



UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE VIVIENDA
UNIFAMILIAR**

Alumno: JORGE GALISTEO DE LA PARRA

Director: LUIS PEREZAGUA PEREZ

MAYO 2022

TÍTULO: ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR

AUTOR: JORGE GALISTEO DE LA PARRA

DIRECTOR DEL PROYECTO: LUIS PEREZAGUA PEREZ

FECHA: 29 de abril de 2022

RESUMEN

A lo largo de la historia de la humanidad, el ser humano ha ido evolucionando y cambiando en todos los ámbitos de la vida. En el caso de la obtención y consumo de energía ha ocurrido exactamente igual.

En los últimos siglos, el predominio de combustibles fósiles para obtención de energía ha sido la tendencia habitual del ser humano. De la misma manera, con el consumo ocurre igual, donde no era importante preocuparse por cuanto se consumía, de donde provenía o lo que repercutía en el planeta.

El ser humano se ha ido adaptando y dando soluciones frente a problemas o adversidades que ha ido teniendo. Es por ello que el desarrollo de combustibles fósiles aplicados a diferentes máquinas, aparatos, sistemas, etc. le supuso un crecimiento grande en todos los aspectos y una solución. Sin embargo, desde hace varios años se ha dado cuenta de los problemas que puede tener en el futuro si esta tendencia no cambia. Estos problemas surgen debido a su limitación y los efectos perjudiciales que tienen sobre el planeta, que han hecho que se desarrollen otras tecnologías más eficientes y más baratas en cuanto a utilización se refiere (por el hecho de ser renovable, es decir, de ser una energía “gratis”).

Por tanto, desde finales del siglo XX, y ya avanzado el siglo XXI todo esto ha cambiado. Ahora se está en una época de evolución en cuanto a la producción de energía, apostando por fuentes renovables y limpias, dejando a un lado las vías tradicionales. En el consumo de energía es la misma tendencia, es decir, se busca que sea sostenible, eficiente, y regulable en función de las necesidades, sabiendo de donde proviene y como repercute en el planeta.

En ese punto de cambio a nivel global, interviene cada persona a nivel particular. Y es por ello el desarrollo de este proyecto. Es una manera de cambiar la obtención de energía, hacia tecnologías renovables, donde se consuma lo necesario, siendo eficiente y aprovechando las condiciones del medio.

Dentro de este marco en el que se está, hay que saber entender esta evolución y cambio e ir adaptando la vida de cada persona a esta manera. Por ello, se considera que no tiene mucho recorrido el apostar en este proyecto por sistemas tradicionales, ya que en pocos años estarán obsoletos y supondrán un sobre coste en su consumo en comparación con estas nuevas tecnologías.

Palabras clave: geotermia, aerotermia, vivienda unifamiliar, eficiencia energética

ABSTRACT

Throughout the history of humanity, the human being has been evolving and changing in all areas of life. Exactly the same has happened in the case of obtaining and consuming energy.

In the last centuries, the predominance of fossil fuels to obtain energy has been the usual tendency of the human being. In the same way, the same thing happens with consumption, where it was not important to worry about how much was consumed, where it came from or what had repercussions on the planet.

The human being has been adapting and giving solutions to problems or adversities that he has been having. That is why the development of fossil fuels applied to different machines, devices, systems, etc. suouso a great growth in all aspects and a solution. However, for several years he has been aware of the problems that he may have in the future if this trend does not change. These problems arise due to their limitation and the detrimental effects they have on the planet, which have led to the development of other technologies that are more efficient and cheaper in terms of use (due to the fact that they are renewable, that is, because they are a free energy).

However, since the end of the 20th century, and well into the 21st century, all this has changed. Now we are in a time of evolution in terms of energy production, betting on renewable and clean sources, leaving aside traditional ways. In energy consumption it is the same trend, that is, it is sought to be sustainable, efficient, and adjustable according to needs, knowing where it comes from and how it affects the planet.

At that point of change at a global level, each person intervenes at a particular level. And that is why the development of this project. It is a way of changing energy production, towards renewable technologies, where what is necessary is consumed, being efficient and taking advantage of environmental conditions.

Within this framework in which you are, you have to know how to understand this evolution and change and adapt the life of each person in this way. For this reason, it is considered that there is not a long way to go in betting on traditional systems in this project, since in a few years they will be obsolete and will suppose an additional cost in their consumption compared to these new technologies.

Key words: geothermal, aerothermal, single-family home, energy efficiency

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	15
1.3 ALCANCE.....	16
1.4 EMPLAZAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN.....	16
1.5 NORMATIVA APLICABLE	17
1.6 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	18
1.6.1 Introducción a las Energías Renovables y Eficiencia Energética	18
1.6.2 Elementos de una Instalación de Geotermia/Aerotermita	18
1.6.3 Introducción a la Energía Geotérmica.....	18
1.6.4 Introducción a la Energía Aerotérmica.....	18
1.6.5 Comparativa Teórica Geotermia y Aerotermita	19
1.6.6 Introducción al Suelo Radiante Refrescante	19
1.6.7 Dimensionado de la Instalación	19
1.6.8 Planteamiento de las Soluciones.....	19
1.6.9 Planteamiento Económico	19
1.6.10 Solución Final	19
1.6.11 Conexionado, Cableado y Protecciones	19
1.6.12 Estudio Económico Final	19
1.6.13 Cronograma.....	20
1.6.14 Funcionamiento	20
1.6.15 Seguridad y Salud	20
1.6.16 Desarrollo Futuro	20
1.6.17 Pliego de Condiciones	20
1.6.18 Conclusiones.....	20
Capítulo 2. INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.	21

