

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍA DE MINAS Y
ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN
Y AGUA CALIENTE (ACS) DE UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR EN AMOROTO (BIZKAIA)***

DOCUMENTO 1 – MEMORIA

Alumno/Alumna: Nicholson, Mendieta, Julen Carlos

Director: Teres, Zubiaga, Jon

Curso: 2018-2019

Fecha: 6 de Noviembre de 2018

ÍNDICE

1. MEMORIA	10
1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....	10
1.1.1 Introducción al problema.....	10
1.1.2 Emplazamiento y situación del terreno	11
1.1.2.1 Emplazamiento.....	11
1.1.2.2 Situación del terreno	13
1.1.2.2.1 Climatología	13
1.1.3 Objetivo del proyecto.....	15
1.1.3.1 Procedimiento a seguir.....	17
1.1.4 Antecedentes	17
1.1.4.1 Contexto energético en el País Vasco	18
1.1.4.2 Soluciones constructivas desde el punto de vista de la edificación sostenible.....	19
1.1.4.3 Energía solar térmica.....	20
1.1.4.3.1 Aspectos económicos y sociales	20
1.1.4.3.2 Ventajas e inconvenientes	21
1.1.4.3.2.1 Ventajas	21
1.1.4.3.2.2 Inconvenientes	21
1.1.4.4 Energía de la Biomasa	21
1.1.4.4.1 Aspectos económicos y sociales	22
1.1.4.4.2 Ventajas e inconvenientes	22
1.1.4.4.2.1 Ventajas	22
1.1.4.4.2.2 Inconvenientes	22
1.1.5 Características de la vivienda	23
1.1.5.1 Distribución de la vivienda	24
1.1.5.2 Instalaciones actuales de para ACS y calefacción.....	28
1.1.6 Estudio de alternativas.....	28
1.1.6.1 Instalación solar térmica para ACS	30
1.1.6.1.1 Funcionamiento de la instalación solar térmica	31
1.1.6.1.2 Subsistemas de la instalación solar térmica	32
1.1.6.1.3 Tipos de instalaciones solar térmicas	33
1.1.6.1.4 Circuitos de una instalación solar térmica	35
1.1.6.1.5 Elementos de la instalación solar térmica	36
1.1.6.1.5.1 Colector solar.....	36

1.1.6.1.5.1.1	Componentes de un colector solar	36
1.1.6.1.5.1.2	Tipos de colectores solares	38
1.1.6.1.5.1.3	Orientación e inclinación.....	38
1.1.6.1.5.1.4	Soporte del colector solar	40
1.1.6.1.5.1.5	Conexión entre captadores solares.....	40
1.1.6.1.5.2	Sistema hidráulico. Red de tuberías de distribución	41
1.1.6.1.5.2.1	Conexión de tuberías	42
1.1.6.1.5.3	Aislamiento	42
1.1.6.1.5.4	Bombas de circulación	44
1.1.6.1.5.5	Sistema de acumulación	46
1.1.6.1.5.6	Intercambiador de calor	47
1.1.6.1.5.7	Fluido caloportador	47
1.1.6.1.5.8	Componentes de seguridad.....	48
1.1.6.1.5.8.1	Válvulas	48
1.1.6.1.5.8.2	Vaso de expansión.....	49
1.1.6.1.5.8.3	Purgadores	50
1.1.6.1.5.8.4	Dispositivo de llenado y vaciado	51
1.1.6.1.5.8.5	Termómetros.....	51
1.1.6.1.5.8.6	Termostatos	52
1.1.6.1.5.8.7	Manómetro	52
1.1.6.1.5.9	Sistema de control y regulación	52
1.1.6.1.5.10	Sistema de apoyo auxiliar.....	54
1.1.6.2	Instalación de caldera de biomasa	55
1.1.6.2.1	Tipos de combustible	55
1.1.6.2.1.1	Comparativa de biocombustible solidos respecto a otros combustibles	58
1.1.6.2.2	Calderas de Biomasa	58
1.1.6.2.2.1	Funcionamiento de una caldera de biomasa.....	59
1.1.6.2.2.2	Elementos de una caldera de biomasa.....	60
1.1.7	Descripción del proyecto.....	62
1.1.7.1	Instalación solar térmica para ACS y calefacción	62
1.1.7.1.1	Captador solar seleccionado	62
1.1.7.1.2	Sistema de acumulación seleccionado	63
1.1.7.1.3	Bomba hidráulica seleccionada.....	63
1.1.7.1.4	Vaso de expansión seleccionado	64
1.1.7.1.5	Sistema de control seleccionado	65
1.1.7.1.6	Sistema de apoyo auxiliar seleccionado	66
1.1.7.2	Instalación de caldera de biomasa para calefacción	67
1.1.7.2.1	Caldera seleccionada	67

1.1.7.2.2	Combustible seleccionado	68
1.1.7.2.3	Chimenea y conducto de humos.....	69
1.1.7.2.4	Silo de pellets	69
1.1.7.3	Certificado energético de la vivienda	69
1.1.7.3.1	Certificación energética de la instalación diseñada	70
1.1.8	Plan de obra	71
1.1.8.1	Cronograma	72
1.1.9	Resumen del presupuesto.....	73
1.1.10	Normativa	75
1.1.11	Bibliografía	78
1.2	MEMORIA JUSTIFICATIVA	83
1.2.1	Cálculos	83
1.2.1.1	Calculo instalación solar térmica.....	83
1.2.1.1.1	Datos de partida.....	83
1.2.1.1.1.1	Zona climática.....	83
1.2.1.1.1.2	Contribución solar mínima	85
1.2.1.1.1.3	Demanda energética de ACS	85
1.2.1.1.2	Diseño y cálculo de la producción energética de ACS.....	88
1.2.1.1.2.1	Orientación e inclinación de los captadores.....	88
1.2.1.1.2.2	Predimensionamiento de la instalación	90
1.2.1.2	Cálculo de la cobertura solar. Método F-Chart	92
1.2.1.2.1	Energía teórica disponible.....	93
1.2.1.2.1.1	Cálculo del parámetro D1:	96
1.2.1.2.1.2	Cálculo del parámetro D2:	99
1.2.1.2.1.3	Cálculo de la cobertura solar	102
1.2.1.2.1.4	Cálculo de las pérdidas del sistema	103
1.2.1.2.1.4.1	Cálculo de pérdidas en el colector	104
1.2.1.2.1.4.1.1	Pérdidas por orientación e inclinación	104
1.2.1.2.1.4.1.2	Pérdidas por sombras	105
1.2.1.2.1.4.1.3	Pérdidas totales	105
1.2.1.2.1.4.2	Resumen de los resultados obtenidos	105
1.2.1.2.2	Sistema de acumulación	106
1.2.1.2.3	Sistema de intercambio	107
1.2.1.2.4	Fluido de trabajo.....	107
1.2.1.2.5	Red de tuberías	108
1.2.1.2.5.1	Cálculo del diámetro mínimo	109
1.2.1.2.5.2	Pérdidas de carga en tuberías	110

1.2.1.2.5.3	Pérdidas de calor en tuberías	111
1.2.1.2.6	Cálculo del vaso de expansión del circuito primario.....	112
1.2.1.2.7	Dimensionamiento de la bomba de circulación.....	114
1.2.1.3	Cálculo de las necesidades de calefacción	115
1.2.1.3.1	Cálculo de los parámetros de la envolvente térmica.....	117
1.2.1.3.1.1	Cerramientos en contacto con el aire exterior.....	117
1.2.1.3.1.1.1	Fachada exterior.....	119
1.2.1.3.1.1.2	Huecos y lucernarios	120
1.2.1.3.1.1.2.1	Ventanas	121
1.2.1.3.1.1.2.2	Puertas.....	122
1.2.1.3.1.1.3	Cubierta.....	122
1.2.1.3.1.1.4	Solera de hormigón.....	123
1.2.1.3.2	Necesidades de calefacción	123
1.2.1.3.2.1	Cálculo de pérdidas por transmisión	123
1.2.1.3.2.1.1	Perdidas por transmisión en fachada exterior	124
1.2.1.3.2.1.2	Perdidas por transmisión en huecos y lucernarios	125
1.2.1.3.2.1.2.1	Ventanas	125
1.2.1.3.2.1.2.2	Puertas.....	126
1.2.1.3.2.1.3	Perdidas por transmisión en la cubierta	126
1.2.1.3.2.1.4	Perdidas por transmisión en el suelo	127
1.2.1.3.2.1.5	Perdidas por transmisión totales	127
1.2.1.3.2.2	Pérdidas por ventilación	128
1.2.1.3.2.3	Perdidas por infiltración	129
1.2.1.3.2.4	Resumen de cargas totales.....	130
1.2.1.4	Sistema auxiliar de energía.....	130
1.2.1.4.1	Cálculo de la potencia de la caldera.....	130
1.2.1.4.2	Cálculo del volumen del silo de pellets.....	131
1.2.1.4.3	Regulación del sistema auxiliar.....	132
1.2.2	Anexos.....	133
1.2.2.1	Anexo 1: Fichas técnicas.....	133
1.2.2.2	Anexo 2: Certificación Ce3x.....	139
1.2.3	Estudio de viabilidad económica.....	145
1.2.3.1	Precio del combustible	145
1.2.3.2	Mantenimiento de la instalación.....	145
1.2.3.3	Ahorro económico anual de la instalación de biomasa.....	146
1.2.3.4	Tiempo de amortización.....	147

TABLAS DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de Amoroto en Bizkaia.....	11
Figura 2. Municipio de Amoroto (Fuente: Google Maps)	11
Figura 3. Elorrraran (Fuente: Google Maps).....	12
Figura 4. Región climática del País Vasco (Fuente: EUSKALMET)	13
Figura 5. Mapa de Precipitación media anual del País Vasco. (Fuente: NEKANET)	13
Figura 6. Mapa de Temperatura Media Anual del País Vasco. (Fuente: NEKANET)	14
Figura 7. Distribución y superficie Planta Baja (Plano 04.1)	24
Figura 8. Distribución y superficie Planta Primera (Plano 04.2)	25
Figura 9. Distribución y superficie Planta Segunda (Plano 04.3)	26
Figura 10. Esquema térmico.	32
Figura 11. Instalaciones de transferencia directa o circuito abierto	34
Figura 12. Instalación de transferencia indirecta o de circuito cerrado	34
Figura 13. Instalaciones con circulación natural o con termosifón (1) o Instalación con circulación forzada (2).[18]	35
Figura 14. Colector solar[20].....	37
Figura 15. Ángulo de inclinación (β).....	39
Figura 16. Ángulo de orientación o ángulo acimutal (α).....	39
Figura 17. Ejemplo de una bomba de circulación.....	45
Figura 18. Elementos principales de una bomba de circulación. [28] (Fuente: Guia técnica de equipos de transporte de fluidos y bombas)	45
Figura 19. Ejemplo de una válvula de corte.....	48
Figura 20. Partes y componentes de un vaso de expansión. (Fuente: Caloryfrio, vaso de expansión)[30].....	50
Figura 21. Ejemplo de un purgador.....	51
Figura 22. Ejemplo de un termómetro.	51
Figura 23. Ejemplo de un termostato.	52
Figura 24. Ejemplo de un manómetro.	52
Figura 25. Elementos de una caldera de biomasa.	60
Figura 26. Vaso de expansión Industrias Ibaiondo S.A. 18 CMF.	65
Figura 27. sistema de control SELTRON ST2R.	65

Figura 28. Calificación energética de la vivienda	71
Figura 29. Mapa de distribución de las zonas climáticas.	84
Figura 30. Angulo de desviación de la vivienda respecto al Sur geográfico.	89
Figura 31. Pérdidas por sombras en función de la orientación y la inclinación.....	104

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Precipitaciones anuales recogidas por la estación de Oleta en 2017 (Fuente: EUSKALMET).....	14
Gráfica 2. Temperatura anual recogida por la estación ubicada en Oleta en 2017. (Fuente: EUSKALMET).....	15
Gráfica 3. Evolución de la dependencia energética (Fuente: Eurostat).....	18
Gráfica 4. Curva de rendimiento de la bomba Junkers AGS 5.	64
Gráfica 5. Curva de rendimiento instantáneo del captador SOLARIA 2.8 AL S8.[52]	97
Gráfica 6. Aporte y demanda de ACS mensual (KJ).....	103
Gráfica 7. Coeficiente de fricción de tubería.	110
Gráfica 8. Dilatación del agua en función de la temperatura.	113
Gráfica 9. Curva de rendimiento de la bomba.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución y superficie Planta Baja (Plano 04.1).....	27
Tabla 2. Distribución y superficie Planta Primera (Plano 04.2).....	27
Tabla 3. Distribución y superficie Planta Segunda (Plano 04.3).....	27
Tabla 4. Criterio de valoración	29
Tabla 5. Valoración de las alternativas propuestas	29
Tabla 6. Inclinación óptima de los colectores según el CTE.....	39
Tabla 7. Espesores mínimos de aislamiento para fluidos calientes. (Tablas 1.2.4.2.1 y Tabla 1.2.4.2.2) (Fuente RITE).....	43
Tabla 8. Espesores mínimos de aislamiento para fluidos fríos. (Tabla 1.2.4.2.3 y Tabla 1.2.4.2.4) (Fuente: RITE).....	44
Tabla 9. Comparativa de biocombustibles sólidos respecto a otros combustibles.....	58
Tabla 10. Especificaciones técnicas Captador SOLARIA 28 AL S8. Captador solar plano.....	62
Tabla 11. Especificaciones técnicas del Intercambiador ISF – 150 SR. Intercambiador de suelo con serpentín (Fuente: Fagor)	63
Tabla 12. Características de la caldera EASYPELL (BY OKOFEN) 6 – 20 KW.	68
Tabla 13. Plan de obra.....	71
Tabla 14. Presupuesto de ejecución material. PEM.....	73
Tabla 15. Presupuesto de contrata. PC.....	73
Tabla 16. Resumen del presupuesto.....	74
Tabla 17. Datos de partida.	83
Tabla 18. Límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia.	84
Tabla 19. Niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C para cada zona climática. (Fuente: HE4, del DB HE del CTE)	85
Tabla 20. Consumos unitarios para una temperatura de referencia de 60°C (Fuente: HE4, del DB HE del CTE).....	86
Tabla 21. Tª agua red para la provincia de Vizcaya en °C.....	86
Tabla 22. Ocupación de la vivienda según nº de dormitorios.	87
Tabla 23. Demanda de ACS mensual.	87
Tabla 24. Demanda energética de ACS.....	88
Tabla 25. Inclinaciones óptimas del captador para cada mes.	90
Tabla 26 Valores de radiación incidentes en España.....	94
Tabla 27. Irradiación horizontal media en Vizcaya (MJ/m ²).....	94
Tabla 28. Factor de corrección de k. Para latitud de 43°C.....	95

Tabla 29. Radiación incidente R (KJ día/ m^2).....	95
Tabla 30. Eficiencia óptica del captador SOLARIA 2.8 AL S8.....	97
Tabla 31. Calculo de la energía absorbida por el captador (Ea).	98
Tabla 32. Cálculo del parámetro D1.....	98
Tabla 33 Datos históricos del tiempo en Amoroto, Bizkaia.[53].....	100
Tabla 34. Cálculo del factor de corrección K2.....	100
Tabla 35. Energía perdida mensualmente por el colector (Ep).	101
Tabla 36.Cálculo del parámetro D2.....	101
Tabla 37. Fracción de carga calorífica mensual aportada por el sistema solar.	102
Tabla 38. Calculo de la fracción de carga mensual.	102
Tabla 39. Pérdidas máximas permitidas por el CTE en orientación, inclinación y sombras.	104
Tabla 40. Aportación y demanda anual.	105
Tabla 41. Contribución solar mínima.	105
Tabla 42. Pérdidas por orientación, inclinación y sombras.	106
Tabla 43. Energía aportada por la instalación solar térmica.....	106
Tabla 44. Porcentaje en volumen que deberá usarse de fluido anticongelante en función de la temperatura exterior.....	108
Tabla 45. Espesores mínimos de aislamiento en tuberías interiores en edificios.	111
Tabla 46. Espesores mínimos de aislamiento en tuberías exteriores en edificios.	111
Tabla 47. Condiciones climáticas exteriores. Bilbao (Aeropuerto Sondica).[55]	115
Tabla 48. Temperaturas mínimas registradas en Amoroto.	115
Tabla 49 Criterios de transmitancia exigidos por el CTE para la zona climática C1.....	116
Tabla 50. Porcentaje de huecos en cada cara del edificio.	116
Tabla 51. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K/W$	118
Tabla 52. Diferencia de temperaturas entre las diversas zonas de estudio.	118
Tabla 53. Fachada de mampostería con trasdós.	119
Tabla 54. Partición interior a espacio no habitable.	119
Tabla 55. Porcentaje de huecos en cada cara de la parte construida del edificio.....	120
Tabla 56. Características de la carpintería de Ventanas de madera Iroko	121
Tabla 57. Transmitancia térmica de las ventanas.....	121
Tabla 58. Características de la carpintería de Puertas de madera Iroko	122
Tabla 59. Transmitancia térmica de las puertas.	122

Tabla 60. Transmitancia térmica de la cubierta.....	122
Tabla 61. Características y transmitancia térmica del suelo en contacto con el terreno..	123
Tabla 62. Pérdidas por transmisión en la fachada.	124
Tabla 63. Perdidas por transmisión en las ventanas.....	125
Tabla 64. Perdidas por transmisión en las puertas que dan al exterior del edificio.....	126
Tabla 65. Características de la cubierta.	126
Tabla 66. Perdidas por transmisión en la cubierta de la zona construida.	126
Tabla 67. Perdidas por transmisión en el suelo de la zona construida.....	127
Tabla 68. Perdidas por transmisión totales.	127
Tabla 69. Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables.	128
Tabla 70. Caudales de ventilación en los locales secos	128
Tabla 71 Caudales de ventilación en los locales húmedos	129
Tabla 72. Perdidas de carga totales.	130
Tabla 73. Comparativa de combustibles.....	146
Tabla 74. Ahorro económico anual de la instalación de biomasa	146

ÍNDICE FICHAS TÉCNICAS

Ficha Técnica 1 Captador solar SOLARIA – 2.8 AL S8 [52].....	133
Ficha Técnica 2 Inter - Acumulador SOLARIS ISF-150 SR[52]	134
Ficha Técnica 3 Grupo de bombeo JUNKERS AGS 5[58]	135
Ficha Técnica 4 Sistema de regulación y control SELTRON ST2R[59]	136
Ficha Técnica 5 Caldera de Pellets EASYPELL (BY OKOFEN) con sistema Austriaco 6-20 KW.	137
Ficha Técnica 6 Silo OKOFEN FleXILO Compact.	138

1. MEMORIA

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.1 Introducción al problema

El impacto de las ciudades, y de las unidades que las constituyen sobre el medio ambiente es diversificado y muy importante en términos absolutos. Los consumos de energía y de agua o los residuos que se generan no son inocuos para el medio ambiente. La incidencia es variada e identificable con parámetros genéricos o indicadores que a nivel mundial se utilizan para hablar de los problemas ambientales. Baste citar dos ejemplos:

- Cambio climático: Se estima que cada m^2 de vivienda es responsable de una media de emisiones de 1,9 TM de CO_2 en el transcurso de su vida útil. Por cada kWh de electricidad consumida, se emite un kg de CO_2 .
- Lluvia ácida: Contribución directa mediante el uso de las calefacciones.

Antiguamente las ciudades mantenían un ciclo productivo agrícola, artesanal y cultural autosuficiente, de manera que eran un modelo de equilibrio y sostenibilidad. Con la revolución industrial, el automóvil, y actualmente el fenómeno de la globalización, se ha facilitado una dispersión territorial más grande con lo que se han formado extensas aglomeraciones urbanas por todo el mundo, donde el automóvil y la vivienda unifamiliar se han convertido en las metas del modelo urbano actual. Por tanto, la incidencia de la construcción, de la arquitectura y del urbanismo en el medio ambiente es muy importante y significativa. Se plantean ya formas de reducir este impacto negativo incorporando criterios de sostenibilidad durante todas las etapas en que se puede descomponer la vida de los edificios. [1]

La importancia y la contribución del medio ambiente en la sociedad en la que vivimos, junto a los grandes beneficios económicos y sociales que se obtienen a largo plazo con las instalaciones que generan energía a través de fuentes renovables han sido las principales razones que han hecho que se elija el proyecto la instalación de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) de una vivienda unifamiliar mediante paneles solares térmicos y caldera de biomasa detallado a continuación.

1.1.2 Emplazamiento y situación del terreno

1.1.2.1 Emplazamiento

El caserío Elorraran se encuentra ubicado en el municipio de Amoroto (Bizkaia) (Figura 1), situado al norte de la comarca de Lea Artibai en el territorio histórico de Bizkaia, dentro de la comunidad autónoma del País Vasco, al norte de España.

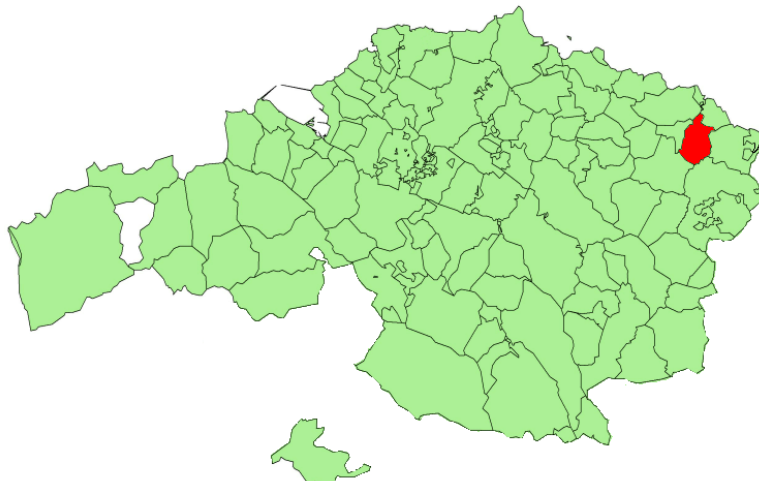


Figura 1. Localización de Amoroto en Bizkaia

Amoroto es un municipio fundamentalmente rural, constituido por cuatro barrios: Elexalde (núcleo principal), Odiaga, Ugaran y Urrutia.

El emplazamiento (Figura 2) se encuentra en el barrio de Elexalde en la falda del monte donde se encuentra el núcleo urbano de Amoroto. En el lado Este, discurre un riachuelo afluente del río Leia. El paisaje es el típico de la zona, con grandes plantaciones de pino y otras especies autóctonas.



Figura 2. Municipio de Amoroto (Fuente: Google Maps)

El proyecto en cuestión se sitúa en una parcela en pendiente en su dirección Este-Oeste. La edificación está en la terraza formada en esta pendiente.

La finca inmueble localizada en una latitud de 43°19'43.39" N y longitud 2°31'21.64" O. se ubica en suelo rústico y se encuentra próximo al núcleo tradicional del municipio. Está situada a una distancia aproximada de 200m, es de carácter rural y se encuentra sin urbanizar.

La morfología del solar (Figura 3) no es complicada y la pendiente más aguda se da en el eje Norte-Sur. Presenta unos muros de contención que conforman terrazas, en el mismo eje.



Figura 3. Elorraran (Fuente: Google Maps)

El solar está compuesto por tres niveles aterrazados abiertos a las vistas de la sierra.

La parte sur inferior de la parcela linda con la carretera CM-3205, lo que hace que el acceso no sea un problema. Al norte, la casa, está alineada con un camino, prolongación de las calles Las Parras, que da paso a diferentes fincas de alrededor. El lado este, limita con el camino vecinal, y el oeste con una parcela contigua que no corresponde al proyecto.

1.1.2.2 Situación del terreno

1.1.2.2.1 Climatología

La zona de proyecto pertenece a la región vertiente atlántica norte (Figura 4). El océano Atlántico ejerce gran influencia sobre el clima, presentándose un clima meso-térmico caracterizado por la abundancia de precipitaciones y temperaturas moderadas durante todo el año.



Figura 4. Región climática del País Vasco (Fuente: EUSKALMET)

El factor orogénico es el principal responsable de la importante pluviosidad y fuerte intensidad de las precipitaciones en toda la vertiente del País Vasco. Se alcanzan un régimen de precipitaciones entre 1200-2000 mm de media anual (Figura 5), siendo el 45% de los días del año de carácter lluvioso. La época de mayor precipitación corresponde a los meses otoñales, mientras que en verano las precipitaciones son lo suficientemente abundantes como para que no exista sequía. [2]

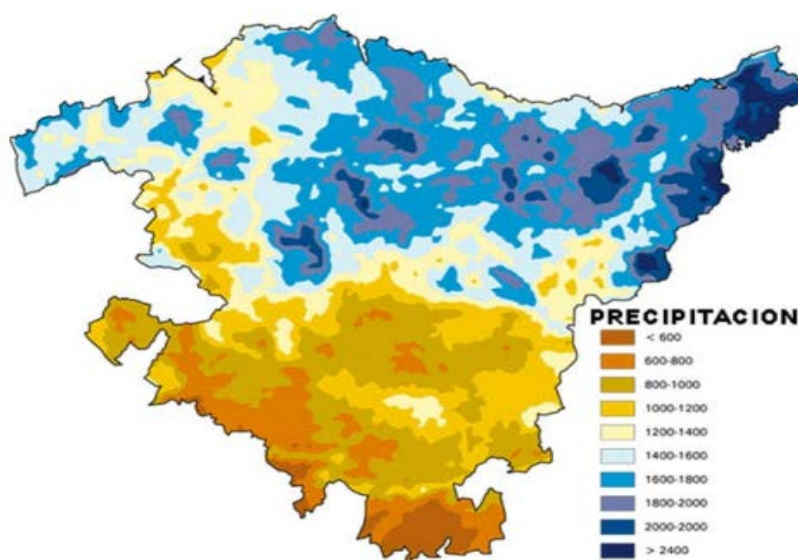
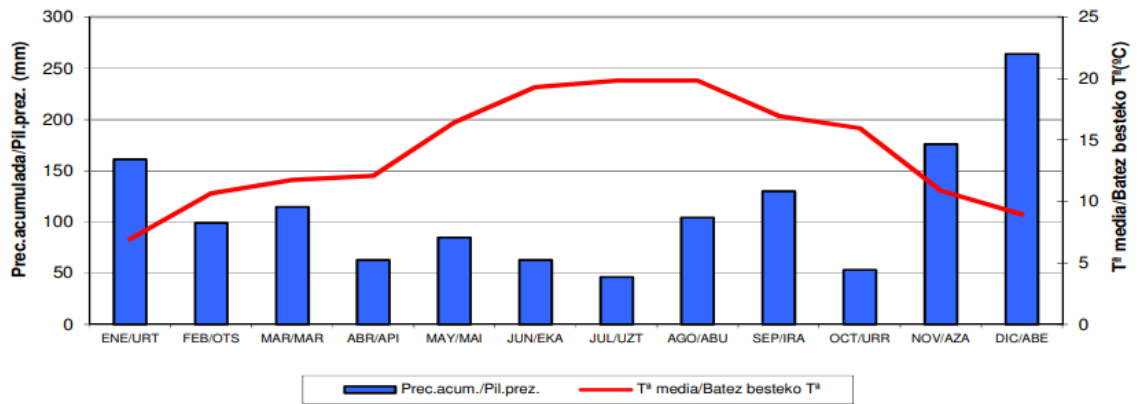


Figura 5. Mapa de Precipitación media anual del País Vasco. (Fuente: NEKANET)

La estación meteorológica más cercana de la zona de proyecto se encuentra ubicada en Oleta, a una distancia menor de 3Km (Última actualización 2017) (Gráfica 1), la cual dispone del siguiente rango de precipitaciones.



Gráfica 1. Precipitaciones anuales recogidas por la estación de Oleta en 2017 (Fuente: EUSKALMET)

Desde el punto de vista térmico, según los datos recogidos por el “Mapa de Temperatura Media Anual” (Figura 6) publicado por el EVE (Ente Vasco de la Energía), la temperatura media anual oscila entre 13 -14 °C. En los meses de verano se pueden alcanzar temperaturas máximas de 35 °. (Gráfica 2)

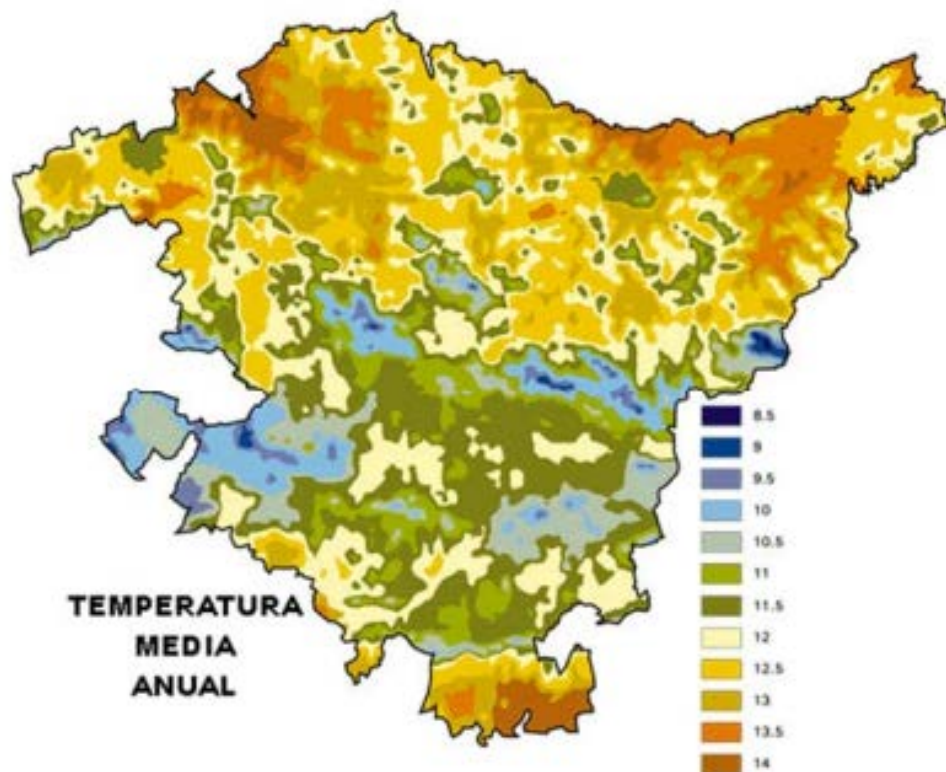
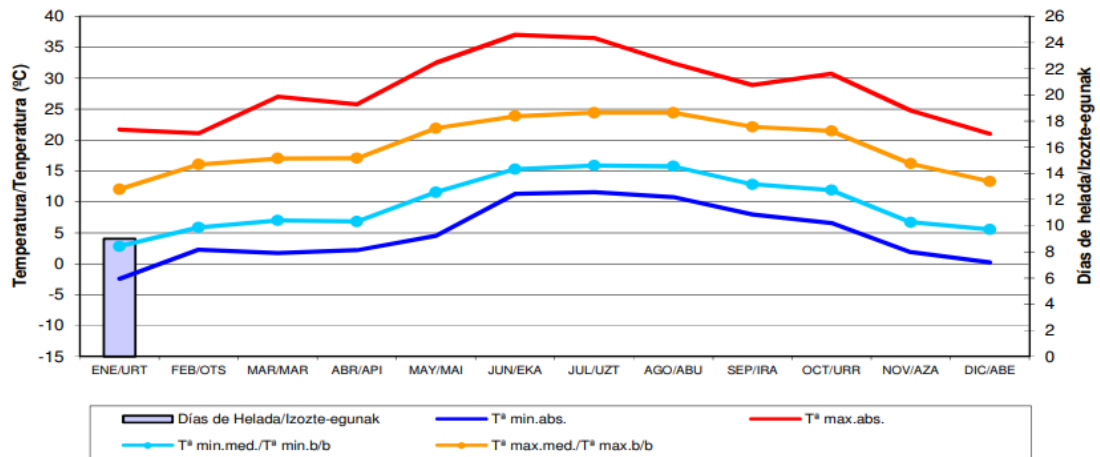


Figura 6. Mapa de Temperatura Media Anual del País Vasco. (Fuente: NEKANET)

Oleta



Gráfica 2. Temperatura anual recogida por la estación ubicada en Oleta en 2017.
(Fuente: EUSKALMET)

Los vientos dominantes proceden del noroeste, aunque predominen los días de calma total siendo estos últimos alrededores del 25%. Los meses de verano son propensos a sufrir galernas con rachas de entre 60-90 Km/h, siendo registradas velocidades de hasta 120 Km/h en momentos puntuales durante el resto del año, tal como se muestra en la Gráfica 2.

1.1.3 Objetivo del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo evaluar, tanto técnicamente como económicamente, la rehabilitación parcial del caserío Elorraran ubicado en Amoroto (Bizkaia), con el fin de conseguir un espacio protegido térmicamente y que además sea capaz de generar la energía que se va a consumir a partir de energía renovable.

Es un caserío de más de 100 años de antigüedad, que se encontraba vaciado en el interior. Es por esto que por parte del propietario surge el interés por su rehabilitación con el fin de asentar su vida futura, además de evitarse su pérdida definitiva. Es un edificio de planta cuadrada, que consta de planta baja, primera y una planta bajo cubierta.

Se van a estudiar las propiedades y condiciones económicas que supone para el propietario lograr hacia futuro una vivienda con mejoras térmicas con el fin de evitar un gran consumo energético y reducir las posibles tasas económicas en cuanto a energía. Para lograrlo, emplearemos como alternativa principal la energía solar térmica en la demanda de ACS y, por otro lado, se utilizará la energía de Biomasa para suministrar la energía demandada en la calefacción de la vivienda.

Una vez aplicadas las medidas se calificará la vivienda mediante el programa CE3X, de ese modo se estimarán las mejoras obtenidas y se generara un nuevo certificado energético a la vivienda. Por otro lado, se realizará un estudio económico y de viabilidad donde se calculará el tiempo de amortización de las medidas llevadas a cabo.

Las principales soluciones o mejoras que se proponen para la rehabilitación parcial del caserío Elorrraran son las siguientes:

a) Aislamiento.

Un buen aislamiento térmico aumenta la resistencia al paso del calor. Tiene un importante potencial de mejora de la eficiencia energética de los edificios. Además, contribuye a un ahorro económico y mejora el confort interior, puede contribuir a la reducción de un 30% de emisiones de dióxido de carbono.

b) Generación de energía a partir de energías renovables.

Mejora las condiciones medioambientales del planeta, además de, conseguir un consumo casi nulo mediante el uso de energías limpias.

1. Solar térmica

El mayor inconveniente es su dependencia de los factores climáticos, de la ubicación del edificio, el uso y su mantenimiento, de manera que se requiere una valoración económica del coste de la instalación, ahorros energéticos, reducción de emisiones y plazos de amortización para saber si esta alternativa es viable. Se empleará como alternativa principal en la demanda de ACS.

2. Caldera de Biomasa

Su principal inconveniente es la dependencia de otro tipo de combustible, aunque en este caso no se trate de un combustible convencional. Sera necesario un estudio para dimensionar la caldera y escoger el combustible renovable más ventajoso. Además, se elaborará una valoración económica del coste de la instalación y ahorros energéticos. La energía de Biomasa se utilizará para suministrar la energía demandada en la calefacción de la vivienda y también como sistema auxiliar para cuando la instalación solar térmica no cubra la demanda de ACS.

1.1.3.1 Procedimiento a seguir

El procedimiento a seguir a lo largo del proyecto será el siguiente:

1. Seleccionar los sistemas más adecuados de ACS y calefacción que utilizan energías renovables.
2. Recoger información referida a la demanda energética de ACS y calefacción del edificio seleccionado.
3. Ajustar las dimensiones de los sistemas seleccionados para satisfacer la demanda del edificio seleccionado.
4. Cumplimiento de las exigencias del código técnico y estudiar las condiciones de la instalación siguiendo el pliego de condiciones técnicas.
5. Estudiar las condiciones de Seguridad y Salud requeridas por la instalación siguiendo la normativa vigente.
6. Presupuestar los costes de la instalación.

1.1.4 Antecedentes

En la actualidad, más del 80% del suministro mundial de energía proviene de los combustibles fósiles, dos tercios de la fuerza eléctrica es producida por ellos y casi el 100% del transporte dependen de ellos.

El uso de combustibles fósiles genera muchos problemas. Por un lado, los recursos naturales se agotan, por otro, su uso provoca gases de efecto invernadero que afectan directamente al cambio climático y por último genera una tensión entre la creciente demanda de energía y la reducción en la intensidad producción.

Además, el transporte de la energía provoca muchas pérdidas por lo que cada vez se prima más la producción de energía de forma descentralizada o distribuida, es decir, mediante múltiples alternativas de generación de energía en los puntos de consumo, minimizando de esta manera las pérdidas por transporte y mejorando la gestión de la energía.

Es en este escenario los edificios y entornos urbanos adquieren una gran importancia, ya que en ellos se concentra una alta demanda energética y disponen de gran variedad de recursos para ubicar o utilizar sistemas de generación energética.

