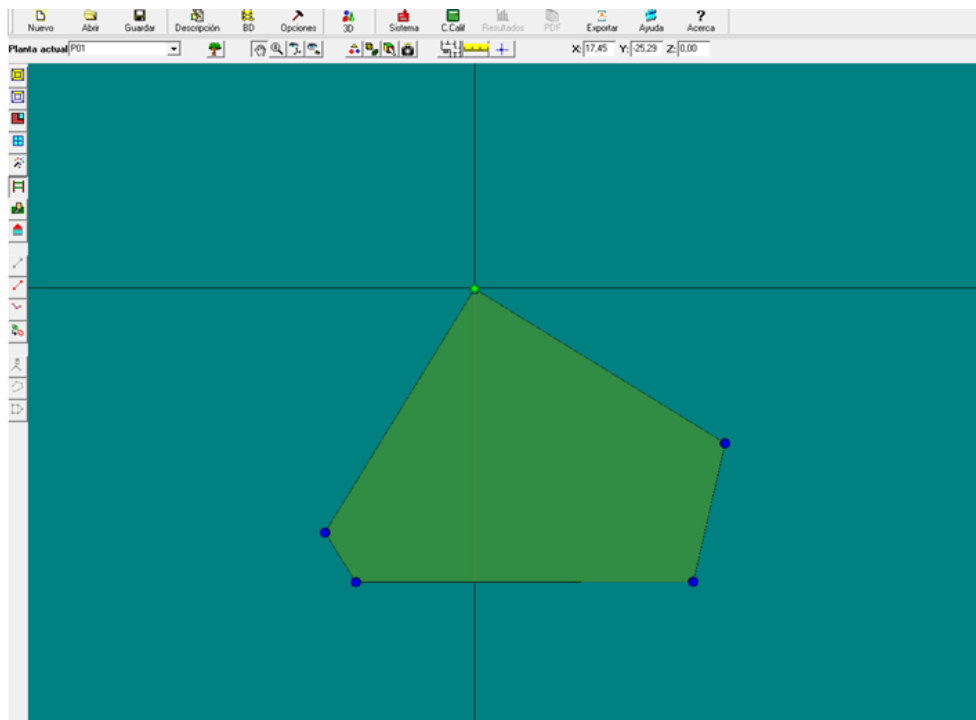


Ilustración 35. Creación de los forjados.

Una vez acabado habrá que dar a la pestaña FIN y ya se habrá creado el forjado correspondiente.

Como pasó con los muros ahora, en el forjado, el programa va a crear por defecto los forjados según hayamos indicado en la pestaña de OPCIONES pero si se quiere modificar alguno de ellos se procede de la misma manera, en el "Árbol".

12.2.4.6 Creación de la cubierta.

Para poder realizar esta parte se va a tener que ir al icono de CREACION DE CERRAMIENTOS SINGULARES, en donde previamente se va a recurrir a dos opciones que facilita el programa como son las de LINEAS AUXILIARES 2D y LINEAS AUXILIARES 3D. Las primeras servirán para crear puntos intermedios que no están representados

por los vértices de las plantas, las segundas servirán para crear puntos que tampoco están representados y que unen dos puntos que encuentran a diferentes cotas.

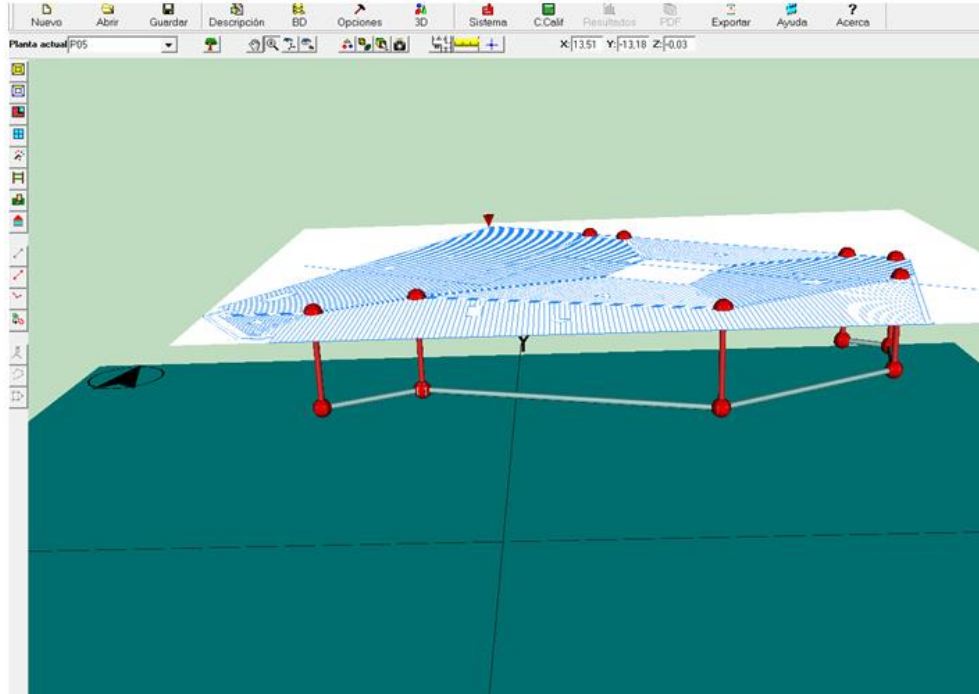


Ilustración 36. Creación de la Cubierta.

Una vez creados todos estos puntos se puede empezar a crear la cubierta. Para ello se irá seleccionando todos los puntos auxiliares que conforman cada una de las zonas de la cubierta. La manera de seleccionarlos es en sentido contrario a las agujas del reloj y hay que seleccionar 4 o 3 puntos y partiendo siempre de uno que sea de color azul.

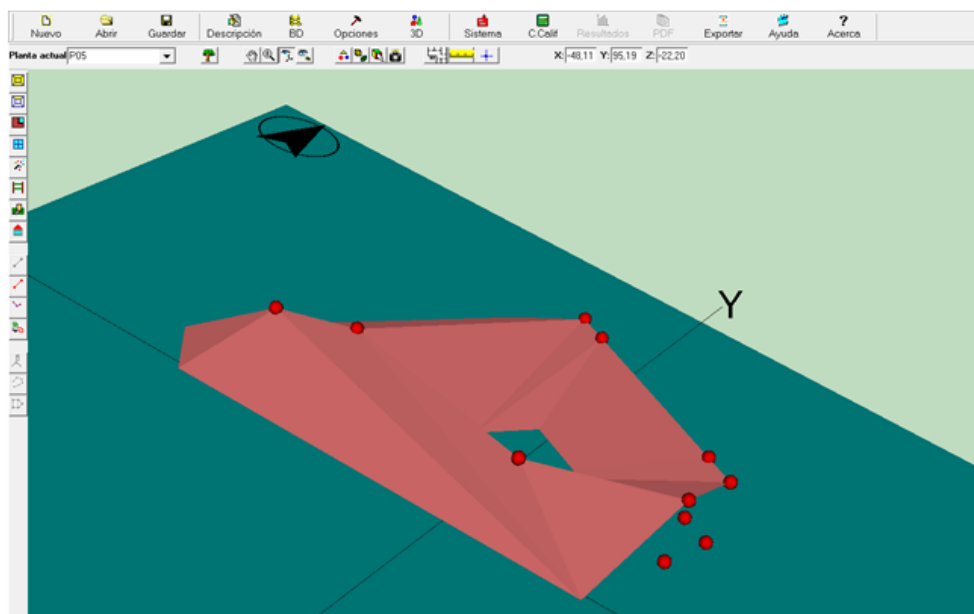


Ilustración 37. Cubierta Edificio 3D.

En esta planta a la hora de crear sus muros se crearon sin tener en cuenta que esta planta carece de ellos y todos son “Cerramientos Singulares” (Tejado) por lo que ahora hay que eliminar todos aquellos que sobran ya que quedaron por fuera de la pendiente de la cubierta.

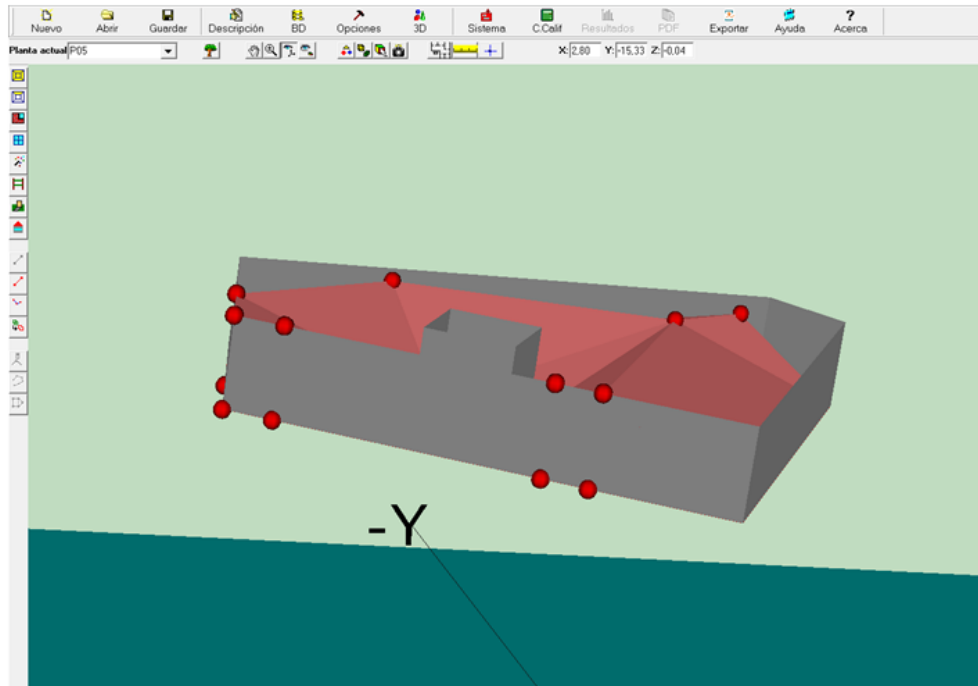


Ilustración 38. Eliminación de Muros de la cubierta.