Capítulo 3. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN DE GEOTERMIA/AEROTERMIA.....	26
3.1 Bomba de Calor	26
3.2 Depósito de Acumulación de ACS	29
3.3 Depósito de Inercia	29
3.4 Centralita de Gestión de Datos	30
3.5 Sonda de Temperatura.....	30
Capítulo 4. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA GEOTÉRMICA.	31
4.1 Geotermia en España	31
4.2 Clasificación.....	32
4.3 Geotermia de Muy Baja Entalpía	34
4.3.1 Concepto	34
4.3.2 Elemento de Captación	35
4.3.3 Tipos de Tecnología.....	36
4.3.4 Sistemas de Captación.	37
4.3.5 Transmisión de Calor en el Subsuelo	41
4.3.6 Aspectos Importantes de Implementación.....	42
4.4 Ventajas de la Geotermia de Baja Entalpía	43
4.5 Desventajas de la Geotermia de Baja Entalpía	43
Capítulo 5. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA AEROTÉRMICA	44
5.1 Tipos de Bomba de Calor Aire-Agua.....	44
5.2 Esquema de instalación aerotermia.....	45
5.3 Ventajas de la Aerotermia.....	46
5.4 Desventajas de la Aerotermia	46
Capítulo 6. COMPARATIVA TEÓRICA GEOTERMIA Y AEROTERMIA.....	47
Capítulo 7. INTRODUCCIÓN AL SUELO RADIANTE REFRESCANTE.....	52
Capítulo 8. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.	58
8.1 Ubicación Exacta y Características del Lugar	58
8.2 Datos de la Vivienda.....	59
8.3 Condiciones Climáticas.....	63
8.4 Condiciones Interiores de Diseño	64
8.5 Condiciones Exteriores de Diseño	64
8.6 Concepto de Cargas Térmicas	66
8.7 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA	68
8.8 Dimensionado ACS/AFS.....	73

Capítulo 9. PLANTEAMIENTO DE LAS SOLUCIONES.	77
9.1 Solución Aerotermia.....	77
9.2 Solución Geotermia.....	80
9.3 Solución Suelo Radiante Refrescante.....	83
Capítulo 10. PLANTEAMIENTO ECONÓMICO.	90
10.1 Presupuesto Sistema Aerotermia	90
10.2 Presupuesto Sistema Geotermia.....	91
10.3 Presupuesto Suelo Radiante	91
Capítulo 11. SOLUCIÓN FINAL.	93
11.1 Rendimiento de las Bombas de Calor (COP y EER).....	93
11.2 Inversión a Medio Plazo	94
11.3 Gastos de Mantenimiento.....	97
11.4 Utilización.....	97
11.5 Tipo de Vivienda y Emplazamiento	97
11.6 Elección Final.....	98
Capítulo 12. CONEXIONADO, CABLEADO Y PROTECCIONES.	99
Capítulo 13. ESTUDIO ECONÓMICO FINAL.	104
13.1 Presupuesto Final.....	104
13.2 Análisis del Estudio Económico	109
Capítulo 14. CRONOGRAMA.	112
14.1 Ingeniería y Trámites de Administración.	112
14.2 Obtención de Equipos y Materiales.	112
14.3 Montaje y Ejecución.....	113
14.4 Puesta en Marcha.....	113
14.5 Finalización del Proyecto.....	113
Capítulo 15. FUNCIONAMIENTO.	116
15.1 Mantenimiento	116
15.2 Averías.....	117
Capítulo 16. SEGURIDAD Y SALUD.	119
Capítulo 17. DESARROLLO FUTURO.	121
17.1 Implementación de Paneles Solares	121
17.2 Retomar Instalación Geotérmica	122
Capítulo 18. PLIEGO DE CONDICIONES.	123
18.1 Objeto.....	123

18.2	Alcance	123
18.3	Especificación Técnica	123
18.3.1	Calidad de los Componentes del Proyecto.....	123
18.3.2	Bomba de Calor Aerotérmica	123
18.3.3	Interacumulador.....	124
18.3.4	Centralita MultiMATIC 700.....	124
18.3.5	Suelo Radiante.....	124
18.3.6	Interruptor Magnetotérmico Schneider 63A	125
18.3.7	Interruptor Magnetotérmico Schneider 25A	125
18.3.8	Interruptor Diferencial 63A	125
18.3.9	Cableado Cobre Electrolítico	125
Capítulo 19.	CONCLUSIONES.....	126
Capítulo 20.	BIBLIOGRAFÍA.	128
Capítulo 21.	PLANOS.	132
Capítulo 22.	ANEXOS.....	138