Según datos de la Agencia Internacional de la Energía, el 27% de la energía consumida en España corresponde a este sector residencial, por tanto, contribuir una parte de dicho consumo mediante energías renovables supone un importante impacto en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. [4]

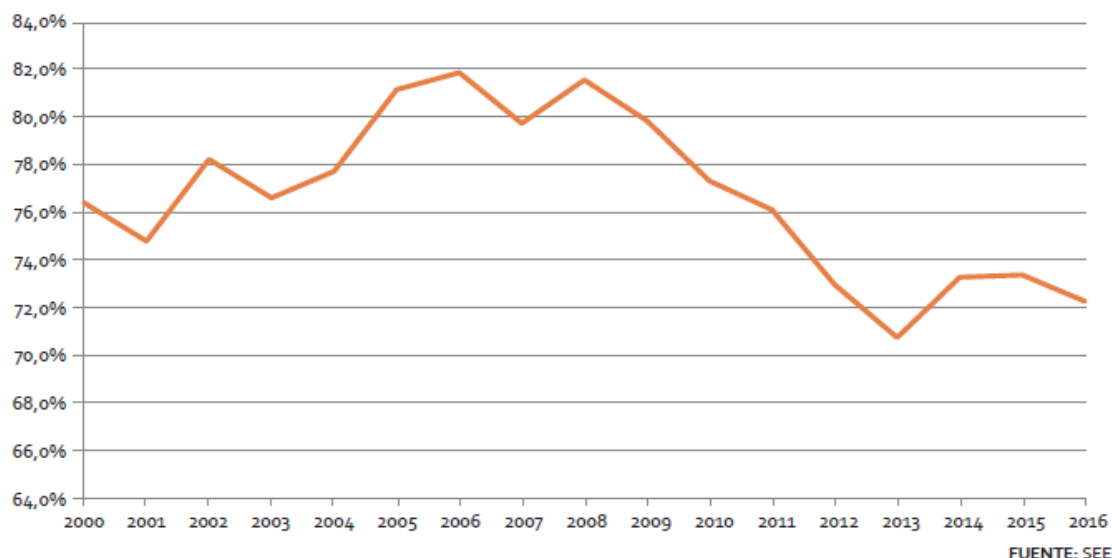
1.1.4.1 Contexto energético en el País Vasco

Tomando como medida el PIB per cápita, la capacidad productiva de la Comunidad Autónoma del País Vasco supera con creces la media española y la europea. Por otro lado, consumo eléctrico en el País Vasco está por encima de la media Europea y Española, así como ocurre con el consumo del transporte. Además, el gasto energético de los edificios residenciales y de servicios también supera a la de los países más importantes de la Unión Europea. Sin embargo, al tratarse de un territorio muy pequeño, con alta densidad y con un clima muy favorable y adecuado permite grandes márgenes de mejora.

Para el elevado consumo de energía que hay, en la CAPV, al igual que en la mayoría del mundo, la CAPV se considera energéticamente muy dependientes; la tasa de autoabastecimiento es muy baja y el aprovechamiento de las energías renovables es muy limitado. En conclusión, la CAPV es sostenida en gran parte por energía importada, generalmente biocarburantes.

El contraste entre el gasto energético y la situación de producción e industrialización en CAPV, al igual que en el resto del estado, hace necesaria una intervención que reduzca esta diferencia.

En la Gráfica 3 se muestra la evolución de la dependencia energética en España desde el año 2000 hasta el 2016. [5]



Gráfica 3. Evolución de la dependencia energética (Fuente: Eurostat).

1.1.4.2 Soluciones constructivas desde el punto de vista de la edificación sostenible

La eficiencia energética se basa en conseguir una reducción tanto del consumo energético como una reducción de costes. Aun así, desde el punto de vista medioambiental lo más importante es la reducción de emisiones de CO₂. Sin embargo, conseguir una eficiencia energética requiere una importante mejora de los procesos, equipos e instalaciones asociadas.

Una de las principales causas del cambio climático es el excesivo consumo energético de los edificios. Es por ello por lo que la legislación se ha ido volviendo cada vez más estricta en las exigencias tanto en las rehabilitaciones como en las nuevas viviendas.

En España, es el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) el que regula la referida problemática.

Los expertos de Sto, compañía alemana especializada en la elaboración de elementos y soluciones constructivas desde el punto de vista de la edificación sostenible, han identificado diferentes retos que países como España deberán afrontar:[7]

1. Los 25 millones de viviendas.

El actual parque inmobiliario de España, compuesto por 25 millones de viviendas (dos tercios de éstas construidas antes de 1990), requerirá de rehabilitación y acondicionamiento, ya que muchos de estos inmuebles no presentan las condiciones de mantenimiento adecuadas y no cumplen los estándares actuales de ahorro energético, aislamiento térmico e, incluso, habitabilidad.

Su principal problema es la enorme inversión que ello implica.

2. Llevar a la práctica el concepto de ECCN.

El proyecto de Real Decreto emitido en junio marca los indicadores que deberán cumplirse.

3. Incrementar progresivamente las exigencias.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, que el escenario normativo se vaya volviendo cada vez más exigente puede resultar clave para obligar a cumplir ciertos criterios y además anticiparse a las futuras exigencias.

4. Mayor divulgación social sobre la eficiencia energética.

El papel y la opinión del cliente o propietario tiene gran importancia en todo el proceso. Por ello es indispensable que el factor eficiencia vaya cogiendo más fuerza y valor, hasta convertirse en un factor de tanto peso como pueden ser el precio y la ubicación de la vivienda.

1.1.4.3 Energía solar térmica

La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para generar calor mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. Es decir, captar la energía del sol para después calentar el fluido caloportador y por último convertir esa energía en energía térmica que calentara el agua.

El agua caliente se podrá usar posteriormente para cocinar o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico (ACS), ya sea agua caliente sanitaria o calefacción.

Como la demanda de la vivienda unifamiliar no siempre coincide con la radiación solar que incide al momento, la energía térmica restante se almacena para un tiempo de autonomía determinado y se acumula para posteriores usos. Cuando la demanda supera el tiempo de autonomía, tal y como ocurre en el proyecto objeto, las instalaciones necesitan de un sistema auxiliar de apoyo o fuente suplementaria de energía, en el proyecto objeto, la caldera de biomasa se ocupará de dicha función.

Por otro lado, en España se exige que en las viviendas de nueva construcción un porcentaje mínimo de la demanda total de A.C.S se produzca mediante recursos renovables, desde la entrada en vigor del código técnico de la edificación. Dicho porcentaje variará según el DB HE-4 y la zona climática donde nos encontremos, entre el 30 y el 70 % por lo general, y entre el 50 y el 70 % cuando la energía de apoyo sea la electricidad convencional.

1.1.4.3.1 Aspectos económicos y sociales

En cuanto al aspecto económico es cierto que una instalación solar térmica requiere una inversión inicial bastante elevada, incluso mayor a la de un sistema fósil convencional. Sin embargo, el alto precio de los combustibles fósiles y el mantenimiento y reparaciones que requieren los sistemas convencionales hacen que a la larga salga mucho más rentable y se obtengan mayores beneficios con una instalación solar térmica. De tal forma que esta energía no será necesario producirla (quemando combustible en una caldera) o de consumir (de la red eléctrica de distribución).

Al mismo tiempo, la instalación solar térmica desde un aspecto social y medioambiental son más que ventajas. La generación de energía con sistemas convencionales posee unas repercusiones muy importantes (emisiones de CO₂, cambio climático, efecto invernadero, vertidos, residuos nucleares, lluvia ácida, etc.) en relación con los sistemas solares. Como término medio, un m² de captador solar térmico es capaz de evitar cada año la emisión a la atmósfera de una tonelada de CO₂. [8]

1.1.4.3.2 Ventajas e inconvenientes

La energía solar térmica presenta una serie de ventajas e inconvenientes que se detallan a continuación.

1.1.4.3.2.1 Ventajas

1. Es una fuente de energía renovable, limpia e inagotable.
2. Supone un ahorro económico considerable, requiere menos consumo de combustible, y por lo tanto un gasto anual menor para el consumidor.
3. Es menos contaminante que un sistema tradicional de combustión fósil. Reduce las emisiones de CO₂, el cambio climático, el efecto invernadero, los vertidos, los residuos nucleares, la lluvia ácida, etc.
4. Las instalaciones solares cuentan con una larga vida útil superior a los 25 años. Además, constan de una tecnología muy fiable y de mantenimiento fácil y de bajo coste.
5. Mejoran la eficiencia energética de los edificios.

1.1.4.3.2.2 Inconvenientes

1. Depende en gran medida a las condiciones climáticas.
2. La instalación de sistemas solares en edificios ya construidos puede resultar problemática debido a la falta de previsión en el momento de realizar el proyecto.

1.1.4.4 Energía de la Biomasa

La energía de biomasa es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico.

Las biomásas se pueden clasificar según la procedencia.

- Natural: es aquella que abarca los bosques, árboles, matorrales, plantas de cultivo, etc.
- Residual: es aquella que corresponde a los residuos de paja, serrín, estiércol, residuos de mataderos, basuras urbanas...

También se pueden clasificar según la cantidad de agua que tienen:

- Biomasa seca: madera, leña, residuos forestales, restos de las industrias madereras y del mueble, etc.
- Biomasa húmeda: residuos de la fabricación de aceites, lodos de depuradora, purines, etc.

Se trata de un tipo de producción de energía más barata, renovable y con menos emisiones contaminantes debido a la forma de su combustión. Además, ayuda a mantener limpios los bosques de restos orgánicos lo que ayuda a evitar posibles incendios.[9]

1.1.4.4.1 Aspectos económicos y sociales

El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde tal y como ocurre con los combustibles o alimentos. Por esos motivos producir energía con la biomasa es un sistema ecológico, que respecta el medio ambiente y además no tiene muchos gastos.

1.1.4.4.2 Ventajas e inconvenientes

La biomasa presenta una serie de ventajas e inconvenientes que se detallan a continuación.

[9]

1.1.4.4.2.1 Ventajas

1. Es una fuente de energía inagotable y además apenas contamina el medio ambiente, ya que no contribuye a la destrucción de la Capa de Ozono.
2. Es una fuente de energía renovable, en consecuencia, disminuye la dependencia de los combustibles fósiles.
3. Ayuda a la limpieza de los montes y al uso de los residuos de las industrias: debido a que las calderas se alimentan con ramas, hojas caídas de los árboles.
4. Tiene un coste muy inferior al de la energía convencional: es hasta cuatro veces más barato.
5. Gran variedad de combustibles disponibles aptos para consumo en la misma caldera.
6. Existe una tecnología muy avanzada, con garantía de funcionamiento, alto rendimiento, y fiabilidad.
7. Existe un gran excedente de biomasa.

1.1.4.4.2.2 Inconvenientes

1. Los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los de las calderas que usan un combustible fósil líquido o gaseoso.
2. La biomasa posee menor densidad energética, lo que hace que los sistemas de almacenamiento sean mayores.
3. Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación de cenizas son más complejos y requieren unos mayores costes de operación y mantenimiento.
4. Los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles.
5. Muchos de estos recursos tienen elevados contenidos de humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones pueda ser necesario un proceso previo de secado.

1.1.5 Características de la vivienda

El caserío Elorraran se encuentra en el barrio de Elexalde en la falda del monte donde se encuentra el núcleo urbano de Amoroto.

Es un edificio de planta cuadrada, que consta de planta baja, primera y una planta bajo cubierta. La estructura portante primaria es de pórticos de pilares y vigas de madera en su interior y de muro de mampostería en su perímetro.

La actuación en el edificio ha sido diseñada bajo criterios de buena orientación, condiciones de buenas calidades y materiales adecuados al entorno además de cumplir con el marco legal.

Al ser un caserío viejo y al estar vacío por dentro ha sido necesario realizar una reforma previa a la instalación del sistema de ACS y calefacción. Los tajos se han ceñido exclusivamente al interior de la vivienda no actuando sobre sus exteriores, más que para realizar las conexiones con las acometidas y la ejecución de un pozo séptico para la evacuación de los residuos generados en la vivienda.

Su ocupación será para 3 personas que habitan en ella con asiduidad durante todo el año, pero los meses de verano, así como en periodos de vacaciones se multiplica su uso residencial. Por lo tanto, el diseño de la instalación solar térmica y la caldera de biomasa deben cubrir la demanda energética a lo largo de todo el año.

En cuanto al programa, la distribución ha seguido los ejes marcados por los pórticos de madera. La planta está dividida en tres vanos principales en las dos direcciones del cuadrado. Las estancias se reparten en el perímetro y vuelcan sobre el distribuidor central, que sirve de elemento comunicador mediante la escalera. Así las estancias del perímetro gozan de buena iluminación y ventilación. La escalera central permite articular y organizar los espacios. Esa es la base. El resto de las operaciones se limitan a acotar los espacios generados entre los muros y el entramado con el fin de servir al espacio central.

1.1.5.1 Distribución de la vivienda

La planta cuadrada de la construcción se divide en tres franjas con eje norte sur siguiendo la línea de pilares. La planta baja (Figura 7) se distribuye de la siguiente manera: en el lado este se encuentran las dependencias públicas de la casa, como la cocina y el comedor. En el oeste, se dispone de un dormitorio con baño, una lavandería, el cuarto de instalaciones y otro baño, quedando el vano central para escalera y comunicaciones de la planta.

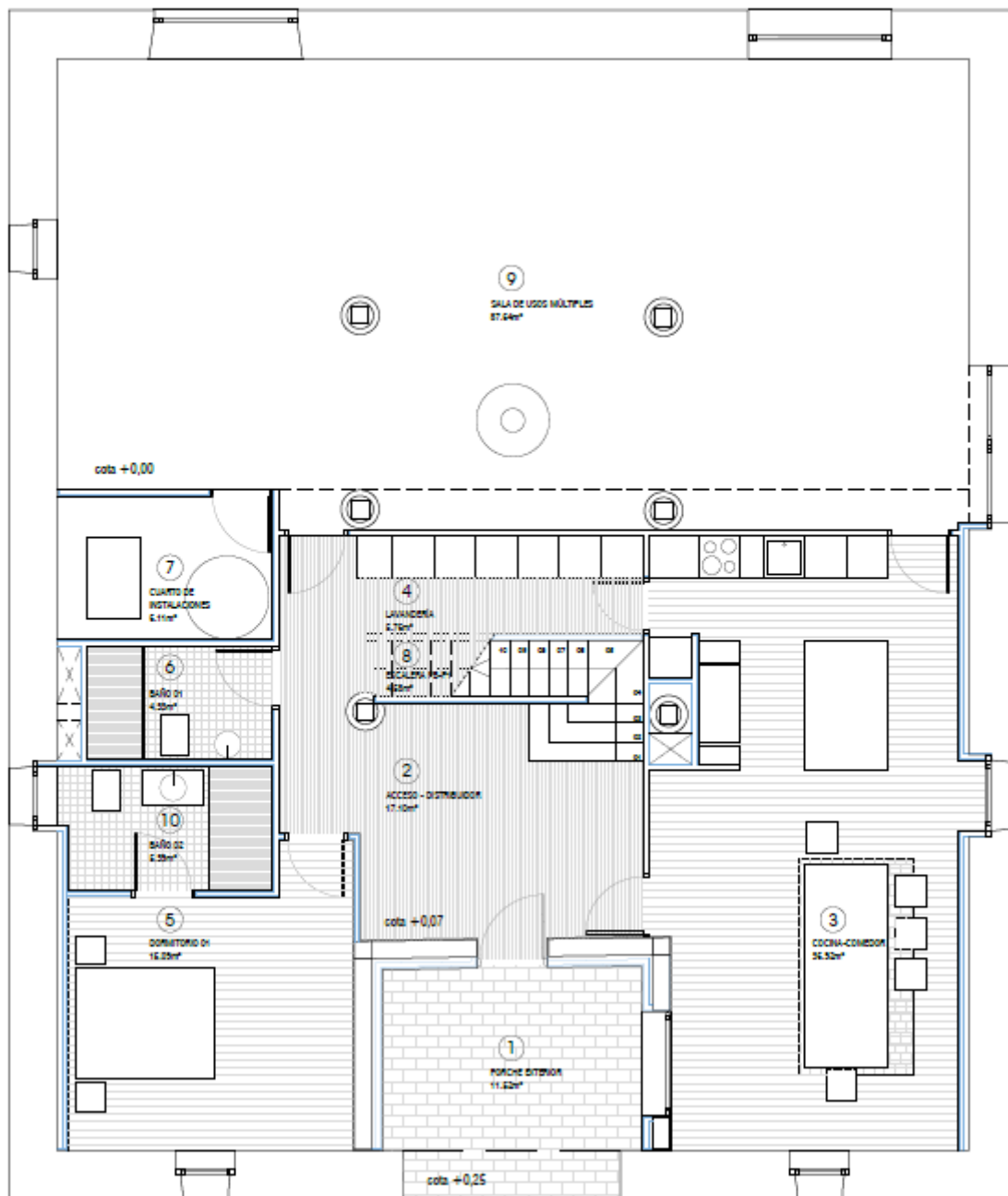


Figura 7. Distribución y superficie Planta Baja (Plano 04.1)

La planta primera (Figura 8) sigue un esquema similar. Todos los dormitorios están orientados a la zona de asoleo o expuestas al sol, dejando para la zona norte un salón secundario. Los dormitorios de la primera planta comparten baño, al cual se accede desde el pasillo.

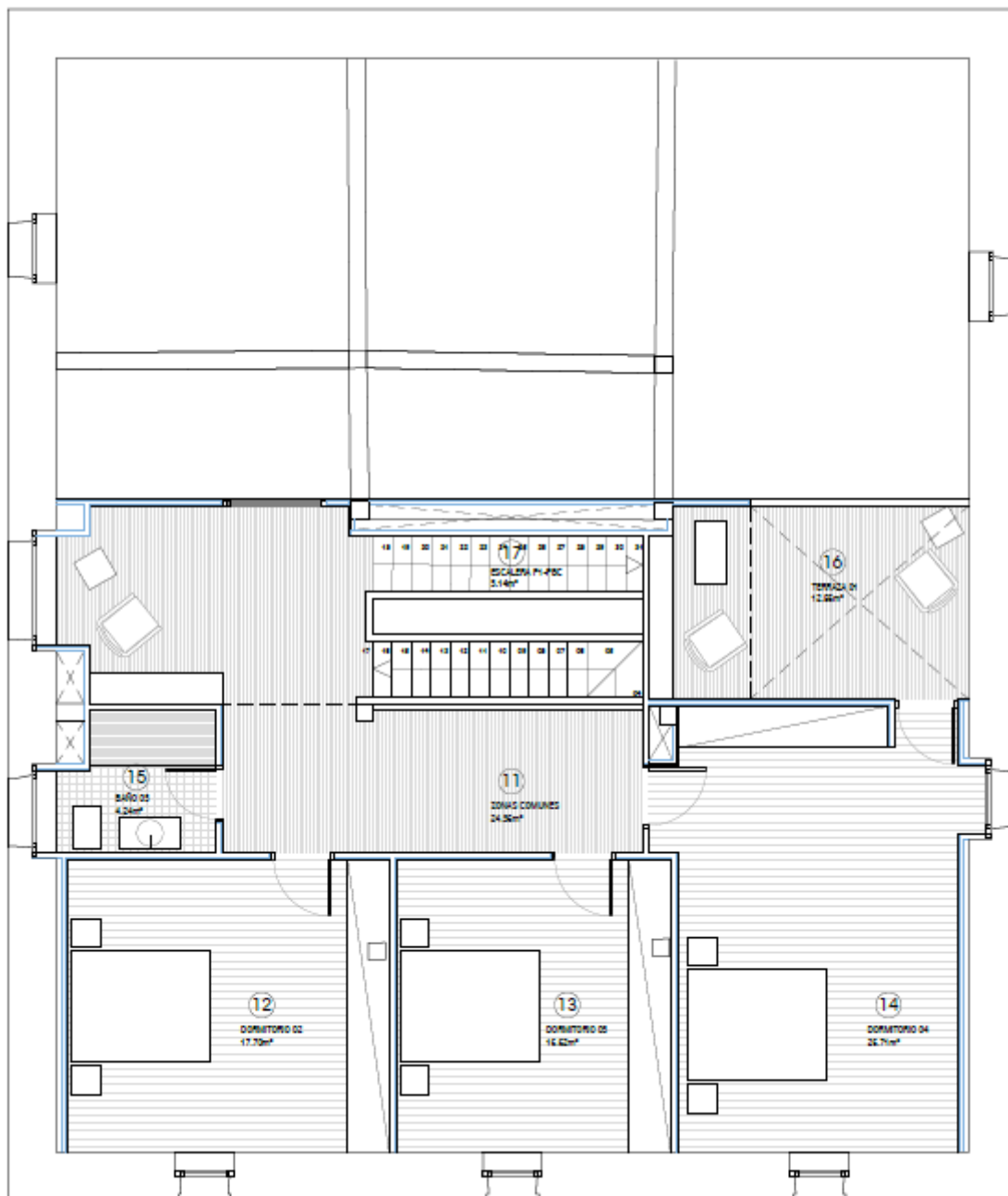


Figura 8. Distribución y superficie Planta Primera (Plano 04.2)

La segunda planta o planta bajo cubierta (Figura 9) se compone por un espacio diáfano destinado a gambara y que se utilizará como dormitorio durante los meses de verano ya que el número de personas que habita en la vivienda aumenta significativamente.

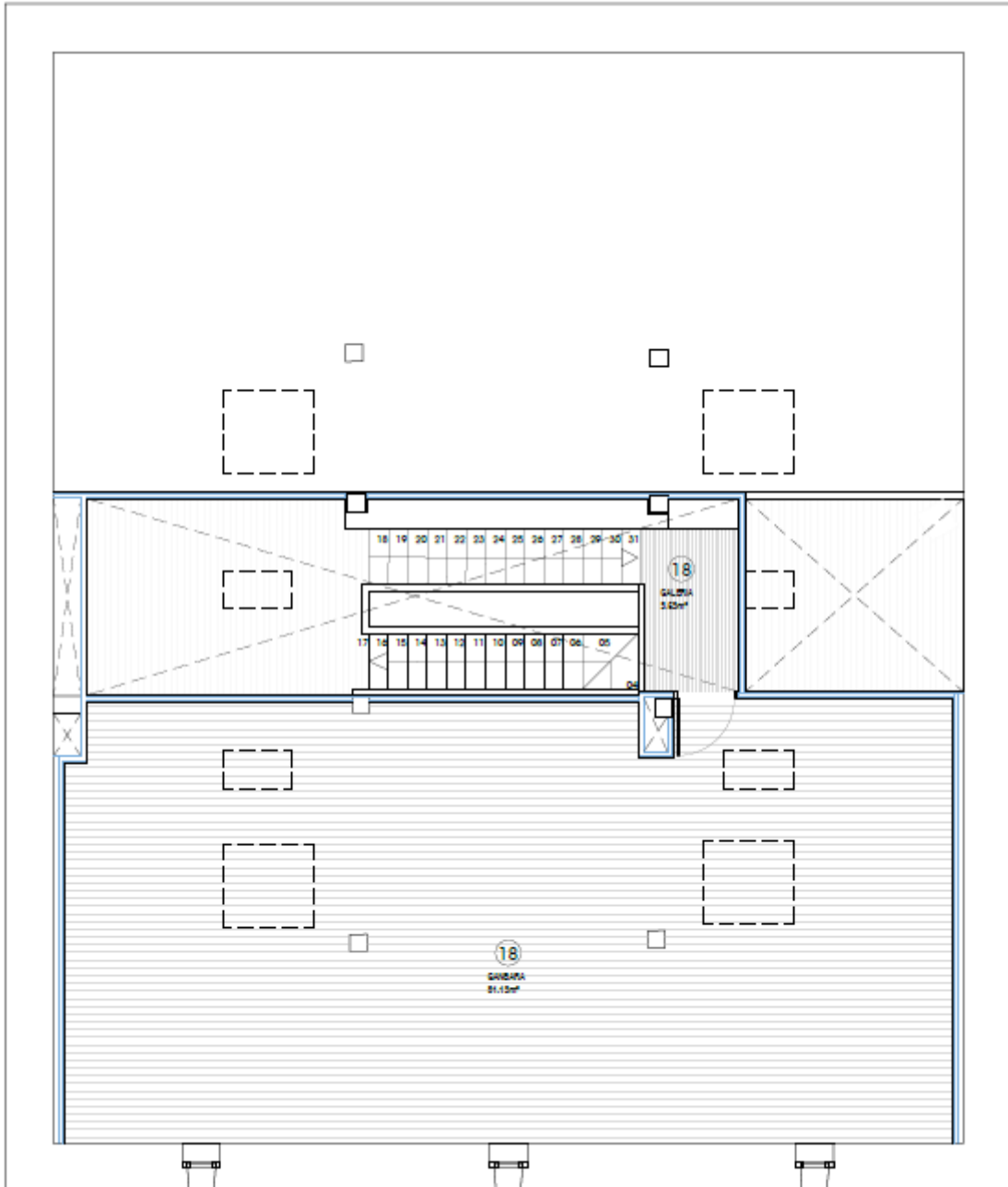


Figura 9. Distribución y superficie Planta Segunda (Plano 04.3)

En la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 se recoge el cuadro de superficies de cada planta de la vivienda, desde la planta baja hasta la planta bajo cubierta. Aparte, se hace un resumen de la superficie construida de cada planta y su volumen.

Tabla 1. Distribución y superficie Planta Baja (Plano 04.1)

PLANTA BAJA			
	SUPERFICIE UTIL (m ²)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)
PORCHE	11,52	2,9	33,408
ACCESO DISTRIBUIDOR	17,1	3,05	52,155
COCINA/COMEDOR	36,92	3,05	112,606
LAVANDERIA	5,76	3,05	17,568
DORMITORIO 01	15,09	3,05	46,0245
BAÑO 01	4,33	3,05	13,2065
CUARTO DE INSTALACIONES	6,11	3,05	18,635
ESCALERA PB-P1	4,58	-	-
BAÑO 02	5,39	3,05	16,4395
DORMITORIO 01	15,09	3,05	46,024

Tabla 2. Distribución y superficie Planta Primera (Plano 04.2)

PRIMERA PLANTA			
	SUPERFICIE UTIL (m ²)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)
ZONA DE USOS COMUNES	24,36	2,38	57,9768
DORMITORIO 02	17,7	2,38	42,126
DORMITORIO 03	16,62	2,38	39,5556
DORMITORIO 04	26,71	2,38	63,5698
BAÑO 03	4,24	2,38	10,0912
TERRAZA	12,56	2,38	29,8928
ESCALERA PB-PBC	3,15	-	-

Tabla 3. Distribución y superficie Planta Segunda (Plano 04.3)

SEGUNDA PLANTA			
	SUPERFICIE UTIL (m ²)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)
GALERÍA	3,63	-	10,30
GAMBARA	81,13	-	230,29

1.1.5.2 Instalaciones actuales de para ACS y calefacción

Actualmente la vivienda no posee ninguna instalación para ACS ni calefacción. Esta es una de las principales razones de la elaboración del proyecto objeto.

1.1.6 Estudio de alternativas

El objeto de este trabajo es el dimensionado completo de las instalaciones de climatización y producción de ACS de una vivienda unifamiliar situada en Amoroto. El paso previo para el comienzo de su desarrollo será identificar las necesidades reales del cliente que vendrán dadas por los siguientes factores:

- Perfil de uso de la vivienda
- Tipología de cliente (más o menos respetuoso con el medio ambiente)
- Nivel de Confort deseado
- Inversión disponible

El cliente del proyecto es una persona jubilada, con intención de irse a vivir a dicha localización. Es padre de dos hijos, que, aunque pasaran más tiempo en verano en dicha vivienda también tienen pensado frecuentarla en invierno. Por lo tanto, la vivienda no resulta ser estacional y el consumo energético se estima que se mantendrá constante durante todo el año. Además, se tendrán en cuenta las posibles visitas temporales de parientes, amigos, etc.

El cliente es además responsable con el medio ambiente y posee suficientes conocimientos tecnológicos como para controlar las instalaciones para una correcta climatización y producción de ACS, solicitando por lo tanto las mejores tecnologías para limitar al máximo el impacto energético del edificio.

En cuanto a la inversión inicial requerida por el proyecto objeto, el cliente está dispuesto a realizar un esfuerzo económico siempre y cuando se limiten los daños hacia el medioambiente.

Una vez identificadas las necesidades del cliente se va a estudiar la mejor forma de resolverlas. Se estudiarán varias de las distintas opciones existentes mediante el empleo de fuentes de Energía Renovables y no Renovables como son:

- Energía Solar Térmica y biomasa
- Energía Geotérmica
- Caldera de gas natural y expansión directa
- Caldera de gasoil y expansión directa

Antes de tomar cualquier decisión, los hechos, el conocimiento y la experiencia se deben reunir y evaluar en el contexto del problema. El proceso de toma de decisiones debe de ser definida por el cliente, pero siempre se apoya en la experiencia o en la semejanza a decisiones anteriormente tomadas por los ingenieros o directores de obra que llevaron a buenos resultados.

Los criterios a tener en cuenta para la toma de decisión escogidos conjuntamente por el cliente y los técnicos encargados de realizar la obra son los siguientes:

- C1: Emisión de CO2.
- C2: Beneficio social y económico
- C3: Potencial educativo
- C4: Disponibilidad de recurso
- C5: Viabilidad técnica
- C6: Viabilidad financiera

A continuación, se valorará cada posible opción según los diferentes criterios definidos previamente. Su valoración se realizará dando un valor a cada posibilidad de instalación respecto a cada criterio tenido en cuenta siguiendo los valores cualitativos detallados a continuación. La opción que mejor puntuación obtenga será la que se llevara a cabo en el presente proyecto.

Tabla 4. Criterio de valoración

VALORACIÓN CUALITATIVA	VALORACIÓN CUANTITATIVA
Muy débil	1
Débil	2
Moderada	3
Fuerte	4
Muy fuerte	5

Tabla 5. Valoración de las alternativas propuestas

		CRITERIOS A TENER EN CUENTA					TOTAL
		Emisión de CO2	Beneficio social y económico	Disponibilidad de recurso	Viabilidad técnica	Viabilidad financiera	
ALTERNATIVAS	Energía Solar Térmica y biomasa	4	5	4	4	3	20
	Energía Geotérmica	5	5	3	4	1	18
	Caldera de gas natural y expansión directa	3	2	4	4	3	16
	Caldera de gasoil y expansión directa	2	2	4	4	3	15

Por lo tanto, siguiendo los criterios definidos la alternativa que se llevara a cabo es la instalación solar térmica para ACS junto a una caldera de biomasa para la calefacción, que además ejercerá de sistema auxiliar para cubrir la demanda de ACS.

1.1.6.1 Instalación solar térmica para ACS

Debido a las ventajas previamente citadas, la producción de ACS mediante instalaciones de aprovechamiento solar térmico es una de las aplicaciones más extendidas.

Las instalaciones solares térmicas permiten la generación de agua caliente en los edificios, aprovechando la radiación solar que es captada por los paneles, y convertida en energía térmica, en forma de aporte de temperatura a un fluido.[10]

Así pues, el primer paso para el aprovechamiento de la energía solar es su captación. Se consigue por medio de un elemento de determinadas características, llamado "colector", un elemento que, expuesto a la radiación solar, absorbe su energía y la transmite a un fluido en forma de calor para su aprovechamiento.

Existen tres técnicas diferentes en función de la temperatura que puede alcanzar la superficie captadora:

- **Baja temperatura:** Captación directa, la temperatura del fluido está por debajo del punto de ebullición. Aproximadamente proporcionan calor útil hasta unos 65°C.
- **Media temperatura:** Captación de bajo índice de concentración, entregan calor útil a unas temperaturas comprendidas entre 100°C y 300°C.
- **Alta temperatura:** Captación de alto índice de concentración, trabajan a unas temperaturas entorno a los 500°C, incluso mayores. Principalmente se utilizan para generar energía eléctrica.

El presente proyecto se centrará en la captación directa, es decir, instalaciones de baja temperatura que no superan los 80 °C, ya que son las técnicas más aplicadas en usos domésticos y como se describe en el objeto del proyecto, la instalación de energía solar térmica se destina a la producción de ACS de la vivienda.

Una instalación solar térmica hace necesario el uso de sistemas de almacenamiento de la energía captada. Esto conlleva a un replanteo sobre el aprovechamiento de la energía, totalmente distinto al clásico, lo que requiere un gran esfuerzo de desarrollo.

Por último, cabe destacar que la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria queda regulada en el código técnico de la edificación (CTE), mediante la aplicación de la sección 4 del documento de ahorro de energía: DB HE-4. [10]

1.1.6.1.1 Funcionamiento de la instalación solar térmica

El funcionamiento de una instalación solar térmica consiste en concentrar la energía del sol y transformarla en calor por medio de unos dispositivos denominados colectores solares, que concentran e intensifican el efecto térmico, pudiendo aprovechar esta energía térmica para conseguir agua caliente, calefacción, etc.[11]

Los principios que rigen el funcionamiento de los paneles solares de agua caliente o placas solares térmicas son los siguientes [12]:

- Cualquier objeto caliente devuelve su calor al medio ambiente que le rodea. Por ello, la eficiencia de un panel solar térmico está directamente relacionada con la pérdida de calor, principalmente por convección y radiación. Por lo tanto, es muy importante proveer de un buen aislamiento térmico a las instalaciones de agua caliente solar.
- La pérdida de calor aumenta según mayor es la diferencia de temperaturas entre el objeto caliente y el ambiente, en este caso, la temperatura de la superficie del colector y del aire que lo rodea, o del fluido al cuál se transfiere el calor.

El panel solar capta los rayos del sol, absorbiendo de esta manera su energía en forma de calor, a través del panel solar hacemos pasar un fluido (normalmente agua, glicol o una mezcla de ambos) de manera que parte del calor absorbido por el panel es transferido a dicho fluido, el fluido eleva su temperatura y es almacenado o directamente llevado al punto de consumo. A continuación, se detallan uno a uno los pasos que sigue el proceso[13]:

1. **Los colectores solares planos** funcionan aprovechando el efecto invernadero. El vidrio actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar: deja pasar fundamentalmente la luz visible, y es menos transparente con las ondas infrarrojas de menor energía.

El sol incide sobre el vidrio del colector, que, siendo muy transparente a la longitud de onda de la radiación visible, deja pasar la mayor parte de la energía. Ésta calienta entonces la placa colectora que, a su vez, se convierte en emisora de radiación en onda larga o (infrarrojos), menos energética. Pero como el vidrio es muy opaco para esas longitudes de onda, a pesar de las pérdidas por transmisión, (el vidrio es un mal aislante térmico), el recinto de la caja se calienta por encima de la temperatura exterior.

El rendimiento de los colectores mejora cuanto menor sea la temperatura de trabajo, puesto que a mayor temperatura dentro de la caja (en relación con la exterior), mayores serán las pérdidas por transmisión en el vidrio. También, a mayor temperatura de la placa captadora, más energética será su radiación, y más transparencia tendrá el vidrio a ella, disminuyendo por tanto la eficiencia del colector.

2. Desde el panel, el líquido fluye a través de un **circuito hidráulico**, que se compone de tuberías, bombas, válvulas, etc. que se encargan de conducir el movimiento del fluido caliente desde el sistema de captación hasta el sistema de acumulación y desde éste a la red de consumo.
3. Un **sistema de acumulación** constituido por un depósito que almacena el agua caliente hasta que se precise su uso. Se denomina acumulador solar.
4. A partir de ahí, ingresa en un **intercambiador** de calor donde se calienta el agua que se empleará en la vivienda.
5. El agua sale de este intercambiador a una temperatura apta para su utilización (agua caliente). El líquido enfriado es llevado de nuevo hacia el colector solar para **repetir el ciclo**.

A continuación, en la Figura 10, se puede observar un sencillo esquema de un circuito solar térmico. [14]

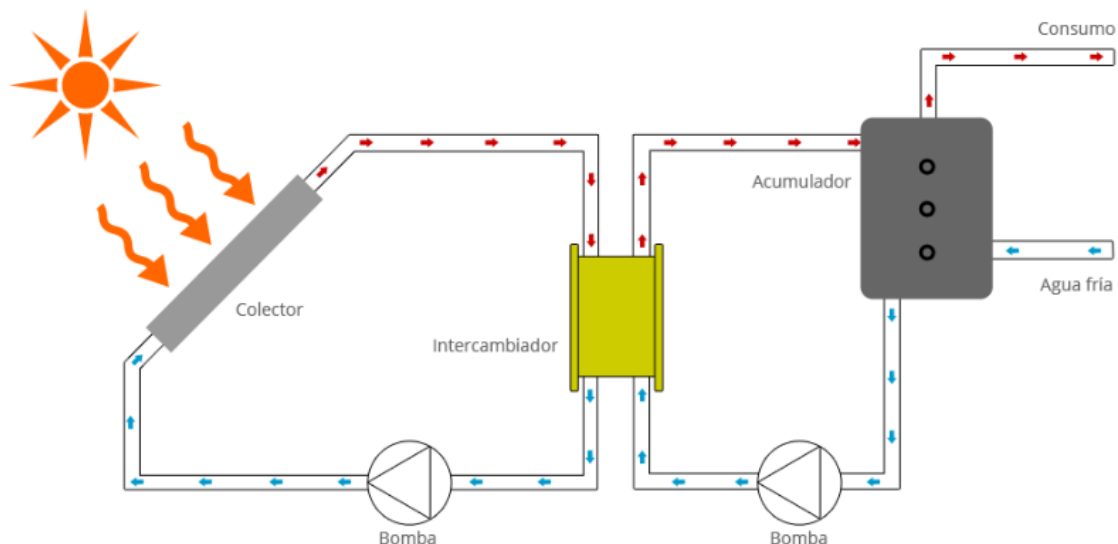


Figura 10. Esquema térmico.