12.2.4.7 Insertar los huecos y lucernarios.

En este apartado es donde se van a colocar todas las ventanas y puertas con las que cuenta el edificio. Para ello habrá que ir al icono donde se insertan las ventanas:

Para poder hacer este apartado se va a recurrir a los planos donde se representan los alzados del edificio junto con el de cada una de las plantas, donde se va a ver dónde se encuentran las ventanas.

La forma de proceder será la de coger el muro en el que se quiere insertar la ventana y seleccionándolo, para luego ir a las propiedades de éste para editarlas.

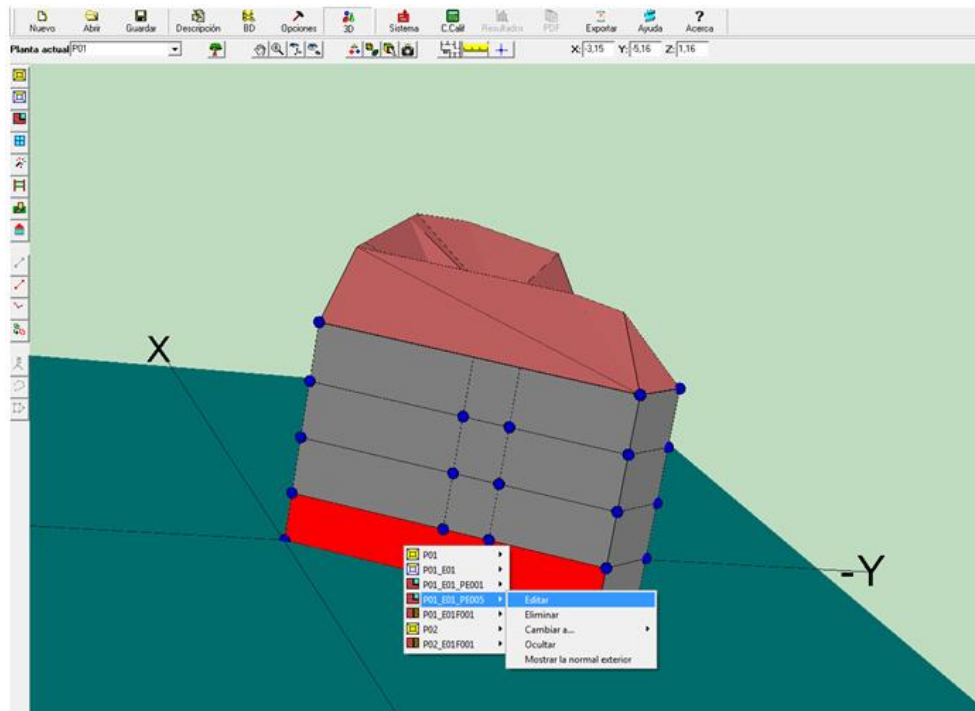


Ilustración 39. Creación de las Ventanas.

Seguidamente aparecerá una ventana en la que se podrán ir añadiendo los huecos que deseemos junto con todas las propiedades de éste según su tipo y forma. Entre las características que hay que rellenar están:

- **X (m):** Distancia desde el extremo derecho del muro hacia el comienzo del hueco.
- **Y (m):** Distancia desde el extremo inferior del muro hasta el comienzo del hueco.
- **Alto:** Alto del propio hueco.
- **Retranqueo:** El propio retranqueo del hueco.

Se podría indicar si el hueco tiene o no una protección, pero en el caso de este edificio al no contar con ello no hará falta indicarlo.

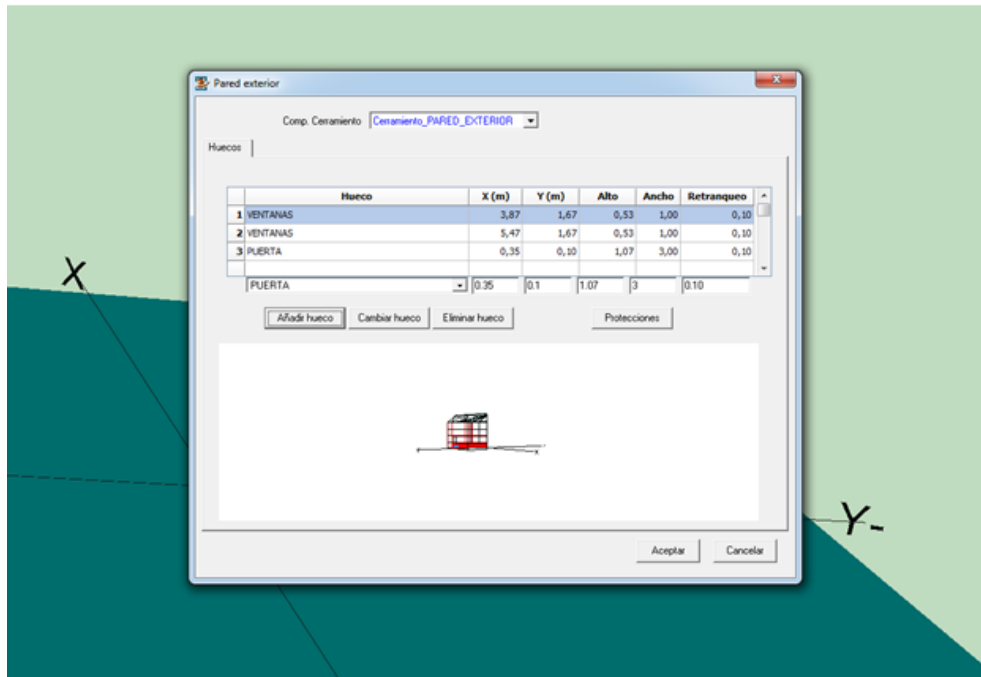


Ilustración 40. Propiedades de las Ventanas.

12.2.5 Introducción del sistema.

Para la realización de este punto hay que ir a la pestaña SISTEMA.

Lo primero hay que hacer en esta nueva pestaña es ir al apartado de BASE DE DATOS para poder cargar los que nos interesan en nuestro caso. Con los datos que ya se han indicado anteriormente en esta memoria.

Se necesitara cargar previamente los siguientes componentes:

- **Factores de corrección:** Los correspondientes a una caldera A.C.S. en este caso una caldera ACS CONVENCIONAL POR DEFECTO.
- **Unidad terminal:** Se introducirá la unidad terminal del agua caliente.
- **Equipo:** En cuanto al equipo que se tiene que introducir será el de una caldera A.C.S. convencional por defecto.

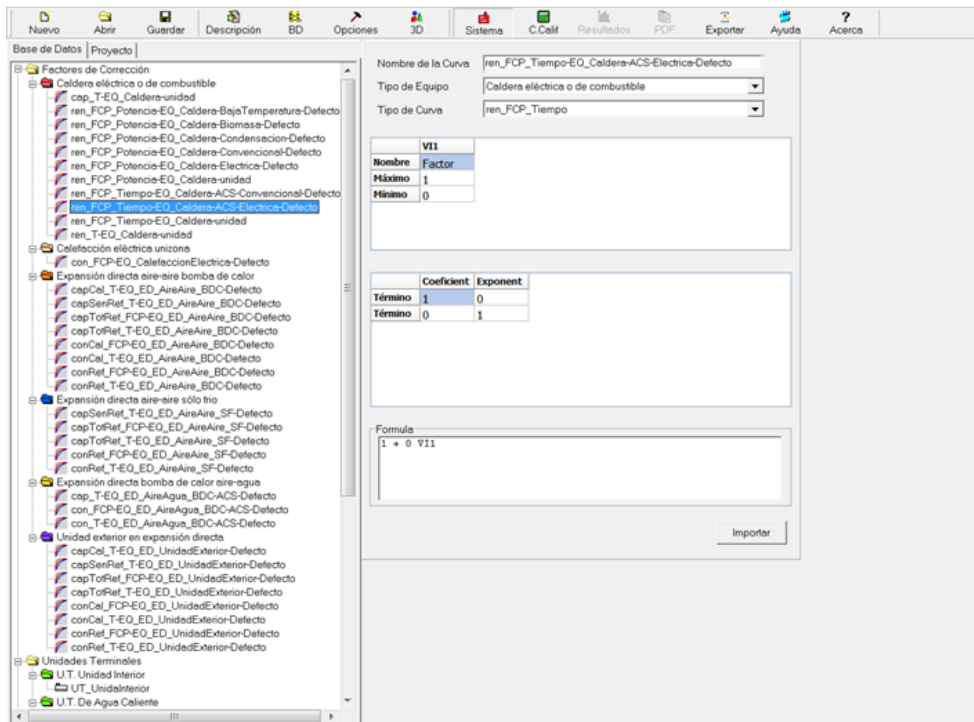


Ilustración 41. Biblioteca Sistema.

A continuación se puede ir ya al apartado de PROYECTO en el que tendremos que añadir una demanda de A.C.S. dándole un nombre a ésta y dejando todos los valores que aparecen, ya que son los que ha calculado el propio programa según el edificio creado en 3D, tales como: el consumo total diario, el área habitable, la cubierta...

Seguidamente hay que añadir las unidades terminales, tantas como zonas calefactadas haya, además de la CAPACIDAD NOMINAL con la que cuenta. Para hacer este paso se va a poner como nombre de la unidad el mismo que el de los espacios que se han creado en la pestaña 3D y son calefactados para poder luego encontrarlos con mayor claridad, y en cuanto a la CAPACIDAD NOMINAL de cada zona se va a introducir el valor de la DEMANDA CALORÍFICA de cada zona indicados ya anteriormente en esta memoria.