Índice de Figuras

Figura 1. Energías Renovables. Fuente: CSIC	15
Figura 2. Ubicación Vivienda. Fuente: Google Maps.	17
Figura 3. Evolución Energías Renovables. Fuente: World Energy	22
Figura 4. Esquema Eficiencia Energética. Fuente: ATECYR	24
Figura 5. Dependencia Energética. Fuente: ATECYR	25
Figura 6. Principio de Funcionamiento Bomba de Calor. Fuente: DTIE	27
Figura 7. Eficiencia Bomba de Calor. Fuente: CNI	28
Figura 8. Esquema Reversible Bomba de Calor. Fuente: DTIE	28
Figura 9. Tipos de Bombas de Calor. Fuente: DTIE	29
Figura 10. Depósito de Acumulación. Fuente: Tuandco	29
Figura 11. Depósito de Inercia. Fuente: Central Renovables	30
Figura 12. Central de Gestión de Datos. Fuente: Vaillant	30
Figura 13. Sonda de Temperatura. Fuente: Clima Ahorro	30
Figura 14. Potencial Geotérmico. Fuente: BlogThinkBig.....	32
Figura 15. Geotermia Vertical. Fuente: Energía Geotérmica.	34
Figura 16. Captación Geotérmica. Fuente: Ofigeo.....	35
Figura 17. Esquema de Funcionamiento Geotermia. Fuente: Preciogas	36
Figura 18. Tecnología de Captación Abierta. Fuente: GIE.....	37
Figura 19. Tecnología de Captación Cerrada. Fuente: GIE.....	37
Figura 20. Captación en Serie. Fuente: ULPGC.....	38
Figura 21. Captación en Paralelo. Fuente: ULPGC.....	38
Figura 22. Captación en Zanja. Fuente: ULPGC.....	39
Figura 23. Conexión Slinky. Fuente: ULPGC	39
Figura 24. Captación en Espiral Svec. Fuente: ULPGC.....	39
Figura 25. Captación en Zanja II. Fuente: ULPGC.....	39
Figura 26. Captación Vertical. Fuente: ULPGC	40
Figura 27. Tipos de Conexiones Verticales. Fuente: ULPGC.....	41
Figura 28. Sistema Monobloc Bomba de Calor. Fuente: Klima Frío.....	45
Figura 29. Sistema Bibloc. Fuente: Klima Frío	45
Figura 30. Esquema de Principio Aerotermia. Fuente: Precio Gas	45
Figura 31. Análisis Aerotermia VS Geotermia. Fuente: Calor y Frío.....	47
Figura 32. Análisis Rendimientos COP. Fuente: Nergiza	49
Figura 33. Emisiones a la Atmósfera. Fuente: Institut fur Wärmetechnik	50
Figura 34. Emisiones CO2. Fuente: Institut fur Wärmetechnik.....	50
Figura 35. Consumo Energía Comparativa. Fuente: GEMIS-VDEW.....	51
Figura 36. Costos de Operación Tecnologías. Fuente: GEMIS-VDEW	51
Figura 37. Análisis Intercambio de Energía. Fuente: UPONOR	52
Figura 38. Curva de Confort. Fuente: UPONOR	53
Figura 39. Climatización Vivienda. Fuente: UPONOR.....	53
Figura 40. Cinta Perimetral. Fuente: Ecosistemas del Sureste.....	54

Figura 41. Panel Aislante. Fuente: Materiales Calefacción.	54
Figura 42. Tuberías Suelo Radiante. Fuente: Baxi.....	55
Figura 43. Grapas de Sujeción. Fuente: Ecosistemas del Sureste.	55
Figura 44. Colector ACS/AFS. Fuente: Calor y Frío.	56
Figura 45. Aditivo/Mortero. Fuente: Ecosistemas del Sureste.	56
Figura 46. Configuración Suelo Radiante. Fuente: Ecosistemas del Sureste	56
Figura 47. Ubicación de la Vivienda. Fuente: Google Maps.....	58
Figura 48. Ubicación de la Vivienda II. Fuente: Google Maps.....	58
Figura 49. Coordenadas Geográficas. Fuente: Google Maps	59
Figura 50. Zona Climática. Fuente: CTE.....	59
Figura 51. Planta de la Vivienda. Fuente: Elaboración Propia.	60
Figura 52. Planta de la Finca. Fuente: Elaboración Propia.....	61
Figura 53. Condiciones Climáticas. Fuente: Weath Spark.....	63
Figura 54. Análisis Humedad. Fuente: Weath Spark.....	64
Figura 55. Condiciones Exteriores. Fuente: IDAE.....	65
Figura 56. Cálculo de Demanda I. Fuente: Simulador Luis Llamas	69
Figura 57. Cálculo de la Demanda II. Fuente: Simulador Luis Llamas	70
Figura 58. Cálculo de la Demanda III. Fuente: Simulador Luis Llamas.....	71
Figura 59. Cálculo de la Demanda IV. Fuente: Simulador Luis Llamas.....	72
Figura 60. Cálculo de la Demanda V. Fuente: Simulador Luis Llamas.....	73
Figura 61. Cálculo Caudales Instantáneos. Fuente: CTE.....	74
Figura 62. Valores Mínimos Demanda ACS. Fuente: CTE.....	75
Figura 63. Gráfico Resumen Resultados Demanda Energía. Fuente: Elaboración Propia	76
Figura 64. Bomba de Calor Arotherm Vaillant. Fuente: Vaillant.....	78
Figura 65. Sistema Arotherm Vaillant I. Fuente: Vaillant.....	78
Figura 66. Sistema Arotherm Vaillant II. Fuente: Vaillant.....	79
Figura 67. Elementos Adicionales Sistema Arotherm Vaillant. Fuente: Vaillant	80
Figura 68. Sistema Flexotherm Vaillant. Fuente: Vaillant	81
Figura 69. Sistema Flexotherm Vaillant II. Fuente: Vaillant	81
Figura 70. Armario de Llenado Vaillant. Fuente: Vaillant	82
Figura 71. Kit Frío Pasivo Vaillant. Fuente: Vaillant.....	82
Figura 72. Elementos Adicionales Sistema Flexotherm Vaillant. Fuente: Vaillant.....	82
Figura 73. Sistema de Climatización Elegido. Fuente: ACUTEK.....	85
Figura 74. Panel Poliestireno ALB. Fuente: ALB	85
Figura 75. Características Tubo Multicapa. Fuente: ALB.....	86
Figura 76. Tubo Multicapa. Fuente: ALB	86
Figura 77. Colector Ultracompacto. Fuente: ALB.....	86
Figura 78. Sistema de Regulación y Domótica. Fuente: ALB.....	87
Figura 79. Mortero Autonivelante. Fuente: ALB.....	87
Figura 80. Sistema de Tratamiento de Aire. Fuente: ALB	88
Figura 81. Barrera de Polietileno. Fuente: ALB	88
Figura 82. Características Tubo Multicapa. Fuente: ALB.....	89
Figura 83. Subvención Geotermia. Fuente: BOE.....	95
Figura 84. Subvención Aerotermia. Fuente: BOE.....	95