1.1.6.1.2 Subsistemas de la instalación solar térmica

Dentro del conjunto de este tipo de instalaciones, es necesario distinguir varios sistemas para su correcto entendimiento. Cada uno está calculado y dimensionado en función de los requerimientos, y están perfectamente sincronizados para su uso correcto.

La instalación solar térmica se compone por los siguientes subsistemas:

- **Subsistema de captación:** formado por uno o varios colectores conectados entre sí. Su función es captar la energía contenida en la radiación solar para transformarla en energía térmica, es decir, elevar la temperatura del fluido que circula por el circuito primario. [1]

- **Subsistema de acumulación:** su función es transferir la energía térmica del fluido calor-transportador del circuito primario al circuito secundario donde se almacena y que solo contiene el agua que se va a consumir (ACS). A su vez hace posible la separación de ambos circuitos como determina el CTE. En resumen, su función es acumular la energía cuando se encuentre disponible con el fin de suministrarla en el momento en que se necesite. Lo habitual es realizar la acumulación en acumuladores de agua. Este acumulador debe estar aislado para minimizar pérdidas.[1]
- **Subsistema de distribución:** en este subsistema se engloban todos los elementos destinados a la distribución y acondicionamiento a consumo. Tuberías, bombas, elementos de seguridad, etc. que trasladan el agua caliente producida hacia los puntos de consumo. [16]
- **Subsistema auxiliar:** una caldera o calentador convencional que entra en funcionamiento para apoyar a los colectores solares cuando la temperatura del agua de salida del acumulador es inferior o insuficiente a la requerida por su demanda. Este sistema se diseña como si la contribución solar aportada fuera nula, ya que esta sería la situación más desfavorable, aunque sólo entra en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario.
- **Sistema de control y regulación:** se encarga de que todo cobre sentido y de conseguir el objetivo: lograr ACS a la temperatura que se exige en cada momento. Controla el funcionamiento de la instalación en función de la temperatura en el colector y en el acumulador. Este sistema contiene las sondas de temperatura, termostatos y la centralita de control, que son los principales elementos de este sistema.

1.1.6.1.3 Tipos de instalaciones solar térmicas

Entre el subsistema de captación y el subsistema de almacenamiento puede existir o no un intercambiador de calor dependiendo de si se trata de una instalación de circuito abierto o de circuito cerrado.

Según la forma en la que se realice el intercambio de calor la instalación se puede clasificar del siguiente modo:

- **Instalaciones de transferencia directa o de circuito abierto (Figura 11),** donde el agua de consumo pasa directamente por los colectores solares, así se reducen los costes y es más eficiente. No obstante, el hecho de que no exista intercambiador puede influir en la calidad del agua u ocasionar problemas debido a las heladas.

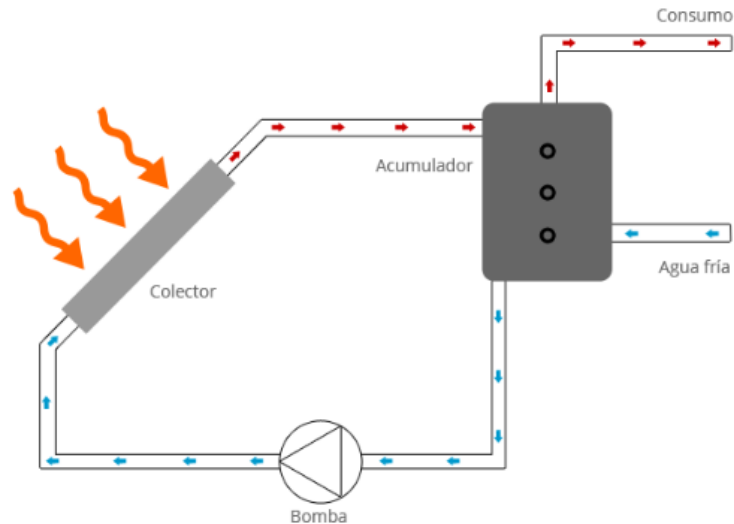


Figura 11. Instalaciones de transferencia directa o circuito abierto

- **Instalaciones de transferencia indirecta o de circuito cerrado (Figura 12)**, donde el agua de consumo no pasa directamente por los colectores solares. Éste es el sistema más utilizado. Se utiliza un líquido anticongelante que atraviesa los tubos de los colectores y se calienta mediante la radiación solar. Este líquido recorre un circuito hidráulico hasta llegar a un acumulador; allí ese líquido calienta el agua que vamos a consumir. En caso de no alcanzar la temperatura deseada, dicho acumulador consta de una resistencia o sistema auxiliar que se encarga de generar calor complementario.[17]

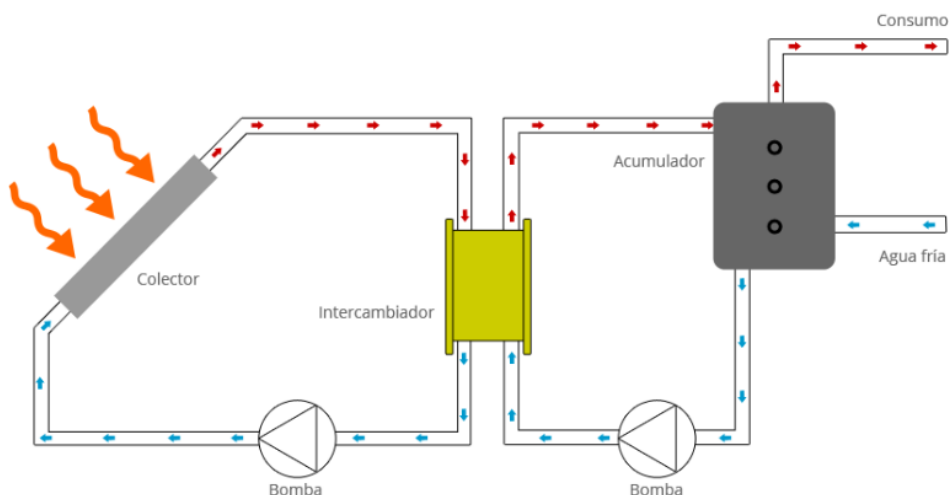


Figura 12. Instalación de transferencia indirecta o de circuito cerrado

En ambos casos se ha de asegurar la circulación del fluido a través del circuito, la cual se puede realizar de dos maneras [18][19]:

- **Instalaciones con circulación natural o con termosifón (Figura 13)**: dónde el depósito debe colocarse en un nivel superior a los colectores para permitir la convección por diferencia de temperatura.

Para facilitar el movimiento del agua tiene que haber una diferencia suficiente de temperatura entre el colector y el acumulador y una altura entre el acumulador y los colectores mayor de 30 centímetros. Este tipo de sistema se utiliza en áreas geográficas con climas cálidos y en instalaciones solares pequeñas.

- **Instalaciones con circulación forzada (Figura 13):** necesitan una bomba de impulsión para transportar el fluido de los colectores al depósito de acumulación. Este tipo de instalación se aplica en climas fríos, dónde cualquier pérdida de calorías puede restar eficacia a la instalación.

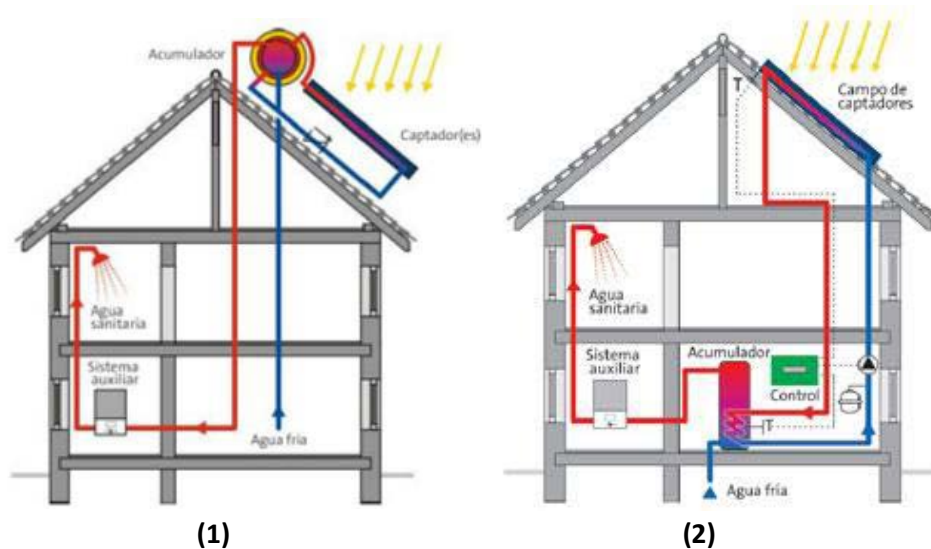


Figura 13. Instalaciones con circulación natural o con termosifón (1) o Instalación con circulación forzada (2).[18]

1.1.6.1.4 Circuitos de una instalación solar térmica

Las instalaciones solares térmicas generalmente están compuestas por dos circuitos:

- **El circuito primario:** está formado por los sistemas y componentes hidráulicos (tuberías, bombas...) y por el fluido calor-transportador, el cual en ningún momento tiene contacto directo con el fluido del circuito secundario. Su función es transportar el calor captado en los colectores hasta el intercambiador. Una vez que este líquido se enfría, retorna al colector para volverse a calentar, y así sucesivamente.
- **El circuito secundario o de consumo:** está formado por los sistemas y componentes hidráulicos y por agua. Se considera el agua que se calienta en el intercambiador y que va hasta el acumulador. Es un circuito abierto con una toma para la entrada de agua fría de suministro y por el otro extremo una salida para el agua calentada se consume (ducha, lavabo, ...). El agua fría ha pasado por el acumulador, primeramente, donde se ha calentado hasta llegar a una cierta temperatura. Las tuberías de agua caliente del exterior, deben estar cubiertas por aislantes.

1.1.6.1.5 Elementos de la instalación solar térmica

Dentro de los elementos que componen la instalación solar se encuentran los siguientes:

- Colector Solar
- Sistema hidráulico: Red de tuberías de distribución
- Aislamiento
- Bombas de circulación
- Sistema de acumulación
- Intercambiador de calor
- Fluido caloportador
- Componentes de seguridad
- Sistemas de control y regulación
- Sistema de apoyo auxiliar

1.1.6.1.5.1 Colector solar

El captador representa la fuerza motriz del circuito, ya que es el componente de una instalación solar térmica, encargado de capturar la energía del sol y transforma en calor.

El principio de un panel solar es utilizar la energía solar al permitir el paso de los rayos del sol a través de esta tapa hasta la placa absorbadora, donde los rayos de luz (de onda corta) son transformados en calor.

El agua mezclada con líquido anticongelante especial circula dentro de la placa absorbadora y, como se ha dicho anteriormente, se convierte en el medio de transporte del calor desde la placa hasta el depósito.

Los captadores solares, como núcleo de las instalaciones solares térmicas, deben cumplir unos requisitos mínimos de calidad. Estas prestaciones son certificadas por algún laboratorio acreditado y deben seguir un protocolo de ensayo definido.

En las aplicaciones solares a baja temperatura, es decir, a temperaturas inferiores a 80°C, como por ejemplo la producción de agua caliente sanitaria o, incluso, para suministrar calefacción, se utilizan mayoritariamente captadores de placa plana, con o sin cubierta vidriada, en función de la aplicación.

1.1.6.1.5.1.1 Componentes de un colector solar

A continuación, se detallan los principales elementos de un colector solar (Figura 14):[8]

- **La cubierta:** Tiene la función minimizar las pérdidas por convección y radiación aislando el captador de las condiciones ambientales exteriores, aunque deja pasar la radiación solar, que provocan el efecto invernadero. Es transparente, puede estar presente o no. Generalmente es de vidrio, aunque también se utilizan de plástico, ya que es más barato y manejable, pero debe ser un plástico especial. Debe tener una transmitancia solar lo más alta posible.

- **La placa absorbedora:** es el elemento que intercepta la radiación solar en el interior del captador y es el encargado de transformar la energía solar en energía térmica.

El absorbedor está formado, habitualmente, por una lámina metálica, normalmente de cobre (buen conductor térmico) que se oscurece básicamente con:

1. Una fina película de pintura negra calórica, que resiste temperaturas de trabajo superiores a los 100°C.
 2. Un tratamiento selectivo, basado en deposiciones electroquímicas o pinturas con óxidos metálicos que tienen una alta absorción de la radiación solar (onda corta) y una baja emisividad del calor (onda larga).
- **Tubos o conductos:** los tubos están en contacto con la placa absorbente (a veces soldados a ella), para que el intercambio de energía sea lo más grande posible. Por los tubos circula el líquido que se calentará e irá hacia el tanque de acumulación.
 - **Aislamiento:** La finalidad de la capa aislante es recubrir el sistema para evitar o al menos minimizar pérdidas. Para que el aislamiento sea lo más eficaz posible deberá tener una baja conductividad térmica. Normalmente está formado por planchas de espumas sintéticas (poliuretano, cianurados, fibra de vidrio, etc.) ubicadas a los lados y en la parte posterior del captador.
 - **Carcasa:** protege y soporta los elementos de colector, permitiendo además anclar y sujetar el colector al edificio. Debe resistir los cambios de temperatura sin perder la estanqueidad. Este cierre normalmente está formado por un perfilado de aluminio anodizado que garantizará una resistencia del conjunto, incluso, en las condiciones extremas de trabajo.

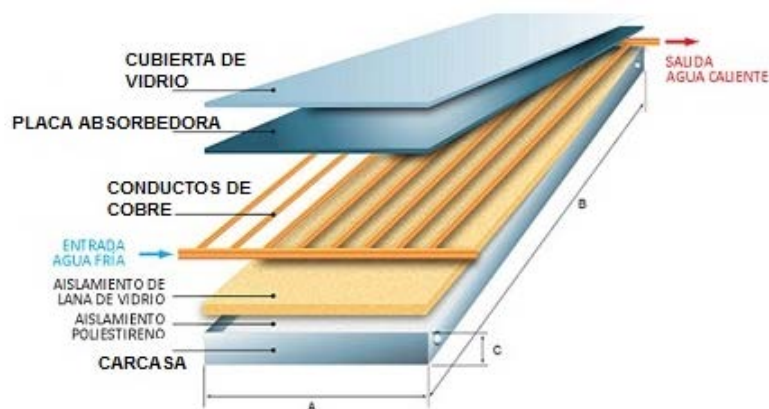


Figura 14. Colector solar[20].

1.1.6.1.5.1.2 Tipos de colectores solares

El tipo de utilización condicionará el captador empleado. A continuación, se mencionan los tipos de captadores solares más empleados en el mercado:

- **Colector termosifónico:** su funcionamiento es por convección natural, es decir, no requiere bomba circuladora ni sistema de circulación.
- **Colector de placa plana:** los colectores de placa plana son en la actualidad los más extendidos comercialmente. Su uso se centra en la disponibilidad de agua caliente sanitaria y en la calefacción solar, aunque incluso se emplea para la climatización de piscinas.
- **Colector de vacío:** es el que posee un mejor rendimiento y proporciona mayores temperaturas que los colectores de placa plana, pudiendo llegar a temperaturas cercanas a los 100°C.
- **Colector de polipropileno:** se utiliza para calentar el agua de las piscinas permitiendo prolongar el uso de las mismas a lo largo del año.
- **Colector cilindro parabólico:** consiguen altas temperaturas del fluido de trabajo por lo que tiene un uso industrial, que se extiende a las centrales térmicas, que lo utilizan para hacer girar las turbinas y producir electricidad.

1.1.6.1.5.1.3 Orientación e inclinación

Es evidente que la radiación solar no llega a la tierra con el mismo ángulo en invierno que en verano. A la hora de construir una instalación solar térmica este dato es imprescindible ya que las placas solares se instalarán de forma fija, es decir, no se podrán adaptar a las diferentes estaciones del año. El objetivo es calcular la posición óptima en la que se deben de encontrar instaladas las placas solares para poder generar la mayor energía posible.

También es necesario conocer en que época del año va a haber más consumo eléctrico. En nuestro caso, la energía obtenida será destinada a calentar el agua, por lo tanto, la demanda será constante durante todo el año.

Para conseguir la mejor captación de luz y sacar el máximo rendimiento de los paneles solares es importante que se encuentren bien orientados y con el grado de inclinación más adecuado a la temporada de uso de la instalación solar térmica. Además, deben cumplir los requisitos de pérdidas límites establecidos por el CTE. [21]

- **Ángulo de inclinación (β) (Figura 15):** ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal. Su valor es 0° si el módulo se coloca horizontal y 90° si se coloca vertical.

En la Tabla 6 viene recogida la inclinación óptima de los colectores solares establecida en el CTE según el período de utilización:

Tabla 6. Inclinación óptima de los colectores según el CTE.

PERIODO DE UTILIZACIÓN	ÁNGULO DE INCLINACIÓN
Todo el año	Latitud del lugar
Preferentemente el invierno	Latitud del lugar+10º
Preferentemente el verano	Latitud del lugar-10º

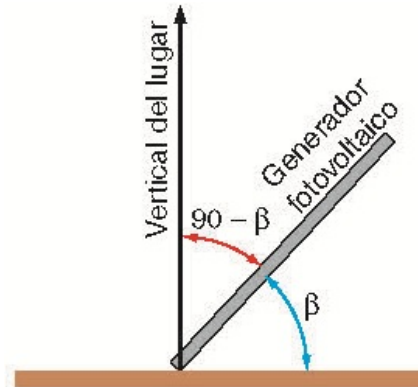


Figura 15. Ángulo de inclinación (β)

Este proyecto tiene como objeto que la instalación se use todo el año con un rendimiento aceptable, por lo tanto, la inclinación del colector solar debería coincidir con la latitud geográfica del lugar donde se instale. Aun así, se ha decidido instalar los colectores con la misma inclinación que posee el tejado, es decir, una inclinación del 25%. De este modo, se consigue tanto simplificar el proyecto como reducir los costes. Además, las pérdidas por inclinación que produce son mínimas tal y como se demostrara a lo largo del proyecto.

- **Ángulo de orientación o ángulo acimutal (α)** (Figura 16): ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del generador y la dirección Sur (figura 16). Vale 0º si coincide con la orientación Sur, es positivo hacia el Oeste y negativo hacia el Este. Si coincide con el Este su valor es -90º y si coincide con el Oeste su valor es +90º.

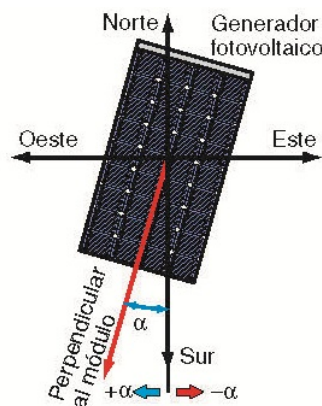


Figura 16. Ángulo de orientación o ángulo acimutal (α)

Como la irradiación procedente del sol es muy intensa durante el mediodía, el colector solar debe estar orientado lo más posible al Sur, para aprovechar mejor la alta radiación solar disponible en ese momento del día. [22]

1.1.6.1.5.1.4 Soporte del colector solar

Una vez establecidos los ángulos de inclinación y orientación de los colectores solares de la instalación, calculada la distancia mínima entre los colectores (en caso de conectar más de uno) e identificadas las posibles pérdidas por sombras, se procede a diseñar el anclaje y soporte de los colectores.

Las estructuras de soporte son necesarias siempre que se coloquen los colectores en terrazas planas o superficies irregulares. En el proyecto objeto, al ir situados en el tejado, dicho soporte será indispensable.

Todos los elementos del subconjunto captador deben ir convenientemente anclados para evitar que el viento los levante, especialmente los colectores planos, ya que su forma provoca el efecto vela que multiplica la acción del viento. En el proyecto objeto, al instalar los colectores con la misma inclinación del tejado, es mucho menos probable que el viento ocasione grandes daños.[23]

Por último, tanto la estructura de soporte como todos los tornillos utilizados estarán protegidos contra la corrosión, empleando para ello acero inoxidable o acero galvanizado.

1.1.6.1.5.1.5 Conexión entre captadores solares

A la hora de definir y montar el campo solar, hay que tener en cuenta que se debe hacer una distribución de los captadores en grupos. Estas agrupaciones de captadores deberían estar siempre formadas por unidades del mismo modelo y con una distribución lo más uniforme posible.

Hay dos principales opciones o tipologías básicas para agrupar dos o más captadores; de tipo serie o paralelo. Además, se puede configurar un campo de captación combinando las dos agrupaciones, que es lo que llamamos agrupaciones o circuitos mixtos.

El CTE indica también que la conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente, y tenga una pérdida de carga adecuada. [11]

En el proyecto objeto, tal y como se podrá observar a lo largo del documento, únicamente se instalará un panel solar, por lo que no habrá que prestar ninguna atención a la conexión entre captadores solares.

1.1.6.1.5.2 Sistema hidráulico. Red de tuberías de distribución

Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos configurando el circuito hidráulico. El trazado del circuito se realizará de modo que la tubería general de retorno por la que circula el fluido calentado por los colectores tenga el recorrido más corto.

Debido a que el agua caliente sanitaria está en contacto con las personas y, debe considerarse agua de consumo humano. Por eso, los componentes de las tuberías para A.C.S. no deben alterar las características de potabilidad del agua. Es decir, los tubos de aluminio y aquellos que incluyan plomo en su composición, están prohibidos para su uso en agua caliente sanitaria.

Para garantizarlo, las tuberías deben contar con el marcado y certificado adecuado según las normas UNE-ISO correspondientes en cada caso.

Las tuberías se suelen elaborar con materiales muy diversos debido a la variedad de requerimientos y de las temperaturas de trabajo que deberán soportar las tuberías en cada instalación concreta. Los materiales más empleados para los sistemas de tuberías de A.C.S son los siguientes[24]:

- **Metálicos:** como acero galvanizado, acero inoxidable y cobre.
- **Termoplásticos:** policloruro de vinilo no plastificado (PVC), polietileno, polietileno reticulado (PE-X), polibutileno (PB), polipropileno (Ppr), multicapa polímero/aluminio/polietileno (PE-X) o polímero/aluminio/polietileno (PE-RT), y policloruro de vinilo clorado (PVC-C).

En el proyecto objeto, la instalación interior del edificio se realizará con tuberías y accesorios de polipropileno. Sus propiedades, como la resistencia al impacto y a la presión interna, así como su elasticidad, y por su puesto su precio, le han convertido en el material de fontanería preferido por muchos fontaneros para la realización de instalaciones de suministro de agua sanitaria.

A continuación, se citan algunas de las principales ventajas de las tuberías de polipropileno:[25]

- Horizonte de vida útil (al menos 50 años) en conformidad con la norma ISO 15874.
- No se corroe.
- Olor y sabor neutral.
- Bacteriológicamente neutral.
- Fácil y rápida instalación.
- Disponibilidad del sistema completo en polipropileno.
- Alto grado de resistencia química.
- Superficie interna lisa que dificulta la formación de incrustaciones.

Además, en el proyecto objeto se dispondrá de llaves de corte a la entrada de cada cuarto húmedo y a cada aparato instalado se le dotará de llave de corte de escuadra, excepto a las duchas.

1.1.6.1.5.2.1 Conexión de tuberías

La principal característica de las tuberías de polipropileno (Ppr) en instalaciones de fontanería sanitaria, es la soldadura por termofusión de todas sus piezas y accesorios.

A diferencia de sus mayores competidores en el mercado, cuyas uniones son mecánicas, los tubos polipropileno se funden con la pieza (codo, te, manguito etc.) haciéndose uno, tubo y accesorio. Esto se logra aplicando calor a la pieza y al tubo, por medio del equipo de soldadura por termofusión y, cuando han alcanzado la temperatura adecuada, se unen ambas partes quedando pieza y tubo fusionados.[25]

1.1.6.1.5.3 Aislamiento

El aislamiento es fundamental en una instalación de energía solar térmica para evitar pérdidas caloríficas hacia el exterior. Se emplea aislamiento en el captador, acumulador, tuberías y en el intercambiador.

Por otro lado, las conducciones del circuito primario que conducen el fluido caloportador suelen alcanzar temperaturas elevadas, por lo que el material que se emplee como aislante de dichas tuberías deberá ser tal que no se degrade con el tiempo y pueda soportar sin problemas temperaturas de hasta 150º C.

El aislamiento térmico en las instalaciones de calefacción y fontanería (agua para consumo humano y agua caliente sanitaria, A.C.S.) tiene los siguientes objetivos fundamentales:

- Reducir las pérdidas de energía.
- Evitar las condensaciones superficiales.
- Reducir los riesgos, evitando el contacto accidental con superficies calientes.
- Reducir el riesgo de congelación de las tuberías que discurren por el exterior de los edificios.
- Minimizar el posible incremento de temperatura del agua de consumo humano.
- Proteger las tuberías de la agresión de los materiales de la construcción y permitir la dilatación de las mismas.

El objeto fundamental del aislamiento térmico es la reducción de las pérdidas de calor, en cuanto a las tuberías, el espesor mínimo se define en la IT 1.2.4.2.1. del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). El espesor necesario dependerá del objetivo concreto y al igual que el espesor mínimo de aislamiento se determina con los siguientes parámetros:

- **Diámetro exterior de las tuberías:** fijadas las condiciones interiores del agua y exteriores del aire, cuanto mayor sea el diámetro exterior de las tuberías, mayores serán las pérdidas de calor; por ello se requiere mayor espesor de aislamiento térmico.
- **Temperatura del agua:** Para una tubería dada, cuanto más alta sea la temperatura del fluido que se transporta mayores serán las pérdidas de calor y por lo tanto se requerirá mayor espesor de aislamiento.

- **Ubicación de las tuberías:** Las que se encuentran en el exterior de los edificios presentan mayores pérdidas de calor por dos motivos: porque las temperaturas exteriores son inferiores a las que se dan en el interior de los edificios y porque debido a la velocidad del viento se tiene un mayor coeficiente de convección exterior; por ello el reglamento impone un incremento en el aislamiento térmico de las tuberías situadas en el exterior de los edificios.
- **Horas de funcionamiento de la instalación:** Evidentemente las pérdidas de energía dependen directamente del número de horas de funcionamiento de las instalaciones, por ello el RITE establece un espesor superior de aislamiento térmico para las instalaciones que funcionan todo el año, como son las de ACS.[26]

Teniendo en cuenta las consideraciones indicadas, el RITE establece los siguientes espesores mínimos en la Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7. Espesores mínimos de aislamiento para fluidos calientes. (Tablas 1.2.4.2.1 y Tabla 1.2.4.2.2) (Fuente RITE)

Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 8. Espesores mínimos de aislamiento para fluidos fríos. (Tabla 1.2.4.2.3 y Tabla 1.2.4.2.4) (Fuente: RITE)

Tabla 1.2.4.2.3 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios.			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (°C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	30	25	20
$35 < D \leq 60$	40	30	20
$60 < D \leq 90$	40	30	30
$90 < D \leq 140$	50	40	30
$140 < D$	50	40	30

Tabla 1.2.4.2.4 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios.			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	50	45	40
$35 < D \leq 60$	60	50	40
$60 < D \leq 90$	60	50	50
$90 < D \leq 140$	70	60	50
$140 < D$	70	60	50

1.1.6.1.5.4 Bombas de circulación

Una bomba de circulación (Figura 17) es la parte integral de un sistema de circulación de agua caliente. Es decir, es el elemento de la instalación solar térmica encargado de hacer circular el fluido a través del circuito hidráulico de una instalación de circulación forzada.

En las instalaciones de A.C.S. generalmente se emplean bombas en el circuito primario para transferir el calor desde el circuito de calderas hasta el de agua de consumo; bombas de secundario cuando la producción se realiza por acumulación con intercambiadores externos, y bombas de recirculación para la circulación del agua por todo el edificio.

El dimensionado de las tuberías del circuito hidráulico primario se realiza según las leyes de la dinámica de fluidos en los tubos de sección constante. Suelen tener varias velocidades y el fabricante lo indicará en sus gráficas de funcionamiento. Lo aconsejable es que se trabaje en una velocidad intermedia, con objeto de tener margen de actuación en el caso de ser necesaria variar la presión de suministro de la bomba ante cambios en las condiciones de la instalación.

Es importante que el circuito hidráulico este equilibrado, es decir, que sus distintos ramales tengan la misma pérdida de carga, evitando así recorridos preferentes que originen caudales distintos a los previstos, y si no el flujo deberá ser controlado por válvulas de equilibrado.

Por último, las condiciones del flujo a la entrada de las bombas deben cumplir ciertas condiciones para evitar la existencia de cavitación. Picado de los álabes del rotor que puede llegar a producir su rotura. En la fase de diseño deberemos asegurar que la bomba no cavite. En la fase de puesta en marcha y mantenimiento se deberá asegurar que en ningún caso se produzca cavitación prolongada.

Las siguientes figuras muestran, por un lado, un ejemplo de una bomba de circulación, y por otro lado sus elementos principales:



Figura 17. Ejemplo de una bomba de circulación.

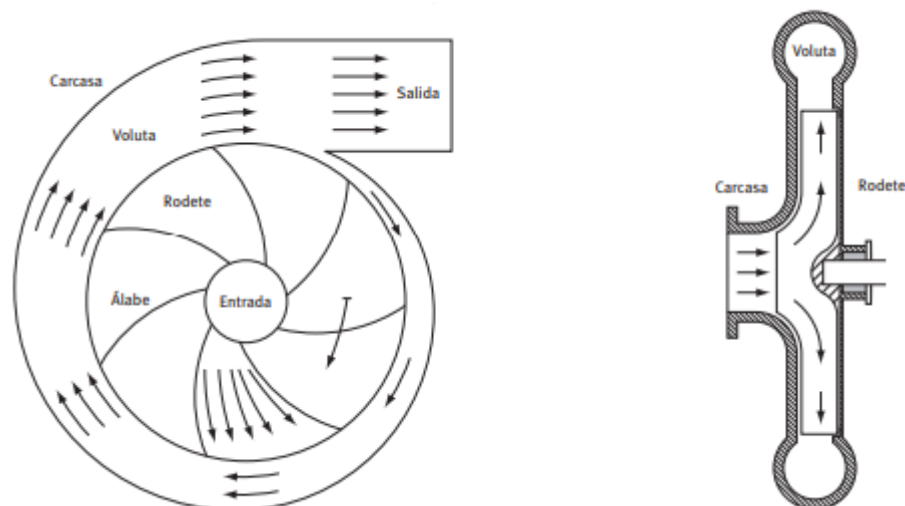


Figura 18. Elementos principales de una bomba de circulación. [28] (Fuente: Guía técnica de equipos de transporte de fluidos y bombas)

1.1.6.1.5.5 Sistema de acumulación

Los depósitos acumuladores, siempre partiendo de la premisa que han de ser suficientes para asegurar el consumo de agua caliente en los períodos puntas junto con las calderas seleccionadas, se debería intentar reducir al máximo su volumen, así como trabajar con acumuladores correctamente aislados, con el fin de reducir el consumo energético de este elemento.

El sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto, se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación.

Preferentemente, el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito, será de configuración vertical y estará ubicado en zonas interiores. Además, como criterio general, los depósitos de acumulación se deberán ubicar siempre que sea posible lo más cerca posible del campo de colectores y de los puntos de consumo, así como dentro de un local interior aislado, para evitar pérdidas de calor y minimizar el coste del aislamiento del equipo.

Para provocar un mejor funcionamiento de la instalación, los depósitos suelen ser de forma cilíndrica para estratificar el agua en su interior, es decir, han de formarse capas de agua de manera que el agua más fría esté en la parte baja del depósito y la más caliente en la parte alta.

El depósito acumulador almacenara y conservara caliente el agua para consumo el máximo tiempo posible, normalmente entre 1 y 4 días para sistemas pequeños de viviendas unifamiliares.

Según establece el DB HE4 del CTE, se podrán utilizar acumuladores específicos de las siguientes características:

- a) Acumuladores de acero vitrificado con protección catódica.
- b) Acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con un sistema de protección catódica.
- c) Acumuladores de acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- d) Acumuladores de cobre.
- e) Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.
- f) Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, cuando el agua de consumo pertenezca a un circuito terciario).

Por último, se distinguen dos tipos de acumuladores o depósitos en función de si poseen incorporado un intercambiador de calor o no:

1. Depósito sin intercambiador incorporado.

En este caso el calentamiento del agua acumulada se produce en el exterior del depósito, mediante su recirculación a través de un intercambiador externo.

2. Depósito con intercambiador incorporado o acumulador.

El calentamiento y la acumulación del agua se producen en el mismo depósito, que incorpora su propio intercambiador, que generalmente es un serpentín.

1.1.6.1.5.6 Intercambiador de calor

El intercambiador de calor en una instalación solar se coloca cuando se quiere transferir el calor de un fluido a otro, sin que estos se mezclen, independizando de esta manera los dos circuitos. Cuando este existe, se encarga de transferir la energía captada en los captadores, que contienen agua con anticongelante pues se instalan en la intemperie, al agua sanitaria del acumulador.

Los intercambiadores utilizados en una instalación solar son intercambiadores, liquido-liquido, y se pueden clasificar de la siguiente manera:

Según su posición en la instalación:

- Interiores.
- Exteriores.

Según su construcción:

- De serpentín helicoidal.
- De haz tubular.
- De doble envolvente.
- De placa.

1.1.6.1.5.7 Fluido caloportador

El fluido caloportador es el encargado de pasar a través de los colectores del circuito primario, y absorber su energía térmica para luego transferirla en el intercambiador-acumulador al circuito secundario. Se pueden utilizar diversos fluidos como son el agua, el agua con aditivos, aceites, etc.

El fluido de trabajo a emplear en el circuito primario debe poseer propiedades anticongelantes con el objetivo de mantenerse líquido en los periodos de bajas temperaturas. Sin embargo, también debe ofrecer tanto una alta capacidad calorífica como una buena conductividad térmica que permita absorber y transportar gran cantidad de calor y poseer gran coeficiente de transmisión de calor que proporcione un gran rendimiento en el intercambiador.

[29]

También es muy importante que el fluido posea una baja viscosidad para evitar pérdidas de carga excesivas, asimismo, hay que tener muy en cuenta que debido a la toxicidad del anticongelante es preciso asegurar la imposibilidad de mezcla entre el fluido caloportador y el agua de consumo. La forma más usual de conseguir este propósito es haciendo que la presión del circuito primario sea inferior a la del secundario, de modo que un contacto entre ambos fluidos por rotura en el punto de intercambio provoque el paso del agua hacia el circuito primario, pero no al revés.

El anticongelante más utilizado actualmente es el glicol, o sus derivados etilenglicol y propilenglicol. La desventaja de estos anticongelantes es que aumentan la viscosidad del fluido, provocan un menor calor específico de la mezcla respecto al agua y puede contaminar el agua en caso de ser vertido a la red.

El más aconsejable y por lo tanto el que se utilizara en la instalación estudiada es una mezcla de agua y glicol, en un porcentaje del 60% agua y un 40% glicol tal que permita eliminar el riesgo de congelación en el interior de las tuberías.

1.1.6.1.5.8 Componentes de seguridad

1.1.6.1.5.8.1 Válvulas

Las válvulas (Figura 19) son mecanismos que se utilizan para regular, impedir o controlar el paso del fluido por una tubería. Las válvulas destinadas a cerrar o abrir el paso se llaman también llaves y las que están colocadas en los puntos de consumo se llaman grifos.



Figura 19. Ejemplo de una válvula de corte.

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento, presión y temperatura. Por lo tanto, se elegirán de forma que se adecuen a la instalación, atendiendo a las recomendaciones del fabricante. En general, la elección del tipo de válvula se realizará atendiendo el siguiente criterio:

- Para funciones de aislamiento: se suelen emplear válvulas de tipo esféricas.
- Para el equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado de tuberías: válvulas de esfera o macho.
- Para llenado de tuberías: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta.

Se citan a continuación los tipos de válvulas más empleadas y consecuentemente las que serán utilizadas para el correcto funcionamiento de la instalación del proyecto objeto:

- Válvulas de aislamiento o de corte de la instalación: Su función dentro del sistema es la de aislamiento. Se usan también para los sistemas de purga, sistemas de llenado y sistemas de vaciado.
- Válvula anti retorno o de retención: permiten que el fluido solo circule en un único sentido.
- Válvula de seguridad: Su funcionamiento consiste en permitir la salida de fluido al exterior evitando la presión excesiva.
- Válvulas reguladoras de caudal: permiten fijar un caudal de circulación para así poder equilibrar hidráulicamente una instalación.
- Válvula termostáticas o mezcladora de tres vías: Para evitar quemaduras por temperaturas excesivas. Tiene tres vías, una entrada de agua fría y otra de agua caliente que se van combinando para que la temperatura de la vía de salida sea la indicada.

1.1.6.1.5.8.2 Vaso de expansión

El vaso de expansión (Figura 20) es un elemento necesario en la instalación ya que sirve para absorber el aumento de presión del agua que se origina en el circuito de A.C.S. o calefacción cuando se calienta el agua. Además, absorbe variaciones de volumen del fluido de trabajo, es decir, el fluido sobrante que no cabe en la instalación entra en el vaso de expansión, manteniendo la presión adecuada y evitando pérdidas de la masa del fluido.

Es un recipiente metálico con forma alargada o redondeada, cerrado herméticamente y cuyo interior está dividido en dos partes mediante una membrana elástica impermeable. Una de las partes está en contacto directo con el agua y la otra está llena de aire o de algún tipo de gas (generalmente nitrógeno) que absorbe la entrada del fluido sobrante.