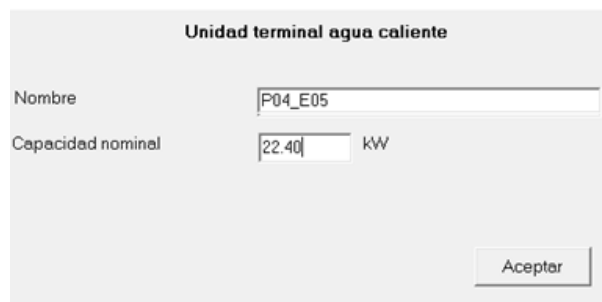
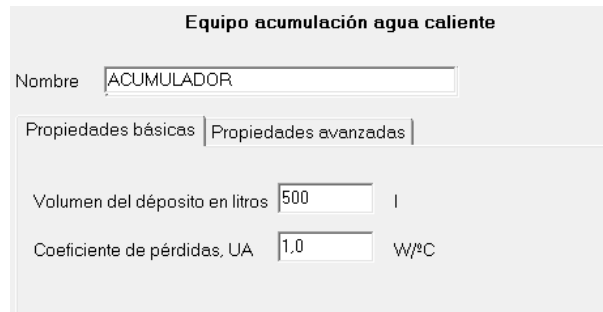


Ilustración 42. Unidad Terminal.

El siguiente equipo que hay que asignar es el acumulador de agua caliente con el que se cuenta en el edificio, se sabe que este tiene una capacidad de 500 L, además del coeficiente de pérdidas que es de 1 W/°C.



Equipo acumulación agua caliente

Nombre

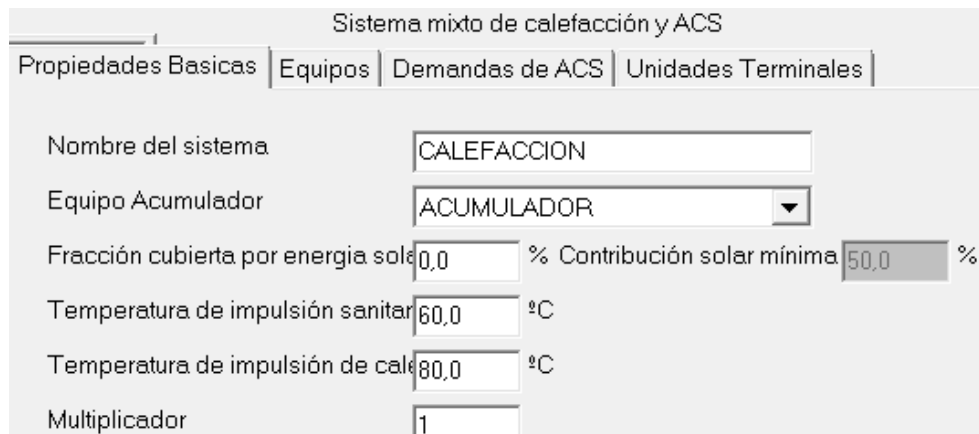
Propiedades básicas | Propiedades avanzadas

Volumen del depósito en litros l

Coeficiente de pérdidas, UA W/°C

Ilustración 43. Acumulador.

El último paso será el de crear el SISTEMA para ello hay que escoger un **Sistema mixto de calefacción y A.C.S.** Los apartados que habrán de rellenarse serán los de asignar un NOMBRE AL SISTEMA poniendo uno por ejemplo **Calefacción**, EQUIPO ACUMULADOR escogiendo el que previamente se había creado. El resto de valores se dejara como viene, pasando al siguiente apartado en el que se asignará el EQUIPO escogiendo el que previamente habíamos seleccionado, lo mismo pasará con la DEMANDA A.C.S. En el último apartado, el de las UNIDADES TERMINALES, nos pedirá que asignemos cada una de las zonas que habíamos dicho en la pestaña 3D que era calefactada una unidad terminal, escogiendo para cada caso la que habíamos creado hace un momento.



Sistema mixto de calefacción y ACS

Propiedades Básicas | Equipos | Demandas de ACS | Unidades Terminales

Nombre del sistema

Equipo Acumulador

Fracción cubierta por energía solar % Contribución solar mínima %

Temperatura de impulsión sanitaria °C

Temperatura de impulsión de calefacción °C

Multiplicador

Ilustración 44. Nombre del Sistema.

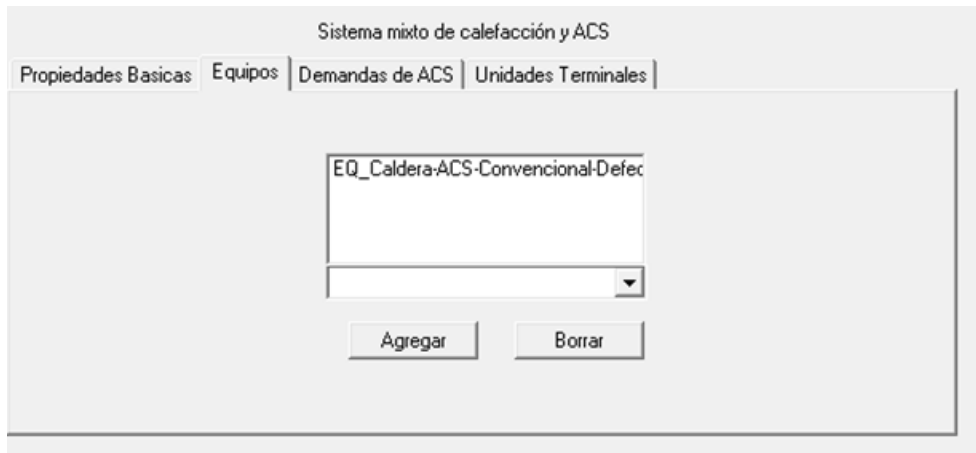


Ilustración 45. Equipos del Sistema.

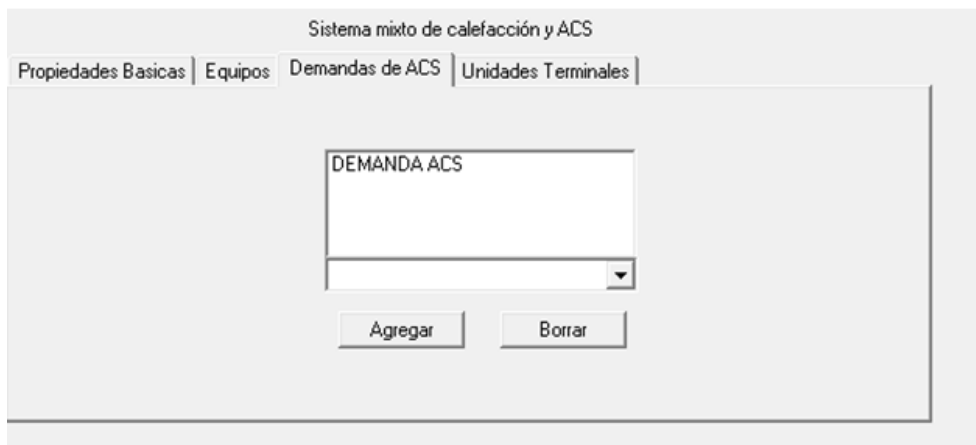


Ilustración 46. Demanda de A.C.S.

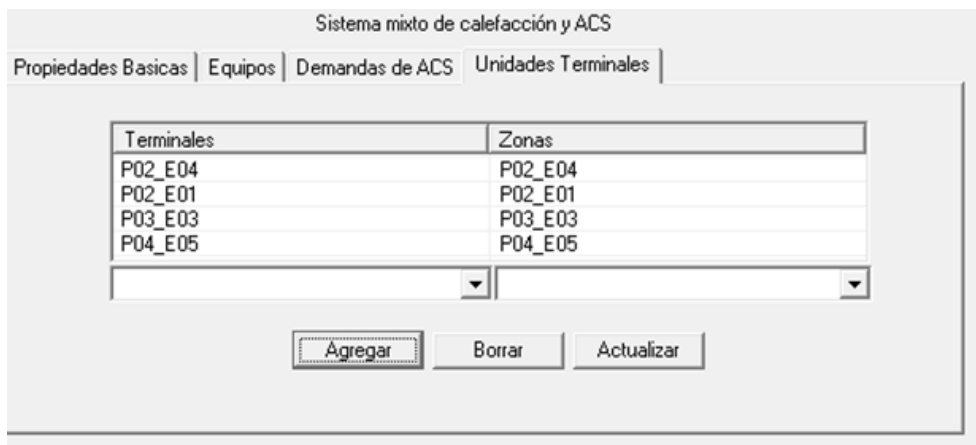


Ilustración 47. Unidades Terminales.

12.2.5.1 Calificación del edificio

Como último paso de la introducción de los datos en el programa quedaría ir a la pestaña CALIFICAR.

El programa de manera automática se pondrá a certificar el edificio para generar seguidamente unos resultados gráficos y un PDF.

Los resultados se podrán consultar después en la pestaña RESULTADOS al igual que el PDF que aparecerá en una pestaña con el mismo nombre.

Como comentario a añadir a estos resultados, indicar que en la etiqueta que se obtiene como resultado y en la que se muestra la **Certificación energética de edificios con el indicador de kgCO_2/m^2** se puede observar que da como resultado un valor de 27,0 kg de CO_2 totales implicando que pertenezca a la categoría E. Es un valor muy alto y por eso esa categoría, pero era de esperar ya que se está tratando de un edificio muy antiguo y que cuenta con equipo que utiliza como fuente de energía un combustible fósil, gas natural.