Figura 85. Dimensionamiento Cables Cobre. Fuente: Apuntes Asignatura Instalaciones Industriales.....	100
Figura 86. Esquema Unifilar Vivienda. Fuente: Elaboración Propia.....	101
Figura 87. Conexión Sistema Aerotermia. Fuente: Vaillant.....	102
Figura 88. Señales de Seguridad y Salud. Fuente: Vaillant.....	119
Figura 89. Implementación Paneles Solares. Fuente: Iberdrola.....	121

Índice de Tablas

Tabla 1. Comparativa Renovables VS No Renovables. Fuente: Elaboración Propia	23
Tabla 2. Tipos de Geotermia. Fuente: 3Ciencias	33
Tabla 3. Tecnologías de Extracción. Fuente: 3Ciencias	33
Tabla 4. Comparativa Aerotermia y Geotermia. Fuente: Nergiza	48
Tabla 5. Comparativa Bombas de Calor. Fuente: Daikin	48
Tabla 6. Estancias de la Vivienda. Fuente: Elaboración Propia	61
Tabla 7. Superficie del Terreno. Fuente: Elaboración Propia	62
Tabla 8. Dimensiones Ventanas. Fuente: Elaboración Propia	62
Tabla 9. Dimensiones Puertas. Fuente: Elaboración Propia.	62
Tabla 10. Condiciones Vivienda. Fuente: RITE	64
Tabla 11. Elementos Para Cálculo Caudales. Fuente: Elaboración Propia	74
Tabla 12. Capacidad Térmica Subsuelo. Fuente: Ingenieros Industriales	83
Tabla 13. Longitud Tuberías Suelo Radiante. Fuente: Elaboración Propia.	84
Tabla 14. Presupuesto Inicial Aerotermia. Fuente: Elaboración Propia.	90
Tabla 15. Presupuesto Inicial Geotermia. Fuente: Elaboración Propia	91
Tabla 16. Presupuesto Inicial Suelo Radiante. Fuente: Elaboración Propia	92
Tabla 17. Comparativas Bombas de Calor. Fuente: Elaboración Propia.	93
Tabla 18. Inversión a Medio Plazo. Fuente: Elaboración Propia	94
Tabla 19. Inversión Medio Plazo Subvención. Fuente: Elaboración Propia.	96
Tabla 20. Coste Anual Comparativa I. Fuente: Elaboración Propia	96
Tabla 21. Coste Anual Comparativa II. Fuente: Elaboración Propia	97
Tabla 22. Potencia de la Vivienda. Fuente: Elaboración Propia	99
Tabla 23. Cálculo de Secciones de Cableado e Intensidades. Fuente: Elaboración Propia	100
Tabla 24. Presupuesto Final. Fuente: Elaboración Propia	109
Tabla 25. Gasto Anual Caldera Gas Natural. Fuente: Elaboración Propia	110
Tabla 26. Estudio Amortización. Fuente: Elaboración Propia.	110
Tabla 27. Cronograma. Fuente: Elaboración Propia.	114

Índice de Planos

Plano 1. Plano Emplazamiento y Parcela de la Finca	133
Plano 2. Dimensiones de la Vivienda.	134
Plano 3. Ubicación Suelo Radiante y Sistema Aerotermia	135
Plano 4. Implementación Aerotermia.....	136
Plano 5. Esquema Unifilar Vivienda.	137

Índice de Anexos

Anexos 1. Sistema Arotherm Vaillant.....	139
Anexos 2.Vaso de Expansión.....	145
Anexos 3. Aguja Hidráulica + Bomba Ecocompact	146
Anexos 4. Desfangador 1"	148
Anexos 5. Sistema Flexotherm Vaillant.....	149
Anexos 6.Suelo Radiante ALB.....	154
Anexos 7. Interruptor Magnetotérmico 63A	159
Anexos 8. Interruptor Magnetotérmico 25A	162
Anexos 9. Interruptor Diferencial.....	165
Anexos 10. Cableado.....	168

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todo el sistema productivo mundial se mueve y se ha movido aplicando las energías no renovables, formadas en el interior de la Tierra durante millones de años y almacenadas en la propia naturaleza. Sin embargo, su elevado uso, ha hecho que ocurra un agotamiento paulatino, provocando una mayor complejidad en la extracción de la energía, y así mismo, un mayor precio.

Existen dos tipos de estas energías tradicionales:

- Los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural. Sus porcentajes de uso actuales sobre el total son: 30% el carbón, 33 % el petróleo y 23 % el gas natural.
- Los combustibles nucleares: principalmente uranio y plutonio, y en general, cualquier elemento químico capaz de liberar una gran cantidad de energía por fisión.

Es cierto que este tipo de energías no renovables han supuesto grandes ventajas, pero que actualmente, la mayoría de ellas han desaparecido o no lo son tanto. Así, sus principales beneficios destacan por: poder de generación, ser sencillas y simples de obtener, con procesos de elaboración, transporte y producción a coste bajo, etc. Sin embargo, tienen desventajas en la actualidad:

- Menor cantidad de recursos, y, por tanto, precios más elevados. Hay que tener en cuenta que son energías limitadas con una mayor demanda debido a factores como el incremento paulatino de la población mundial, la irrupción de países emergentes en la zona de Asia, etc. Por ello, en el futuro no habrá suficiente demanda para abastecer a tanta población.
- Emisiones contaminantes. Fundamentalmente de CO₂, y acompañado de otros como NO_x, CO, HC, N₂O, etc. produciendo el famoso efecto invernadero, en el cual se crea el aumento de la temperatura terrestre causada por la formación de estos elementos en la atmósfera, evitando que la radiación que emite la Tierra (es de baja energía, con lo cual no es capaz de atravesar la capa gaseosa) salga al exterior y rebote, con lo cual genera calor. El elemento más perjudicial para el efecto invernadero es el carbón.
- Por otro lado, al haber mayor consumo y mayor demanda, aumentan las emisiones, y al hacerlo, repercute directamente no solo en la salud del planeta, sino en la humana. Esta capa presente en la atmósfera terrestre hace que sean gases nocivos para el ser humano acarreándole problemas de salud, empeoramiento en calidad de vida, etc.