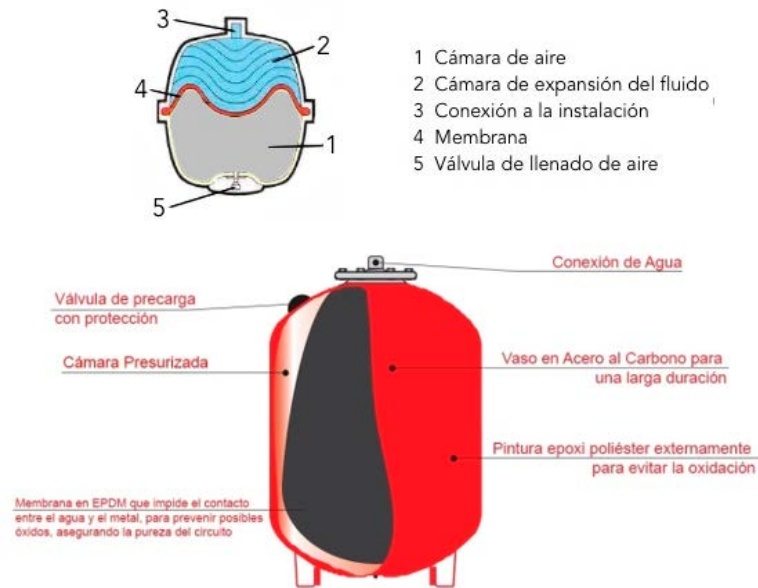


Figura 20. Partes y componentes de un vaso de expansión. (Fuente: Calorifrio, vaso de expansión)[30]

1.1.6.1.5.8.3 Purgadores

El purgador es un accesorio esencial para el buen funcionamiento de la instalación y sobre todo del radiador de calefacción. Los distintos materiales que se emplean en la fabricación de elementos y componentes que forman un circuito de calefacción provocan en el agua (H_2O) que circula por su interior sufra cambios fisicoquímicos. En esta transformación del agua, se liberan partes en estado gaseoso que deben ser purgadas para evitar la acumulación de bolsas de aire que impidan el normal funcionamiento de la instalación de calefacción y el correcto calentamiento del radiador.

Es importante seguir las siguientes recomendaciones en el diseño de cualquier instalación termo solar con objeto de evitar la acumulación de bolsas de aire:[19]

- Los purgadores de aire se colocarán en los lugares altos del circuito, que es donde tenderá a acumularse las bolsas de aire, y será más fácil su eliminación.
- Las bombas circulatorias se montarán en tramos verticales, de forma que se impida la formación de bolsas de aire en el interior de las mismas.
- Se recomienda que la velocidad del fluido por las tuberías nunca sea inferior a 0,6 m/s.
- En los circuitos cerrados se montará el vaso de expansión en la zona de aspiración de la bomba.
- A todo tramo horizontal de tubería se le dotará de una ligera pendiente mínima del 1% en el sentido de circulación para impedir la formación de bolsas de aire y que éstas queden estancadas en la tubería.
- Al menos, en el punto más alto de la instalación se mantendrá una presión mínima de 1,5 kg/cm².

Los purgadores (Figura 21) pueden ser de dos tipos:[32]

- a) De accionamiento **manual**, en los que se acumula el aire, pero no sale hasta que se afloja la válvula existente.
- b) De accionamiento **automático**, como el seleccionado, que dejan salir el aire cuando se acumula una cierta cantidad.

Según el DB HE del CTE, se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Además, los purgadores automáticos deben soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130 °C en las zonas climáticas I, II y III, y de 150 °C en las zonas climáticas IV y V.



Figura 21. Ejemplo de un purgador.

1.1.6.1.5.8.4 Dispositivo de llenado y vaciado

Se utilizan principalmente cuando es necesario vaciar el circuito, ya sea el primario o el secundario, ya sea por labores de mantenimiento o reposición de algún elemento del circuito.

Para conseguirlo con rapidez y comodidad se debe de colocar en la parte inferior de los circuitos.

1.1.6.1.5.8.5 Termómetros

Los termómetros (Figura 22) son instrumentos que sirven para medir la temperatura de un objeto o fluido. Es muy importante que se coloquen de forma que el punto sensible del termómetro este en contacto con el fluido para medir la temperatura de manera más exacta.



Figura 22. Ejemplo de un termómetro.

1.1.6.1.5.8.6 Termostatos

Un termostato (Figura 23) es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura. Es decir, sirve para regular el flujo de energía entre el sistema de captación solar, el sistema de acumulación y el consumo, de modo que se consigue que la instalación solar térmica funcione en todo momento en su nivel óptimo de rendimiento.



Figura 23. Ejemplo de un termostato.

1.1.6.1.5.8.7 Manómetro

El manómetro (Figura 24) es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados (depósitos, conductos, etc.). El manómetro mide la presión en kg/cm^2 , y el hidrómetro en metros de columna de agua (m.c.a).



Figura 24. Ejemplo de un manómetro.

1.1.6.1.5.9 Sistema de control y regulación

Su función es la de activar y controlar la velocidad de bombeo de la bomba circulatoria del circuito primario de los sistemas de circulación forzada en función de las necesidades del sistema, la cual está regulada según el gradiente de temperatura que exista entre la salida de los captadores solares y la temperatura del fluido a la salida del acumulador o intercambiador térmico.

Las funciones se detallan en el apartado 3.3.7., de la Sección HE4, del DB HE del CTE:

- El sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.
- En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 °C.
- Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.
- El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.
- El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superiores a la de congelación del fluido.
- Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar.
- Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos.

1.1.6.1.5.10 Sistema de apoyo auxiliar

La instalación solar debe disponer de una fuente de calor de apoyo en previsión de los días nublados y más importante aún, debido a que en muchos casos los meses de mayor demanda, los meses invernales, no concuerdan con los de mayor radiación solar, los meses de verano. Además, tal y como se comprobará en el documento cálculos, la energía solar del presente proyecto no satisface completamente la demanda energética requerida.

Para asegurar la continuidad del abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar. El sistema de apoyo auxiliar se diseña para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Es decir, sólo entrará en funcionamiento cuando sea necesario y aprovechando al máximo la energía extraída del campo de captación.

La energía captada por ambas instalaciones se acumulará en forma de agua caliente, la cual será almacenada en depósito hasta que se requiera su consumo.

Las funciones se detallan en el apartado 3.3.6., de la Sección HE4, del DB HE del CTE:

- Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar.
- Queda prohibido el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores.
- El sistema convencional auxiliar se diseñará para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.
- El sistema de aporte de energía convencional auxiliar con acumulación o en línea, siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis.
- En el caso de que el sistema de energía convencional auxiliar no disponga de acumulación, es decir sea una fuente instantánea, el equipo será modulante, es decir, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente con independencia de cuál sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.
- En el caso de climatización de piscinas, para el control de la temperatura del agua se dispondrá una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10 °C mayor que la temperatura máxima de impulsión.

1.1.6.2 Instalación de caldera de biomasa

La forma más económica y eficiente de un sistema de calefacción, consiste en el aprovechamiento del poder calorífico de un combustible. En este caso el combustible seleccionado es la biomasa.

Las calderas de biomasa son un método muy recomendable para aumentar la eficiencia energética de una vivienda. Utilizan como fuente de energía combustibles naturales como los pellets de madera, residuos forestales, etc. generando calefacción y agua caliente a una vivienda o edificio de viviendas. Es por ello que se las considera las calderas más ecológicas del mercado.

La base de su funcionamiento es similar a cualquier otra caldera: las calderas de biomasa queman el combustible (el pellet o similar) generando una llama horizontal que entra en la caldera. El calor generado durante esta combustión es transmitido al circuito de agua en el intercambiador incorporado en la caldera, con lo que se obtiene agua caliente para el sistema de calefacción y ACS. [33]

Los emisores o equipos terminales de calefacción son aquellos dispositivos en los que se lleva a cabo un proceso de cesión de energía térmica a aquellos espacios donde se busca alcanzar una temperatura determinada. Los emisores pueden ser de diversos tipos:

- Radiadores
- Fancoils y aerotermos
- Suelo radiante





Los radiadores son el grupo de emisores que se emplean con más frecuencia en las instalaciones de calefacción y por ello también se utilizaran en el proyecto objeto. Se trata de un dispositivo en cuyo interior circula el fluido caloportador y emiten calor a la estancia por medio de convección fundamentalmente




1.1.6.2.1 Tipos de combustible

No todas las calderas permiten el mismo tipo de combustible orgánico, sino que dependiendo de las características de granulometría, densidad, poder calorífico, humedad, contenido en cenizas, contenido en cloro o temperatura de fusión de las cenizas, cada caldera utilizará un tipo u otro.

Los biocombustibles se clasifican en función de su estado de agregación de tres formas:

- Biocombustibles sólidos
- Biocombustibles líquidos (biodiesel y bioetanol): conocidos como biocarburantes. Son combustibles de origen orgánico obtenidos a partir de aceites vegetales, grasas animales o cultivos con alto contenido en azúcares. Se consiguen a través de procesos químicos, siendo capaces de sustituir total o parcialmente a los combustibles tradicionales procedentes del petróleo
- Biocombustibles Gaseosos (biogás): Se obtiene a partir de la descomposición de materia orgánica a la que se mantienen en condiciones de ausencia de oxígeno. El más conocido es el denominado “biogás”.

BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS			
BIOCOMBUSTIBLES TRADICIONALES	LEÑA	<p>Su uso se reduce casi a calderas de viviendas unifamiliares dependiendo de la zona geográfica. Este combustible, extraído de árboles como la encina, roble y pino, entre otros, es el más simple y se utiliza principalmente para calefactar y cocinar. [34]</p> <p>La energía producida en la caldera depende del tipo de madera y de la humedad que contenga.[35]</p>	
RESIDUOS FORESTALES	PELLETS	<p>Fabricados con desechos de la industria de madera. Se comprimen para darles forma de pequeños cilindros de tamaño más o menos uniforme. Son los más usados por su comodidad, facilidad de encontrarlos en los comercios, almacenamiento y debido a que su precio es asequible en comparación con el gasoil o el gas de calefacción. Deben de estar almacenados en recintos impermeabilizados.</p> <p>Tienen una capacidad calorífica de 4,85 MWh/tm. Puede establecerse que de 2 a 2,2 kilogramos de pellets equivalen energéticamente a un 1 litro de gasóleo.[36]</p>	
	BRIQUETAS	<p>Fabricados con el serrín que genera la industria de la madera, son prensados para darles forma de cilindros pequeños de unos 50 cm de largo y unos 10-15 cm de diámetro. [34]</p>	
	ASTILLAS DE MADERA	<p>Son desechos de procedentes de las industrias en la transformación de la madera o tratamientos forestales.</p> <p>Son menos usados ya que requieren grandes espacios para almacenarlos.[36][37]</p>	

	MISCANTCHUS O MISCANTO	Es una hierba de origen asiático y de rápido crecimiento, cultivada sin necesidad de uso de fertilizantes y pesticidas. Una vez seco tiene una alta capacidad calorífica pero su menor densidad hace que las necesidades de almacenamiento sean algo mayores. [36][38]	
RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	HUESOS DE ACEITUNA	Este tipo de residuos no son muy utilizados debido al alto coste de mantenimiento, olores, proliferación de insectos... Estas son sometidas a un proceso de secado y triturado para obtener un alto poder calorífico.	
	CÁSCARAS DE ALMENDRA	Se puede usar directamente, entero, en calderas o estufas convencionales, pero también se encuentra granulado para que sea fácilmente empleado en calderas de biomasa. El poder calorífico y el grado de humedad determinaran su calidad.[39][36]	
BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS (Biocarburantes)			
BIODIESEL	Biocarburante producido a partir de aceite vegetal (palma, girasol...) o grasa animal, con la reutilización de estos, donde se transforman estos aceites.		
BIOETANOL	Se obtiene a partir de cultivos vegetales con alto contenido en azúcares. A través de la fermentación y posterior destilación del producto se extrae finalmente alcohol etílico de gran pureza.		
BIOCOMBUSTIBLES GASEOSOS			
BIOGAS	El "biogás" se genera en dispositivos específicos (digestores) o en medios naturales, a partir de las diferentes reacciones de biodegradación que sufre la materia orgánica mediante la acción de microorganismos, así como de otros factores en ausencia de aire. El gas resultante de dichas reacciones está formado por dióxido de carbono (CO ₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH ₄), y otros gases, aunque en cantidades menores. El contenido en metano, que es fundamentalmente de donde se va a obtener la energía, varía entre un 50 y un 75%.		

1.1.6.2.1.1 Comparativa de biocombustible sólidos respecto a otros combustibles

Con el objetivo de facilitar la elección del biocombustible se muestra un cuadro comparativo de los tipos de combustible de biomasa sólida más utilizados, con su coste aproximado y su poder calorífico comparados también con los combustibles fósiles para calefacción más comunes (gasoil o gas).[36]

Tabla 9. Comparativa de biocombustibles sólidos respecto a otros combustibles.

Combustible	€/tm	Humedad	Capacidad calorífica	Coste €/MWh	Eficiencia	Precio Energía€/MWh
Astilla de madera	80	25 %	3.85 MWh/tm	20.78	75%	27.71
Pellet de madera	175	8%	4.85 MWh/tm	36.08	75%	48.11
Hueso de aceituna	120	14%	4.4 MWh/tm	27.27	75%	36.36
Cáscara almendra	120	14%	4.4 MWh/tm	27.27	75%	36.36
Gasoil	0.78	-	10.14 MWh/tm	76.92	75%	102.56
Propano	1.03	-	12.88 MWh/tm	79.97	80%	99.96

Tras el estudio realizado de los diferentes tipos de biocombustibles el seleccionado para el proyecto objeto es el pellet. Se debe principalmente a su baja densidad, favoreciendo así su almacenaje, y a su alta capacidad calorífica. Además, es un combustible estandarizado internacionalmente, factor que prestara facilidades a la hora de acceder al producto en el mercado. No resulta el más económico, pero es la mitad de barato que los combustibles fósiles para calefacción más comunes.

1.1.6.2.2 Calderas de Biomasa

Las calderas de biomasa utilizan como fuente de energía combustibles naturales como los pellets de madera, huesos de aceituna, residuos forestales, cáscaras de frutos secos, etc. para generar calefacción (por radiadores, aire o suelo radiante) y agua caliente a una vivienda o edificio de viviendas. Es por ello que se las considera las calderas más ecológicas del mercado.

Una de las desventajas que ofrece es que las calderas de biomasa necesitan un contenedor o silo para el almacenaje del biocombustible situado próximo a la caldera. Desde el mismo, un alimentador de tornillo sin fin o de succión, lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión.

Al quemar biomasa se produce algo de ceniza, que se recoge generalmente de manera automática en un cenicero que debe vaciarse varias veces al año.[41]

Las calderas de biomasa utilizan una tecnología segura y que requiere de un mantenimiento sencillo. Además, el alto poder calorífico de los biocombustibles por unidad de peso, hace de este combustible natural una forma de energía rentable y renovable y aporta a la caldera de biomasa unos rendimientos caloríficos que alcanzan hasta el 95%.[42]

1.1.6.2.2.1 Funcionamiento de una caldera de biomasa

Tal y como se ha especificado anteriormente, las calderas de biomasa necesitan un silo para el almacenaje del biocombustible situado próximo a la caldera. Desde el mismo, un alimentador de tornillo sin fin o de succión, lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión. El combustible debe almacenarse con una inclinación de unos 45º para su correcta inserción en la caldera.

La cámara de combustión es toda la zona donde se produce la combustión en una caldera, y en la que se pueden distinguir claramente 3 partes:

La primera es la zona donde el combustible se mezcla con el aire primario y, por medio de una combustión parcial, se gasifica la biomasa, es decir, se transforma en gas combustible. En el caso de las estufas o calderas de eflorescencia (carga desde abajo) equivaldría al crisol, en quemadores sería la parrilla fija y en calderas grandes la parrilla móvil.

La segunda, es la zona donde se puede observar claramente una llama y donde suele entrar el aire secundario.

Y finalmente, la tercera compuesta por el resto de cámara donde no hay llama visible. En esta parte se sigue produciendo combustión, pero la concentración de oxidaciones es baja e invisible a simple vista, aunque es una zona clave para la reducción de CO e inquemados. En algunas cámaras este espacio se encuentra separado y entonces se denomina cámara de postcombustión.

Como norma general, las cámaras de combustión tienen un rango de temperatura de trabajo óptimo situado entre los 600 y 900ºC. Por debajo de esa temperatura los inquemados y CO aumentan de forma muy patente. Y en el caso contrario, por encima de esa temperatura, se disparan los niveles de NOx por oxidación del nitrógeno del aire, y también provocan la necesidad de usar materiales más resistentes y costosos en la construcción de las cámaras.

La temperatura de la llama depende de la humedad, densidad y poder calorífico del material a quemar, que provoca que esta sea mucho más elevada o mucho más baja.

El calor generado durante esta combustión (en este caso de combustible natural) es transmitido al circuito de agua en el intercambiador incorporado en la caldera. El agua caliente generada se utiliza para calefacción y agua caliente sanitaria, climatización de piscinas, etc. La calefacción puede ser por cualquiera de los sistemas convencionales de agua, por ejemplo, suelo radiante, radiadores o fancoils.

Los modelos avanzados incluyen, encendido y limpieza de los intercambiadores de calor automáticos, así como extracción y compresión automática de las cenizas de forma que tienen que ser retiradas pocas veces al año. Algunos fabricantes ofrecen, incluso, monitorizar y tele controlar la operación de la caldera. Todo esto redundaría en un mejor funcionamiento de la caldera y una menor necesidad de mantenimiento por parte del usuario.

Para optimizar el funcionamiento de la caldera de biomasa, se puede instalar un acumulador (depende de la utilización la caldera y del fabricante), que almacenará el calor de una forma similar a un sistema de energía solar.[43]

1.1.6.2.2 Elementos de una caldera de biomasa

Para que una caldera de biomasa (Figura 25) funcione a pleno rendimiento y sin ningún tipo de problema, su sistema de elementos internos debe sincronizarse y trabajar de forma conjunta. En la siguiente imagen se muestran las distintas partes que conforman el corazón de una caldera de pellets. [44]

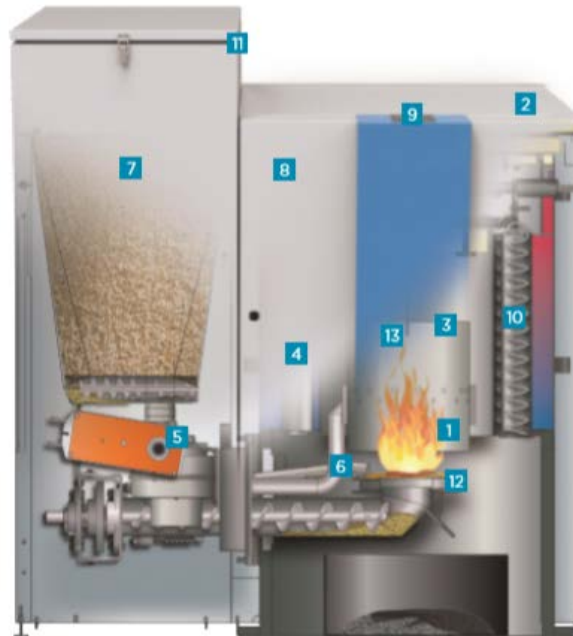


Figura 25. Elementos de una caldera de biomasa.

1. Quemador con sistema RCB (Re Circuited Burner).
2. Fácil acceso para mantenimiento y limpieza anual.
3. Cámara de combustión circular con baja inercia, alto rendimiento y homogénea.
4. Dispositivo para el aumento de la temperatura de retorno integrado, para mayor economía y seguridad.
5. Seguridad contra incendio con doble mecanismo de sellado.
6. Encendido automático eléctrico de bajo consumo (250 W).
7. Tolva para pellets de gran capacidad (125 Kg).
8. Aislamiento para evitar pérdidas.
9. Panel de control simple y claro.
10. Limpieza automática de los intercambiadores de calor en serie, para un alto rendimiento constante.
11. Almacenamiento seguro y estanco con sensor de seguridad.
12. Plato de combustión por flotación, para una llama estable y extracción de cenizas por gravedad.
13. Sensor de llama y control del flujo de aire, para adaptar los parámetros de combustión en tiempo real.

A continuación, y debido a su importancia, se explicarán con mayor detalle dos de los elementos que componen una caldera de biomasa.

- **Acumulador inercial:** debe de estar aislado, logra reducir los bloques de la combustión ante interrupciones de demanda de calefacción o ACS, consiguiendo un funcionamiento más regular y, por tanto, menor emisión de humos y cantidad de cenizas. [45]

- **Intercambiador de calor:** es el componente que permite la transferencia del calor producido en la combustión al circuito primario (de agua). En el periodo estival, el acumulador inercial permite recargar muchas veces el acumulador de ACS sin tener que volver a encender la caldera. En las instalaciones sin acumulador inercial, el acumulador de ACS debe tener al menos 300L de capacidad. [46]

El intercambiador se compone de un haz de tubos verticales, existiendo dos tipos:

- Piro-tubulares: los gases de combustión circulan por los tubos, que están inmersos en el depósito de agua del intercambiador los cuales se encuentran separados de la cámara de combustión.
- Acuotubulares: en este sistema, es el agua del intercambiador la que circula por los tubos, los cuales se alojan a la salida de gases de la cámara de combustión.

1.1.7 Descripción del proyecto

A continuación, se procede a realizar una breve descripción y dimensionamiento del proyecto a realizar.

Para la selección de los elementos que compondrán la instalación solar térmica y de calefacción se han seguido los siguientes criterios.

1. Que se ajuste a la demanda de la vivienda.
2. Buena relación calidad-precio.
3. Buenos rendimiento de los elementos para reducir pérdidas y ser más eficientes.

1.1.7.1 Instalación solar térmica para ACS y calefacción

1.1.7.1.1 Captador solar seleccionado

De todos los tipos de colectores se ha seleccionado, para nuestra instalación, el de placa plana ya que su temperatura de trabajo se sitúa en un rango de 50-70º C, y se consideran como los más indicados para producir ACS, además por su relación entre precio y rendimiento y su facilidad de montaje, lo cual hace que, en la actualidad, sean los más extendidos comercialmente.

Tras comprobar todas las especificaciones, cualidades y adecuación al sistema objeto del proyecto, se ha seleccionado el colector modelo SOLARIA – 2.8 AL S8 (Tabla 10), pues es el que mejor factor de eficiencia solar consigue de todos los modelos estudiados.

Tabla 10. Especificaciones técnicas Captador SOLARIA 28 AL S8. Captador solar plano

	captadores solares planos: ALUMINIO		
	SOLARIA-2.1 AL S8	SOLARIA-2.4 AL S8	SOLARIA-2.8 AL S8
DIMENSIONES			
Largo total (mm)	1.900	2.200	2.200
Ancho total (mm)	1.090	1.090	1.260
Fondo (mm)	90	90	90
Área total (m ²)	2,06	2,40	2,77
Área de apertura (m ²)	1,87	2,17	2,58
Área del absorbedor (m ²)	1,77	2,14	2,46
Peso en vacío (kg)	38	43	50
Capacidad de fluido (l)	1,18	1,26	1,70
Fluido caloportador	agua o agua glicolada	agua o agua glicolada	agua o agua glicolada
Temperatura de estancamiento (°C)	197,0	197,0	197,0
Flexión máxima (Pa)	1.000	1.000	1.000
PRESIONES DE PRUEBA Y CAUDAL RECOMENDADO			
Presión de timbre (bar)	14,0	14,0	14,0
Presión máxima de trabajo (bar)	8,0	8,0	8,0
Presión mínima en captador (bar)	1,5	1,5	1,5
Caudal recomendado (l/h·m ²)	45,0	45,0	45,0
Caida de presión en línea (mm.c.a.) (qi=l/min)	1,93 · qi2 + 6,52 · qi	1,85 · qi2 + 7,32 · qi	2,24 · qi2 + 3,72 · qi
CALIDADES DE FABRICACIÓN			
Cubierta transparente	vidrio templado de 3,20 mm de espesor. Coef. Trans. 0,91		
Carcasa	aluminio anodizado AL-6063 T5 (espesor = 1,50 mm)		
Absorbedor	aletas de cobre (0,5 mm) soldadas por ultrasonidos a parrilla de cobre		
Tratamiento selectivo	proyección de electrodeposición de Cromo Negro sobre base de Niquel Claro		
Relación en parrilla	colector principal 22 mm / colector secundario 8 mm		
Aislamiento térmico	poliuretano rígido inyectado (25 mm) + lám. Aluminio + lana mineral (25 mm)		
Acabado posterior y sellado	propileno moldeado y burlate de EPDM		
Conexiones (4 uds)	B.S.P. hembra de 3/4"		
CURVAS DE RENDIMIENTO INSTANTANEO Y REGISTRO			
Rendimiento óptico η _p	72,96 %	72,96 %	80,80 %
K1	2,51 W/(m ² ·K)	2,51 W/(m ² ·K)	3,20 W/(m ² ·K)
K2	0,038 W/(m ² ·K ²)	0,038 W/(m ² ·K ²)	0,010 W/(m ² ·K ²)
Contraseña de homologación	NPS-26507	NPS-26307	NPS-26407

1.1.7.1.2 Sistema de acumulación seleccionado

En este caso, se ha decidido utilizar un Inter-acumulador vertical de suelo con serpentín de 150 litros, de la marca FAGOR, modelo ISF-150 SR (Tabla 11) que responde perfectamente a las necesidades de ACS del edificio. El interacumulador juega un papel de multifunción. Producción y acumulación de agua caliente sanitaria combinado con acumulación de inercia de apoyo a calefacción. Su temperatura máxima de trabajo es de 95º C.

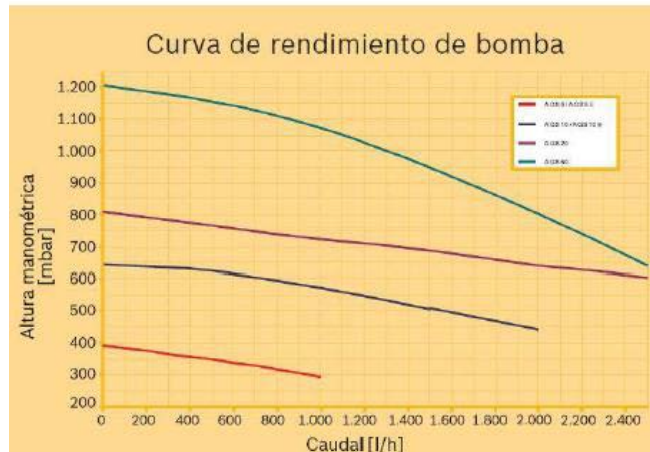
Posee una protección con ánodo de magnesio y otra protección catódica, cumple perfectamente la norma DIN 4753,3 y trae incorporado un sensor vaina. Su presión de trabajo es de 10 bar y está perfectamente aislado.

Tabla 11. Especificaciones técnicas del Intercambiador ISF – 150 SR. Intercambiador de suelo con serpentín (Fuente: Fagor)

		Intercambiadores de suelo con un serpentín		
		ISF-150 SR	ISF-200 SR	ISF-300 SR
CARACTERÍSTICAS				
Capacidad de A.C.S.	L	150	200	300
Temperatura máxima depósito de A.C.S.	°C	95	95	95
Presión máxima depósito de A.C.S.	bar	10	10	10
Temperatura máxima circuito de calentamiento	°C	160	160	160
Presión máxima circuito de calentamiento	bar	25	25	25
Superficie de intercambio circuito de calentamiento	m²	1,3	1,2	1,2
Volumen del serpentín	l	8,2	7,5	7,5
Peso en vacío	kg.	87	98	94
Pérdida de carga de intercambiador	mbar	120	70	----
CONEXIONES				
SACS (Salida Agua Caliente Sanitaria)	GAS/M	3/4"	3/4"	1"
EAS (Entrada Agua Caliente Sanitaria)	GAS/M	3/4"	3/4"	1"
RS (Ida y Retorno de captadores)	GAS/H	3/4"	3/4"	3/4"
DIMENSIONES				
Diámetro exterior	mm.	600	600	600
Aislamiento	mm.	50	50	50
Longitud total	mm.	1.200	1.500	1.697
Anchura total	mm.	620	620	----
Profundidad total	mm.	680	680	----
Diámetro nominal boca hombre		DN 140	DN 140	----
Entradas sensor/regulador		vaina para fijar D=12 mm	vaina para fijar D=12 mm	----
CÓDIGO		942011117	942011126	942011135
EAN-13		8413880176734	8413880176741	8413880176758

1.1.7.1.3 Bomba hidráulica seleccionada

Una vez realizados los cálculos del caudal y de las pérdidas de carga descritos en el **Anexo 1.2.1-Cálculos**, el modelo que se ha seleccionado es el grupo de bombeo de la marca JUNKERS AGS 5, el cual la curva característica de la bomba es la de color rojo representada en la Gráfica 4.



Gráfica 4. Curva de rendimiento de la bomba Junkers AGS 5.

Se trata de una estación solar de bombeo pre-montada para sencilla instalación, que incorpora: [47]

- Bomba.
- Válvula de esfera con termómetro integrado y anti-retorno por gravedad.
- Conexión para llenado y vaciado del circuito primario solar.
- Caudalímetro.
- Conexión para vaso de expansión.
- Debe conectarse a instalaciones que posean purgadores.
- Dimensiones: 145 x 370 x 200 mm. [17]

1.1.7.1.4 Vaso de expansión seleccionado

Se decide instalar vasos de expansión de tipo cerrado (Figura 26) ya que, con respecto a los de tipo abierto, son más fáciles de montar, no absorben oxígeno y eliminan las pérdidas de fluido caloportador por evaporación, evitando así la corrosión provocada por el agua de reposición.

Como se puede apreciar en el anexo de cálculos, el vaso que más se ajusta a las necesidades de la instalación es de 18 litros (el mínimo elegible), por lo que se ha seleccionado un vaso de expansión fabricado por Industrias Ibaiondo S.A, modelo 18 CMF, de 18L y 4 BAR. [48]

Sus principales características son las siguientes:

- Vasos de expansión para instalaciones de calefacción y refrigeración en circuitos cerrados.
- Membrana no recambiable según DIN 4807-3 (no potable).
- Protección anticorrosiva de los materiales en contacto con el agua.
- Conexión de agua zincada.
- Temperatura - 10º C + 100º C.
- Precarga 1,5 Bar.



Figura 26. Vaso de expansión Industrias Ibaiondo S.A. 18 CMF.

1.1.7.1.5 Sistema de control seleccionado

El sistema de control (Figura 27) es un sistema de regulación por termostato diferencial el cual actúa sobre la bomba. Este sistema compara la temperatura del agua a la salida del captador con la temperatura del fluido en la parte inferior del acumulador. Cuando la diferencia entre ambas temperaturas supera un valor previamente definido, el controlador ordenará al grupo de bombeo que se ponga en funcionamiento.

El modelo elegido para el sistema de control pertenece a la marca SELTRON y el modelo es el ST2R.



ST2R (sistema multifunción modular)
CRONOTERMOSTATO DE AMBIENTE ELECTRÓNICO DIGITAL
 Para instalaciones de calefacción (suelo radiante y radiadores, calderas de gas con llama modulante, suelo radiante eléctrico), A.C.S. (agua caliente sanitaria) y acondicionamiento.

Figura 27. sistema de control SELTRON ST2R.

- 6 Programas preestablecidos modificables para A.C.S y regulables entre 20°C y 80°C (para el ajuste del horario de funcionamiento entre 1 y 12 horas) o funcionamiento continuo
- 6 programas preestablecidos modificables para calefacción
- Posibilidad de programar la función de confort (entre 1 y 24 horas o funcionamiento continuo)
- Activación y/o desactivación rápida del circuito de calefacción y A.C.S. Interruptor ON/OFF
- Conexión a caldera, bomba de circulación, válvula mezcladora y suelo radiante eléctrico

- Ajuste de la temperatura ambiente diurna entre 10°C y 30°C
- Ajuste de la temperatura ambiente nocturna entre 6°C y 26°C
- Ajuste de la temperatura máxima del suelo radiante
- Ajuste del control de la temperatura máxima y mínima de la caldera
- Ajuste de la temperatura de la economía regulable entre 1-24horas o funcionamiento continuo. Escala de 6-26°C
- Posibilidad de activar en función fiesta
- Posibilidad de activación vía teléfono (para ello es necesario el telemando G1D código. 301356)
- Posibilidad vía radio (para ello es necesario el módulo TX y receptor RX22)
- Ajuste del tiempo de la velocidad del actuador de la válvula mezcladora (entre 1 y 8 minutos)
- Programación antihielo a 6°C
- Posibilidad de bloqueo del teclado
- Diferencial: +/- 0.2°C
- Alimentación 3V, 2 baterías alcalinas de 1.5V tipo LR03, AAA (incluidas)
- Relé de salida 230V c.a 6(3) A
- Visualización de pantalla del horario y día de la semana
- Visualización en pantalla de la temperatura ambiente
- Dimensiones 112x72x32 mm

1.1.7.1.6 Sistema de apoyo auxiliar seleccionado

Respecto al sistema auxiliar se explicará con más detalle en el siguiente apartado, dado que el sistema de apoyo auxiliar seleccionado consiste en una caldera de biomasa. Este sistema se encargará principalmente de cubrir la demanda de calefacción de la vivienda y además realizará la función de sistema auxiliar para el ACS en aquellas situaciones donde con el sistema solar no se alcance la producción de energía necesaria y también.

En cuanto a la elección de este tipo de sistema cabe destacar que los combustibles empleados son menos contaminantes que los convencionales de origen fósil. Se consideran más sostenibles debido a que los árboles durante su crecimiento absorben CO₂ de la atmósfera y esta fracción absorbida es mayor que la que generan durante su combustión por lo que se considera nula la contribución de CO₂.

Por otro lado, los biocombustibles empleados para dichas calderas de biomasa son mucho más baratos que los combustibles fósiles.

Cabe destacar a su vez que la biomasa presenta un bajo o nulo contenido en azufre, al contrario que ocurre en los combustibles fósiles.

1.1.7.2 Instalación de caldera de biomasa para calefacción

1.1.7.2.1 Caldera seleccionada

La caldera seleccionada es de la marca EASYPELL (BY OKOFEN) y trabaja con el sistema Austriaco a 6-20 KW. Está diseñada para la combustión de pellets y cuenta con una tolva para almacenamiento de 190 Kg. Cuenta con un control electrónico, tiene un amplio rango de modulación, un sistema de limpieza automática incluida y, al poder trabajar a baja potencia, se reducen los ciclos de marcha/parada de la caldera, evitando pérdidas.

Su funcionamiento se basa en transportar los pellets hacia el quemador diseñado con un sistema de floración que permite una combustión sin turbulencias de los pellets. Los gases producidos durante la combustión pasan luego a través del cilindro de combustión secundaria, hecho en acero inoxidable. El aire inyectado eleva la temperatura de los gases alcanzando estos los 800°C aproximadamente. De hecho, se trata de una caldera modulante la cual utiliza los gases producidos por la combustión de la madera. Estos gases a una alta temperatura, vuelven a recircular por el cilindro produciéndose así una combustión terciara. Finalmente, los gases pasan a través de los turbuladores del intercambiador transfiriendo la energía requerida.

A continuación, se citan las principales ventajas de las calderas de pellets Easypell.

- 1. Sistema automático de limpieza**
 - No requiere una limpieza manual
 - Constante alta eficiencia = menos consumo de combustible
- 2. Extracción automática de cenizas del plato de combustión**
 - No requiere una limpieza manual del plato de combustión
 - No requiere un motor adicional
- 3. Encendido automático**
 - Sistema de comprobada eficacia
 - Bajo consumo, requiere solamente 250 Watt
- 4. Sistema de seguridad contra el retorno de llama certificado**
 - Solución segura
 - Con más de 60.000 sistemas de calefacción instalados mundialmente
- 5. Elevación de la temperatura del retorno integrado de serie**
 - Protección segura contra corrosión
 - Sin costes adicionales de instalación
 - No requiere una válvula mecánica de mezclado
- 6. Reconocimiento automático del combustible**
 - No requiere calibración
 - Puesta en marcha rápida y sencilla
 - Ajuste automático al cambio de pellets
 - Combustión permanentemente optimizada
- 7. Ventilador de tiro forzado y sensor de medición de presión negativa de serie**
 - Control de velocidad variable
 - Previene la sobrepresión en la cámara de combustión

8. Cableada y lista para conectar

- No requiere complejas instalaciones eléctricas

Este tipo de calderas cuenta con varios modelos en función de la potencia necesaria. En este proyecto se ha seleccionado la caldera de potencia 6-10 KW debido a que es la que mejor se adapta a la menada de la vivienda.

En la siguiente Tabla 12 se muestran las principales características de la caldera seleccionada.

Tabla 12. Características de la caldera EASYPELL (BY OKOFEN) 6 – 20 KW.

CARACTERISTICAS CALDERA EASYPELL			
CARACTERÍSTICAS		20	32
Potencia nominal	KW	20	32
Potencia carga parcial	KW	6	10
Ancho (B)	mm	1147	1179
Ancho caldera ©	mm	695	728.5
Altura de la caldera	mm	1091	1242
Altura de la tolva (F)	mm	1267	1517
Profundidad (T)	mm	752	796.5
Ancho mínimo por puerta	mm	700	750
Conexiones ida y retorno	Pulg	1''	5/4''
Altura conexiones calder	mm	905	1110
Altura salida de humos	mm	645	844
Peso	Kg	320	400
Rendimiento-Potencia nominal	%	93.6	95.2
Rendimiento- Potencia parcial	%	92.0	94.4
Volumen de agua	L	70	108
Capacidad de la tolva	Kg	125	187
Temperatura cámara combustión	°C	900-1100	
Temperatura de los humos	°C	100-160	
Diámetro salida de humos	mm	130	150

1.1.7.2.2 Combustible seleccionado

Tal y como se ha justificado anteriormente, el combustible seleccionado es el pellet, debido a que sus características se adaptan mejor a las limitaciones de la vivienda.