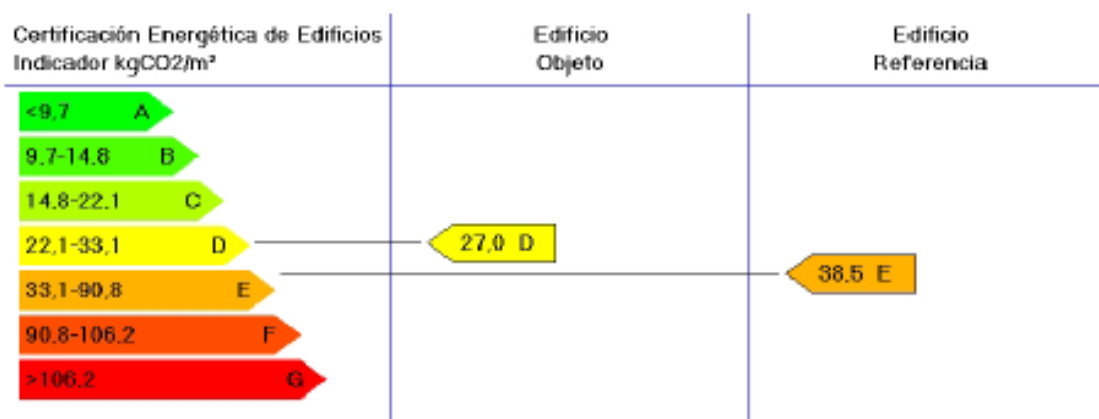
En el resto de gráficos se pueden observar los demás resultados como son:

- Demandas.
- Consumos de energía final.
- Consumos de energía primaria.
- Emisiones.

Todos ellos referidos a un edificio de referencia, que sería el equivalente para la misma zona en la que se encuentra el nuestro.

Como el objetivo de esta memoria es la sustitución la actual caldera con la que cuenta el edificio por una de biomasa, se ha certificado al edificio con ella, únicamente modificando en la pestaña de SISTEMA el equipo que ahora tiene que ser uno que consuma biomasa.

A continuación se muestran ambas certificaciones para que sirvan de comparación entre una y otra, en la que el dato que más llama la atención es la letra de certificación que se obtiene en el segundo caso, que corresponde con una A, al haberse reducido por completo las emisiones de CO_2 con la biomasa. Esto es debido, como ya se ha indicado al principio de la memoria, a que un sistema de biomasa tiene un balance de emisiones de CO_2 nulo, dado que el que se pueda generar durante el proceso de combustión es el equivalente al que han absorbido las plantas, de las que proviene la biomasa, en el proceso de fotosíntesis.



	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	E	103,7	58693,1	E	112,1	63445,1
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	D	23,7	13418,5	E	35,9	20325,9
Emisiones CO ₂ refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO ₂ ACS	E	3,3	1868,4	D	2,6	1487,8
Emisiones CO ₂ totales	D	27,0	15286,9	E	38,5	21813,6
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción	D	117,3	66395,3	E	162,5	91995,3
Consumo energía primaria refrigeración	-	-	-	-	-	-
Consumo energía primaria ACS	E	16,5	9342,3	D	10,9	6146,8
Consumo energía primaria totales	D	133,8	75737,6	E	173,3	98142,1

Ilustración 48. Certificación Energética con gas natural.



	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	E	103,7	58693,1	E	112,1	63445,1
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	A	0,0	0,0	E	35,9	20325,9
Emisiones CO2 refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO2 ACS	A	0,0	0,0	D	2,6	1487,8
Emisiones CO2 totales	A	0,0	0,0	E	38,5	21813,6
	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción	E	153,7	87038,8	E	162,5	91995,3
Consumo energía primaria refrigeración	-	-	-	-	-	-
Consumo energía primaria ACS	E	15,2	8612,9	D	10,9	6146,8
Consumo energía primaria totales	E	168,9	95651,7	E	173,3	98142,1

Ilustración 49. Certificación Energética con biomasa.

13 CONCLUSIONES.

Una vez realizado este trabajo y estudiado cada uno de los puntos que se muestran en él se pueden extraer las siguientes conclusiones:

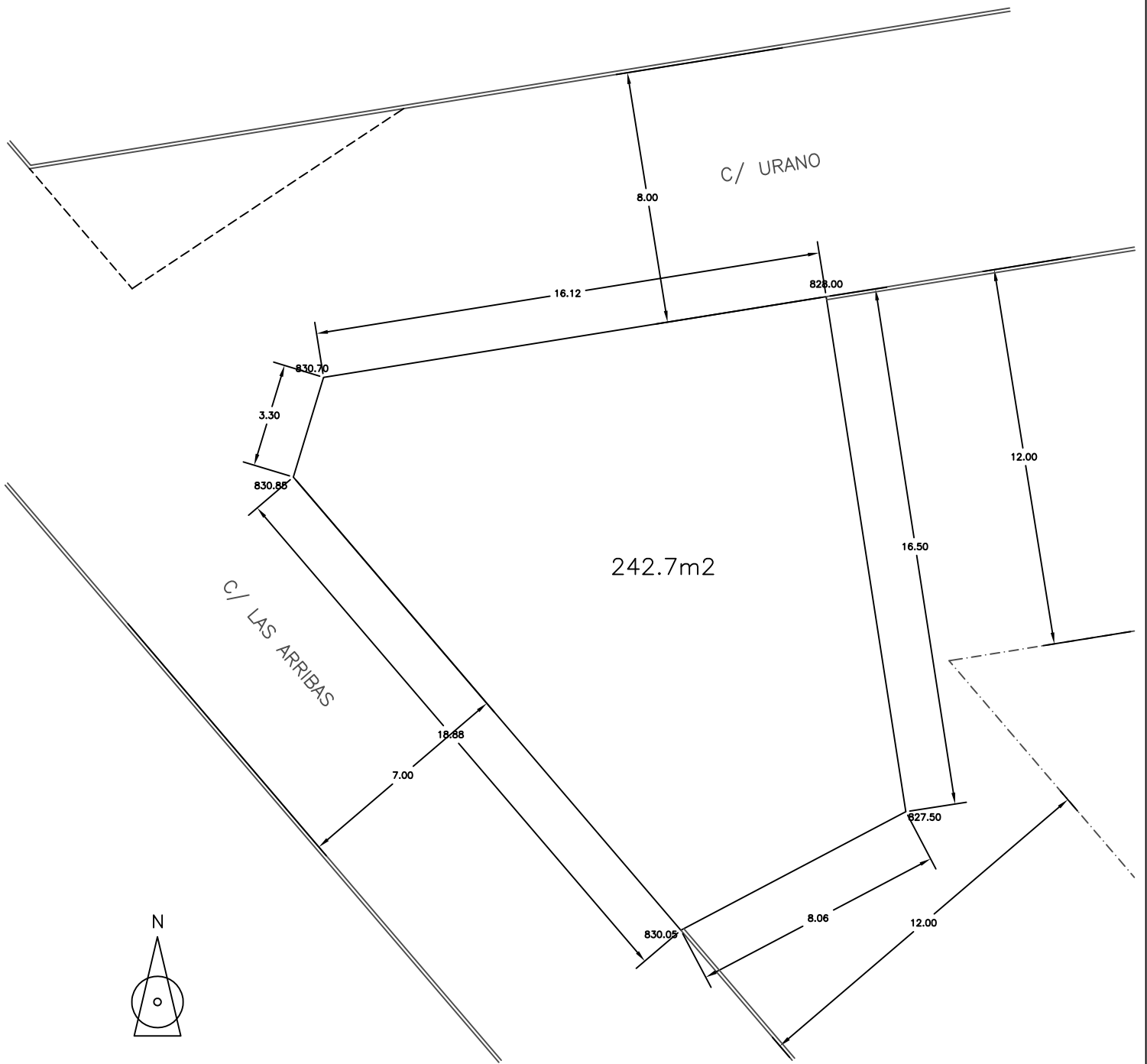
- La biomasa se trata de una fuente de energía renovable, que llega a hacer frente a otras energías como el gas natural, cubriendo las mismas necesidades.
- A la hora de determinar tanto el combustible, como cada uno de los elementos necesarios para la nueva instalación de biomasa, se ha comprobado que en la actualidad existe un gran desarrollo en el campo.
- La nueva caldera, es capaz de satisfacer las demandas tanto de calefacción como de A.C.S. con las que cuenta el edificio, sin interferir en la calidad.
- Se ha aprendido los diferentes procedimientos que hay que seguir para poder realizar el dimensionamiento de la nueva instalación, así como cada uno de los elementos que hay que modificar o adquirir cuando se lleve a cabo el cambio de la caldera actual por una de biomasa.
- La energía procedente de la biomasa es una buena solución económica. Como se ha planteado en el capítulo del presupuesto, la nueva caldera de biomasa supone un ahorro anual frente al otro combustible como es el gas natural.
- Supone mejoras medioambientales. Una vez realizada la certificación energética al edificio se pudo comprobar, como era de esperar, una disminución en las cantidades de CO₂ emitidas a la atmósfera.

Con estas conclusiones que se han planteado, se puede ver a modo de resumen las mejoras que supone la sustitución de la actual caldera de gas natural con la que se cuenta en el edificio por una de biomasa, cumpliendo con los objetivos marcados al principio del trabajo.