Ante estas problemáticas y dificultades, se presenta un futuro de cambio, en el que las energías no renovables vayan a un lado más residual y se de protagonismo al uso de fuentes renovables (en la siguiente imagen se muestran las más utilizadas en la actualidad). [1].



Figura 1. Energías Renovables. Fuente: CSIC

Por ello, es importante el crecimiento que se ha dado en este siglo XXI, ya que cualquier inversión, proyecto, etc. será bienvenido como una nueva forma de vida para el ser humano, en el que se permita una mayor cantidad de recursos, con menor contaminación, mejorando la salud tanto del planeta como la propia.

Así, cualquier entidad, empresa, familia, etc. deberá adecuar sus medios de producción, recursos, forma de vivir hacia un entorno más sostenible mediante el uso de las energías renovables.

A modo de ejemplo, y contextualizando sobre este proyecto, la climatización es la responsable de más del 50% de la demanda de energía útil final en Europa. Por ello, es importante desarrollar sistemas y métodos más eficientes de generación tanto de calor como frío.

En el caso de España, existe un cierto retraso en el desarrollo de estas energías que apoyen a la climatización de las viviendas posiblemente originado por la lenta reanimación del mercado inmobiliario, haciendo que la inversión no sea la deseada en la actualidad.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objeto de este trabajo es realizar el Proyecto de Fin de Máster Habilitante en Ingeniería Industrial en la Universidad Europea de Madrid.

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente en el planteamiento, el proyecto se basa en implementar la climatización bien por geotermia o bien por aerotermia de una vivienda unifamiliar tanto para calefacción, refrigeración y ACS. Con ello, supondría situarse a la vanguardia de las viviendas actuales, apostando por una tecnología novedosa y a la vez eficiente.

Hay que tener en cuenta que las viviendas unifamiliares tienen una demanda térmica mayor que los pisos, por lo que, al instalar una tecnología de este tipo, el ahorro será mayor.

También, el apoyo de la climatización de la vivienda se hará mediante suelo radiante, con lo cual será también objeto de análisis y estudio. Además, al ser una vivienda nueva permite la instalación de suelo radiante de una manera más sencilla que si estuviera ya construida y quisiera instalarse a posteriori. Respecto al ACS, también se analizará y dimensionará su demanda según diversos factores que se explicarán en el desarrollo del proyecto.

Sin embargo, a parte de las premisas que se quieren lograr, se pueden destacar otros dos objetivos adicionales que son los motivos por los que se va a llevar a cabo este proyecto.

- Apostar por las energías renovables en lugar de las no renovables, y, por tanto, promover por la sostenibilidad ambiental con sistemas que aprovechan las condiciones externas.
- Rentabilidad económica, ya que todo proyecto busca obtener un beneficio (en este caso obtener calefacción/refrigeración y ACS) pero siempre siendo rentable, y que en un plazo razonable de tiempo esté amortizado sabiendo que es algo que hay que realizar, es decir, deberá climatizarse esta vivienda sí o sí, por lo que una inversión habrá que realizar independientemente del sistema elegido (renovable o no renovable), por lo que será objeto de comparación con otras tecnologías.

Así, no será objetivo de este proyecto la obra civil de la vivienda, que corresponderá a otra memoria independiente de este proyecto.

1.3 ALCANCE

El presente proyecto desarrollará tanto el diseño como implantación de la instalación geotérmica o aerotérmica, así como el funcionamiento de la misma en la distribución u organización de energía (explicado en el objeto del proyecto) aplicada a la vivienda.

En relación a lo anterior, se garantizará el cumplimiento de la normativa vigente para no solo obtener un ahorro energético, sino también una sostenibilidad ambiental, ya que con este proyecto se cumplirá todo lo mencionado en el planteamiento del problema y en los objetivos.

1.4 EMPLAZAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que se quiere aplicar a una vivienda unifamiliar, la ubicación de la misma viene determinada por la propiedad del cliente. En este caso, se trata de la vivienda de un familiar cercano que quiere construirse en un pueblo llamado Solosancho.

Se trata de un pueblo cercano a los 900 habitantes situado a 21 kilómetros de la provincia de Ávila, en la carretera N-502. Dentro del mismo, cercano a las afueras del pueblo, se encuentra un terreno en el que se va a construir la casa. Así, la ubicación exacta es Calle Iglesia, 98, 05130, Solosancho, Ávila.

En la siguiente imagen se muestra la ubicación para establecer un contexto de la situación, aunque posteriormente en el desarrollo del proyecto se detallará más.



Figura 2. Ubicación Vivienda. Fuente: Google Maps.

1.5 NORMATIVA APLICABLE

- Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. REAL DECRETO 842/2002 del 2 de agosto.
- Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan y por el que se establecen los requisitos técnicos para las instalaciones que desarrollen actividades que emitan gases fluorados.

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 20/2018, de 7 de diciembre, de medidas urgentes para el impulso de la competitividad económica en el sector de la industria y el comercio en España.
- Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamento General de Normas básicas de Seguridad Minera. R.D. 863/1985 de 2 de abril.
- N.T.E.-I.C.I./ I.C.R./I.D.L.
- UNE-EN 15450:2008
- UNE-EN 12102-2:
- UNE-EN 15316-4-2:2019
- UNE-EN 12178:2017
- UNE-EN ISO 14903:2018
- UNE-EN 14511-3:2019
- UNE-EN 14276-2:2021
- UNE-EN 13203-5:2019
- UNE-EN ISO 21003

1.6 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

1.6.1 Introducción a las Energías Renovables y Eficiencia Energética

En este primer capítulo se va a contextualizar el proyecto explicando la situación actual en el proceso de cambio hacia las energías renovables, la sostenibilidad, la eficiencia energética, etc.