Cabe destacar que las instalaciones de pellets necesitan menor espacio de almacenamiento que otros combustibles del mismo tipo y a su vez, las dimensiones de la caldera son menores que las de otro tipo de combustibles.

Por otra parte, el poder calorífico de los pellets es mayor que los poderes caloríficos de otros combustibles similares. Debido a esto, se requerirá un silo o depósito para el combustible de menores dimensiones para satisfacer la misma demanda energética.

Además, es el combustible más estandarizado internacionalmente, siendo más accesible y pudiendo encontrar mayor abanico de posibilidades, tanto de precios como de características.

1.1.7.2.3 Chimenea y conducto de humos

Para realizar el desalojo de los humos o productos de la combustión, se instala un ducto de la marca AISI, modelo 316 de 150 mm de diámetro. El ducto estará por un extremo conectado a la caldera y recorre la altura de la casa hasta su evacuación. El ducto de evacuación de humos ira pegado a la pared y es de acero para poder así trabajar con temperaturas elevadas. Su longitud será de unos 9 m de largo.

1.1.7.2.4 Silo de pellets

El silo seleccionado es el Flexilo compact, que ha sido patentado por ÖkoFEN. El modelo que mejor se adapta tanto a las características de la vivienda como a su demanda es el KGT 2614 de 1,90 cm de alto y capacidad para 2,2 – 2,8 toneladas de pellets.

El concepto funcional utilizando muelles permite un 60% más de llenado con un mismo tamaño, y a su vez, gracias a su pendiente elástica, se garantiza un vaciado completo.

El suministro de pellets se efectúa con un camión cisterna el cual, mediante un sistema neumático, impulsará los pellets hasta el almacén de combustible ubicado en su hogar. Los camiones cisterna disponen de una manguera flexible de 30 metros de largo como máximo. El depósito deberá, por consiguiente, estar distante como máximo 30 metros del área de acceso al edificio (en este caso, la toma del tubo de abastecimiento).

La resistencia al fuego de las paredes y del techo del cuarto destinado al montaje del silo flexible y del cuarto donde vendrá instalada la caldera deberán estar en conformidad con la normativa vigente de construcción y anti-incendio locales.

Las paredes húmedas, así como la humedad propia del local no representan un problema para el almacenamiento. De todos modos, la lona no deberá estar en contacto con las paredes. En montaje exterior el silo deberá estar protegido de luz ultravioleta, sol y lluvia.[49]

1.1.7.3 Certificado energético de la vivienda

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.

En un edificio, la eficiencia energética se calcula midiendo la energía consumida todos los años en condiciones normales de uso y ocupación. Para ello se tienen en cuenta todos los servicios utilizados de manera habitual, como la calefacción, la refrigeración, la ventilación, la producción de agua caliente sanitaria y la iluminación, a fin de mantener las condiciones de confort térmico y lumínico y sus necesidades de agua caliente sanitaria y calidad de aire interior.

Dicho certificado resulta obligatorio según lo previsto en el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, salvo excepciones, todos los usuarios que quieran alquilar o vender un inmueble deben disponer de este certificado. Esta medida se inició en junio de 2013, con el fin de informar a la

otra persona de la eficiencia en energía que dispone dicha vivienda y todas las inmobiliarias, vendedores o arrendadores deben presentarla en el momento de la transacción.[50]

En la primera página del certificado energético contienen los datos generales del inmueble, además de los datos del técnico certificador. En la parte inferior se indica la calificación energética global del inmueble, en términos de emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmósfera. Se expresa en una escala de la A a la G.

- La **letra A** está coloreada de verde oscuro y es la que representa la mayor eficiencia energética.
- La **letra B** está pintada de verde más claro sigue manteniendo la eficiencia.
- La **letra C** está pintada de un verde más amarillento y no es tan energética como las anteriores.
- La **letra D** está coloreada de amarillo y representa una eficiencia normal.
- La **letra E** tiene un tono más anaranjado y deja patente que el inmueble cuenta con muy poca eficiencia energética.
- La **letra F** es totalmente naranja y es uno de los últimos escalones de la lista.
- La **letra G** está en rojo y representa una vivienda que no cuenta con ningún tipo de eficiencia energética.

Esta calificación aparecerá en la etiqueta de eficiencia energética, cuando se registre el certificado energético. También aparecerá en la etiqueta energética la calificación de consumo de energía (KW h/m²año) indicada en el Anexo II de este informe.

Todos los usuarios del mercado energético deben tener en cuenta que esta etiqueta tiene una duración de diez años desde el momento en el que se emite.

Además de esta primera página, el informe dispone de cuatro anexos donde desglosa la información:

Anexo I, describe las características térmicas del inmueble.

Anexo II, desglosa la calificación energética del inmueble en la calificación de las diferentes demandas y consumos energéticos.

Anexo III, referente a las recomendaciones de mejora.

Anexo IV, el técnico describe las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo durante el proceso de toma de datos.

1.1.7.3.1 Certificación energética de la instalación diseñada

La certificación de la vivienda antes de imponer las nuevas instalaciones se estima que posee la letra G en la escala, ya que el caserío estaba prácticamente abandonado, es decir, no disponía de ninguna instalación para la producción de ACS ni calefacción y, además, la fachada no estaba compuesta por aislamiento térmico.

Tras la reforma, la letra de la vivienda mejora hasta una calificación de A. Esto no se ve influenciado en gran medida por la instalación solar térmica, ya que el mayor consumo de energía se emplea en la calefacción de la vivienda y no en el ACS producido por la energía solar. No obstante, la mejora del aislamiento térmico y el empleo de una caldera con un combustible de energía renovable hace que sea posible este gran salto, puesto que las emisiones de CO₂, se reducen de forma elevada llegando al punto de considerarse nulas como se explica en el estudio medioambiental.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

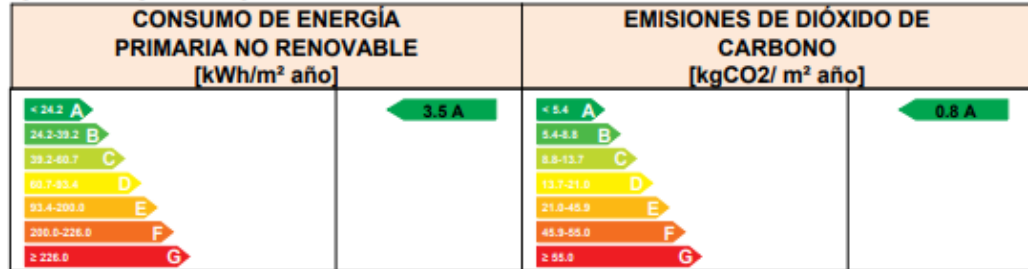


Figura 28. Calificación energética de la vivienda

1.1.8 Plan de obra

A continuación, se puede observar la planificación de las actividades a realizar en la vivienda para la instalación tanto del conjunto de componentes del sistema solar térmico como de la instalación para calefacción mediante caldera de biomasa. Junto a cada actividad se refleja su duración estimada:

Tabla 13. Plan de obra.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE CADA ACTIVIDAD	DURACIÓN (h)
1.	Instalación del acumulador.	8
2.	Instalación del sistema auxiliar. Caldera de Pellets.	8
3.	Instalación del silo de pellets	4
4.	Instalación de tuberías y accesorios.	24
5.	Instalación de la bomba.	6
6.	Instalación de la salida de humos.	8
7.	Instalación del colector solar (en la cubierta).	8
8.	Conectar todo el sistema.	16
9.	Puesta en marcha y comprobaciones de funcionamiento.	8

1.1.8.1 Cronograma

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE CADA ACTIVIDAD	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3						
		días																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1.	Instalación del acumulador.	■																				
2.	Instalación del sistema auxiliar. Caldera de Pellets.		■																			
3.	Instalación del silo de pellets			■	■	■	■															
4.	Instalación de tuberías y accesorios.			■	■	■	■		■													
5.	Instalación de la bomba.							■														
6.	Instalación de la salida de humos.								■													
7.	Instalación del colector solar (en la cubierta).									■												
8.	Conectar todo el sistema.										■	■	■									
9.	Puesta en marcha y comprobaciones de funcionamiento.															■						

1.1.9 Resumen del presupuesto

Tabla 14. Presupuesto de ejecución material. PEM.

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

	Precio total (€) SIN IVA
<i>Captador SOLARIA – 2.8 AL S8 FAGOR</i>	1.290
<i>FAGOR ISF-150 SR</i>	2.085
<i>Tuberías aisladas</i>	343,08
<i>Vaso de expansión INDUSTRIAS IBAIONDO S.A. 18 CMF</i>	79
<i>Sistema de regulación y control SELTRON - ST2R</i>	176,78
<i>Grupo de bombeo Junkers AGS-5</i>	617
<i>Accesorios</i>	220
Total Instalación solar térmica	4.810,86
<i>Caldera de Pellets EASYPELL (BY OKOFEN)</i>	6.153
<i>Conducto de humos AISI 316</i>	906
<i>Silo OKOFEN FlexILO Compact.</i>	1.835
<i>Valvulería</i>	318
Total Instalación de caldera de Biomasa para calefacción	9.212
<i>Oficial de primera</i>	1.425
<i>Ayudante</i>	1.530
Total Mano de obra	2.955
TOTAL PEM	16.977,86
TOTAL PEM (21% IVA incluido)	<u>20.543,21 €</u>

Tabla 15. Presupuesto de contrata. PC.

PRESUPUESTO DE CONTRATA (PC)

	Precio total (€) IVA incluido
<i>TOTAL PEM (IVA incluido)</i>	20.543,21
<i>GASTOS GENERALES (13% del PEM)</i>	2.500,73
<i>BENEFICIO INDUSTRIAL (6% del PEM)</i>	1.154,18
PRESUPUESTO DE CONTRATA (PC)	<u>24.446,42 €</u>

Tabla 16. Resumen del presupuesto.

PRESUPUESTO TOTAL	
	Precio total (€) IVA incluido
<i>PRESUPUESTO DE CONTRATA (PC)</i>	24.446,42
<i>SEGURIDAD Y SALUD</i>	500,00
<i>DIRECTOR DEL PROYECTO (5% del PC)</i>	1.144,57
<i>INGENIERO TÉCNICO (6% del PC)</i>	1.373,48
<i>LICENCIA DE OBRA (4,5% del PC)</i>	1.030,11
PRESUPUESTO TOTAL	28.735,62 €

El presupuesto total del presente proyecto, IVA incluido, asciende a 28.735,62 €.

Veintiocho mil setecientos treinta y cinco con sesenta y dos céntimos

1.1.10 Normativa

En la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normativas y legislaciones:

- Reglamentación de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Solares Térmicas de Baja Temperatura, del IDAE.
- Sistemas de aprovechamiento térmico (CENSOLAR).
- Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis (Aprobados por el Real Decreto 865/2003).
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. También destacar una serie de "Documentos Básicos" donde se recogen las exigencias que deben cumplir los edificios, cuyas principales innovaciones son:
 - a) Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE).
 - b) Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI).
 - c) Documento Básico de Seguridad en su Utilización (DB-SU).
 - d) Edificios más saludables: Salud, higiene y protección del Medio Ambiente.
- Documento Básico de Ahorro Energético (DB-HE): el Documento Básico de Ahorro Energético es uno de los instrumentos de las nuevas políticas medioambientales del Gobierno. Establece las reglas y procedimientos que permite un cumplimiento de las exigencias básicas de ahorro de la energía. Consistiendo principalmente en el uso racional de la energía en los edificios, reduciendo a los límites sostenibles su consumo y la parte que sea posible que el consumo proceda de energías renovables. El cumplimiento de los requisitos mediante los mínimos establecidos asegura el ahorro de energía. Siendo esta muestra principal referencia en el proyecto tratado. Este documento a su vez se divide en cinco exigencias energéticas básicas:
 - HE-1: Limitación de la Demanda Energética, donde se establecen los valores límite para los cerramientos de los edificios (fachadas, vidrios, cubiertas, etc.).
 - HE-2: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas, que se desarrolla dentro del RITE y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.
 - HE-3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.
 - HE-4 Contribución Solar mínima de Agua Caliente Sanitaria, que obliga a que la producción de agua caliente sanitaria se realice con un aporte obligatorio de energía solar térmica, que varía entre un 30% y un 70% dependiendo de la zona climática en la que se encuentra y la demanda total de ACS.
 - HE-5: Contribución Fotovoltaica mínima de Energía Eléctrica, que establece que ciertos edificios han de disponer de sistemas de captación y transformación de la energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos.

Normativa UNE de aplicación vigente:

- UNE-EN ISO 22975-3:2015. Energía solar. Componentes y materiales del captador. Captadores solares. Partes 3: Durabilidad del absorbedor solar.
- UNE-EN ISO 9806:2014. Captadores solares térmicos. Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12977-5:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 5: métodos de ensayo del rendimiento para los sistemas de regulación.
- UNE-EN 12977-1:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales para los calentadores de agua solares y las instalaciones solares combinadas.
- UNE-EN 12977-2:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo para os calentadores de agua solares y las instalaciones combinadas.
- UNE-EN 12977-3:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 3: Métodos de ensayo del rendimiento de los acumuladores de agua de calentamiento solar.
- UNE-EN 12977-4:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 4: Métodos de ensayo del rendimiento para las instalaciones solares combinadas.
- UNE-EN 12975-1:2016+A1:2011. Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 94041-1:2010. Sistemas domésticos de apoyo de consumo calorífico nominal inferior o igual a 70 kW y volumen de acumulación inferior o igual a 300 l, utilizados en instalaciones solares térmicas. Parte 1: Sistemas de apoyo que utilizan combustibles líquidos y gaseosos.
- UNE-ISO 9459-2:2008. Calentamiento solar. Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 2: Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares.
- UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.
- UNE-EN 12976-1:2006. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12976-2:2006. Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12976-2:2006. Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.
- UNE-EN ISO 9488:2001. Energía solar. Vocabulario.

En cuanto a la **certificación energética** al ser una nueva condición impuesta en los últimos años tampoco hay demasiada legislación. Las exigencias establecidas en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo se transpusieron en el R.D. 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprobó el “Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción” (Vigente hasta el 14 de Abril de 2013).

Con posterioridad la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, ha sido modificada mediante la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, circunstancia que ha hecho necesario transponer de nuevo al ordenamiento jurídico español las modificaciones que introduce con respecto a la Directiva modificada, creándose así el R.D. 235/2013, de 5 de abril que se aplica en la actualidad.

En resumen, el RD 235/2013 determina cual es el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios nuevos y deja claro que tendrá que ser desarrollado por el órgano correspondiente de cada una de las Comunidades Autónomas. Éstas tendrán que llevar el registro de las certificaciones energéticas en su ámbito territorial correspondiente, así como de realizar el control y la inspección.

Seguridad y salud

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE No 269, 10 de noviembre de 1995). Modificada por:
 - Ley 50/1998 de 30 de Diciembre (BOE 31/12/98)
 - RD 5/2000 de 4 de Agosto
 - Ley 54/2003 de 12 de Diciembre (BOE 14/12/2004)
 - RD 171/2004 DE 30 de Enero donde se desarrolla el Art. 24 de Ley 31/1995
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras. (BOE No 256, 25 de octubre de 1997). Modificada por:
 - RD 21777/2004 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.
 - RD 604/2006 de 19 de Mayo (BOE 29/05/06).
 - RD 337/2010 de 19 de Marzo.
- Real Decreto 485/1997. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (BOE No 97, 23 de abril de 1997).
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril de 1997. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (BOE no 140, de 12 de junio de 1997).
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Modificada por:
 - RD 2177/2004 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.

1.1.11 Bibliografía

- [1] Garcés Martínez, José Gabriel. *Instalaciones de captación solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria - Aplicación en Barcelona Ciudad de la ordenanza Municipal sobre captación solar térmica - Perspectivas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona* <<https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=13276/2010/1/53673/21672-2641.pdf>>
- [2] Euskalmet (2011). Climatología del País Vasco: *Agencia Vasca de Meteorología*. Recuperado de <http://www.euskalmet.euskadi.eus/s07-5853x/es/contenidos/informacion/cla_clasificacion/es_7264/es_clasificacion.html>
- [3] Álvarez, E. Y Mosácula, C. (2013). Energía y Edificación. Implicaciones de la normativa energética y potencial de ahorro en rehabilitación. *Coadernos Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad*. <http://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/regeneracion_urbana/es_def/adjuntos/energia_y_edificacion.pdf>
- [4] Zygierewicz, A. (2016). Implementation of the Energy Efficiency Directive (2012(27/EU): Energy Efficiency Obligation Schemes. *European Implementation Assesment*, European Parliament. <[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/579327/EPRS_STU\(2016\)579327_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/579327/EPRS_STU(2016)579327_EN.pdf)>
- [5] Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (2016). *La Energía en España 2016*. Centro de publicaciones, Gobierno de España <<https://www.mincotur.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/energia-espana-2016.pdf>>
- [6] Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (2016). *La Energía en España 2016*. Centro de publicaciones, Gobierno de España <<https://www.mincotur.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/energia-espana-2016.pdf>>
- [7] Compromiso Empresarial (4 de Septiembre de 2018). Los cinco retos de España ante la nueva norma energética en construcción. *Compromiso Empresarial*. <<https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2018/09/los-cinco-retos-de-espana-ante-la-nueva-norma-energetica-en-construccion/>>
- [8] Energía Solar (2018). Energía solar térmica. *Energía Solar*. <<https://solar-energia.net/energia-solar-termica>>
- [9] Eba (2017). La biomasa: producir energía con un sistema ecológico. *Eba, estructuras bioclimáticas avanzadas S.L.* <<http://ebas.es/producir-energia-con-la-biomasa/>>
- [10] Certificados Energéticos (20 de Enero de 2015). Producción sostenible de agua caliente en edificios aprovechando la energía solar. Certificados Energéticos. Recuperado de <<https://www.certificadosenergeticos.com/produccion-sostenible-agua-caliente-edificios-aprovechando-energia-solar>>
- [11] Energía Solar (29 de mayo de 2018). Captadores solares térmicos. *Energía Solar*. <<https://solar-energia.net/energia-solar-termica/captadores-solares-termicos>>

- [12]Energías renovables (29 de Octubre de 2015). Energía solar térmica para ACS. *Energías Renovables*. <<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/energia-solar-termica-acs/>>
- [13]Becube (2018). Funcionamiento. *Best-Energy* <<http://www.best-energy.cl/productos/funcionamiento/>>
- [14]MSEM (2013). Energía solar térmica. *MSEM Multi Servicios Empresariales*. <<http://www.msem.com.mx/index.php/paneles-solares-termicos>>
- [15]Sistemas de agua caliente sanitaria. (2018). https://www.mschs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/3_leg.pdf
- [16]Lansolar (2017). Energía solar térmica. *Lansolar Magazine* <<http://www.lansolar.com/paginas/revista/energia%20solar%20termica.pdf>>
- [17]Eکیدom (2016). Tipos de instalaciones solares térmicas. *Eکیدom, energías renovables*. <<http://www.ekidom.com/tipos-de-instalaciones-solares-termicas>>
- [18]Terra (7 de mayo de 2007). Guía práctica de una instalación de energía solar térmica. *Terra, ecología práctica*. <<http://www.terra.org/categorias/articulos/guia-practica-de-una-instalacion-de-energia-solar-termica>>
- [19]Ingemecánica (2009). Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria A.C.S. *Ingemecánica*. <<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>>
- [20]Sopelia es la plataforma solar de América Latina. (2018). *Colector Solar Plano*. [online] Available at: <http://www.energiasolar.lat/colector-solar-plano>
- [21]Bortignon, S. (2011). Cómo Orientar los Paneles Solares. *Mpp Solar*. <<https://www.mpptsolar.com/es/orientacion-inclinacion-paneles-solares.html>>
- [22]Blasco, F. (4 de diciembre de 2012). Calculo instalación fotovoltaica aislada de la red (off-grid) Part 2 (campo fotovoltaico: orientación e inclinación). *Solar Action* (<http://solaraction.blogspot.com/2012/12/calculo-instalacion-fotovoltaica.html>)
- [23]PREOC | preoc.es. (2018). Retrieved from <http://www.preoc.es/premeti/web/show_limits/>
- [24]Cointra (2017). ¿De qué material tienen que ser las tuberías para agua caliente sanitaria (ACS)?. *Cointra* <<https://www.cointra.es/material-tienen-las-tuberias-agua-caliente-sanitaria-acs/>>
- [25]Grupoariza (2018). Polipropileno, (Por): Uno de los tubos de plástico más utilizados en fontanería. *BlogAriza2 contigo*. <<https://grupoariza.es/nuevosmateriales-fontaneria/polipropileno-ppr>>
- [26]García, R. (2017). Aislamiento Térmico de Tuberías en Instalaciones de Fontanería y Calefacción. *E-ficiencia*. <<https://e-ficiencia.com/aislamiento-termico-de-tuberias/>>
- [27]Ministerio de Industria, Energía y Turismo (Septiembre de 2013). *Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Visión consolidada*. Secretaría de Estado de Energía, Dirección general de política energética y minas. <<https://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>>

- [28]Digfineart (21 de julio de 2018). ¿Cómo funciona una bomba de recirculación para un sistema de agua caliente?. *Digfineart*. Recuperado en<<http://www.digfineart.com/OGzx6WdLp/>>
- [29]Quimacer (24 de octubre de 2018). La química de las energías renovables. Anticongelante/Caloportador. *Quimacer*. <http://quimacer.com/644005_es/anticongelante-caloportador/>
- [30]Marcas - Glosario técnico - Glosario Técnico - Vaso de expansión. (2018). Retrieved from <https://www.caloryfrio.com/459-vaso-de-expansion-descripcion-funcionamiento.html>
- [31]Saincal (15 de octubre de 2014). ¿Sabes para que sirve tu vaso de expansión?. *Calefacción, Elementos instalación, mantenimiento*. <<http://www.saincal.com/sabes-para-sirve-tu-vaso-de-expansion/>>
- [32]Openclima (28 de Junio de 2013). Los purgados son esenciales en una buena instalación de radiadores de calefacción. *Accesorios, Consejos, Instalaciones*. *Openclima* <<https://blog.openclima.com/purgadores-para-radiadores-de-calefaccion/>>
- [33]Arnabat, I. (20 de septiembre de 2015). Calderas de biomasa y pellets. Las ventajas de la calefacción más ecológica. *Caloryfrio el portal sectorial de las instalaciones*. <<https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calderas/calderas-de-biomasa-ventajas-y-funcionamiento.html>>
- [34]Ferrolí (julio de 2015). Tipos de combustibles de biomasa. *Ferrolí* <<https://blog.ferrolí.es/tipos-de-combustibles-de-biomasa/>>
- [35]Harnasner (20 de octubre 2014). Pellets, astilla y leña para producir calor. *Hargassner*. <<https://www.hargassner.es/2014/10/20/pellets-astilla-y-lena-para-producir-calor/>>
- [36]Energías Renovables (27 de noviembre de 2014). Tipos de combustible para calderas de biomasa. *Energías Renovables*.<<http://www.energiasrenovablesinfo.com/biomasa/tipos-combustible-calderas-biomasa/>>
- [37]Harnassner (20 de noviembre de 2015). Astillas, un recurso para producir energía de biomasa. *Harnassner*<<https://www.hargassner.es/2015/11/20/astillas-un-recurso-para-producir-energia-de-biomasa/>>
- [38]Universidad de Oviedo (6 de marzo de 2017). Investigadores concluyen que el discanto sería el mejor cultivo herbáceo para producir energía en el noroeste de España. *Universidad de Oviedo*. <<http://www.uniovi.es/en/-/investigadores-concluyen-que-el-miscanto-seria-el-mejor-cultivo-herbaceo-para-producir-energia-en-el-noroeste-de-espana>>
- [39]Calor Renove (2017). Cáscara de almendra, productos ecológicos. *Calor Renove Climatización eficiente*. <<https://www.calorrenove.es/combustibles/cascara-de-almendra/>>
- [40]Junkers (2018). AGS/AGS...E, Grupos de Bombeo Solar. *Junker*.<https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_7680>
- [41]CALORYFRIO, I., & CALORYFRIO, I. (2018). Calderas de biomasa y pellets. Las ventajas de la calefacción más ecológica. Retrieved from <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calderas/calderas-de-biomasa-ventajas-y-funcionamiento.html>

- [42]Cómo elegir una caldera de biomasa para viviendas unifamiliares | Hargassner. (2018). Retrieved from <https://www.hargassner.es/2015/04/10/como-elegir-una-caldera-de-biomasa-para-viviendas-unifamiliares/>
- [43]Room, H., Room, M., Service, I., & Clientes, A. (2018). Cómo funciona una caldera de biomasa - IMARTEC - Servicios energéticos. Retrieved from <https://www.imartec.es/como-funciona-una-caldera-de-biomasa/>
- [44]EASYPELL. (2018). Retrieved from https://www.easypell.com/fileadmin/user_upload/Downloads/ES/flyer_easypell_v1.pdf
- [45]Acumulador de inercia. (2018). Retrieved from <https://www.solarfocus.com/es/productos/acumulacion/acumulador-de-inercia>
- [46]FOTOTERMIC. (2018). Retrieved from http://www.fototermic.com/Pdf/Biomassa/Generacion_de_energia_termica_con_biomasa_SODEAN.pdf
- [47]GRUPOS DE BOMBEO SOLAR AGS. (2018). Retrieved from https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_7680
- [48]BAR, V. (2018). VASO EXPANSION 18 CMF 18L 4 BAR - Materiales Calefacción. Retrieved from <https://www.materialescalefaccion.com/vasos-de-expansion/1888-vaso-expansion-18-cmf-18l-4-bar.html>
- [49]GmbH, Ö. (2018). Silo textil | Calderas de pellets OkoFEN. Retrieved from http://www.okofen.es/es/silo_textil/
- [50]CERTIFICADO ENERGÉTICO. (2018). Retrieved from <https://www.fotocasa.es/blog/hogar/energia/en-que-consiste-el-certificado-de-eficiencia-energetica/> <https://www.certicalia.com/que-es-un-certificado-energetico>
- [51]Contribución solar mínima de agua caliente. (2018). Retrieved from <http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanita>
- [52]Catálogo solar térmica. (2018). Retrieved from http://www2.fagor.com/es/solar/productos/solarter/catalogos/catalogo_solar_termica.pdf
- [53]Vasco, P., Amoroto, C., Amoroto, D., & Amoroto, T. (2018). Clima Amoroto: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Amoroto - Climate-Data.org. Retrieved from <https://es.climate-data.org/location/293321/>
- [54]Temperaturas históricas en España. (2018). Retrieved from <http://www.emiliopolis.net/es/int/cli/esp-totales.htm>
- [55]Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto. (2016). Retrieved from http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf

- [56]Vasco, P., Amoroto, C., Amoroto, D., & Amoroto, T. (2018). Clima Amoroto: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Amoroto - Climate-Data.org. Retrieved from <https://es.climate-data.org/location/293321/>
- [57]GRUPOS DE BOMBEO SOLAR AGS. (2018). Retrieved from https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_7680
- [58]Catálogo sistema de regulación y control. (2018). Retrieved from http://sfcalefaccion.com/pdfcatalogos/DIVISION_6%20regulacion%20y%20control.pdf
- [59]Cero, E. (2018). Ventajas de las calderas de pellets Easypell | Ventajas biomasa. Retrieve
- [60]Ministerio de Industria, Comercio y Turismo - Gas Natural y Medio Ambiente. (2018). Retrieved from <https://www.mincotur.gob.es/energia/gas/Gas/Paginas/gasnatural.aspxd> from <https://www.easypell.com/es/producto/informacion-del-producto.html>
- [61]Calefacción, P. (2018). Precio Gasoil Calefacción | ClickGasoil. Retrieved from <https://www.clickgasoil.com/c/precio-gasoil-calefaccion>

1.2 MEMORIA JUSTIFICATIVA

1.2.1 Cálculos

1.2.1.1 Calculo instalación solar térmica

1.2.1.1.1 Datos de partida

Para dimensionar la instalación será necesario partir de los siguientes datos:

- Provincia: Bizkaia. Latitud: 43º19'43.39" N
- Localidad: Amoroto. Longitud: 2º31'21.64"
- Temperatura para abastecer: 60ºC.

Tabla 17. Datos de partida.

Mes	Tacs(ºC)	Tr(ºC)	H($\frac{KJ}{m^2}$)
ENERO	60	6	5000
FEBRERO	60	7	7100
MARZO	60	9	10800
ABRIL	60	11	12700
MAYO	60	12	15500
JUNIO	60	13	16700
JULIO	60	14	17900
AGOSTO	60	13	15700
SEPTIEMBRE	60	12	13100
OCTUBRE	60	11	9300
NOVIEMBRE	60	9	6000
DICIEMBRE	60	6	4600

- Tacs: temperatura del agua caliente sanitaria,
- Tr: temperatura de red mínima del agua y
- H: radiación solar media diaria.

Estos datos se obtienen a partir de los datos estándar de las tablas del pliego de condiciones.

1.2.1.1.1.1 Zona climática

En el apartado 4.2 de la Sección HE4, del DB HE del Código Técnico de la Edificación (CTE), se definen las zonas climáticas como las zonas para la que se definen unas solicitaciones exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética. Se identifica mediante una letra, correspondiente a la severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano. Se indican sus límites en un mapa y una tabla de localidades.

En la Tabla 18 se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

Tabla 18. Límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia.

ZONA CLIMÁTICA	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13.7$	
II	$13.7 \leq H < 15.1$	$3.8 \leq H < 4.2$
III	$15.1 \leq H < 16.6$	$4.2 \leq H < 4.6$
IV	$16.6 \leq H < 18.0$	$4.6 \leq H < 5$
V	$H \geq 18$	$H \geq 5$

Para aquellas localidades distintas de las capitales de provincia, a efectos de aplicación de este Documento Básico podrá emplearse el dato correspondiente a la capital de provincia, o bien otros datos oficiales de Radiación Solar Global media diaria anual aplicables a dicha localidad.

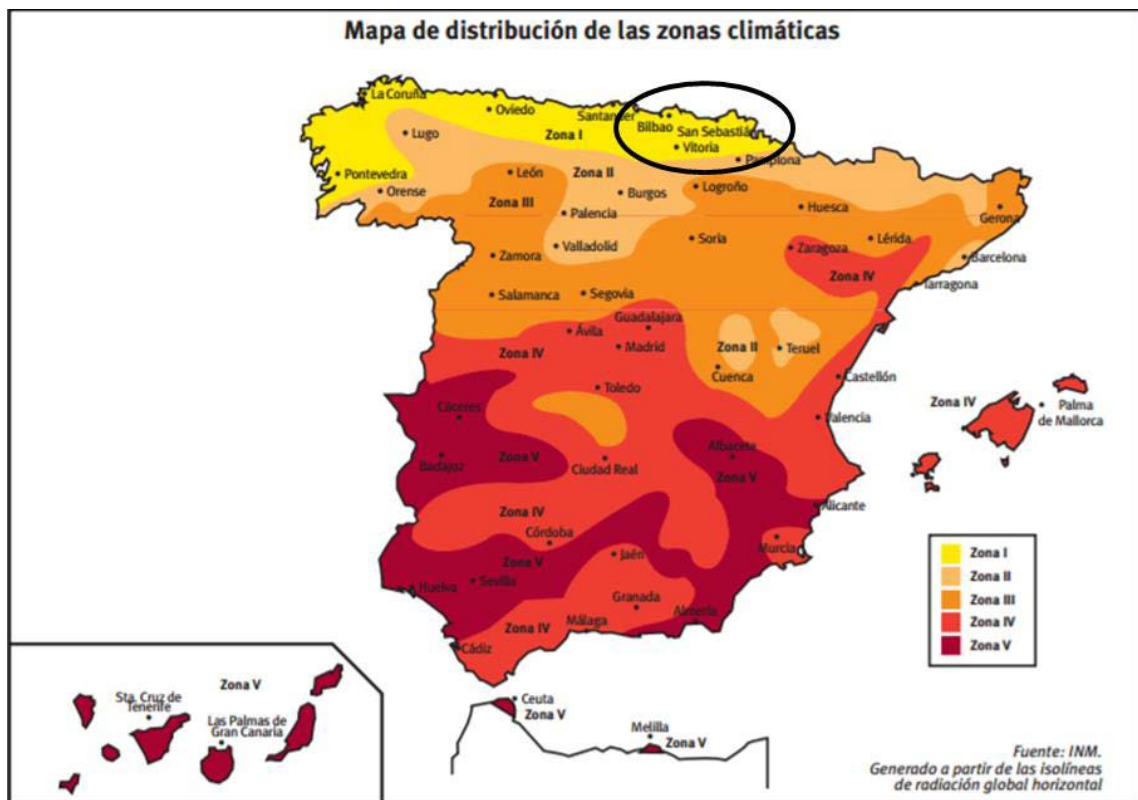


Figura 29. Mapa de distribución de las zonas climáticas.

En la Figura 29 se muestra un mapa donde se aprecian las diferentes zonas climáticas de la península. Como se puede observar, la zona climática de Vizcaya a la cual pertenece el edificio objeto de estudio pertenece a la Zona I.

1.2.1.1.1.2 Contribución solar mínima

Esta sección es aplicable en el proyecto objeto, ya que trata de la rehabilitación del edificio existente y existe una demanda de agua caliente sanitaria superior al de 50l/d.

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS obtenidos a partir de los valores mensuales, según se define en el apartado 2.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE.

En la Tabla 19 se establece, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS.

Tabla 19. Niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C para cada zona climática. (Fuente: HE4, del DB HE del CTE)

DEMANDA TOTAL A.C.S DEL EDIFICIO (L/D)	ZONA CLIMÁTICA				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	40	50	60
5.000-10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

Como se puede observar en la tabla anterior, dado que el consumo diario está entre 50-5000 l/d, para la instalación objeto del proyecto la cobertura mínima exigida por el CTE es de un 30% de la demanda de ACS.

1.2.1.1.1.3 Demanda energética de ACS

La demanda energética de los edificios se limita en función de la zona climática de su localidad de ubicación y del uso previsto.

El primer paso para el diseño de una instalación de producción de agua caliente sanitaria es determinar la demanda energética de la instalación. Este cálculo se realiza a partir de una serie de datos como son el consumo diario de agua, la temperatura de entrada del agua red y la temperatura de referencia para el agua caliente sanitaria.

En instalaciones, nuevas o existentes, para las que se disponga de datos de consumo de instalaciones similares medidos en años anteriores, podrá utilizarse éstos previa justificación siendo conveniente realizar tomas de datos de consumo de agua caliente, en el caso de que no los hubiera.

En caso de no disponer de datos, se utilizarán para el diseño los consumos unitarios expresados en la tabla 20, en la que se ha considerado una temperatura de referencia de 60°C. Esta tabla se define en el apartado 4.1.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE.

Tabla 20. Consumos unitarios para una temperatura de referencia de 60°C (Fuente: HE4, del DB HE del CTE)

CRITERIO DE DEMANDA	LITROS/DÍA·UNIDAD	UNIDAD
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel / Hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/ Pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios / Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Conforme a los consumos unitarios de la Tabla 20 normalizada del CTE DBHE 4, vista anteriormente, sabiendo que el edificio objeto de estudio es una vivienda unifamiliar, se establece un consumo de 28 L/persona para una temperatura de A.C.S de 60°C.

A efectos del cálculo de la carga de consumo, los valores orientativos de temperatura de agua fría se indican en la tabla 21. Dichos datos se obtienen a partir de los datos estándar de las tablas del pliego de condiciones.

También se podrán tomar en consideración los indicados en la norma UNE 94002. La utilización de otros datos de temperaturas de agua fría deberá ser justificada, indicando la procedencia y proceso de obtención de los mismos.

Tabla 21. Tª agua red para la provincia de Vizcaya en °C.

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tr(°C)	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6

Para obtener los consumos diarios de agua se recurre a la tabla del Documento Básico HE (Ahorro de Energía) del CTE para la vivienda de estudio. El cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando los valores mínimos siguientes:

Tabla 22. Ocupación de la vivienda según nº de dormitorios.

OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA SEGÚN Nº DORMITORIOS							
Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de personas	1.5	3	4	5	6	6	7

La vivienda sobre la que se va a dimensionar la instalación consta de 4 dormitorios, una en la planta baja y tres en la planta primera. Sin embargo, la gambara del piso bajo cubierta también será utilizado como dormitorio en un futuro cercano, por lo que se dimensionara la casa como para 5 dormitorios. La distribución de los dormitorios se refleja en los planos 3 `Distribución planta baja´ y 4 `Distribución planta primera´ del documento nº2 Planos, y según la tabla 22 le corresponde una ocupación total de 6 personas.

Sabiendo que el edificio objeto de estudio es una vivienda unifamiliar para seis personas, a 28 L/día, se calcula que serán necesarios 168 L/día a 60°C.

A continuación, se exponen los valores de la demanda de ACS mensuales para la vivienda objeto del proyecto.

Tabla 23. Demanda de ACS mensual.