14 BIBLIOGRAFÍA.

1. Guía técnica: *“Instalaciones de biomasa térmica en edificios”*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
2. Guía técnica: *“Biomasa en edificios”*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
3. Guía técnica: *“Calefacción en grandes edificios”*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
4. Guía técnica: *“Cultivos energéticos”*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
5. Francisco Moreno Delgado. *“Estudio técnico y económico para la sustitución del gasóleo por biomasa térmica en edificios urbanos”*. Proyecto fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad de Madrid. Año 2012.
6. Despacho de Arquitectos Eli Vega Reguera.
7. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat). www.ciemat.es
8. Código Técnico de la Edificación (CTE). www.codigotecnico.org
9. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Ministerio de Industria Energía y Turismo. www.minetur.gob.es
10. Junta de Castilla y León. www.jcyl.es
11. Instituto Nacional de Estadística (INE).
12. Gas Natura Fenosa. www.gasnaturalfenosa.es
13. López Dumrauf, G. *“Cálculo Financiero Aplicado, un enfoque profesional”*.
14. Agencia Tributaria. Gobierno de España. www.agenciatributaria.es

15 ANEXOS.



UNIVERSIDAD DE LEÓN
 ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE

SITUACIÓN DE SOLAR

ESCALA

1/100

PLANO N°

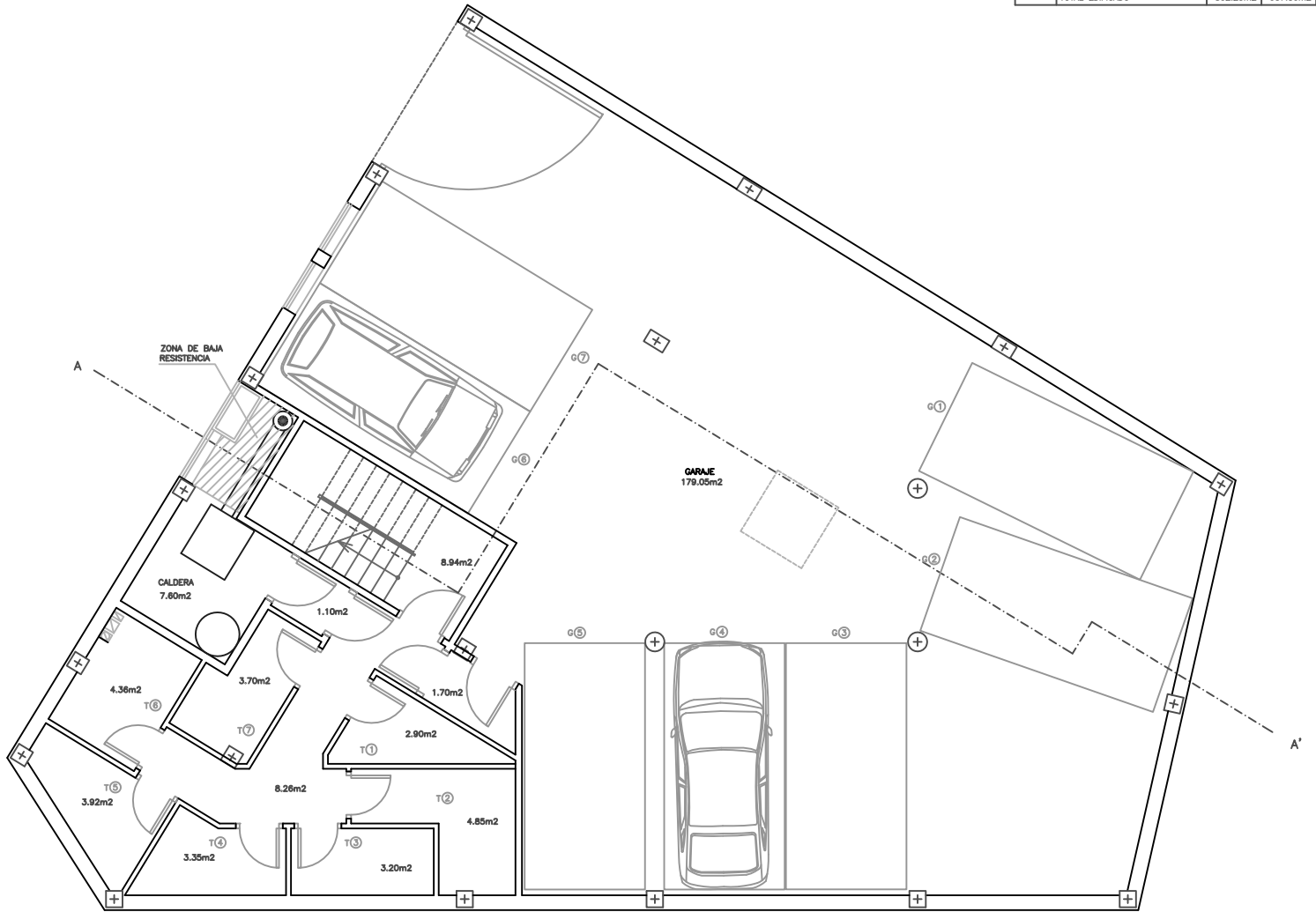
FECHA

Junio 2015

Fdo.: Diego Abril Moreno

1

SUPERFICIES POR PLANTAS		UTIL.(m2)	CONST.(m2)
PLANTA SEMISOT.	GARAJES	166.30m2	179.05m2
	TRASTEROS	26.29m2	31.15m2
	CALDERA	7.60m2	8.23m2
	ESCALERA-PASILLOS	20.00m2	24.37m2
	TOTAL PLANTA SEMISOTANO	220.19m2	242.80m2
PLANTA BAJA	VIVIENDA A	71.98m2	85.45m2
	VIVIENDA B	60.10m2	70.39m2
	DUPLEX C (P BAJA)	36.88m2	47.02m2
	PORTAL-ESCALERA	23.16m2	28.18m2
	CONTADORES	1.70m2	2.46m2
	TOTAL PLANTA BAJA	193.82m2	231.50m2
PLANTA PRIMERA	VIVIENDA A	85.02m2	102.15m2
	VIVIENDA B	60.38m2	70.77m2
	DUPLEX C (PLANTA ALTA)	36.02m2	47.54m2
	PORTAL-ESCALERA	9.66m2	11.04m2
	TOTAL PLANTA PRIMERA	191.08m2	231.50m2
PLANTA SEGUNDA	VIVIENDA A	70.82m2	83.52m2
	VIVIENDA B	60.85m2	70.77m2
	VIVIENDA C	54.79m2	64.57m2
	PORTAL-ESCALERA	10.70m2	12.43m2
	TOTAL PLANTA SEGUNDA	197.16m2	231.50m2
TOTAL EDIFICADO		802.25m2	937.30m2
SUPERFICIES POR USOS		UTIL.(m2)	CONST.(m2)
VIVIENDAS		536.86m2	642.39m2
GARAJES		166.30m2	179.05m2
TRASTEROS		26.29m2	31.15m2
ESPACIOS COMUNES		72.80m2	84.71m2
TOTAL EDIFICADO		802.25m2	937.30m2



UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE

Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE

SEMISÓTANO DISTRIBUCIÓN

ESCALA

1/50

PLANO N°

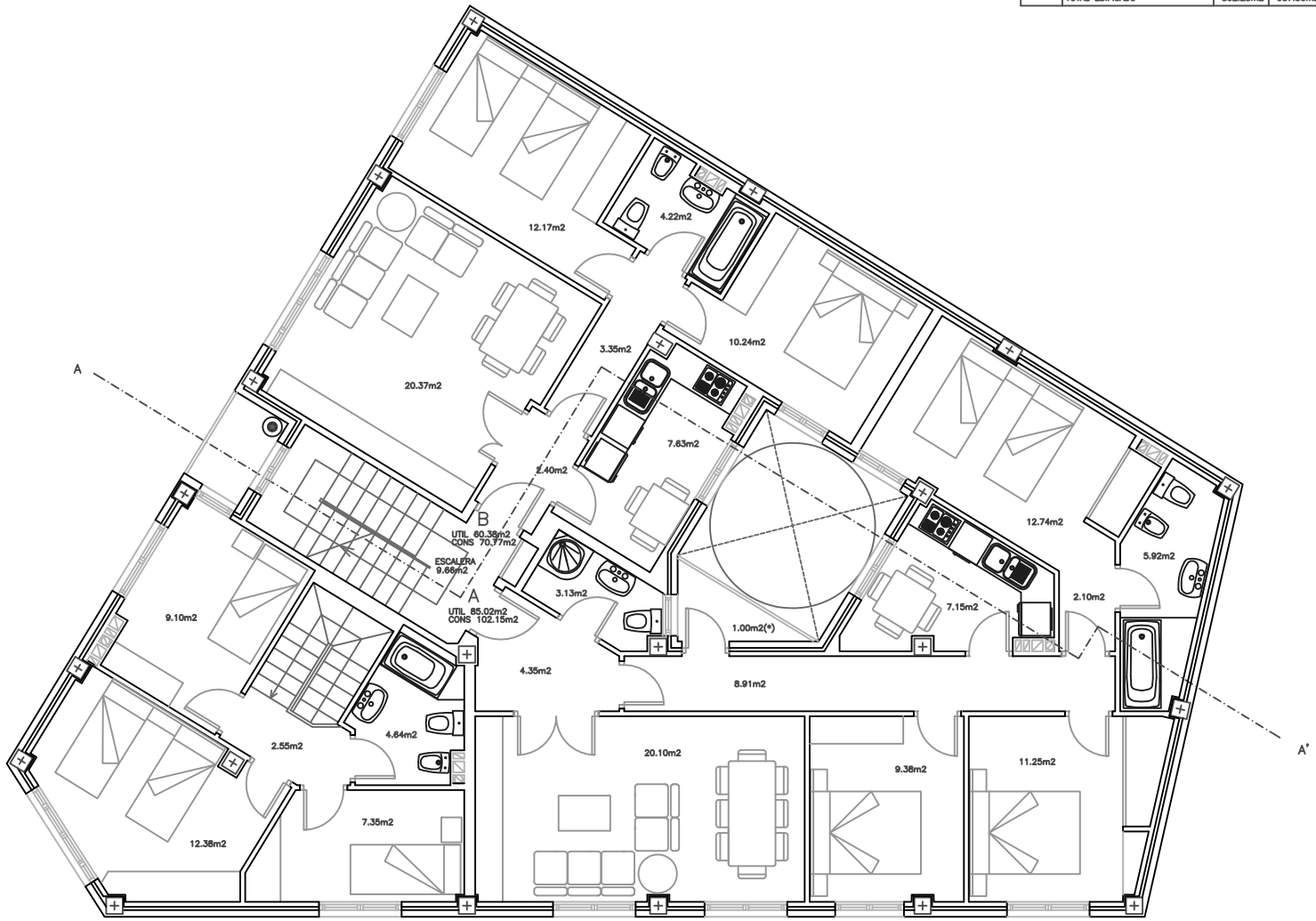
FECHA

Junio 2015

Fdo.: Diego Abril Moreno

2

SUPERFICIES POR PLANTAS		UTIL(m2)	CONST.(m2)
PLANTA SEMISOT.	GARAIES	166.30m2	179.05m2
	TRASTEROS	26.23m2	31.15m2
	CALDERA	7.60m2	8.23m2
	ESCALERA-PASILLOS	20.00m2	24.37m2
	TOTAL PLANTA SEMISOTANO	220.19m2	242.80m2
PLANTA BAJA	VIVIENDA A	71.96m2	85.45m2
	VIVIENDA B	60.10m2	70.39m2
	DUPLEX C (P BAJA)	36.88m2	47.02m2
	PORTAL-ESCALERA	23.16m2	26.18m2
	CONTADORES	1.70m2	2.46m2
	TOTAL PLANTA BAJA	193.82m2	231.50m2
PLANTA PRIMERA	VIVIENDA A	85.02m2	102.15m2
	VIVIENDA B	60.36m2	70.77m2
	DUPLEX C (PLANTA ALTA)	36.02m2	47.54m2
	PORTAL-ESCALERA	9.66m2	11.04m2
	TOTAL PLANTA PRIMERA	191.08m2	231.50m2
PLANTA SEGUNDA	VIVIENDA A	70.82m2	83.52m2
	VIVIENDA B	60.85m2	70.77m2
	VIVIENDA C	54.79m2	64.57m2
	PORTAL-ESCALERA	10.70m2	12.43m2
	TOTAL PLANTA SEGUNDA	197.16m2	231.50m2
TOTAL EDIFICADO		802.25m2	937.30m2
SUPERFICIES POR USOS		UTIL(m2)	CONST.(m2)
VIVIENDAS		536.86m2	642.39m2
GARAIES		166.30m2	179.05m2
TRASTEROS		26.23m2	31.15m2
ESPACIOS COMUNES		72.80m2	84.71m2
TOTAL EDIFICADO		802.25m2	937.30m2



UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE

Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE

PLANTA BAJA DISTRIBUCIÓN

ESCALA

1/50

PLANO N°

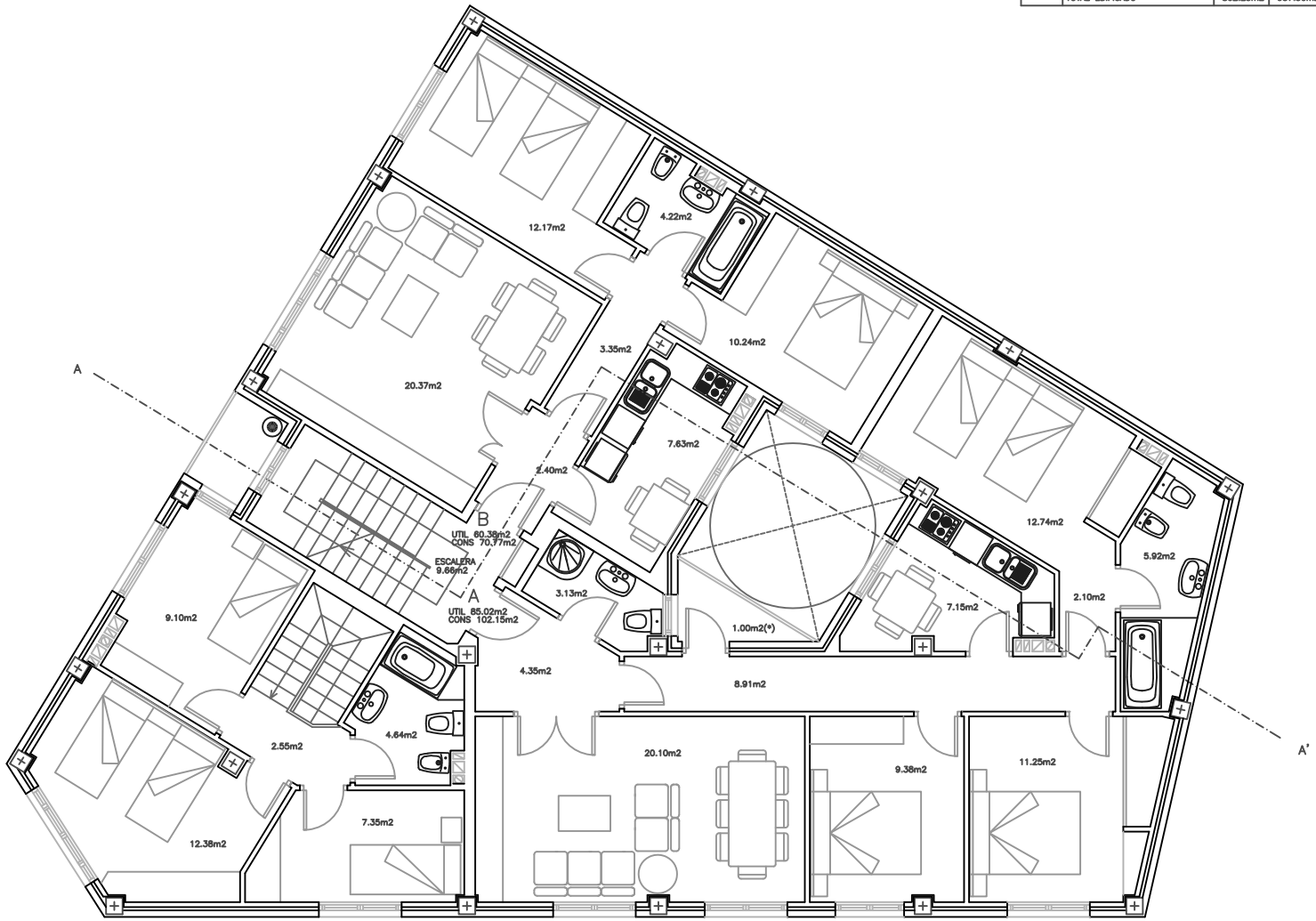
FECHA

Junio 2015

Fdo.: Diego Abril Moreno

3

SUPERFICIES POR PLANTAS		UTIL(m2)	CONST.(m2)
PLANTA SEMISOT.	GARAIES	166.30m2	179.05m2
	TRASTEROS	26.23m2	31.15m2
	CALDERA	7.60m2	8.23m2
	ESCALERA-PASILLOS	20.00m2	24.37m2
	TOTAL PLANTA SEMISOTANO	220.19m2	242.80m2
PLANTA BAJA	VIVIENDA A	71.98m2	85.45m2
	VIVIENDA B	60.10m2	70.39m2
	DUPLEX C (P BAJA)	36.88m2	47.02m2
	PORTAL-ESCALERA	23.16m2	26.18m2
	CONTADORES	1.70m2	2.46m2
TOTAL PLANTA BAJA	193.82m2	231.50m2	
PLANTA PRIMERA	VIVIENDA A	85.02m2	102.15m2
	VIVIENDA B	60.38m2	70.77m2
	DUPLEX C (PLANTA ALTA)	36.02m2	47.54m2
	PORTAL-ESCALERA	9.66m2	11.04m2
	TOTAL PLANTA PRIMERA	191.08m2	231.50m2
PLANTA SEGUNDA	VIVIENDA A	70.82m2	83.52m2
	VIVIENDA B	60.85m2	70.77m2
	VIVIENDA C	54.79m2	64.57m2
	PORTAL-ESCALERA	10.70m2	12.43m2
	TOTAL PLANTA SEGUNDA	197.16m2	231.50m2
TOTAL EDIFICADO	802.25m2	937.30m2	
SUPERFICIES POR USOS		UTIL(m2)	CONST.(m2)
VIVIENDAS		536.86m2	642.39m2
GARAIES		166.30m2	179.05m2
TRASTEROS		26.23m2	31.15m2
ESPACIOS COMUNES		72.80m2	84.71m2
TOTAL EDIFICADO		802.25m2	937.30m2



UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE

Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE

PLANTA PRIMERA DISTRIBUCIÓN

ESCALA

1/50

PLANO N°

FECHA

Junio 2015

Fdo.: Diego Abril Moreno

4

SUPERFICIES POR PLANTAS		UTIL(m2)	CONST.(m2)
PLANTA SEMISOT.	GARAIES	166.30m2	179.05m2
	TRASTEROS	26.22m2	31.15m2
	CALDERA	7.60m2	8.23m2
	ESCALERA-PASILLOS	20.00m2	24.37m2
	TOTAL PLANTA SEMISOTANO	220.19m2	242.80m2
PLANTA BAJA	VIVIENDA A	71.98m2	85.45m2
	VIVIENDA B	60.10m2	70.39m2
	DUPLEX C (P BAJA)	36.88m2	47.02m2
	PORTAL-ESCALERA	23.16m2	26.18m2
	CONTADORES	1.70m2	2.46m2
TOTAL PLANTA BAJA	193.82m2	231.50m2	
PLANTA PRIMERA	VIVIENDA A	85.02m2	102.15m2
	VIVIENDA B	60.38m2	70.77m2
	DUPLEX C (PLANTA ALTA)	36.02m2	47.54m2
	PORTAL-ESCALERA	9.66m2	11.04m2
	TOTAL PLANTA PRIMERA	191.08m2	231.50m2
PLANTA SEGUNDA	VIVIENDA A	70.82m2	83.52m2
	VIVIENDA B	60.85m2	70.77m2
	VIVIENDA C	54.79m2	64.57m2
	PORTAL-ESCALERA	10.70m2	12.43m2
	TOTAL PLANTA SEGUNDA	197.16m2	231.50m2
TOTAL EDIFICADO	802.25m2	937.30m2	

SUPERFICIES POR USOS		UTIL(m2)	CONST.(m2)
VIVIENDAS		536.86m2	642.39m2
GARAIES		166.30m2	179.05m2
TRASTEROS		26.22m2	31.15m2
ESPACIOS COMUNES		72.80m2	84.71m2
TOTAL EDIFICADO		802.25m2	937.30m2



UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE PLANTA SEGUNDA DISTRIBUCIÓN

ESCALA	1/50	PLANO N°
FECHA	Junio 2015	
Fdo.: Diego Abril Moreno		5



FACHADA C/URANO
E 1/100



UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE ALZADO C/ URANO

ESCALA	1/100	Fdo.: Diego Abril Moreno	PLANO N°
FECHA	Junio 2015		6



FACHADA C/LAS ARRIBAS
E 1/100



UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE

Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE

ALZADO C/ LAS ARRIBAS

ESCALA

1/100

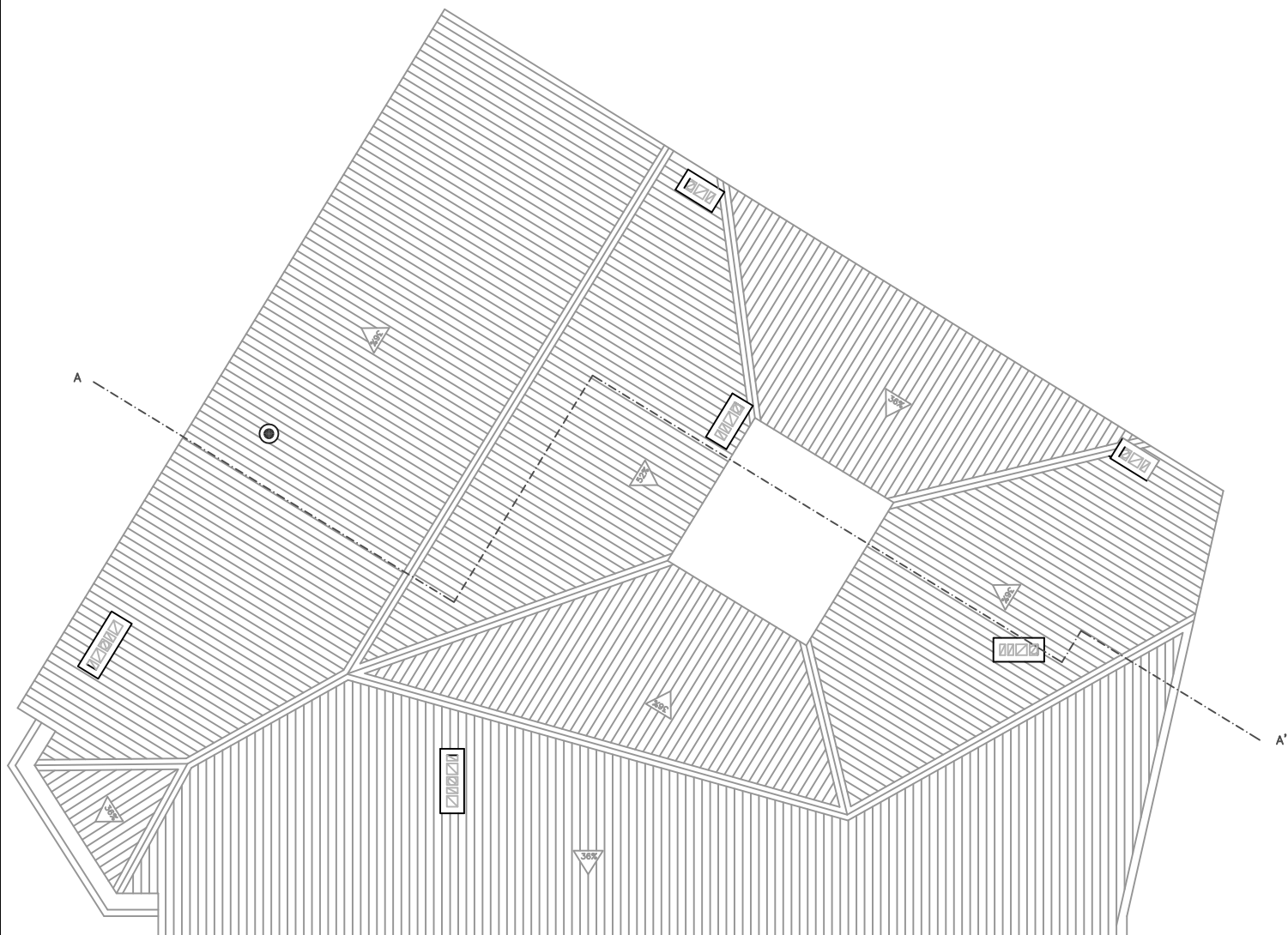
PLANO N°



FECHA

Junio 2015

Fdo.: Diego Abril Moreno

7



		UNIVERSIDAD DE LEÓN ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS			
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA					
PROYECTO DE		Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.			
PLANO DE		CUBIERTA			
ESCALA		1/100		PLANO N°	
FECHA		Junio 2015		8	
Fdo.: Diego Abril Moreno					



UNIVERSIDAD DE LEÓN
 ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE

SECCIÓN A-A'

ESCALA

1/100

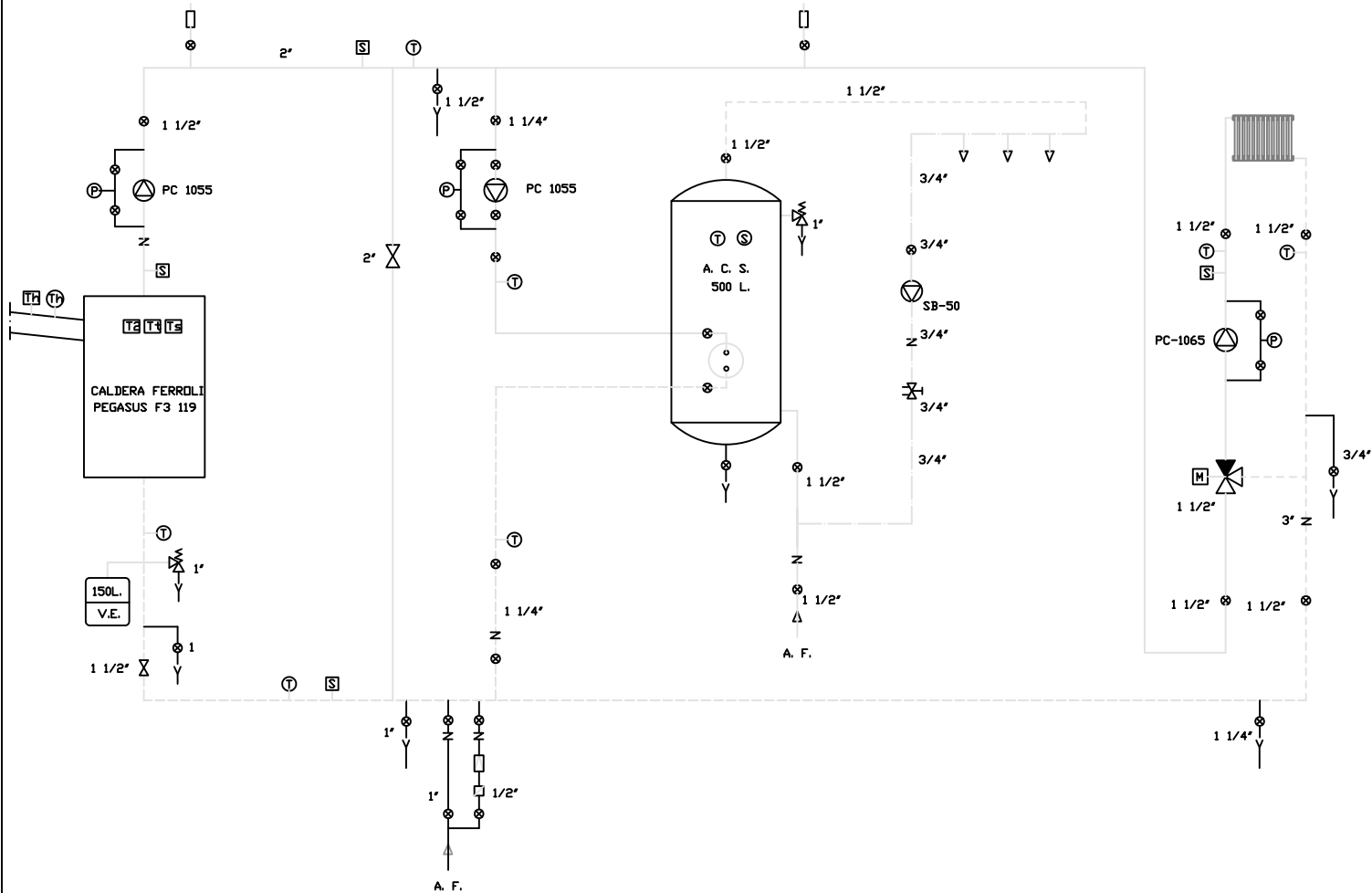
PLANO N°

FECHA

Junio 2015

Fdo.: Diego Abril Moreno

9



UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE ESQUEMA PRINCIPIO DE CALDERAS