1.6.2 Elementos de una Instalación de Geotermia/Aerotermia

A continuación, se van a exponer que elementos comunes hay en una instalación de geotermia o aerotermia para una vivienda unifamiliar. Se centrará fundamentalmente en el concepto de la bomba de calor, que será el elemento principal de la instalación.

1.6.3 Introducción a la Energía Geotérmica

En este capítulo 4, se va a detallar la energía geotérmica, a nivel general y a nivel de la propia instalación. Se tratarán aquellos aspectos distintos a una instalación aerotérmica que no se trataron en el anterior capítulo.

1.6.4 Introducción a la Energía Aerotérmica

El capítulo 5, será igual que el 4, pero aplicado a la aerotermia, tratando aspectos específicos de esta tecnología.

1.6.5 Comparativa Teórica Geotermia y Aerotermia

Tras analizar ambas tecnologías, en este capítulo se van a comparar de una manera teórica, para saber qué aspectos tener en cuenta cuando se desarrolle el proyecto en la instalación.

1.6.6 Introducción al Suelo Radiante Refrescante

En el capítulo 7, se explicará el funcionamiento del suelo radiante refrescante y el motivo de su elección frente a otros sistemas.

1.6.7 Dimensionado de la Instalación

El desarrollo de la instalación empezará aquí tratando cuál será su ubicación, datos de la vivienda, condiciones climáticas, condiciones de diseño, cargas térmicas, demanda y dimensionado de ACS/AFS.

1.6.8 Planteamiento de las Soluciones

En el capítulo 10, se van a exponer las soluciones para geotermia y aerotermia, así como el dimensionado para el suelo radiante refrescante.

1.6.9 Planteamiento Económico

Una vez expuestas las soluciones en el capítulo 10, se explicarán los presupuestos iniciales de cada instalación, para posteriormente valorar que decisión tomar.

1.6.10 Solución Final

En este capítulo, se va a tomar la decisión de que tecnología aplicar. Para ello influirán varios aspectos como: los rendimientos de las bombas de calor, la inversión a medio plazo, gastos de mantenimiento, utilización y tipo de vivienda y emplazamiento.

1.6.11 Conexión, Cableado y Protecciones

En el capítulo 12 comienza el desarrollo de elementos o partes secundarias pero importantes para completar el proyecto como es el caso del conexionado, cableado y protecciones de los elementos de la instalación al sistema eléctrico de la vivienda.

1.6.12 Estudio Económico Final

Tras haber tomado la decisión en el capítulo 11, se realizará el estudio económico completo, tratando el presupuesto final, costes anuales, posibles retornos de inversión, comparativa con otras tecnologías en costes, etc.

1.6.13Cronograma

Como en todo proyecto, habrá que dimensionar el cronograma de todo el desarrollo del mismo, desde su fase inicial hasta su implementación en la vivienda.

1.6.14Funcionamiento

Desde el punto de vista de funcionamiento se tratará aspectos como el mantenimiento y posibles averías que habrá que tener en cuenta.

1.6.15Seguridad y Salud

En el capítulo 16, se explicarán los peligros y cuidados que deberán llevarse a cabo tanto en el proceso de instalación como en la manipulación una vez instalada y en funcionamiento.

1.6.16Desarrollo Futuro

Este proyecto, en el futuro, podrá desarrollarse más, y seguir creciendo hacia una vía aún más sostenible. En este capítulo se expondrán varias ideas de desarrollo futuro.

1.6.17Pliego de Condiciones

El pliego de condiciones será un elemento del proyecto a tener en cuenta ya que se detallarán características técnicas de los elementos dimensionados y utilizados.

1.6.18Conclusiones

En el capítulo final se establecerán una serie de conclusiones sobre el proyecto realizado, tanto a nivel general como a nivel particular de la instalación.

Capítulo 2. INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Las energías renovables son aquellas que surgen de fuentes naturales, limpias e inagotables. Esta última condición se encuentra relacionada con la inmensa cantidad que hay disponible de la misma o por su capacidad de regeneración por vías naturales.

Sin embargo, en contraposición a ellas, están las energías no renovables:

- ✚ Los combustibles fósiles destacan actualmente por su escasez, así como sus emisiones altamente contaminantes y por causar el efecto invernadero.
- ✚ La energía nuclear también tiene ciertos inconvenientes o problemas, ya que existe escasez de materia prima, por la dificultad en la accesibilidad, por el peligro medioambiental y de subsistencia para el ser humano y la vida

Así, las energías renovables son las que se obtienen del sol, del viento, de los residuos, del agua, del interior de la tierra, etc. obteniendo distintos tipos de energías como la solar, eólica, biomasa, hidráulica, geotermia, etc.

El consumo de energía es imprescindible para el crecimiento económico y social del planeta. Sin embargo, como se ha comentado en el capítulo 1, hay que cambiar el sistema de producción energético hacia las energías renovables por los siguientes motivos:

- Las fuentes no renovables se están agotando.
- Afectan al medioambiente de manera negativa.
- Provocan desigualdades entre continentes, países, etc. ya que la fuente de energía no es homogénea.

Por ello, estas energías renovables provocarán:

- ✓ Mejoramiento del cambio climático a través de menor contaminación atmosférica, residuos, deforestación, desechos de todo tipo, etc.
- ✓ Fuentes ilimitadas de energía.
- ✓ Mayor independencia económica de los países, y, por ende, de las empresas.
- ✓ Igualdad energética, con el sistema de producción de energía accesible.