Mes	Litros/días	Nº de días	Litros/mes
ENERO	168	31	5208
FEBRERO	168	28	4704
MARZO	168	31	5208
ABRIL	168	30	5040
MAYO	168	31	5208
JUNIO	168	30	5040
JULIO	168	31	5208
AGOSTO	168	31	5208
SEPTIEMBRE	168	30	5040
OCTUBRE	168	31	5040
NOVIEMBRE	168	30	5040
DICIEMBRE	168	31	5208

Una vez aplicados los cálculos, con los valores de las temperaturas de entrada del agua red para la provincia de Vizcaya en la Tabla 21 y la temperatura de referencia para el agua caliente sanitaria obtenemos los consumos en litros mensuales de agua caliente sanitaria a 60°C.

Para obtener las cargas caloríficas que determinan la cantidad de calor necesario mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico se recurre a la siguiente Ecuación 1

$$Q_{acs} = M \cdot C_e \cdot (T_{acs} - T_r) \cdot N \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde

- Q_{acs} : demanda de energía térmica para A.C.S. (KJ/mes)
- M : consumo de agua caliente sanitaria al día (L/día)
- C_e : calor específico a presión constante del agua (4,18 KJ/kg °C)
- T_{acs} : temperatura del A.C.S. de acumulación (60°C)
- T_r : temperatura del agua fría de la red de suministro (°C)

- **N**: número de días del mes

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la Tabla 24

Tabla 24. Demanda energética de ACS.

Mes	C_e (KJ/Kg°C)	Nº de días en cada mes	M (l/d)	T_{ac} (°C)	T_r (°C)	Q_{acs} (KJ)
ENERO	4,18	31	168	60	6	1175549,76
FEBRERO	4,18	28	168	60	7	1042124,16
MARZO	4,18	31	168	60	9	1110241,44
ABRIL	4,18	30	168	60	11	1032292,8
MAYO	4,18	31	168	60	12	1044933,12
JUNIO	4,18	30	168	60	13	990158,4
JULIO	4,18	31	168	60	14	1001394,24
AGOSTO	4,18	31	168	60	13	1023163,68
SEPTIEMBRE	4,18	30	168	60	12	1011225,6
OCTUBRE	4,18	31	168	60	11	1066702,56
NOVIEMBRE	4,18	30	168	60	9	1074427,2
DICIEMBRE	4,18	31	168	60	6	1175549,76
ANUAL	4,18	365				12747762,72

La demanda energética de ACS para todos los meses del año ha sido calculada mediante los cálculos previamente descritos, pudiéndose observar un acusado descenso en los meses estivales respecto a los invernales, principalmente por el salto térmico entre el agua de red y el de ACS.

1.2.1.1.2 Diseño y cálculo de la producción energética de ACS

1.2.1.1.2.1 Orientación e inclinación de los captadores

Buscando el máximo rendimiento posible de los colectores, los parámetros más importantes a tener en cuenta serán la orientación y la inclinación.

Para el cálculo de la orientación más adecuada se deberán tener en cuenta las condiciones que exponen el CTE (DB HE-4) y el RITE.

La orientación (Figura 30) óptima es hacia el Sur geográfico, ya que en función de la curva que describe el sol en el cielo respecto al horizonte, es donde los rayos inciden durante más horas. Sin embargo, debido a que el caserío Elorraran tiene una orientación de Este a Oeste será necesario asumir ciertas pérdidas que serán calculadas posteriormente.

Según el CTE solo se podrán admitir desviaciones máximas de 25º con respecto a dicha orientación. Sin embargo, pequeñas modificaciones del ángulo de orientación respecto al Sur no producen grandes variaciones en el rendimiento global anual de la instalación, siempre y cuando éstas no superen los 15º al Este o al Oeste. En el caso del caserío Elorraran la desviación respecto al sur geográfico es de - 14º (Figura 30), debido que se desvía hacia el Este, aunque no sea una orientación óptima, cumple las exigencias del CTE y no dañara en exceso el rendimiento.

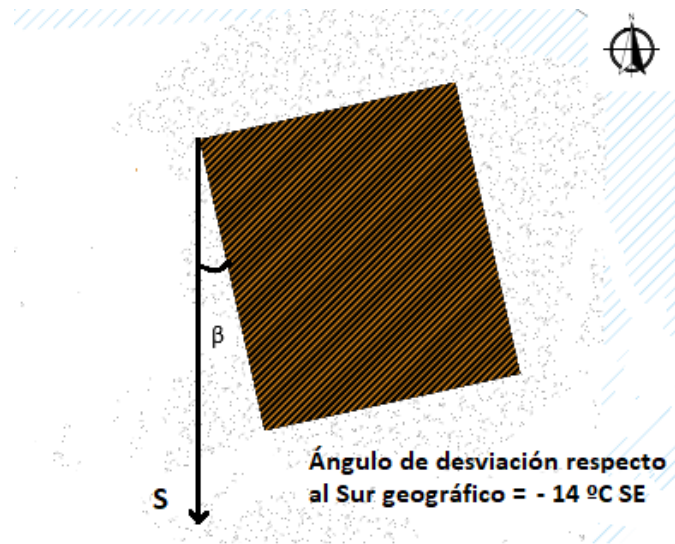


Figura 30. Angulo de desviación de la vivienda respecto al Sur geográfico.

El ángulo de inclinación de los colectores sobre el plano horizontal se determina en función de la latitud geográfica β y del período de utilización de la instalación.

Se determina la inclinación óptima, en función de los tres casos siguientes:

- Si la demanda de A.C.S. es constante anualmente: la latitud geográfica.
- Si la demanda preferentemente en invierno: la latitud geográfica + 10º.
- Si la demanda es preferentemente en verano: la latitud geográfica - 10º.

Para calcular la inclinación óptima de la superficie colectora, se halla el valor medio ponderado " α " de las inclinaciones óptimas " α_i " calculadas para cada mes de forma individual.

El centro de estudios de la energía (Censolar), establece las siguientes expresiones para realizar los cálculos oportunos:

$$h_i = 90^\circ - L + 23,5 \cdot \text{sen} (29,6 N - 92,4) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- h_i : ángulo de radiación. (ºC)
- N : número de orden del mes (enero = 1, febrero = 2, etc.).

- L: latitud del lugar. (°C)

Entonces las inclinaciones óptimas para cada mes serán:

$$\alpha_i = 90^\circ - h_i = L - 23,5 \cdot \text{sen} (29,6 N - 92,4)$$

Ecuación 3

En la Tabla 25 se reflejan los resultados de las ecuaciones previamente descritas.

Tabla 25. Inclinaciones óptimas del captador para cada mes.

	N	L (°C)	Hi (°C)	α (°C)
ENERO	1	43,19	25,91	64,09
FEBRERO	2	43,19	33,94	56,05
MARZO	3	43,19	45,33	44,66
ABRIL	4	43,19	57,11	32,88
MAYO	5	43,19	66,2	23,8
JUNIO	6	43,19	70,22	19,77
JULIO	7	43,19	68,14	21,85
AGOSTO	8	43,19	60,49	29,51
SEPTIEMBRE	9	43,19	49,26	40,73
OCTUBRE	10	43,19	37,402	52,59
NOVIEMBRE	11	43,19	27,99	62,007
DICIEMBRE	12	43,19	23,49	66,50
				42,874

Tal y como se puede observar en los cálculos anteriores la inclinación óptima para el colector es de 42,874%. Aun así, se ha decidido colocarlos con una inclinación del 25% respecto al plano horizontal, debido a que el colector se colocará en el tejado de la vivienda, y este posee dicha inclinación.

Además, la variación respecto al grado óptimo de inclinación no producirá grandes reducciones en el rendimiento y de este modo se reducirán los costes debido a que no será necesario instalar un soporte.

1.2.1.1.2.2 Predimensionamiento de la instalación

Para calcular las superficies del captador y del acumulador se debe tener en cuenta las condiciones definidas en el CTE (DB HE-4) y el RITE (ITE 10.1.3.2).

El área del colector estará marcada por Ecuación 4, definida en el RITE (ITE 10.1.3.2):

$$1,25 \leq 100A/M \leq 2$$

Ecuación 4

Donde:

- **A**: la suma de las áreas de los colectores (m²).
- **M**: consumo medio diario de los meses de verano (L/d).

Por lo tanto, al ser M = 168 l/d, la superficie de captación ha de ser:

$$1,25 \leq 100A/168 \leq 2$$

$$1,25 \leq 0,59523 \cdot A \leq 2$$

$$2,1 \leq A \leq 3,36$$

Debido a esta restricción en la superficie de captación, el colector solar seleccionado será el que, dentro de sus dimensiones, se encuentre entre los límites permitidos y presente a su vez un alto rendimiento solar.

Una vez establecida la condición para la superficie de captación, el CTE (DBHE-4 3.3.3.1) establece que, para aplicaciones de ACS, el área total de captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición de la Ecuación 5:

$$50 < V/A < 180$$

Ecuación 5

Por lo tanto, se determinará el área del captador solar A para obtener la superficie de captación V. Además, en las instalaciones cuyo consumo sea constante a lo largo del año, como es este caso, el volumen del depósito de acumulación cumplirá la condición de la *Ecuación 6*.

$$0,8M \leq V \leq M$$

Ecuación 6

$$0,8 \cdot 168 \leq V \leq 168$$

$$134,4 \leq V \leq 168$$

Por lo tanto, para el dimensionamiento final se elegirá el acumulador de FAGOR Solaris ISF-150SR de 150 litros, que cumple los dos requisitos descritos anteriormente, y cuyo volumen es similar al consumo de la vivienda.

1.2.1.2 Cálculo de la cobertura solar. Método F-Chart

El método de cálculo utilizado será el de las curvas f (F-Chart), el cuál es el recomendado por el “CTE” (código técnico de la edificación) y el “Pliego de condiciones técnicas para instalación solar térmica de baja temperatura” del IDAE, ya que es el ampliamente aceptado por un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones.

El método F-chart permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Para estudiar este parámetro indicativo se determina la fracción Aportación/Consumo, la cual se pretende que oscile lo más próxima a la unidad, lo que se consigue en los meses de verano, produciéndose un déficit energético en los meses invernales, el que deberá ser cubierto por un sistema de apoyo.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la siguiente fórmula:

$$f = 1,029 * D_1 - 0,065 * D_2 - 0,245 * D_1^2 + 0,0018 * D_2^2 + 0,0215 * D_1^3 \quad \text{Ecuación 7}$$

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente: [51]

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de A.C.S. o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro D1.
4. Cálculo del parámetro D2.
5. Valoración de la cobertura solar mensual. Determinación de la gráfica f aportada por el sistema de captación solar.
6. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas de grado de cobertura solar o fracción solar anual F.

7. Determinación de la superficie de captación solar S_c .
8. Cálculo de la producción solar mensual y anual.

1.2.1.2.1 Energía teórica disponible

Para el cálculo de la energía teórica disponible o energía aprovechable que incide en un día medio de cada mes sobre cada metro cuadrado de superficie inclinada de los captadores (R), hay que tener en cuenta un factor muy importante a valorar como es la irradiación horizontal media (H) para cada mes en la provincia de estudio, y será necesario acudir a una tabla de irradiación horizontal media de la provincia considerada, Vizcaya en este caso, y corregir estos valores en base a la inclinación, aplicando las correcciones siguientes:

1. Si la ubicación es en área de montaña o con atmósfera muy limpia, la irradiación se multiplica por 1,05.
2. Si la ubicación es en áreas polucionadas o grandes urbes, la irradiación se multiplica por 0,95.
3. Si, especialmente en los meses de invierno, hay algún obstáculo que proyecte su sombra sobre los colectores en algún momento del día en que la instalación solar esté en funcionamiento, hay que estimar para dichos meses un factor de corrección, ya que una parte de la energía solar será bloqueada por el obstáculo.
4. Finalmente, pueden tenerse en cuenta otros factores diversos, como microclimas singulares, nieblas o brumas frecuentes, reflexión de superficies cercanas que pueden, si son de colores blancos o claros, aumentar ligeramente la irradiación al reflejar sobre el colector una pequeña cantidad de energía adicional, etc.

Los datos para la irradiación solar media mensual se obtienen de la guía ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica) y la norma UNE 94003. Dicha información también se encuentra en el IDEA.

Tabla 26 Valores de radiación incidentes en España

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1 ÁLAVA	4,6	6,9	11,2	13	14,8	16,6	18,1	17,3	14,3	9,5	5,5	4,1	11,3
2 ALBACETE	6,7	10,5	15	19,2	21,2	25,1	26,7	23,2	18,8	12,4	8,4	6,4	16,1
3 ALICANTE	8,5	12	16,3	18,9	23,1	24,8	25,8	22,5	18,3	13,6	9,8	7,6	16,8
4 ALMERÍA	8,9	12,2	16,4	19,6	23,1	24,6	25,3	22,5	18,5	13,9	10	8	16,9
5 ASTURIAS	5,3	7,7	10,6	12,2	15	15,2	16,8	14,8	12,4	9,8	5,9	4,6	10,9
6 ÁVILA	6	9,1	13,5	17,7	19,4	22,3	26,3	25,3	18,8	11,2	6,9	5,2	15,1
7 BADAJOZ	6,5	10	13,6	18,7	21,8	24,6	25,9	23,8	17,9	12,3	8,2	6,2	15,8
8 BALEARES	7,2	10,7	14,4	16,2	21	22,7	24,2	20,6	16,4	12,1	8,5	6,5	15
9 BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
10 BURGOS	5,1	7,9	12,4	16	18,7	21,5	23	20,7	16,7	10,1	6,5	4,5	13,6
43 SEVILLA	7,3	10,9	14,4	19,2	22,4	24,3	24,9	23	17,9	12,3	8,8	6,9	16
44 SORIA	5,9	8,7	12,8	17,1	19,7	21,8	24,1	22,3	17,5	11,1	7,6	5,6	14,5
45 TARRAGONA	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3	15,1
46 TERUEL	6,1	8,8	12,9	16,7	18,4	20,6	21,8	20,7	16,9	11	7,1	5,3	13,9
47 TOLEDO	6,2	9,5	14	19,3	21	24,4	27,2	24,5	18,1	11,9	7,6	5,6	15,8
48 VALENCIA	7,6	10,6	14,9	18,1	20,6	22,8	23,8	20,7	16,7	12	8,7	6,6	15,3
49 VALLADOLID	5,5	8,8	13,9	17,2	19,9	22,6	25,1	23	18,3	11,2	6,9	4,2	14,7
50 VIZCAYA	5	7,1	10,8	12,7	15,5	16,7	17,9	15,7	13,1	9,3	6	4,6	11,2
51 ZAMORA	5,4	8,9	13,2	17,3	22,2	21,6	23,3	22	17,2	11,1	6,7	4,6	14,3
52 ZARAGOZA	6,3	9,8	15,2	18,3	21,8	24,2	25,1	23,4	18,3	12,1	7,4	5,7	15,6

La Tabla 26 muestra la irradiación media diaria del mes sobre una superficie horizontal.

Tabla 27. Irradiación horizontal media en Vizcaya (MJ/m^2).

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
5	7,1	10,8	12,7	15,5	16,7	17,9	15,7	13,1	9,3	6	4,6	11,2

Una vez conocida H, hay que hallar la energía aprovechable que incide en un día medio de cada mes sobre cada metro cuadrado de superficie inclinada de los captadores (R). Para la corrección de estos valores recurrimos a la *Ecuación 8*.

$$R = H \cdot k \cdot k' \cdot k'' \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

- **R:** radiación incidente en un día medio de cada mes sobre metro cuadrado de superficie inclinada ($KJ \text{ día}/m^2$)
- **K:** factor de corrección en función de la inclinación de los captadores y de la latitud del lugar en que se disponga la instalación. En el caso de Elorran, Amoroto, latitud 43° y se toma una inclinación de los captadores de 25° , debido a que el tejado posee dicha inclinación. El factor de corrección K también sale del anteriormente citado Pliego de Condiciones de IDEA tal y como se muestra a continuación:

Tabla 28. Factor de corrección de k. Para latitud de 43°C.
LATITUD = 43°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,09
10	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15	1,22	1,18	1,13	1,08	1,05	1,03	1,05	1,09	1,15	1,23	1,27	1,26
20	1,28	1,22	1,16	1,09	1,05	1,03	1,05	1,1	1,19	1,29	1,35	1,33
25	1,33	1,26	1,18	1,1	1,04	1,02	1,04	1,11	1,22	1,34	1,42	1,4
30	1,37	1,29	1,2	1,1	1,03	1	1,03	1,11	1,24	1,38	1,48	1,45
35	1,41	1,31	1,2	1,09	1,01	0,98	1,01	1,1	1,25	1,42	1,52	1,5
40	1,43	1,33	1,2	1,07	0,98	0,95	0,98	1,09	1,25	1,44	1,56	1,54
45	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
50	1,46	1,33	1,17	1,02	0,91	0,87	0,91	1,03	1,23	1,46	1,61	1,58
55	1,46	1,32	1,15	0,98	0,86	0,82	0,86	1	1,21	1,45	1,62	1,59
60	1,45	1,3	1,12	0,94	0,81	0,76	0,81	0,95	1,17	1,44	1,62	1,59
65	1,43	1,27	1,08	0,89	0,75	0,7	0,75	0,9	1,13	1,41	1,61	1,58
70	1,41	1,23	1,03	0,83	0,69	0,64	0,69	0,84	1,09	1,38	1,58	1,56
75	1,37	1,19	0,98	0,77	0,62	0,57	0,62	0,78	1,03	1,34	1,55	1,53
80	1,33	1,14	0,92	0,7	0,55	0,49	0,55	0,71	0,97	1,28	1,51	1,49
85	1,28	1,08	0,85	0,63	0,47	0,42	0,47	0,64	0,9	1,22	1,45	1,44
90	1,22	1,02	0,78	0,56	0,4	0,34	0,39	0,56	0,83	1,16	1,39	1,38

- H: Radiación media diaria incidente horizontalmente en un m² de superficie (KJ·día/m²)
- K': efectos atmosféricos. El valor suele oscilar entre 0,75 y 1,20. Tomaremos K'=1 para todos los meses del año.
- K'': desviación respecto al sur geográfico. Se suele calcular mediante la expresión de la Ecuación 9

$$k'' = 1,14 - 0,0085 \cdot \beta$$

Ecuación 9

Donde:

- β = ángulo de desviación que debe estar comprendido entre 20° y 70°, intervalo de valores para los que la expresión anterior es válida. Si el ángulo de desviación es inferior a 20°, lo cual se corresponde con nuestro caso en concreto, $k'' = 1$
-

En la Tabla 29 se muestran los resultados del apartado de la energía teórica disponible:

Tabla 29. Radiación incidente R (KJ día/m²).

	H (KJ día/m ²)	K	K'	K''	R (KJ día/m ²)
ENERO	5000	1,33	1	1	6650
FEBRERO	7100	1,26	1	1	8946
MARZO	10800	1,18	1	1	12744
ABRIL	12700	1,1	1	1	13970

MAYO	15500	1,04	1	1	16120
JUNIO	16700	1,02	1	1	17034
JULIO	17900	1,04	1	1	18616
AGOSTO	15700	1,11	1	1	17427
SEPTIEMBRE	13100	1,22	1	1	15982
OCTUBRE	9300	1,34	1	1	12462
NOVIEMBRE	6000	1,42	1	1	8520
DICIEMBRE	4600	1,4	1	1	6440
ANUAL	11200				

1.2.1.2.1.1 Cálculo del parámetro D1:

El parámetro D1 expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano (E_a) y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes (Q_{acs}), cuya ecuación es la siguiente:

$$D1 = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{Carga calorífica}} \quad \text{Ecuación 10}$$

La energía absorbida por el captador (E_a) viene dada por la Ecuación 11.

$$E_a = Sc \cdot Fr'(\tau\alpha) \cdot R1 \cdot N \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

- E_a : energía absorbida por el captador (KJ)
- Sc : superficie del captador (m^2)
- $R1$: radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (KJ/m^2)
- N : número de días del mes
- $Fr'(\tau\alpha)$: factor adimensional, que viene dado por la Ecuación 12.

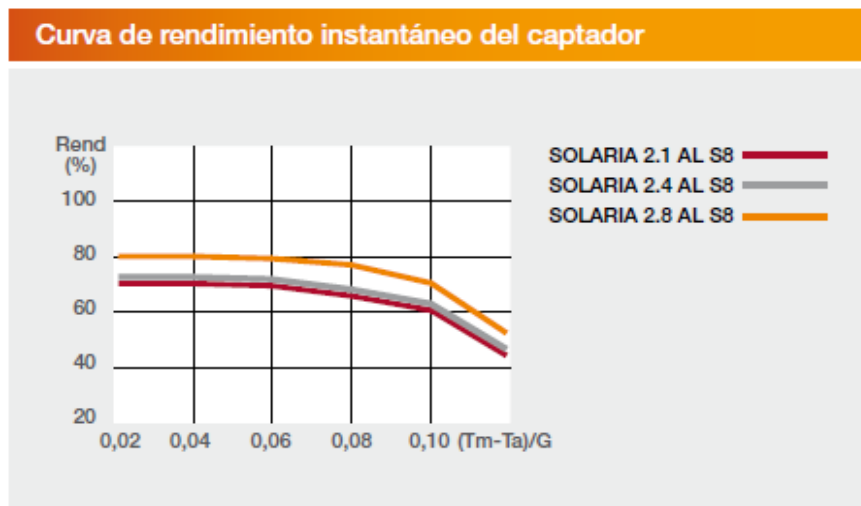
$$Fr'(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)n \cdot \tau\alpha/\tau\alpha(n) \cdot Fr'/Fr \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

- $Fr(\tau\alpha)n$: factor de eficiencia óptica del captador, es decir, la ordenada en el origen de la curva característica del captador (se extrae de los datos técnicos de los captadores).
- $\tau\alpha/\tau\alpha(n)$: modificación del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).

- Fr'/Fr : Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

Tras estudiar el mercado y las posibles opciones, el captador que nos ofrece la mejor fracción solar y a su vez el mayor rendimiento es el captador FAGOR SOLARIA 2.8 AL S8. A partir del siguiente gráfico suministrado por el fabricante, se obtiene el factor de eficiencia óptica del captador.



Gráfica 5. Curva de rendimiento instantáneo del captador SOLARIA 2.8 AL S8.[52]

Posteriormente, con los valores obtenidos de los datos técnicos del captador, y empleando las fórmulas descritas con anterioridad, se obtiene la Tabla 30

Tabla 30. Eficiencia óptica del captador SOLARIA 2.8 AL S8.

$Fr(\tau\alpha)_n$	$\tau\alpha/\tau\alpha(n)$	Fr'/Fr	$Fr'(\tau\alpha)$
0,808	0,96	0,95	0,736896

La Tabla 31 recoge los diferentes valores de la Energía absorbida por el captador (E_a) para cada mes.

Tabla 31. Cálculo de la energía absorbida por el captador (E_a).

Mes	Sc (m ²)	Nº de colectores	Fr' ($\tau\alpha$)	R(KJ·día/m ²)	Nº días	Ea (KJ/mes)
ENERO	2,46	1	0,736896	6650	31	373701,332
FEBRERO	2,46	1	0,736896	8946	28	454075,669
MARZO	2,46	1	0,736896	12744	31	716157,86
ABRIL	2,46	1	0,736896	13970	30	759729,459
MAYO	2,46	1	0,736896	16120	31	905874,506
JUNIO	2,46	1	0,736896	17034	30	926358,741
JULIO	2,46	1	0,736896	18616	31	1046138,95
AGOSTO	2,46	1	0,736896	17427	31	979322,272
SEPTIEMBRE	2,46	1	0,736896	15982	30	869147,904
OCTUBRE	2,46	1	0,736896	12462	31	700310,676
NOVIEMBRE	2,46	1	0,736896	8520	30	463342,519
DICIEMBRE	2,46	1	0,736896	6440	31	361900,237

Una vez hallado el valor de la energía absorbida (E_a) de cada mes, se ha calculado el factor D_1 en la Tabla 32.

Tabla 32. Cálculo del parámetro D_1 .

Mes	Ea (KJ)	Qacs(KJ)	D_1
ENERO	373701,332	1175549,76	0,31789495
FEBRERO	454075,669	1042124,16	0,43572128
MARZO	716157,86	1110241,44	0,64504695
ABRIL	759729,459	1032292,8	0,73596315
MAYO	905874,506	1044933,12	0,86692104
JUNIO	926358,741	990158,4	0,93556621
JULIO	1046138,95	1001394,24	1,04468241
AGOSTO	979322,272	1023163,68	0,95715113
SEPTIEMBRE	869147,904	1011225,6	0,85949951
OCTUBRE	700310,676	1066702,56	0,65651917
NOVIEMBRE	463342,519	1074427,2	0,43124608
DICIEMBRE	361900,237	1175549,76	0,30785616

1.2.1.2.1.2 Cálculo del parámetro D2:

El parámetro D2 expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador (E_p), para una determinada temperatura, y la carga calorífica (Q_{acs}) de calentamiento durante un mes.

Su cálculo se realiza con la ayuda de la Ecuación 13.

$$D2 = \frac{\text{Energía perdida por el colector}}{\text{Carga calorífica}} \quad \text{Ecuación 13}$$

La energía perdida por el colector viene dada por Ecuación 14.

$$E_p = S_c \cdot Fr'UL \cdot (100 - Tamb) \cdot \Delta t \cdot K1 \cdot K2 \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

- **S_c**: superficie del captador (m^2).
- **Fr'UL**: pendiente de la curva característica del captador corregida, cuyo valor viene dado por la Ecuación 15

$$Fr'UL = FrUL \cdot (Fr'/Fr) \quad \text{Ecuación 15}$$

$$Fr'UL = 0,0032 \cdot 0,95 = 0,00304$$

Donde:

- **FrUL**: pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador), que se obtiene de los datos técnicos del fabricante.

$$FrUL = \frac{3,20 \text{ W}/(m^2 \text{ k})}{1000} = 0,0032 \text{ KW}/(m^2 \text{ k}) \quad \text{Ecuación 16}$$

- **(Fr'/Fr)**: Se recomienda usar el valor de 0,95.
- **Tamb**: temperatura media mensual del ambiente ($^{\circ}\text{C}$).
- **Δt**: periodo de tiempo considerado en segundos (s).
- **K1**: factor de corrección por almacenamiento, que se obtiene a partir de la Ecuación 17.

$$K1 = [kg \text{ de acumulación} / (75 \cdot S_c)]^{-0,25} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$37,5 < (180 \text{ kg de acumulación}) / (m^2 \text{ de captador}) < 300$$

$$K1 = [168 / (75 \cdot 2,46)]^{-0,25} = 1,0236978$$

- **K2**: factor de corrección ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, según la Ecuación 18.

$$K2 = 11,6 + 1,18 \cdot Tacs + 3,86 \cdot Tr - 2,32 \cdot Tamb / (100 - Tamb) \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

- **Tacs**: temperatura mínima de ACS.
- **Tr**: temperatura del agua de red.
- **Tamb**: temperatura media mensual del ambiente.

A continuación, para justificar la temperatura media mensual del ambiente se muestra la Tabla 34 climática de Amoroto, teniendo en cuenta los datos históricos del tiempo en dicho lugar.

Tabla 33 Datos históricos del tiempo en Amoroto, Bizkaia.[53]

TABLA CLIMÁTICA // DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO AMOROTO

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	9	9.1	10.9	11.6	15	17.2	19.1	20	18.2	15.6	10.6	9.1
Temperatura mín. (°C)	6	6	7	8	11.5	13.6	15.4	16.1	14.3	11.8	7.3	6.2
Temperatura máx. (°C)	12	12.3	14.8	15.3	18.6	20.9	22.8	23.9	22.2	19.6	13.9	12
Temperatura media (°F)	48.2	48.4	51.6	52.9	59.0	63.0	66.4	68.0	64.8	60.1	51.1	48.4
Temperatura mín. (°F)	42.8	42.8	44.6	46.4	52.7	56.5	59.7	61.0	57.7	53.2	45.1	43.2
Temperatura máx. (°F)	53.6	54.1	58.6	59.5	65.5	69.6	73.0	75.0	72.0	67.1	57.0	53.6
Precipitación (mm)	132	118	92	104	90	79	55	76	105	122	131	153

Hay una diferencia de 98 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. Durante el año, las temperaturas medias varían en 11.0 ° C.

A partir de estos datos, se ha calculado el valor del factor de corrección K2, según la Tabla 34.

Tabla 34. Cálculo del factor de corrección K2.

Mes	Tac(°C)	Tr(°C)	Tamb(°C)	K2
ENERO	60	6	9	0,93054945
FEBRERO	60	7	9,1	0,97148515
MARZO	60	9	10,9	1,03088664
ABRIL	60	11	11,6	1,10800905
MAYO	60	12	15	1,10494118
JUNIO	60	13	17,2	1,11927536
JULIO	60	14	19,1	1,13878863

AGOSTO	60	13	20	1,07725
SEPTIEMBRE	60	12	18,2	1,05740831
OCTUBRE	60	11	15,6	1,05056872
NOVIEMBRE	60	9	10,6	1,03521253
DICIEMBRE	60	6	9,1	0,9290209

Y con los datos obtenidos de K1 y K2, y aplicando la Ecuación 14 se halla el valor de la energía perdida (Ep) mensualmente por los colectores, que se refleja en la Tabla 35.

Tabla 35. Energía perdida mensualmente por el colector (Ep).

Mes	Sc (m2)	Fr' UL	Tamb (°C)	AT (s)	K1	K2	Ep (KJ)
ENERO	2,46	0,00304	9	2678400	1,0236978	0,930549451	1736347,9
FEBRERO	2,46	0,00304	9,1	2419200	1,0236978	0,971485149	1635506,53
MARZO	2,46	0,00304	10,9	2678400	1,0236978	1,030886644	1883408,45
ABRIL	2,46	0,00304	11,6	2592000	1,0236978	1,10800905	1943618,53
MAYO	2,46	0,00304	15	2678400	1,0236978	1,104941176	1925812,41
JUNIO	2,46	0,00304	17,2	2592000	1,0236978	1,119275362	1839004,27
JULIO	2,46	0,00304	19,1	2678400	1,0236978	1,138788628	1889067,78
AGOSTO	2,46	0,00304	20	2678400	1,0236978	1,07725	1767105,13
SEPTIEMBRE	2,46	0,00304	18,2	2592000	1,0236978	1,057408313	1716372,24
OCTUBRE	2,46	0,00304	15,6	2678400	1,0236978	1,05056872	1818121,11
NOVIEMBRE	2,46	0,00304	10,6	2592000	1,0236978	1,035212528	1836464,32
DICIEMBRE	2,46	0,00304	9,1	2678400	1,0236978	0,929020902	1731590,78

Por último, se muestra a continuación los valores del factor D2:

Tabla 36. Cálculo del parámetro D2.

Mes	Ep (KJ)	Qacs (KJ)	D2
ENERO	1736347,9	1175549,76	1,47705181
FEBRERO	1635506,53	1042124,16	1,569397
MARZO	1883408,45	1110241,44	1,69639538
ABRIL	1943618,53	1032292,8	1,88281709
MAYO	1925812,41	1044933,12	1,84300064
JUNIO	1839004,27	990158,4	1,85728291
JULIO	1889067,78	1001394,24	1,88643763
AGOSTO	1767105,13	1023163,68	1,72709915
SEPTIEMBRE	1716372,24	1011225,6	1,69731882
OCTUBRE	1818121,11	1066702,56	1,70443119
NOVIEMBRE	1836464,32	1074427,2	1,70924966
DICIEMBRE	1731590,78	1175549,76	1,47300509

1.2.1.2.1.3 Cálculo de la cobertura solar

Una vez obtenidos D1 y D2, aplicando la Ecuación 19 se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema solar.

$$f = 1,029 \cdot D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 \cdot D_1^3 \quad \text{Ecuación 19}$$

Tabla 37. Fracción de carga calorífica mensual aportada por el sistema solar.

Mes	D1	D2	f
ENERO	0,31789495	1,47705181	0,21096425
FEBRERO	0,43572128	1,569397	0,30604435
MARZO	0,64504695	1,69639538	0,4624971
ABRIL	0,73596315	1,88281709	0,51717225
MAYO	0,86692104	1,84300064	0,60825845
JUNIO	0,93556621	1,85728291	0,65134478
JULIO	1,04468241	1,88643763	0,7158945
AGOSTO	0,95715113	1,72709915	0,67241534
SEPTIEMBRE	0,85949951	1,69731882	0,61194506
OCTUBRE	0,65651917	1,70443119	0,47048396
NOVIEMBRE	0,43124608	1,70924966	0,29407063
DICIEMBRE	0,30785616	1,47300509	0,20235153
TOTAL			0,47695352

De esta forma, la energía útil captada cada mes (Q_u) tiene el valor descrito en la Ecuación 20.

$$Q_u = f \cdot Q_{acs} \quad \rightarrow \quad f = Q_u / Q_{acs} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

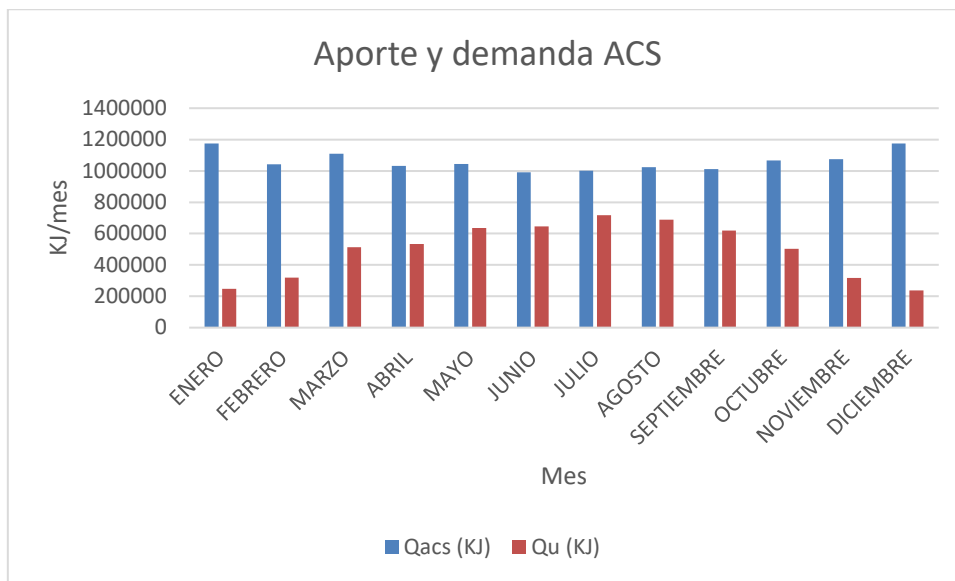
- Q_{acs} : Carga calorífica mensual de ACS.
- Q_u : Carga calorífica útil.

Tabla 38. Cálculo de la fracción de carga mensual.

Mes	Qacs (KJ)	Qu (KJ)	f	f (%)
ENERO	1175549,76	247998,972	0,2109	21,09
FEBRERO	1042124,16	318936,214	0,306	30,6
MARZO	1110241,44	513483,448	0,4625	46,25
ABRIL	1032292,8	533873,189	0,5171	51,71
MAYO	1044933,12	635589,399	0,6083	60,83
JUNIO	990158,4	644934,507	0,6513	65,13
JULIO	1001394,24	716892,627	0,7159	71,59
AGOSTO	1023163,68	687990,95	0,6724	67,24
SEPTIEMBRE	1011225,6	618814,512	0,612	61,2

Mes	Qacs (KJ)	Qu (KJ)	f	f (%)
OCTUBRE	1066702,56	501866,448	0,4704	47,04
NOVIEMBRE	1074427,2	315957,48	0,294	29,4
DICIEMBRE	1175549,76	237874,294	0,2023	20,23
TOTAL	12747762,7	5974212,04	0,4686	46,86

En la Gráfica 6 se muestra el aporte frente a la demanda de ACS del presente proyecto. Evidentemente, debido a que la radiación solar en verano es mayor que en invierno, en dichos meses se cubrirá un mayor porcentaje de la demanda.



Gráfica 6. Aporte y demanda de ACS mensual (KJ).

La instalación posee una cobertura solar anual de 46,86% para el captador y el acumulador escogido y bajo las condiciones geográficas y ambientales establecidas. El captador seleccionado, con una superficie de captación de 2,46 m², cumple los requisitos del CTE en su DB HE-4 en cuanto a contribución solar mínima exigida (30% para la zona climática I).

Además, se puede observar que cumple con las limitaciones de dimensionado que éste impone, las cuales son que en ningún mes sobrepase el 110% de la demanda energética y no sobrepasar tampoco en más de tres meses el 100%.

1.2.1.2.1.4 Cálculo de las pérdidas del sistema

No toda la energía aportada por el equipo de colectores es posible aprovecharla para el consumo diario, debido a las pérdidas producidas en los componentes de la instalación, donde el acumulador es el principal responsable, así como al ligero efecto desfavorable del intercambiador.

A continuación, se estudiarán las pérdidas en cada componente de la instalación.

1.2.1.2.1.4.1 Cálculo de pérdidas en el colector

Existe una restricción o un límite en cuanto a las pérdidas que sufren los colectores que no se puede superar. Dichas pérdidas son expresadas como el porcentaje de la radiación solar que incidiría sobre la superficie de captación orientada al sur, a la inclinación óptima y sin sombras.

En el CTE, en la sección HE 4 sobre la contribución solar mínima para A.C.S, se establecen unas pérdidas máximas de energía solar debidas a la colocación e inclinación de los captadores, así como de sombras producidas por obstáculos. Los valores máximos de perdidas establecidos por el CTE se presentan en la Tabla 39

Tabla 39. Pérdidas máximas permitidas por el CTE en orientación, inclinación y sombras.