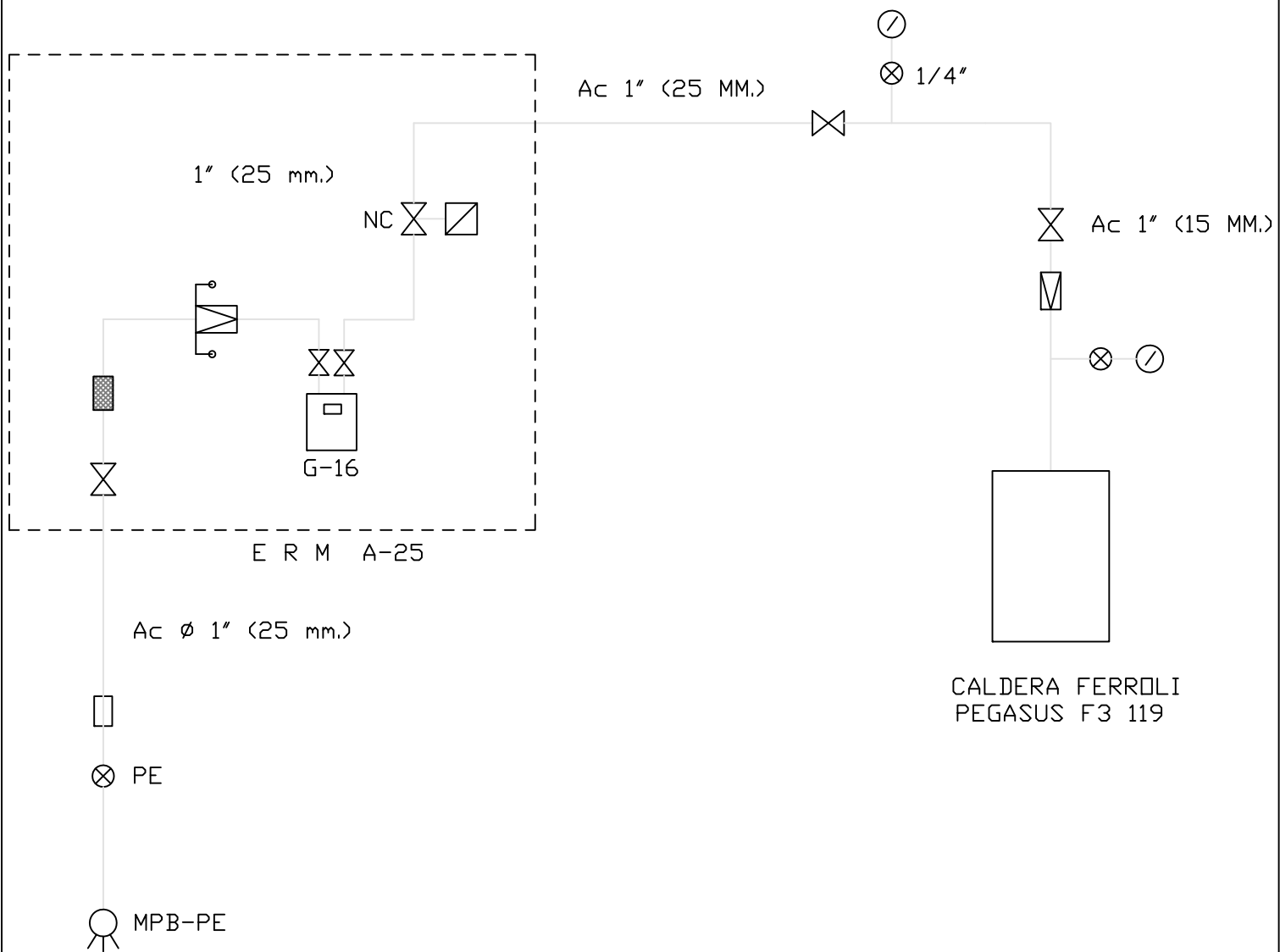
ESCALA 1/75



FECHA Junio 2015

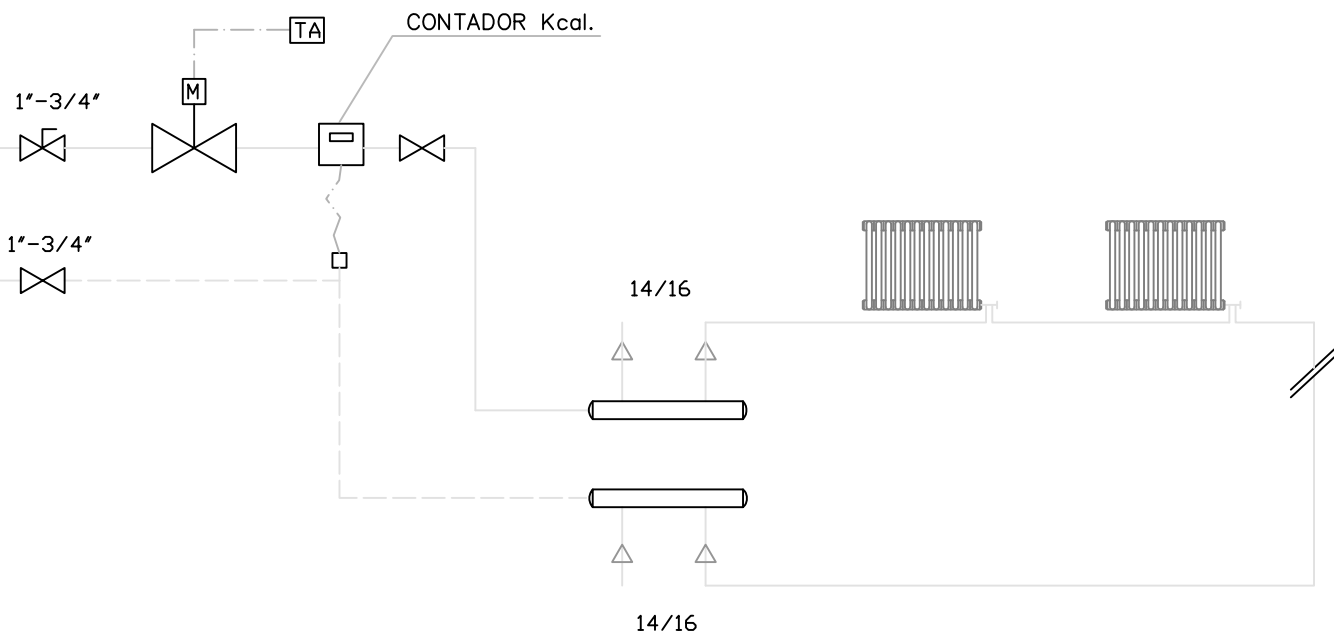
Fdo.: Diego Abril Moreno

PLANO N°

10



		UNIVERSIDAD DE LEÓN ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS			
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA					
PROYECTO DE		Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.			
PLANO DE		ESQUEMA INSTALACIÓN DE GAS			
ESCALA		1/75		PLANO N°	
FECHA		Junio 2015		11	
Fdo.: Diego Abril Moreno					



UNIVERSIDAD DE LEÓN
 ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS

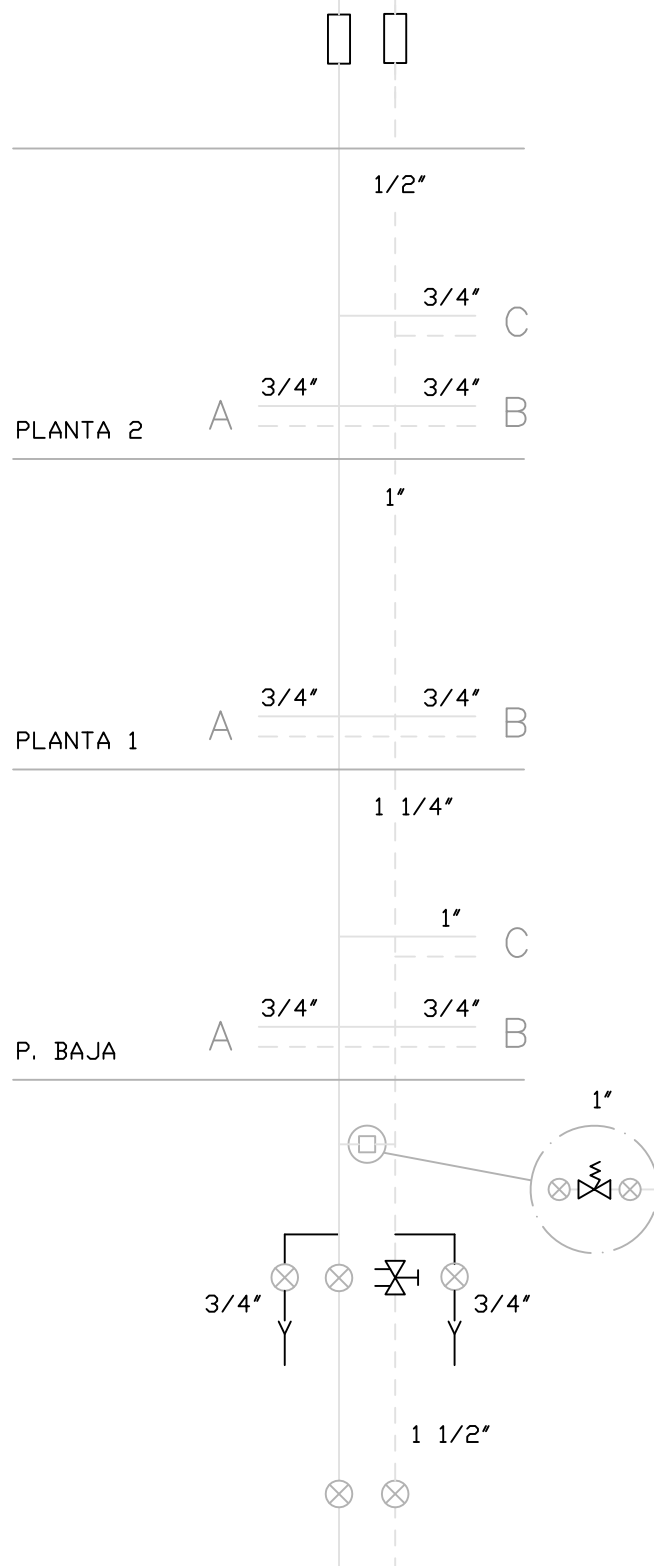


GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE ESQUEMA CONEXIÓN CALEFACCIÓN CON VIVIENDAS

ESCALA	1/75	Fdo.: Diego Abril Moreno	PLANO N°
FECHA	Junio 2015		12



UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE Estudio técnico y económico de la sustitución de la actual instalación de una caldera de gas por una de biomasa.

PLANO DE MONTAJE CALEFACCIÓN

ESCALA	1/75	Fdo.: Diego Abril Moreno	PLANO N°
FECHA	Junio 2015		13