En la siguiente imagen se muestra un gráfico con la evolución de los últimos 30 años en relación a la producción de energía a nivel mundial, donde se puede comprobar este cambio de tendencia en relación a las energía renovables y no renovables. [2]

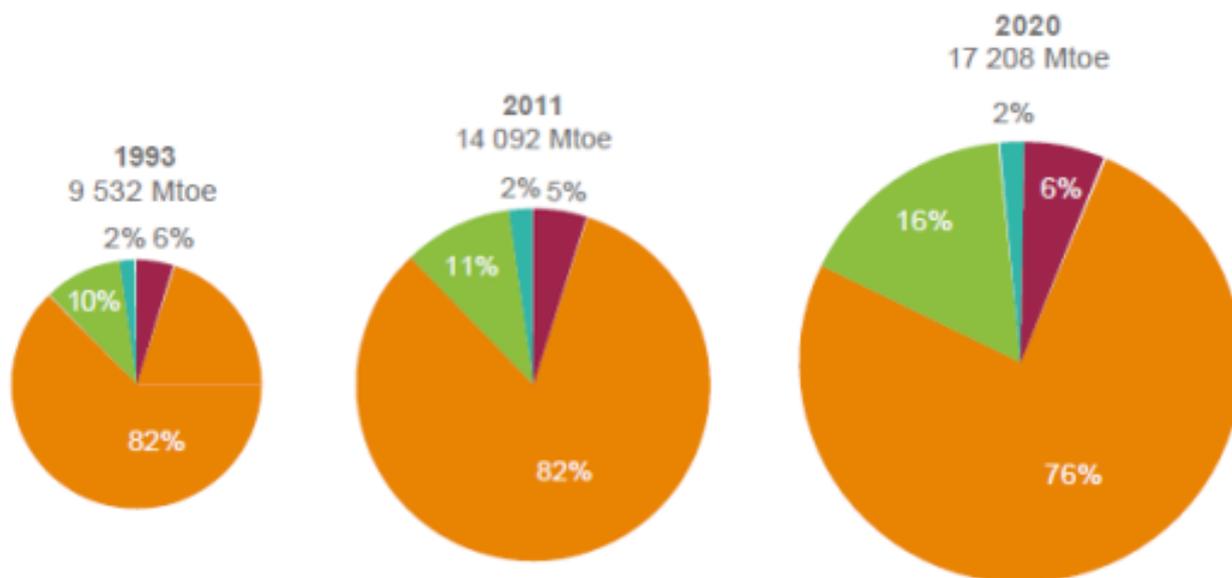


Figura 3. Evolución Energías Renovables. Fuente: World Energy

Así, se puede comprobar lo explicado, donde la producción de energía predomina los combustibles fósiles, y, por tanto, las energías convencionales, mientras que las energías renovables representan un valor más reducido.

Sin embargo, desde 1993 el desarrollo en renovables ha crecido mientras que el de las no renovables ha descendido. En 1993, estaba en un 10%, en 2011 en un 11% y en 2020 un 16% la producción de renovables. En 1993 y 2011 la producción de no renovables es el mismo, 82%, mientras que en 2020 fue de un 76%.

Además, hay que tener en cuenta que la cantidad de energía producida cada vez es mayor, ya que se ha pasado de 9532 Mtoe en 1993 a 17208 Mtoe en 2020.

En relación con todo lo explicado, no se pretende demostrar que las renovables son mejores que las no renovables, sino que, en el mundo actual, la tendencia natural es el crecimiento de las renovables. Así, el objetivo es transformar aquellas desventajas o inconvenientes que puedan tener estas nuevas tecnologías para hacerlas más ventajosas aún. Por ello, en la siguiente tabla se establece una comparación de aspectos positivos de ambas energías. [3]

	NO RENOVABLES	RENOVABLES
DIFERENCIAS	Limitadas	Ilimitadas
	Dependientes	Independientes
	Generan residuos y emisiones: efecto invernadero	Baja generación de residuos y emisiones
	Contaminantes	No contaminantes
	Sostenibilidad baja	Sostenibilidad alta
	Proyección baja	Proyección Alta
ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	Los residuos pueden ser tratados y almacenados para que las emisiones sean reducidas	No producen emisiones de CO2 y otros gases contaminantes a la atmósfera.
	Su impacto visual, por lo general, es reducido.	Su impacto visual es por lo general, más elevado
ASPECTOS ECONÓMICOS	La generación de empleo se verá reducida	La generación de empleo se verá ampliado
	No hay equilibrio entre territorios. Suelen darse en zonas habitualmente desarrolladas	Favorecen el equilibrio entre territorios ya que suelen llevarse a cabo en zonas no urbanas
	Tecnología importada	Desarrollo de tecnologías propias
ASPECTOS ESTRATEGICOS	Desarrolladas por un número limitado de países.	Son autóctonas
	Dificultades de la independencia energética de países menos desarrollados	Favorecen la independencia energética

Tabla 1. Comparativa Renovables VS No Renovables. Fuente: Elaboración Propia

Relacionado con todo lo explicado, se está en un momento de cambio, de evolución en el ámbito del consumo de energía. De ello, deriva lo que se llama eficiencia energética y emisiones contaminantes.