CASO	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	SOMBRAS	TOTAL
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

1.2.1.2.1.4.1.1 Pérdidas por orientación e inclinación

Estas pérdidas se calculan en función de dos valores:

- **Ángulo de inclinación de los captadores (β)** (Figura 31) con respecto al plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales. Para el proyecto objeto tal y como se ha indicado anteriormente será de 25° .
- **Ángulo de orientación con respecto al sur (α)**, (Figura 31) definido como el ángulo formado por la proyección de la normal del captador y el meridiano del emplazamiento. El colector que se instalara en el caserío Elorraran tiene una desviación respeto al sur de -14° , así que el azimut será -14° .

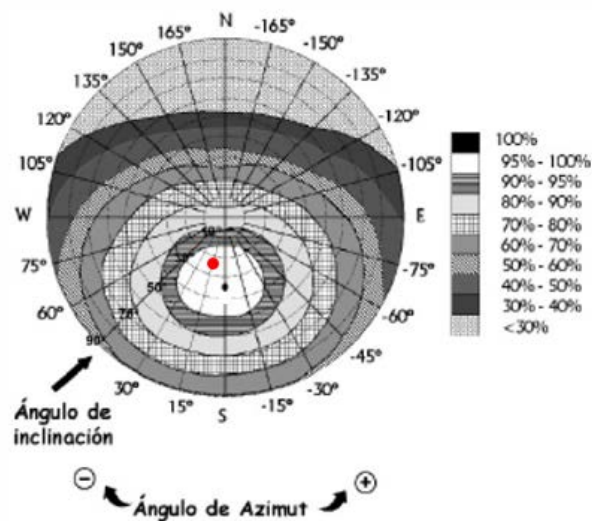


Figura 31. Pérdidas por sombras en función de la orientación y la inclinación.

La Figura 31 presentada proporciona el porcentaje de aprovechamiento al introducir en ella el ángulo de orientación y el de azimut. Una vez introducidos, la instalación se coloca sobre el punto rojo, que equivale a un aprovechamiento de entre 95 y 100%, por lo que las pérdidas por orientación e inclinación son menores del 5%, lo cual se ajusta al límite establecido por el CTE.

1.2.1.2.1.4.1.2 Pérdidas por sombras

En este apartado se describe el método de cálculo para las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes, tal y como se explica en el documento HE-4 del CTE.

La ubicación en la que será instalado el colector solar en el caserío Elorraran no recibe sombra de ningún obstáculo en ningún momento del día, ningún día del año, así que no se tendrán en cuenta este tipo de pérdidas.

1.2.1.2.1.4.1.3 Pérdidas totales

La energía que no se aprovecha o pérdidas totales consideradas en este estudio son aproximadamente un 5 % de la energía total diaria (E), con pequeñas variaciones a lo largo del año.

Por lo tanto, es necesario multiplicar la aportación solar por el factor 0,95 para obtener el valor efectivo de la energía útil o aprovechable para el consumo.

1.2.1.2.1.4.2 Resumen de los resultados obtenidos

Tabla 40. Aportación y demanda anual.

		APORTACIÓN ANUAL (%)
TOTAL DEMANDA ANUAL (MJ)	12747,76	46,86
TOTAL APORTACIÓN ANUAL (MJ)	5974,21	

Tabla 41. Contribución solar mínima.

EXIGENCIAS DEL CTE	
Zona climática tipo	I
Contribución solar mínima	30%

Tabla 42. Pérdidas por orientación, inclinación y sombras.

	Orientación e inclinación	Sombras	Total
Pérdidas permitidas en el CTE	20%	15%	35%
Pérdidas en el proyecto	5%	0%	5%

Tabla 43. Energía aportada por la instalación solar térmica.

Mes	Qacs (W)	Qu (W)	Q aportado (%)
ENERO	438,90	92,59	21,10
FEBRERO	430,77	131,84	30,60
MARZO	414,52	191,71	46,25
ABRIL	398,26	205,97	51,72
MAYO	390,13	237,30	60,83
JUNIO	382,01	248,82	65,13
JULIO	373,88	267,66	71,59
AGOSTO	382,01	256,87	67,24
SEPTIEMBRE	390,13	238,74	61,19
OCTUBRE	398,26	187,38	47,05
NOVIEMBRE	414,52	121,90	29,41
DICIEMBRE	438,90	88,81	20,24
TOTAL	4852,28	2269,58	46,77

1.2.1.2.2 Sistema de acumulación

El sistema de acumulación, formado principalmente por un depósito de agua, permite a la instalación almacenar agua caliente para abastecer las necesidades de la vivienda cuando no hay radiación. En este caso, además, dentro del depósito también estará el intercambiador de calor, en el cual el fluido caloportador proveniente de los colectores (circuito primario) cederá energía al agua de red almacenada (circuito secundario).

Existe cierto margen de decisión a la hora de decidir el volumen del depósito, ya que tan sólo ha de ajustarse a lo establecido en la sección HE 4 del CTE, que se expresa en la Ecuación 21.

$$50 \leq V/A \leq 180$$

Ecuación 21

Donde:

- V: volumen del depósito de acumulación, en litros. 150 L.
- A: área total de los captadores solares, en metros cuadrados. 2,77 m².

Así, se ha escogido el depósito ISF – 150 SR de 150 litros de FAGOR, ya que cumple con la normativa del CTE tal y como se muestra a continuación.

$$50 \leq V/A \leq 180$$

$$50 \leq 150/2,77 \leq 180$$

$$50 \leq 54,1516 \leq 180$$

1.2.1.2.3 Sistema de intercambio

La función del intercambiador de calor es disipar toda la energía del fluido proveniente de los captadores al agua acumulada en el depósito o acumulador. En nuestro caso se ha seleccionado un intercambiador de serpentín que ya viene incorporado dentro del depósito. Dicho intercambiador cumple con la normativa establecida en el HE 4 del CTE que dice que el intercambiador no puede reducir la eficiencia de los captadores debido a un incremento en la temperatura de trabajo de los mismos.

Para ello, el CTE establece una relación entre el área de los captadores y la superficie útil del intercambiador interno, según la Ecuación 22.

$$S_{intercambiador} > 0,15 S_C \quad \text{Ecuación 22}$$

$$0,15 \cdot S_C = 0,15 \cdot 2,46 = 0,369 \text{ m}^2$$

Siendo:

- $S_{intercambiador}$: superficie útil del intercambiador interno, en m^2 . 1,3 m^2 .
- S_C : área total de los colectores, en m^2 . 2,77 m^2 .

Esta relación se cumple en el intercambiador que trae nuestro depósito incorporado, con una superficie útil de 1,3 m^2 , mayor que los 0,369 m^2 exigidos por el CTE para el presente proyecto.

1.2.1.2.4 Fluido de trabajo

El fluido caloportador a emplear en el circuito primario, es decir, el fluido que circula entre el interacumulador y el captador solar, deberá poseer propiedades anticongelantes con objeto de mantenerse en estado líquido en los periodos de bajas temperaturas.

La Tabla 44 muestra el porcentaje en volumen que deberá usar el líquido solar en función de la temperatura exterior.

Tabla 44. Porcentaje en volumen que deberá usarse de fluido anticongelante en función de la temperatura exterior.

%Popilenglicol	Hasta °C
0%	0
10%	-3
20%	-8
30%	-14
40%	-22
50%	-34
60%	-48
100%	-59

Puesto que en Bizkaia la temperatura mínima histórica ha sido de -9°C, y escogiendo con un margen de seguridad, se empleará una mezcla con una proporción de anticongelante del 35 - 40%. [54]

El calor específico de la mezcla es de 0,94 kcal/kg °C a 45°C y la presión máxima de funcionamiento es de 10 bar.

1.2.1.2.5 Red de tuberías

Con objeto de limitar al máximo las pérdidas térmicas y las pérdidas de carga se realizan los trazados de tuberías de menor longitud.

Según el apartado 3.3.5.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE, establece que el caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto.

En su defecto su valor estará comprendido entre 1,2 L/s y 2 L/s por cada 100 m² de red de captadores, lo que equivale a 43,2 L/hm² y 72 L/hm², respectivamente.

Los valores de diseño del circuito primario que se han considerado son:

- **Velocidad en las tuberías** a la que tiene que circular el líquido es de 1,3 m/s (1,5 m/s como máximo) en el circuito primario y de unos 2,5 m/s en el circuito secundario, para evitar corrosiones.
- **Caudal** aproximado de 50 L/h por m² de superficie captadora. El caudal de suministro será igual o superior a 2 L/s e inferior a 3 L/s.
- **Pérdida de carga** admisible en las tuberías no supere los 20 mm.c.a por metro lineal.

El dimensionado de la red de tuberías del circuito primario se realizará tanto para el retorno como para la impulsión, teniéndose en cuenta para los cálculos de los diámetros de las conducciones las pérdidas de carga en todos los accesorios que componen el circuito.

Los materiales empleados en canalizaciones y grifos de las instalaciones interiores tendrán que ser capaces de forma general y como mínimo de soportar una presión de trabajo de 15 kg/cm². Tendrán que ser resistentes a la corrosión y totalmente estables a lo largo del tiempo en sus propiedades físicas. Tampoco tendrán que alterar ninguna de las características del agua.

Las válvulas se colocarán con el mismo diámetro que el conducto en el que se encuentren y serán de compuerta, estando situados de forma que tengan fácil acceso y registro.

La instalación discurrirá sobre el forjado, bajo el pavimento. En la entrada de locales húmedos se colocará llave de paso para el ACS.

1.2.1.2.5.1 Cálculo del diámetro mínimo

Para el cálculo del diámetro mínimo de tubería es imprescindible conocer el caudal utilizado. Se calculará este diámetro de tal forma que las pérdidas de carga no superen un límite razonable, para no obligar a utilizar una bomba de mayor potencia, con el consiguiente derroche de energía.

Para el cálculo del diámetro mínimo se parte de la Ecuación 23.

$$D = j \cdot C^{0,35} \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

- **D**: diámetro (cm).
- **C**: caudal (m³/h)
- **j** =pérdida de carga unitaria (2,2 para tuberías metálicas)

Antes de proceder con el cálculo del diámetro, se necesita estimar el caudal al que trabajará la instalación. El caudal recomendado por el fabricante de los colectores solares es de 45 L/h por m² de colector, cuando el fluido caloportador es agua. Para otros fluidos se debe dividir este valor por el calor específico correspondiente ($c_p=0,94$ Kcal/Kg°C), según la ecuación siguiente:

$$C = (Q \cdot Sc) / C_p \quad \text{Ecuación 24}$$

Y sustituyendo los valores correspondientes en la Ecuación 24.

$$C = (45 \text{ L/m}^2\text{h} \cdot 2,46 \text{ m}^2) / 0,94 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} = 0,117766 \text{ l/h}$$

Sustituyendo el valor del caudal obtenido en la Ecuación 23:

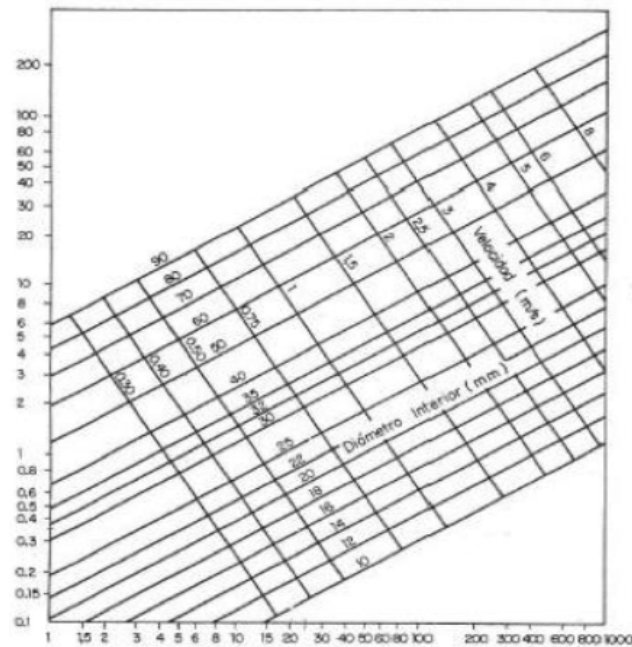
$$D = j \cdot C^{0,35} = 2,2 \cdot 0,117766^{0,35} = 1,0406 \text{ cm}$$

Se toma como valor normalizado más próximo el tubo de polipropileno de diámetro nominal 14 mm (diámetro interior = 12 mm), según normas UNE. Serán necesarios aproximadamente 18,2 m de tubería, aunque para la realización de la obra se compraran 20 m. Para cubrir un ligero margen de error.

1.2.1.2.5.2 Pérdidas de carga en tuberías

A partir del siguiente ábaco, se puede determinar la pérdida de carga debida al rozamiento, así como la velocidad del fluido.

Para determinar la pérdida de carga de la tubería hay que tener cuenta que, al ser un fluido caloportador distinto al agua, a los resultados obtenidos en los ábacos de la Gráfica 7 se debe aplicar un factor corrector igual a la raíz cuarta del coeficiente entre la viscosidad de la disolución y la del agua a la temperatura considerada.



Gráfica 7. Coeficiente de fricción de tubería.

El factor de corrección será el siguiente:

$$\text{Factor} = \sqrt[4]{\frac{3}{155}} = 1,53$$

Ecuación 25

De la gráfica, a partir de velocidad de 0,25 m/s y diámetro interior de 12 mm, sale un valor de 12 mm.c.a aproximadamente.

Por lo tanto, se tiene una pérdida de carga de:

$$1,53 \times 12 \text{ mm.c.a.} = 18,36 \text{ mm.c.a.}$$

A partir de este ábaco también se puede obtener una aproximación a la velocidad del fluido, en este caso alrededor de 0,25 m/s. Ambos valores se encuentran dentro de los límites admisibles.

1.2.1.2.5.3 Pérdidas de calor en tuberías

El espesor del aislamiento de las conducciones, tanto en la ida como en el retorno, se dimensionará de acuerdo a lo indicado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios RITE y sus Instrucciones Técnicas con el fin de evitar condensaciones, tanto en las tuberías exteriores como en las interiores.

Los espesores mínimos para tuberías y accesorios que transportan fluido caliente aparecen reflejados en las tablas 45 y 46, la primera para aquellas que discurren por el interior del edificio y la segunda para las que discurren por el exterior. Debido a que todas las tuberías de la instalación solar son $D \leq 35$ mm obtenemos los siguientes valores:

Tabla 45. Espesores mínimos de aislamiento en tuberías interiores en edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Por lo tanto, el espesor mínimo para tuberías y accesorios en el interior de la vivienda respecto al pliego de condiciones será de 25 mm.

Tabla 46. Espesores mínimos de aislamiento en tuberías exteriores en edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	50	40	40
$35 < D \leq 60$	60	50	40
$60 < D \leq 90$	60	50	50
$90 < D \leq 140$	70	60	50
$140 < D$	70	60	50

Por lo tanto, el espesor mínimo para tuberías y accesorios en el exterior del edificio respecto al pliego de condiciones será de 35 mm.

En la IT 1.2.4.2.1.2. apartado 3 se especifica que para redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo como redes de agua caliente sanitaria, los espesores mínimos de aislamiento deben ser los obtenidos en las tablas anteriores incrementados en 5 mm. Por lo tanto, obtenemos que el espesor mínimo para las tuberías y accesorios en el interior será de 30 mm y en el exterior de 40 mm, a estos últimos, además, se les dará un tratamiento final de protección de pintura asfáltica.

1.2.1.2.6 Cálculo del vaso de expansión del circuito primario

El vaso de expansión será utilizado en el circuito primario y viene determinado por los siguientes aspectos:

- V: volumen total de la instalación.
- K: coeficiente de la dilatación del fluido.

Para determinar el volumen total de la mezcla de propilenglicol y agua que circularan en el circuito primario se procede a la Ecuación 26.

$$V_{total} = V_{tuberías} + V_{captadores} + V_{intercambiador} \quad \text{Ecuación 26}$$

El volumen total de las tuberías es de:

$$V_{tuberías} = [(\pi \cdot D^2) / 4] \cdot L \cdot 1000 = [(3,14 \cdot 0,012^2) / 4] \cdot 18,2 \cdot 1000 = 2,0584 \quad \text{Ecuación 27}$$

El volumen total de fluido de los captadores es de:

$$V_{captador} = 1,7 \text{ litros} \quad \text{Ecuación 28}$$

El volumen total en el intercambiador es de:

$$V_{intercambiador} = 8,2 \text{ litros} \quad \text{Ecuación 29}$$

Por lo que el volumen total de fluido en el circuito primario es de:

$$V_{total} = V_{tuberías} + V_{captadores} + V_{intercambiador}$$

$$V_{total} = 2,0584 + 1,7 + 8,2 = 11,9583 \text{ litros}$$

El vaso de expansión se determina a partir del factor de la Ecuación 30.

$$Fp = \frac{Pf - Pi}{Pf} = \frac{8 - 1,5}{8} = 0,8 \quad \text{Ecuación 30}$$

$$Fp = 0,8125$$

Donde:

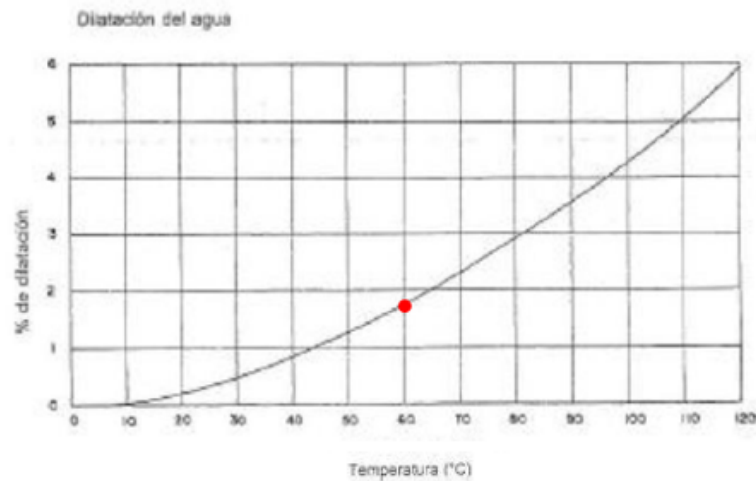
- **Pf**: presión máxima de trabajo (8bar)
- **Pi**: presión absoluta de la altura manométrica (1,5bar)

El coeficiente k de dilatación del fluido es:

$$K_{mezcla} = K_{agua} \times 1,2$$

Ecuación 31

El coeficiente de dilatación del agua se obtiene de la Gráfica 8 para una temperatura de 60°C.



Gráfica 8. Dilatación del agua en función de la temperatura.

El coeficiente obtenido es de 1,8% de dilatación, es decir que:

$$K_{mezcla} = 1,2 \cdot 0,018 = 0,0216$$

Una vez calculado el coeficiente de dilatación del fluido con la siguiente fórmula se calcula el volumen del vaso de expansión (Ecuación 32)

$$V = (K / 100) \cdot VT \cdot (1 / Fp)$$

Ecuación 32

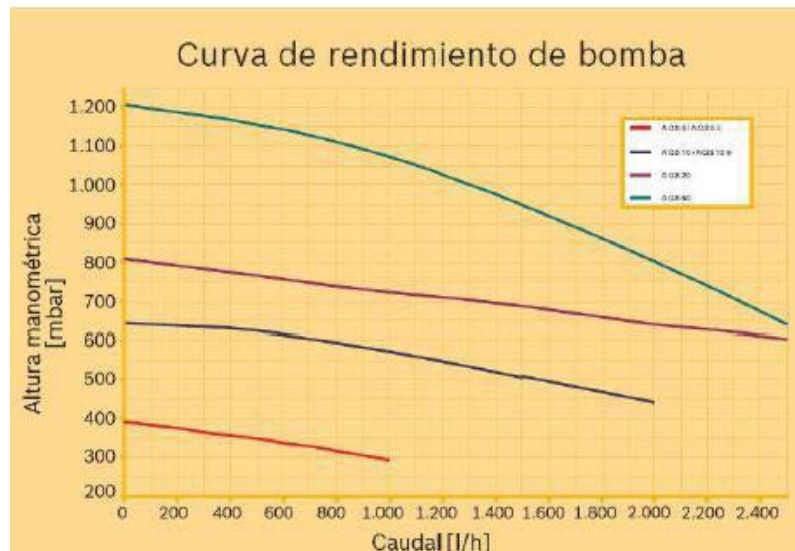
$$V = (0,0216 / 100) \cdot 11,9583 \cdot (1 / 0,8125) = 3,179 \cdot 10^{-3} \text{ litros}$$

Por lo tanto, el vaso de expansión más adecuado para la instalación es de 18 litros, ya que es el volumen mínimo elegible.

El vaso de expansión se colocará en la aspiración del grupo de bombeo, tal y como establece el CTE DB-HE 4.

1.2.1.2.7 Dimensionamiento de la bomba de circulación

Los dos valores característicos de una bomba de circulación son la altura manométrica (H) que proporciona la bomba o pérdida de carga que es capaz de vencer, y el caudal de circulación (Q), cuya relación viene determinada por su curva característica (Gráfica 9), propia de cada aparato y que debe suministrar el fabricante.



Gráfica 9. Curva de rendimiento de la bomba.

Las condiciones nominales de trabajo, definidas por el caudal de circulación y la pérdida de carga total del circuito serán los datos de partida para el dimensionamiento de la bomba.

El caudal de circulación se ha indicado en el apartado anterior, y la pérdida de carga del circuito se determina fundamentalmente por:

- Las pérdidas de carga correspondientes al tramo más desfavorable de tuberías.
- La pérdida de carga producida por el intercambiador de calor, el cual viene indicado por el fabricante.
- La pérdida de carga de los colectores solares, también indicada por el fabricante.

Para ello se utiliza la siguiente Ecuación 33.

$$\Delta H = H \text{ tuberías} + H \text{ intercambiador} + H \text{ colector} \quad \text{Ecuación 33}$$

Donde, de los datos obtenidos con anterioridad se tiene que:

- H tuberías = 0,45 m.c.a
- H intercambiador = 1,2 m.c.a
- H colector = 0,15 m.c.a

Y por tanto sustituyendo en la ecuación anterior se obtiene:

$$\Delta H = 0,45 + 1,2 + 0,15 = 1,8 \text{ m.c.a}$$

1.2.1.3 Cálculo de las necesidades de calefacción

Para calcular la demanda de calefacción, en primer lugar, habrá que calcular qué cantidad de energía es necesaria para mantener la vivienda a una determinada temperatura, teniendo en cuenta las pérdidas por transmisión, ventilación e infiltración tal y como muestra la Ecuación 34.

$$Q_{\text{calefacción}} = Q_{\text{transmisión}} + Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{infiltración}} \quad \text{Ecuación 34}$$

Con objeto de poder calcular las necesidades de la calefacción, se realizarán los cálculos pertinentes para las condiciones más desfavorable, de este modo, se asegurará cumplir las necesidades de la vivienda a lo largo de todo el año.

Se ha consultado la guía técnica de las condiciones climáticas exteriores, más concretamente la temperatura mínima de referencia del aeropuerto de Bilbao, ya que es el que más se aproxima a la ubicación del proyecto objeto. Los datos se muestran en la Tabla 47.

Tabla 47. Condiciones climáticas exteriores. Bilbao (Aeropuerto Sondica).[55]

Guía técnica

Condiciones climáticas exteriores de proyecto

Provincia	Estación	Indicativo
Vizcaya	Bilbao (Aeropuerto Sondica)	1082

UBICACIÓN: ENTORNO CIUDAD			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO			
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
39	43°17'53"	02°54'21" W	87.600 (1998-2007)	(3) 29.200 (1998-2007)		58.400 (1998-2007)

CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)					
TSMIN (°C)	TS 99,6 (°C)	TS 99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-6,0	-0,2	1,2	10,7	89	31,4

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS 0,4 (°C)	THC 0,4 (°C)	TS 1 (°C)	THC 1 (°C)	TS 2 (°C)	THC 2 (°C)	OMDR (°C)
41,9	31,2	21,9	28,8	21,3	26,8	20,6	16,3

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)					
TH 0,4 (°C)	TSC 0,4 (°C)	TH 1 (°C)	TSC 1 (°C)	TH 2 (°C)	TSC 2 (°C)
22,8	30,6	21,8	29,5	20,9	27,7

Por lo tanto, la temperatura de referencia exterior, la más desfavorable y por lo tanto la que se utilizara para realizar los cálculos es de 1,2°C. Sin embargo, la temperatura de diseño interior se tomará en 21 °C, ya que así se cumple el RITE que establece una temperatura de confort entre 21-23°.

A continuación, la Tabla 48 recoge las temperaturas mínimas registradas en el emplazamiento. [56]

Tabla 48. Temperaturas mínimas registradas en Amoroto.

MES	Tmin (°C)
ENERO	6
FEBRERO	6
MARZO	7
ABRIL	8

MAYO	11,5
JUNIO	13,6
JULIO	15,4
AGOSTO	16,1
SEPTIEMBRE	14,3
OCTUBRE	11,8
NOVIEMBRE	7,3
DICIEMBRE	6,2

Los meses más críticos son enero y febrero donde se registran las temperaturas más bajas, siendo éstas de 6°C. Aun así, debido a que el valor de referencia que se utilizara para realizar los cálculos es menor, por lo que el salto térmico entre la zona calefactada y el exterior de la vivienda será mayor. Siendo dicho punta de referencia la situación más desfavorable se garantiza cubrir la demanda durante todos los meses del año.

Son de obligado cumplimiento los criterios exigidos en el CTE HE en función de la zona climática a la que pertenezca la vivienda objeto de estudio, en este caso la zona climática C1.

Tabla 49 Criterios de transmitancia exigidos por el CTE para la zona climática C1.

Documento Básico HE Ahorro de Energía

ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,37$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	-	-	-	0,42	-	0,46

Para conocer los límites de transmitancia en los huecos, es decir, en ventanas y puertas, se recurrirá a las cotas que se recogen en los **Planos 05-DISTRIBUCIÓN Y COTAS**, para poder distinguir entre la superficie opaca y el área de los huecos.

Las superficies de la vivienda vienen recogidas en la Tabla 51.

Tabla 50. Porcentaje de huecos en cada cara del edificio.

	SUPERFICIE TOTAL (m ²)	SUPERFICIE HUECOS (m ²)	SUPERFICIE OPACA (m ²)	PORCENTAJE DE HUECOS (%)
FACHADA NORESTE	103,04	8,82	94,22	8,56
FACHADA SUROESTE	103,04	8,78	94,26	8,49

FACHADA SURESTE	109,34	11,84	97,5	10,83
FACHADA NOROESTE	90,14	5,781	84,62	6,41

Una vez calculado el porcentaje de huecos en las distintas fachadas del edificio, se puede observar en tabla 49 que el límite de transmitancia para los huecos será de 4,4 (W/m²K) en todas y cada una de las fachadas del edificio, ya que no supera el porcentaje de huecos marcado por el CTE.

1.2.1.3.1 Cálculo de los parámetros de la envolvente térmica

Las pérdidas por conducción o transmisión corresponden a el calor perdido por los distintos cerramientos del edificio debido a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del edificio. Por lo tanto, dependerán de los materiales utilizados, de su espesor y conductividad de estos, y por supuesto, de las temperaturas del exterior e interior consideradas.

Se utiliza el documento “Código Técnico de Edificación, documento de apoyo al documento básico (DB-HE Ahorro de Energía)” para realizar el cálculo de los parámetros característicos de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio.

Para el cálculo de las superficies de transmisión térmica, se recurrirá a las cotas que se obtienen en los **Planos 05-DISTRIBUCIÓN Y COTAS**.

1.2.1.3.1.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior

Se acude a lo que describe el capítulo 2.1.1. del documento “DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente” para el cálculo de los cerramientos asociados a los muros exteriores de nuestro edificio y a la cubierta del mismo.

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior.

La transmitancia térmica (U) de una superficie se emplea para expresar la capacidad aislante de un elemento constructivo formado por una o más capas de materiales (W/m²·K) y se puede calcular a través de la Ecuación 35.

$$U = \frac{1}{R_t} \quad \text{Ecuación 35}$$

Siendo:

$$R_t = R_{se} + R_{si} + \sum R_n \quad \text{Ecuación 36}$$

- **RT:** la resistencia térmica total del componente constructivo (m²·K/W).

- **Rse, Rsi:** las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire exterior e interior respectivamente, tomadas en la tabla E.1 del documento básico HE ($m^2 \cdot K/W$).
- **Rn:** la resistencia térmica de cada capa del cerramiento ($m^2 \cdot K/W$).

Donde:

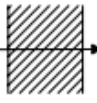

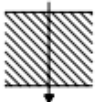
$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad \text{Ecuación 37}$$

- **e:** espesor de la capa (m).
- **λ :** conductividad térmica del material de la capa ($W/m \cdot K$).

Es imprescindible tener en cuenta las resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior y el interior, que según el CTE (Tabla 51)

Tabla 51. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K/W$.

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K/W$

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

La diferencia de temperatura (Tabla 52) en este proyecto podrá tener dos diferentes valores dependiendo si se estudia la transmisión a través de una superficie que separa una zona interior calefactada con el exterior o con el terreno.

Tabla 52. Diferencia de temperaturas entre las diversas zonas de estudio.

		DIFERENCIA TÉRMICA
TEMPERATURA MEDIA INTERIOR	21 °C	-
TEMPERATURA DE REFERENCIA EN EL EXTERIOR	1,2 °C	19,8 °C
TEMPERATURA DEL TERRENO	5 °C	16 °C

1.2.1.3.1.1.1 Fachada exterior

Se considera fachada exterior del edificio a todos aquellos muros que cierran el edificio y dan al exterior. En el proyecto objeto, la fachada norte no se encuentra en contacto con el aire exterior ya que la casa posee un espacio no habitable rodeado por un muro de mampostería. Aun así, con el objetivo de simplificar los cálculos, se considerará que la fachada norte se encuentra en contacto con el aire exterior. Además, dicha situación es más desfavorable que la real, por lo tanto, si cumple las exigencias del CTE para los cálculos realizados también los cumplirá en la realidad.

El muro exterior no posee las mismas características en todas las caras del edificio por lo que se distinguen dos muros con distintas características.

Por un lado, las fachadas situadas tanto al sur, al este y al oeste tienen las características de la fachada de mampostería con trasdós detallada a continuación. Por otro lado, se encuentra la fachada norte, compuesta por los materiales que componen la partición interior al espacio no habitable.

A continuación, en la Tabla 53 se detallan ambas fachadas mencionadas previamente, compuestas por los siguientes materiales:

Tabla 53. Fachada de mampostería con trasdós.

MATERIAL	λ (W/mK)	e (mm)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Capa exterior de aire	-	-	0,04	
Muro de mampostería	2,33	0,7	0,30	
Cámara de aire ventilada	-	0,07	0,25	
Aislamiento XPS	0,034	0,03	0,88	
Tablero OSB	0,13	0,018	0,138	
Aislamiento XPS	0,034	0,03	0,88	
Placa cartón yeso	0,18	0,015	0,083	
Capa de aire interior	-	-	0,13	
TOTAL		0,863	2,701	0,37

Tabla 54. Partición interior a espacio no habitable.

MATERIAL	λ (W/m ² K)	e (mm)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Capa exterior de aire	-	-	0,040	
Placa cartón yeso	0,18	0,015	0,083	
Aislamiento XPS	0,034	0,03	0,88	
Tablero OSB	0,13	0,018	0,138	
Aislamiento XPS	0,034	0,03	0,88	

Placa cartón yeso	0,18	0,015	0,083	
Capa de aire interior	-	-	0,13	
TOTAL		0,108	2,234	0,448

A continuación, se calculará la transmitancia térmica global del edificio. Previamente ha sido necesario calcular la superficie opaca de cada fachada, restándole a la superficie de cada cara del edificio el área que ocupan las ventanas y puertas que hay en ellas.

Tabla 55. Porcentaje de huecos en cada cara de la parte construida del edificio.

	Superficie fachada TOTAL (m ²)	Porcentaje fachada TOTAL (%)	Superficie fachada OPACA (m ²)	Porcentaje fachada OPACA (%)
ESTE	58,25	17,87	52,53	17,03
OESTE	62,81	19,27	60,11	19,47
SUR	102,42	31,43	95,83	31,05
PARTICIÓN INTERIOR	102,42	31,43	100,17	32,45
TOTAL	325,9		308,64	

Por lo tanto, la transmitancia térmica global del resultante de todas las fachadas es:

$$U_{\text{global}} = (0,1703 \cdot 0,37) + (0,1947 \cdot 0,37) + (0,3105 \cdot 0,37) + (0,3245 \cdot 0,448) =$$

$$U_{\text{global}} = 0,395 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Se cumplen los criterios exigidos en el CTE HE ya que $0,395 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$.

1.2.1.3.1.1.2 Huecos y lucernarios

Se consideran huecos a todas aquellas puertas o ventanas que se encuentran en la fachada del edificio y dan al exterior.

La transmitancia térmica de los huecos se determina mediante la Ecuación 38.

$$U_H = (1-FM) \cdot U_{HV} + FM \cdot U_{HM} \quad \text{Ecuación 38}$$

Siendo:

- **U_{HV}**: la transmitancia térmica de la parte semitransparente (W/m²K).
- **U_{HM}**: la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta (W/m²K).
- **FM**: la fracción del hueco ocupada por el marco.

Debido a que no se han facilitado datos suficientes sobre las características de las ventanas del edificio, la fracción del hueco ocupada por el marco (FM) tendrá que ser estimada.

En el caso de las ventanas, siendo el cristal la mayor parte de ellas, se considerará que la proporción de marco será 25% respecto al vidrio que ocupará el 75%.

Para las puertas, sin embargo, el valor de la fracción del hueco ocupada por el marco será el 100%, ya que las puertas no poseen cristal.

1.2.1.3.1.1.2.1 Ventanas

Esta vivienda consta de ventanas compuestas por los mismos materiales. La carpintería escogida es una carpintería de madera de Iroko, para una clase de uso 3.

Tabla 56. Características de la carpintería de Ventanas de madera Iroko

CARPINTERÍA DE VENTANAS DE MADERA IROKO CARACTERÍSTICAS	
Conductividad térmica	0,16 W/(m*K).
Espesor de la carpintería	80 mm
Valor U	< 2,0 W/(m ² *K).
Permeabilidad al aire	Clase 3 (9 m ³ /h*m ²)
La transmitancia del vidrio	3,3 W/m ² *K (Vidrio climalit (4+16+4)).

Aplicando la Ecuación 38 previamente explicada podemos observar como las características de las ventanas escogidas cumplen con las exigencias del CTE.

$$U_H = (1 - 0,25) \times 3,3 + 0,25 \times 2,0 = 2,975 \text{ W/(m}^2\text{*K)} < 4,40 \text{ W/(m}^2\text{*K)}. \text{ CUMPLE}$$

Tabla 57. Transmitancia térmica de las ventanas.

	U_{HV} W/(m ² *K)	U_{HM} W/(m ² *K)	FM	U_H W/(m ² *K)
VENTANAS	3,3	2	0,25	2,975

1.2.1.3.1.1.2.2 Puertas

La carpintería escogida es una carpintería de madera de Iroko, para una clase de uso 3. Sus características vienen recogidas en la Tabla 58.

Tabla 58. Características de la carpintería de Puertas de madera Iroko

CARPINTERÍA DE PUERTAS DE MADERA IROKO CARACTERÍSTICAS	
Conductividad térmica	0,16 W/(m*K).
Espesor de la carpintería	80 mm
Valor U	< 2,0 W/(m ² *K).
Permeabilidad al aire	Clase 3 (9 m ³ /h*m ²)
La transmitancia del vidrio	3,3 W/m ² *K (Vidrio climalit (4+16+4)).

Aplicando la Ecuación 38 previamente explicada podemos observar como las características de las puertas escogidas cumplen con las exigencias del CTE.

$$U_H = 0 + 1 \times 2,0 = 2 \text{ W/(m}^2\text{*K)} < 4,40 \text{ W/(m}^2\text{*K)}. \text{ CUMPLE}$$

Tabla 59. Transmitancia térmica de las puertas.

	$U_{HV} \text{ W/(m}^2\text{*K)}$	$U_{HM} \text{ W/(m}^2\text{*K)}$	FM	$U_H \text{ W/(m}^2\text{*K)}$
PUERTAS	0	2	1	2

1.2.1.3.1.1.3 Cubierta

Se considera cubierta del edificio el forjado que cierra el edificio en la parte superior y da al exterior. En este caso se trata de una cubierta inclinada y está formada por los materiales que recogidos en la Tabla 60.

Tabla 60. Transmitancia térmica de la cubierta.

MATERIAL	$\lambda \text{ (W/mK)}$	e (mm)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Capa exterior de aire	-	-	0,04	
Forjado hormigón	0,071	0,05	0,704	
Lamina impermeabilizante	0,033	0,02	0,606	
Poliestireno extruido	0,033	0,08	2,42	
Teja cerámica curva	1,3	0,02	0,015	
Capa de aire interior	-	-	0.1	
TOTAL		0,17	3,885	0,257

Se cumplen los criterios exigidos en el CTE HE ya que $0.257 \text{ W/m}^2\text{K} < 0.41 \text{ W/m}^2\text{K}$.

1.2.1.3.1.1.4 Solera de hormigón

Hace referencia a la superficie que mantiene en contacto la planta baja con el terreno que se encuentra por debajo de la vivienda. A continuación, serán detallados los materiales que lo forman en la Tabla 61.

Tabla 61. Características y transmitancia térmica del suelo en contacto con el terreno.

MATERIAL	λ (W/mK)	e (mm)	R	U
Capa exterior de aire	-	-	0,04	
Zapatas de hormigón armado	1,65	0,35	0,21	
Encachado de grava	2	0,2	0,1	
Lamina impermeabilizante	0,033	0,02	0,60	
Solera hormigón	1,65	0,15	0,09	
Fibra de vidrio acustiver	0,04	0,05	1,25	
Tarima de tabla de madera barnizada	0,15	0,02	0,13	
Capa de aire interior	-	-	0,17	
TOTAL		0,79	2,59	0,386

Se cumplen los criterios exigidos en el CTE HE ya que $0.386 \text{ W/m}^2\text{K} < 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$.

1.2.1.3.2 Necesidades de calefacción

En este apartado se realizan los cálculos necesarios para determinar las pérdidas térmicas de la vivienda ya sean por conducción o transmisión, por ventilación o por infiltración. Primero se realizará el cálculo de la potencia de diseño (para las condiciones más extremas en invierno) y luego se realizará el cálculo mensual.

Para calcular las necesidades de calefacción se acudirá a la Ecuación 34 previamente citada.

$$Q_{\text{calefacción}} = Q_{\text{transmisión}} + Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{infiltración}} \quad \text{Ecuación 39}$$

1.2.1.3.2.1 Cálculo de pérdidas por transmisión

La carga térmica de transmisión representa las pérdidas de calor debidas a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior. Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior.

Las pérdidas por transmisión de una superficie se calculan mediante la Ecuación 39.

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 40}$$

Donde:

- **Q:** representa el calor transmitido (W).
- **ΔT :** es la diferencia de temperatura entre la zona interior y exterior de la superficie por la que se transmite el calor ($^{\circ}C$).
- **A:** es el área de la superficie a estudiar (m^2).
- **U:** la transmitancia térmica ($W/m^2 \cdot K$).

1.2.1.3.2.1.1 Pérdidas por transmisión en fachada exterior

Una vez calculada la transmitancia global de la fachada recurrimos a la Ecuación 39 previamente citada para proceder al cálculo de las pérdidas por transmisión en dicha zona del edificio.

Tras multiplicar el área total de la fachada opaca, su transmitancia térmica global y la temperatura de referencia del exterior se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_{\text{fachada}} = 308,64 \text{ m}^2 * 0,395 \text{ W/m}^2\text{K} * 19,8^{\circ}\text{C} = 2413,87 \text{ W}$$

Además, para observar las pérdidas que se producen en cada fachada, y conocer con mayor detalle las zonas más débiles de la casa, también se han realizado los cálculos por separado tal y como se muestra en la Tabla 62.

Tabla 62. Pérdidas por transmisión en la fachada.

	AREA (m^2)	U ($W/m^2 \cdot K$)	ΔT ($^{\circ}C$)	Q (W)
FACHADA OPACA ESTE	52,53	0,37	19,8	384,82
FACHADA OPACA OESTE	60,11	0,37	19,8	440,36
FACHADA OPACA SUR	95,83	0,37	19,8	701,15
FACHADA OPACA NORTE	100,17	0,448	19,8	887,54
TOTAL				2413,87

1.2.1.3.2.1.2 Perdidas por transmisión en huecos y lucernarios

1.2.1.3.2.1.2.1 Ventanas

En el caso de las ventanas, al tener todas las mismas características tanto de marco como de cristal, las diferentes perdidas de calor variaran respecto al área que ocupan cada una de ellas. Tan solo se tendrán en cuenta las ventanas que se sitúan en la parte construida, o que forman la envolvente.

Las pérdidas por transmisión de las ventanas se muestran en la Tabla 63.

Tabla 63. Perdidas por transmisión en las ventanas.

VENTANAS	AREA (m ²)	U (W/m ² *K)	ΔT (°C)	Q (W)
V1	0,98	2,975	19,8	57,58
V1	0,98	2,975	19,8	57,58
V2	1,11	2,975	19,8	65,09
V2	1,11	2,975	19,8	65,09
V2	1,11	2,975	19,8	65,09
V3	0,43	2,975	19,8	25,27
V3	0,43	2,975	19,8	25,27
V3	0,43	2,975	19,8	25,27
V4	1,04	2,975	19,8	60,97
V5	0,98	2,975	19,8	57,58
V6	1,75	2,975	19,8	103,14
V7	1,64	2,975	19,8	96,79
V9	3,15	2,975	19,8	185,32
VC1	0,50	2,975	19,8	29,45
VC2	0,50	2,975	19,8	29,45
VC3	0,70	2,975	19,8	41,23
VC4	0,50	2,975	19,8	29,45
VC5	0,50	2,975	19,8	29,45
VC6	0,70	2,975	19,8	41,23
TOTAL				1090,3

1.2.1.3.2.1.2.2 Puertas

A partir de los mismos criterios aplicados para el cálculo de las ventanas, las pérdidas de calor de las puertas dependerán de sus dimensiones.

Las pérdidas por transmisión de las puertas se muestran en la Tabla 64

Tabla 64. Perdidas por transmisión en las puertas que dan al exterior del edificio.

PUERTAS	AREA (m ²)	U (W/m ² *K)	ΔT (°C)	Q (W)
PE-1	1,66	2	19,8	65,74
PE-1	1,66	2	19,8	65,74
PE-3	2,54	2	19,8	100,58
P4	1,83	2	19,8	72,47
TOTAL				304,53

1.2.1.3.2.1.3 Perdidas por transmisión en la cubierta

Para el cálculo de la cubierta se van a tener en cuenta los huecos correspondientes a las ventanas, de la misma forma que se ha calculado la fachada del edificio.

Tabla 65. Características de la cubierta.

CARACTERÍSTICAS DE LA CUBIERTA	
Área total de la cubierta:	336,259 m ²
Área total de la cubierta zona construida	191,9 m ²
Área de los huecos de la cubierta	3,4 m ²
Área de la zona opaca de la cubierta zona construida	188,5 m ²

Teniendo una transmitancia total de $U = 0,257 \text{ W/m}^2\text{K}$, un área de $188,5 \text{ m}^2$ y una diferencia térmica de $19,8^\circ\text{C}$ respecto a la temperatura de referencia exterior más desfavorable, quedan unas pérdidas por transmisión en la cubierta de:

Tabla 66. Perdidas por transmisión en la cubierta de la zona construida.

	AREA (m ²)	U (W/m ² *K)	ΔT (°C)	Q (W)
CUBIERTA	188,5	0,257	19,8	959,2
TOTAL				959,2

1.2.1.3.2.1.4 Perdidas por transmisión en el suelo

Al igual que en los apartados anteriores, una vez calculada la transmitancia del suelo recurrimos a la Ecuación 39 previamente citada para proceder al cálculo de las pérdidas por transmisión en dicha zona del edificio.

Se ha obtenido el siguiente resultado recogido en la Tabla 67.

Tabla 67. Perdidas por transmisión en el suelo de la zona construida.

	AREA (m ²)	U (W/m ² *K)	ΔT (°C)	Q (W)
SUELO	106,8	0,386	19,8	816,25
TOTAL				816,25

1.2.1.3.2.1.5 Perdidas por transmisión totales

Las pérdidas de transmisión totales que se dan en el edificio son la suma de todas las pérdidas de transmisión previamente citadas. Se expresa en la Ecuación 40.

$$Q_{transmisión} = Q_{fachada} + Q_{ventanas} + Q_{puertas} + Q_{cubierta} + Q_{suelo} \quad \text{Ecuación 41}$$

$$Q_{transmisión} = 2413,87 \text{ W} + 1090,3 \text{ W} + 413,04 \text{ W} + 959,2 \text{ W} + 816,25 \text{ W} =$$

$$Q_{transmisión} = 5692,66 \text{ W}$$

Los resultados se muestran con mayor claridad en la Tabla 68.

Tabla 68. Perdidas por transmisión totales.

PERDIDAS TOTALES POR TRANSMISIÓN	
Q_{fachada}	2413,87 W
Q_{ventanas}	1090,3 W
Q_{puertas}	304,53 W
Q_{cubierta}	959,2 W
Q_{suelo}	816,25 W
TOTAL	5584,15 W

1.2.1.3.2.2 Pérdidas por ventilación

La renovación del aire es necesaria para mantener la calidad de aire y la salubridad de la vivienda. Para ello, el aire exterior introducido será compensado con el mismo caudal de aire extraído o expulsado por ventanas y puertas, con el fin de mantener la misma cantidad de aire seco en el interior de la vivienda.

Para realizar el cálculo de los caudales necesarios para el edificio que se está estudiando se acude a los caudales mínimos exigidos por el documento DB-HS-3 recogidos en la Tabla 69.

Tabla 69. Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables.

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

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

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

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

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

Teniendo en cuenta que caudales de admisión deben ser los mismos caudales que los caudales de extracción, el caudal total que ha de ventilar la vivienda será el mayor de ellos. Por lo que se ha añadido una columna más en la que se describe el caudal modificado.

Tabla 70. Caudales de ventilación en los locales secos

LOCALES SECOS		
ADMISIÓN	CAUDAL MÍNIMO (l/s)	CAUDAL EQUILIBRADO (l/s)
DORMITORIO 01	4	4
DORMITORIO 02	4	4
DORMITORIO 03	4	4
DORMITORIO 04	8	8
ACCESO DISTRIBUIDOR	10	10
GAMBARA	10	10
ZONA DE USOS COMUNES	10	10
TOTAL	50	50

Tabla 71 Caudales de ventilación en los locales húmedos

LOCALES HÚMEDOS		
EXTRACCIÓN	CAUDAL MÍNIMO (l/s)	CAUDAL EQUILIBRADO (l/s)
BAÑO 01	8	8
BAÑO 02 - DORMITORIO	8	8
BAÑO 03	8	8
LAVANDERIA	8	8
CUARTO DE INSTALACIONES	8	8
COCINA/COMEDOR	8	10
TOTAL	48	50

Una vez calcula el volumen de aire que se desea ventilar en nuestro edificio, se procede realizar el cálculo de las cargas térmicas y, para ello se acude a la Ecuación 41.

$$Q_v = C_p \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 42}$$

Donde:

- **V**: Volumen de aire de renovación (l/s).
- **C_p**: Calor específico del aire a temperatura exterior (1,012 KJ/Kg°C)
- **ρ**: Densidad del aire de ventilación a temperatura exterior (1.225 kg/m³)
- **ΔT**: Salto térmico. (°C)

Asimismo, las pérdidas de carga por ventilación son las siguientes:

$$Q_v = C_p \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T = 1,012 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} * 1.225 \text{ kg/m}^3 * 50 \text{ l/s} * 19,8 \text{ }^\circ\text{C} = 1227,303 \text{ W}$$

$$Q_{\text{ventilación}} = 1227,303 \text{ W}$$

1.2.1.3.2.3 Pérdidas por infiltración

Las pérdidas por infiltración (Ecuación 42) se van a descartar para el edificio en cuestión, ya que se considera que los espacios habitables interiores están en sobrepresión en comparación con el exterior, quedando unas pérdidas ínfimas.

$$Q_{\text{infiltración}} = 0 \text{ W} \quad \text{Ecuación 43}$$

1.2.1.3.2.4 Resumen de cargas totales

Las pérdidas de carga totales que se dan en el edificio son la suma de las pérdidas de transmisión totales, las de ventilación y las de infiltración expresados en la Ecuación 34.

$$Q_{\text{calefacción}} = Q_{\text{transmisión}} + Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{infiltración}} \quad \text{Ecuación 44}$$

$$Q_{\text{calefacción}} = 5584,15 \text{ W} + 1227,303 \text{ W} + 0 \text{ W}$$

$$Q_{\text{calefacción}} = 6811,453 \text{ W}$$

Los resultados se recogen la Tabla 72.

Tabla 72. Perdidas de carga totales.

PERDIDAS DE CARGA TOTALES	
$Q_{\text{transmisión}}$	5584,15 W
$Q_{\text{ventilación}}$	1227,303 W
$Q_{\text{infiltración}}$	0 W
PERDIDAS DE CARGA TOTALES	6811,453 W

1.2.1.4 Sistema auxiliar de energía

La instalación solar debe disponer de una fuente de calor de apoyo, en previsión de los días nublados. Como se ha podido comprobar en los cálculos anteriores, la energía solar no satisface completamente la demanda energética requerida por la instalación, por lo que será necesario instalar un sistema de energía de apoyo auxiliar.

La caldera auxiliar deberá diseñarse para cubrir tanto la demanda de calefacción como la de ACS ya que ejercerá la función de sistema auxiliar para la instalación solar térmica y debe diseñarse como si ésta no existiese de forma que se garantice la posibilidad de producción de ACS en aquellos momentos en los que la instalación solar térmica no pueda producirla.

1.2.1.4.1 Cálculo de la potencia de la caldera

Para el cálculo de la potencia, se van a tener en cuenta los cálculos de calefacción y de ACS previamente calculados por diseño, es decir para las condiciones más extremas o desfavorables. Por motivos de seguridad y de garantía del buen funcionamiento, se añadirá a la potencia final un 20%, quedando:

La demanda de calefacción se obtiene aplicando la Ecuación 43.

$$P_{instalar} = (P_{calefacción} + P_{ACS}) * 1,20 \quad \text{Ecuación 45}$$

$$P_{instalar} = (6811,453 \text{ W} + 2582,7 \text{ W}) * 1,20 = 11272,98 \text{ W} = 11,27 \text{ KW}$$

$$P_{instalar} = 11,27 \text{ KW}$$

El sistema que se empleará para satisfacer el déficit energético será una Caldera de la marca EASYPELL (BY OKOFEN) de biomasa de pellets con sistema Austriaco 6-20 KW con tolva para almacenamiento de 125 Kg de pellets y limpieza automática incluida.

Cumple perfectamente las condiciones calculadas. Además, permite regular la potencia de la caldera a la demanda necesaria, reduciendo el consumo y los gases emitidos.

1.2.1.4.2 Cálculo del volumen del silo de pellets

Es necesario calcular la capacidad del silo necesario de pellets (Ecuación 44) para la autonomía anual de la vivienda.

$$\text{Capacidad silo} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{PCI combustible}} \quad \text{Ecuación 46}$$

La energía necesaria se calcula en función de las horas de funcionamiento anuales. Estimándose un total de 200 días de funcionamiento a razón de 12 horas/día. Se tendrá en cuenta también el rendimiento a potencia parcial de la caldera, que es del 92% y el poder calorífico inferior (PCI) del combustible, que para Pellets es de 4,85 KWh/kg.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

$$\text{Energía necesaria} = (11,27 \text{ KW} * 200 \text{ días/año} * 12 \text{ h/día}) / 0,92 = 29400 \text{ KWh} \quad \text{Ecuación 47}$$

$$\text{Capacidad silo} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{PCI combustible}} = \frac{29400 \text{ KWh}}{4,85 \text{ KWh/kg}} = 6061,86 \text{ Kg}$$

La densidad del pellet es de aproximadamente 650 Kg/m³, por lo tanto, 6061,85 kg de pellets equivalen a un volumen de 9,32 m³. Aun así, no es necesario que el silo sea tan grande ya que cabe la posibilidad de llenarlo esporádicamente.

Para satisfacer las necesidades anuales mediante pellets se instalará un silo de la marca OKOFEN, modelo FlexILO Compact, con capacidad suficiente para las condiciones demandadas.

1.2.1.4.3 Regulación del sistema auxiliar

La regulación del sistema auxiliar se realiza mediante un sensor que mide la temperatura del agua proveniente del acumulador de ACS. Si el agua no está lo suficientemente caliente, la caldera entra en funcionamiento para calentarla a la temperatura adecuada.

Se utilizará una electroválvula de tres vías, comunicada con un termostato situado en la entrada del tanque acumulador de A.C.S., de manera que cuando la temperatura sea inferior a 60 °C, la válvula cerrará el paso del agua para consumo de A.C.S, abriendo el paso hacia la distribución de calefacción, y viceversa.

1.2.2 Anexos

1.2.2.1 Anexo 1: Fichas técnicas

Ficha Técnica 1 Captador solar SOLARIA – 2.8 AL S8 [52]

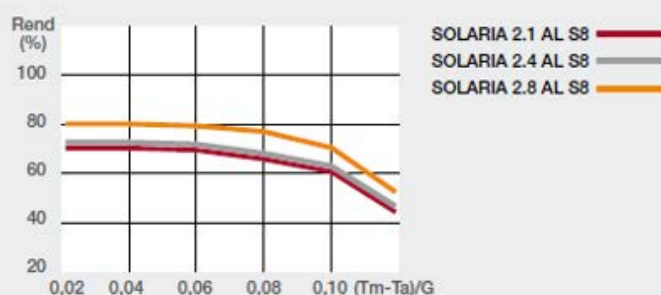


SOLARIA-2.8 AL S8

SOLARIA-2.8 AL S8	
CODIGO	942010653
EAN 13	8413880166704
PRECIO* (PORTES INCLUIDOS)	835€

* Precio sin I.V.A.

Curva de rendimiento instantáneo del captador



	captadores solares planos: ALUMINIO		
	SOLARIA-2.1 AL S8	SOLARIA-2.4 AL S8	SOLARIA-2.8 AL S8
DIMENSIONES			
Largo total (mm)	1.900	2.200	2.200
Ancho total (mm)	1.090	1.090	1.260
Fondo (mm)	90	90	90
Área total (m²)	2,06	2,40	2,77
Área de apertura (m²)	1,87	2,17	2,58
Área del absorbedor (m²)	1,77	2,14	2,46
Peso en vacío (kg)	38	43	50
Capacidad de fluido (l)	1,18	1,26	1,70
Fluido caloportador	agua o agua glicolada	agua o agua glicolada	agua o agua glicolada
Temperatura de estancamiento (°C)	197,0	197,0	197,0
Flexión máxima (Pa)	1.000	1.000	1.000
PRESIONES DE PRUEBA Y CAUDAL RECOMENDADO			
Presión de timbre (bar)	14,0	14,0	14,0
Presión máxima de trabajo (bar)	8,0	8,0	8,0
Presión mínima en captador (bar)	1,5	1,5	1,5
Caudal recomendado (l/h·m²)	45,0	45,0	45,0
Caída de presión en línea (mm.c.a.) (qj=l/min)	1,93 · qj2 + 6,52 · qj	1,85 · qj2 + 7,32 · qj	2,24 · qj2 + 3,72 · qj
CALIDADES DE FABRICACIÓN			
Cubierta transparente	vidrio templado de 3,20 mm de espesor. Coef. Trans. 0,91		
Carcasa	aluminio anodizado AL-6063 T5 (espesor = 1,50 mm)		
Absorbedor	aletas de cobre (0,5 mm) soldadas por ultrasonidos a parrilla de cobre		
Tratamiento selectivo	proyección de electrodeposición de Cromo Negro sobre base de Niquel Claro		
Relación en parrilla	colector principal 22 mm / colector secundario 8 mm		
Aislamiento térmico	poliuretano rígido inyectado (25 mm) + lám. Aluminio + lana mineral (25 mm)		
Acabado posterior y sellado	propileno moldeado y burlete de EPDM		
Conexiones (4 uds)	B.S.P. hembra de 3/4"		
CURVAS DE RENDIMIENTO INSTANTANEO Y REGISTRO			
Rendimiento óptico η _i	72,96 %	72,96 %	80,80 %
K1	2,51 W/(m²·K)	2,51 W/(m²·K)	3,20 W/(m²·K)
K2	0,038 W/(m²·K²)	0,038 W/(m²·K²)	0,010 W/(m²·K²)
Contraseña de homologación	NPS-26507	NPS-26307	NPS-26407

Ficha Técnica 2 Inter - Acumulador SOLARIS ISF-150 SR[52]



ACUMULADORES SOLARIS

- _ Acumulador vertical de acero S235JR con intercambiador térmico de tubo liso.
- _ Esmaltado inferior conforme a la Norma DIN 4753.3, exterior a capa.
- _ Protección con ánodo de magnesio de 1^{1/4}".
- _ Opcionalmente protección catódica (Ref: 979011627)
- _ Vaina sensor incluido.
- _ Todas las conexiones podrán ser conectadas en la parte superior ó trasera.
- _ Conexión preparada para circulación.
- _ Aislante poliuretano rígido sin CFC de 50 mm de espesor con revestimiento eskay de colores conforme DIN 4753.8, Color RAL 9010.
- _ Presión de trabajo 10 bar.

		Intercambiadores de suelo con un serpentín		
		ISF-150 SR	ISF-200 SR	ISF-300 SR
CARACTERÍSTICAS				
Capacidad de A.C.S.	l.	150	200	300
Temperatura máxima depósito de A.C.S.	°C	95	95	95
Presión máxima depósito de A.C.S.	bar	10	10	10
Temperatura máxima circuito de calentamiento	°C	160	160	160
Presión máxima circuito de calentamiento	bar	25	25	25
Superficie de intercambio circuito de calentamiento	m ²	1,3	1,2	1,2
Volumen del serpentín	l	8,2	7,5	7,5
Peso en vacío	kg.	87	98	94
Pérdida de carga de intercambiador	mbar	120	70	---
CONEXIONES				
SACS (Salida Agua Caliente Sanitaria)	GAS/M	3/4"	3/4"	1"
EAS (Entrada Agua Caliente Sanitaria)	GAS/M	3/4"	3/4"	1"
RS (Ida y Retorno de captadores)	GAS/H	3/4"	3/4"	3/4"
DIMENSIONES				
Diámetro exterior	mm.	600	600	600
Aislamiento	mm.	50	50	50
Longitud total	mm.	1.200	1.500	1.697
Anchura total	mm.	620	620	---
Profundidad total	mm.	680	680	---
Diámetro nominal boca hombre		DN 140	DN 140	---
Entradas sensor/regulador		vaina para fijar D=12 mm	vaina para fijar D=12 mm	---
CÓDIGO		942011117	942011126	942011135
EAN-13		8413880176734	8413880176741	8413880176758

Ficha Técnica 3 Grupo de bombeo JUNKERS AGS 5[58]



Tipo de grupo	Una línea	Dos Líneas			
Modelo	AGS 10-2 E	AGS 5 AGS 10/TDS 100-2	AGS 10-2	AGS 20-2	AGS 50-2
Número de captadores	1-10	1-10	1-10	11-20	21-50
Altura manométrica de la bomba	7 m	7 m	7 m	7.5 m	9 m
Diámetro de conexión	15 mm	15 mm	15/22 mm	22 mm	28 mm
Válvula de seguridad	6 bar	6 bar	6 bar	6 bar	6 bar
Manómetro	X	X	X	X	X
Válvula de corte (Ida/reorno)	-/X	X/X	X/X	X/X	X/X
Termómetro (Ida/retorno)	-/X	X/X	X/X	X/X	X/X
Antirretorno (Ida/retorno)	-/X	X/X	X/X	X/X	X/X
Caudalímetro	-	X	X	X	X
Eliminador de aire	-	X	X	X	X
Conexión para bomba de llenado	-	X	X	X	X
Conexión para vaso de expansión	-	X	X	X	X
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo) mm	185 x 355 x180	290 x 370 x 225	284 x 353 x 248	284 x 353 x 248	284 x 403 x 248

Ficha Técnica 4 Sistema de regulación y control SELTRON ST2R[59]

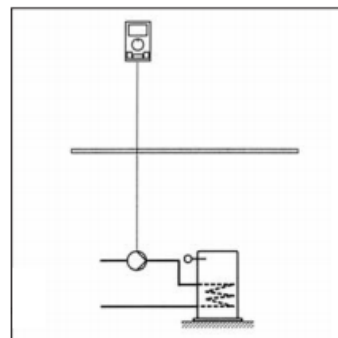
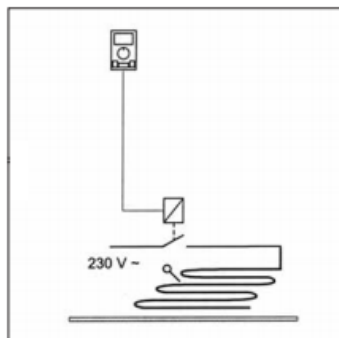
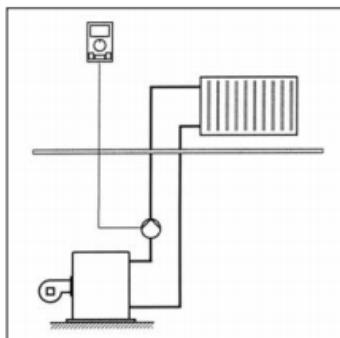


ST2R (sistema multifunción modular)
CRONOTERMOSTATO DE AMBIENTE ELECTRÓNICO DIGITAL
 Para instalaciones de calefacción (suelo radiante y radiadores, calderas de gas con llama modulante, suelo radiante eléctrico), A.C.S. (agua caliente sanitaria) y acondicionamiento.

Prestaciones:

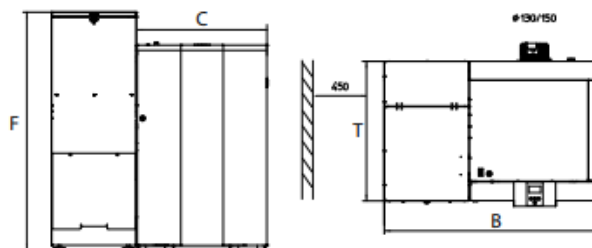
- 6 programas pre-establecidos modificables para A.C.S. y regulables entre 20°C y 80°C (para el ajuste del horario de funcionamiento entre 1 y 12 horas) o funcionamiento continuo.
- 6 programas pre-establecidos modificables para calefacción.
- Posibilidad de programar la función de confort (entre 1 y 24 horas o funcionamiento continuo).
- Activación y/o desactivación rápida del circuito de calefacción y A.C.S. Interruptor ON/OFF.
- Conexión a caldera, bomba de circulación, válvula mezcladora y suelo radiante eléctrico.
- Activación vía teléfono (solicitar telemando G1 cód. 301357).
- Ajuste de la temperatura ambiente diurna entre 10°C y 30°C.
- Ajuste de la temperatura ambiente nocturna entre 6°C y 26°C
- Ajuste de la temperatura máxima del suelo radiante.
- Ajuste del control de la temperatura máxima y mínima de caldera.
- Ajuste de la temperatura de la economía (regulable entre 1 y 24 horas o funcionamiento continuo. Escala de 6°C a 26°C).
- Posibilidad de activar función fiesta.
- Posibilidad de activación vía teléfono (para ello es necesario el telemando G1D cód. 301356).
- Posibilidad vía radio (para ello es necesario el módulo TX y receptor RX22).
- Ajuste del tiempo de la velocidad del actuador de la válvula mezcladora (entre 1 y 8 minutos.)
- Programación antihielo a 6°C.
- Posibilidad de bloqueo del teclado.
- Diferencial: $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.
- Alimentación: 3V, 2 baterías alcalinas de 1,5 V tipo LR03, AAA (incluidas).
- Relé de salida 230 V c.a. 6 (3) A.
- Visualización en pantalla del horario y día de la semana.
- Visualización en pantalla de la temperatura ambiente.
- Dimensiones: 112 mm x 72 mm x 32 mm.

Esquemas de instalación:



Ficha Técnica 5 Caldera de Pellets EASYPELL (BY OKOFEN) con sistema Austriaco 6-20

KW.



Características		20	32
Potencia nominal	kW	20	32
Potencia carga parcial	kW	6	10
Ancho (B)	mm	1 147	1 179
Ancho de la caldera (C)	mm	695	728,5
Altura de la caldera	mm	1 091	1 242
Altura de la tolva (F)	mm	1 267	1 517
Profundidad (T)	mm	752	796,5
Ancho mínimo por puerta	mm	700	750
Conexiones ida y retorno	pulg	1''	5/4''
Altura conexiones caldera	mm	905	1 110
Altura salida de humos	mm	645	844
Peso	kg	320	400
Rendimiento - potencia nominal	%	93,6	95,2
Rendimiento - potencia parcial	%	92,0	94,4
Volumen de agua	l	70	108
Capacidad de la tolva	kg	125	187
Temp. cámara combustión	°C	900 - 1 100	
Temp. de los humos	°C	100 - 160	
Diámetro salida de humos	mm	130	150

Ficha Técnica 6 Silo OKOFEN FlexILO Compact.



Los siguientes tamaños de FlexILO Compact están disponibles:

Altura mínima del local 185 cm

Art. no.	Largo	Ancho	Alto*	Capacidad** con altura del local de			
				185 cm	190 cm	200cm	240 cm
KGT1814	1.840 mm	1.440 mm	1.850-1.970 mm	1,3 - 1,6 t	1,4 - 1,8 t	1,6 - 2,0 t	2,7 - 3,3 t
KGT2614	2.580 mm	1.440 mm	1.850-1.970 mm	2,0 - 2,5 t	2,2 - 2,8 t	2,4 - 3,0 t	4,0 - 4,7 t
KGT2618	2.580 mm	1.840 mm	1.850-1.970 mm	2,4 - 3,0 t	3,0 - 3,7 t	3,2 - 4,0 t	5,0 - 6,2 t
KGT2620	2.580 mm	2.040 mm	1.850-1.970 mm	3,3 - 4,1 t	3,5 - 4,4 t	3,7 - 4,7 t	5,5 - 7,0 t
KGT2626	2.580 mm	2.580 mm	1.850-1.970 mm	4,0 - 5,1 t	4,5 - 5,6 t	4,9 - 6,1 t	7,2 - 8,5 t

1.2.2.2 Anexo 2: Certificación Ce3x

La certificación energética de la vivienda viene definida en el documento anexo “certificación energética”.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Elorraran		
Dirección	Caserio Elorraran, Amoroto		
Municipio	Amoroto	Código Postal	48289
Provincia	Vizcaya	Comunidad Autónoma	País Vasco
Zona climática	C1	Año construcción	1904
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	x		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

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

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Julen Carlos Nicholson Mendieta	NIF(NIE)	78996394-L
Razón social	Estudiante	NIF	x
Domicilio	Muelle de Olabeaga 22, 3B		
Municipio	Bilbao	Código Postal	48013
Provincia	Vizcaya	Comunidad Autónoma	País Vasco
e-mail:	julennicholson@gmail.com	Teléfono	626948309
Titulación habilitante según normativa vigente	Grado en Ingeniería de tecnología de Minas y Energías		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]
<p style="text-align: center;">3.5 A</p>	<p style="text-align: center;">0.8 A</p>

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

Fecha: 24/10/2018

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.


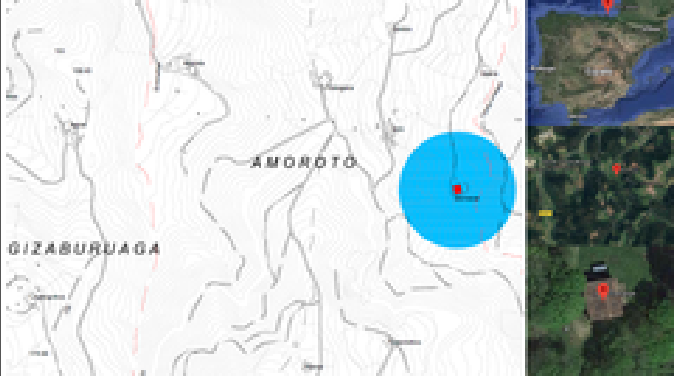
Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

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

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	384.86
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Cubierta Elorranan	Cubierta	189.5	0.26	Estimadas
Muro de fachada SUR	Fachada	84.0	0.37	Conocidas
Muro de fachada ESTE	Fachada	49.75	0.37	Conocidas
Muro de fachada OESTE	Fachada	54.34	0.37	Conocidas
Partición interior NORTE	Fachada	95.94	0.45	Conocidas
Suelo con terreno	Suelo	81.89	0.29	Por defecto

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1	Hueco	1.95	2.91	0.54	Conocido	Conocido
V2	Hueco	3.31	2.91	0.54	Conocido	Conocido
V3	Hueco	1.29	2.91	0.54	Conocido	Conocido
P 3	Hueco	5.28	2.00	0.06	Conocido	Conocido
V 6	Hueco	1.75	2.91	0.54	Conocido	Conocido
V 4	Hueco	1.03	2.91	0.54	Conocido	Conocido
V 5	Hueco	0.98	2.91	0.54	Conocido	Conocido
V 7	Hueco	1.64	2.91	0.54	Conocido	Conocido
V 9	Hueco	3.15	2.91	0.54	Conocido	Conocido
P 1	Hueco	3.33	2.00	0.06	Conocido	Conocido
P 4	Hueco	0.9	2.00	0.06	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	20.0	64.5	Biomasa densificada (pelets)	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	168.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	20.0	64.5	Biomasa densificada (pelets)	Estimado
TOTALES	ACS				

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	-	-	46.86	-
TOTAL	-	-	46.86	-

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C1	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>	A	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>	A
		0.62		0.13	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i>		<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>	-	<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>	-
		0.00		-	

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

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	0.00	0.00
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	0.75	289.28

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

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>	A	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>	A
		2.94		0.61	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i>		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>	-	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>	-
		0.00		-	

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

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

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

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

ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	17/10/2018
---	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

1.2.3 Estudio de viabilidad económica

La mayoría de los proyectos de ingeniería han de ser viables económicamente para que sean llevados a cabo, es por ello por lo que se ha decidido hacer un sencillo estudio de viabilidad, con el fin de estimar el dinero que hará falta invertir y del que se estima que se ahorrara el cliente.

La instalación deberá tener una vida útil de al menos 25 años para que sea rentable, por lo que la calidad de los materiales que la conforman jugará un papel muy importante a la hora de diseñar la instalación del proyecto. Cuando los gastos de mantenimiento hayan crecido de manera significativa se considerará que la vida útil de la instalación ha finalizado.

Para que el proyecto sea viable económicamente, se debe lograr una recuperación de la inversión realizada antes de la finalización de la vida útil de la instalación, logrando así una rentabilidad y obteniendo beneficios.

1.2.3.1 Precio del combustible

A modo de comparativa, 1 litro de gasoil equivale energéticamente a 2 kg de pellets. El litro de gasoil cuesta a día de hoy unos 80 céntimos de euro, y 2 kg de pellets algo menos de 50 céntimos de euro. Vemos que independientemente de la bajada o subida temporal que puedan sufrir los precios de los combustibles fósiles, hay una clara diferencia de precios en el combustible. [61]

Por otro lado, el tipo de combustible empleado en la caldera es más abundante y no presenta tantas inestabilidades, por lo que se experimenta un ahorro económico considerable en el tiempo.

1.2.3.2 Mantenimiento de la instalación

Tanto la instalación solar térmica como la caldera de biomasa presentan unos costes de mantenimiento asociados, debido a las labores de revisiones anuales necesarias o ajustes, según lo establecido en el Plan de vigilancia y en el plan de mantenimiento preventivo. Generalmente dichos gastos de mantenimiento son ligeramente superiores a las instalaciones convencionales.

Tal y como ocurre en la mayoría de instalaciones, a medida que pasa el tiempo, mayores suelen ser los gastos por mantenimiento.

Se estima un coste de mantenimiento anual de aproximadamente 75 - 100 € para las nuevas instalaciones propuestas.

1.2.3.3 Ahorro económico anual de la instalación de biomasa

Se cree conveniente representar los beneficios económicos que ofrece la caldera de biomasa respecto a otras calderas o combustibles tradicionales.

A continuación, se detalla la comparación de los pellets respecto al gas natural y al gasoil. Para calcular el ahorro económico será necesario conocer tanto el PCI como el precio de cada combustible.

Tabla 73. Comparativa de combustibles

COMPARATIVA DE COMBUSTIBLES		
	PCI (KWh / L)	PRECIO €/L
GASÓLEO	9,98 KWh / L	0,850 € / L
GAS NATURAL	8,18 KWh / m ³	0,059153 €/kWh + IVA
PELLETS	4,85 KWh / kg	saco de 15 kg vale 3,36 €

La energía necesaria o que debemos abastecer mediante la caldera de biomasa, calculada previamente, es de 29400 KWh. Relacionando todos los datos anteriormente descritos se obtiene el siguiente ahorro económico anual recogido en la Tabla 74.

Tabla 74. Ahorro económico anual de la instalación de biomasa

TIPO DE COMBUSTIBLE	INVERSION NECESARIA PARA CUBRIR LA DEMANDA ANUAL	AHORRO ECONOMICO ANUAL RESPECTO A LOS PELLETS
GASOLEO	2.504,00 €	1.146,14 €
GAS NATURAL	2.104,311 €	746,451 €
PELLETS	1.357,86 €	-

Tal y como se puede observar en la Tabla 74, los pellets además de ser más respetuosos con el medio ambiente son más baratos.

Además, gracias a la utilización de la energía solar, que es gratuita, se reduce la dependencia y cantidad de energía aportada mediante la caldera auxiliar, tal y como se explica a lo largo del proyecto. Por lo que los beneficios reales de la instalación diseñada son aún mayores de lo expresado en la anterior tabla.

1.2.3.4 Tiempo de amortización

En el proyecto objeto, debido a que se trata de una reforma a un caserío que estaba prácticamente abandonado y que no poseía ninguna instalación de gasoil ni gas natural, ocurre que el tiempo de amortización es prácticamente nulo. Es decir, realizar toda la instalación para conectar el caserío a la red de gas natural o de gasoil requeriría una inversión igual o mayor a la que se llevara a cabo en presente proyecto.

La inversión inicial junto con los ahorros que la instalación solar térmica para ACS y la caldera de biomasa ofrecen, hacen que el cliente comience a obtener beneficios prácticamente en el mismo momento que termine la obra.

Bilbao, 6 de noviembre 2018

Fdo. Julen Carlos Nicholson Mendieta