El impulso de estas energías limpias, no solo es porque las no renovables se agotan, sino por la importancia de una optimización y aprovechamiento de la energía que se consume logrando bajas emisiones. En la siguiente imagen se muestra un esquema de esta idea, donde para una misma demanda con una máquina de bajo consumo con apoyo renovable del medio, consigues altos rendimientos, y, por tanto, se está consiguiendo eficiencia energética:

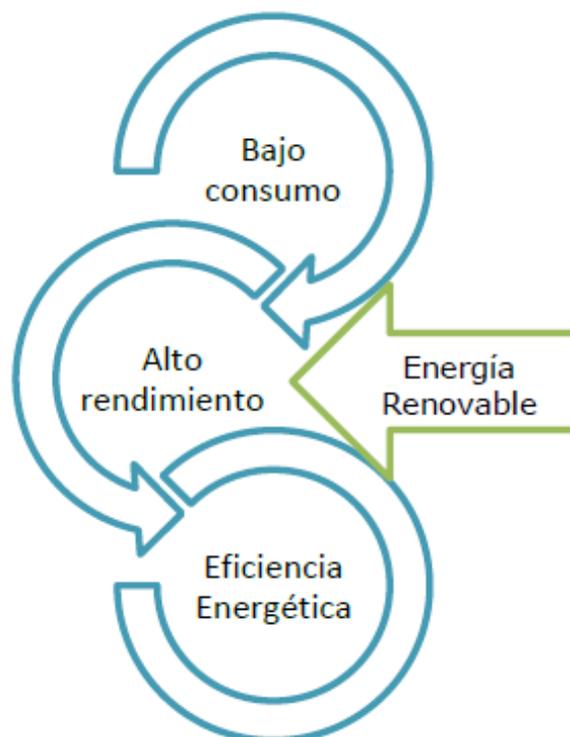


Figura 4. Esquema Eficiencia Energética. Fuente: ATECYR

Desde Europa a nivel particular, la fuerza de esta idea es cada vez mayor. Es por ello que se han fijado unos objetivos de cara a 2030 (revisables en 2023) en relación a eficiencia energética y optimización del consumo:

- 33% de mejora de eficiencia energética.
- 32% de energías renovables sobre el consumo total de energía.
- 55% de reducción de gases de efecto invernadero si se compara con el año 1990.
- 15% de interconexión eléctrica.

Todos estos pasos intermedios, tienen un camino u objetivo final: la descarbonización. En 2050, Europa quiere tener un balance neutro de gases de efecto invernadero. Es un plan ambicioso teniendo en cuenta que, en el Acuerdo de París de 2015, este objetivo era para el año 2100. Con esto se demuestra cómo se está en constante camino y evolución de una manera muy rápida.

Por otro lado, si desde Europa tienen estos planes, España no será una excepción y deberá seguir el mismo patrón. Desde el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) y el Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica contribuirán al cumplimiento de la normativa europea al respecto. Por ello, para 2030, se han fijado los siguientes objetivos:

- ✚ 40% de mejora en eficiencia energética.
- ✚ 42% de energías renovables sobre el consumo total de energía final (renovables eléctricas más renovables térmicas).
- ✚ 23% de reducción de gases de efecto invernadero.

Además, se plantea otro objetivo en cuanto a producción de energía: 74% de energías renovables respecto a la generación eléctrica para el año 2030.

Otro aspecto ligado a lo anterior, es la dependencia energética. Al fin y al cabo, todo lo anterior va encaminado a que cada país tenga su fuente de generación de energía. En España, este hecho se puede incrementar más que en otros países por esa capacidad de generación que puede tener en el futuro. En el siguiente gráfico se demuestra esto, donde se pasa en 2017 de tener un 26% de energía propia a un 41%:



Figura 5. Dependencia Energética. Fuente: ATECYR

Una gran ayuda en España, fue la modificación del RITE en julio del 2021 en relación al aporte renovable (no existe eficiencia energética sin una contribución renovable). Por ejemplo, en edificios donde hagan reformas de instalaciones se deben proponer instalaciones eficientes energéticamente y elementos que aprovechen la energía residual o que sean renovables.

En este punto de análisis realizado en los últimos párrafos, el uso de tecnologías eficientes como el de la bomba de calor para climatización serán muy importantes (se obtiene eficiencia energética y sustituyes el combustible por electricidad que vendrá de fuentes limpias).

Capítulo 3. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN DE GEOTERMIA/AEROTERMIA

Este capítulo puede considerarse el primero en cuanto al comienzo del desarrollo del proyecto. Antes de explicar cada una de las tecnologías, se quiere exponer que elementos conforman o comparten de la misma manera ambas instalaciones.

Posteriormente, en dos capítulos se explicará el funcionamiento de cada tecnología, que son totalmente diferentes sus métodos de captación de calor.

En relación a los elementos de una instalación o vivienda unifamiliar como es el caso de este proyecto existen numerosos elementos que establecen o forman parte de la instalación, pero se van a explicar los fundamentales con más profundidad y son los siguientes: bomba de calor, depósito de acumulación, depósito de inercia, centralita de gestión de datos y sonda de temperatura. A nivel más secundario, pero importante para el funcionamiento correcto de la instalación pueden estar los sistemas de gestión internos, red de tuberías, vasos de expansión, conexionado, etc.

Además, de esto haría falta un sistema o aparato de emisión que transmita el calor/frío a la vivienda, que será el suelo radiante explicado en profundidad en un capítulo posterior. Existen también otras vías de emisión como fancoils o radiadores, pero más adelante se detallará el motivo de esta elección.

A continuación, se van a exponer esos elementos mencionados, explicando cada uno en mayor profundidad:

3.1 Bomba de Calor

Será el sistema más importante de todos y por el cual permite el desarrollo de aerotermia y geotermia. Cabe destacar que su función puede ser para calor o frío, pero la siguiente explicación se va a considerar para calor, para no repetir ambas ideas.

Este elemento es un equipo que permite extraer calor de un medio a menor temperatura, ya sea aire, tierra o agua y lo transfiere a otro de mayor temperatura (agua o aire de la instalación).

En la siguiente imagen se muestra un esquema de funcionamiento y componentes básicos de la bomba de calor:

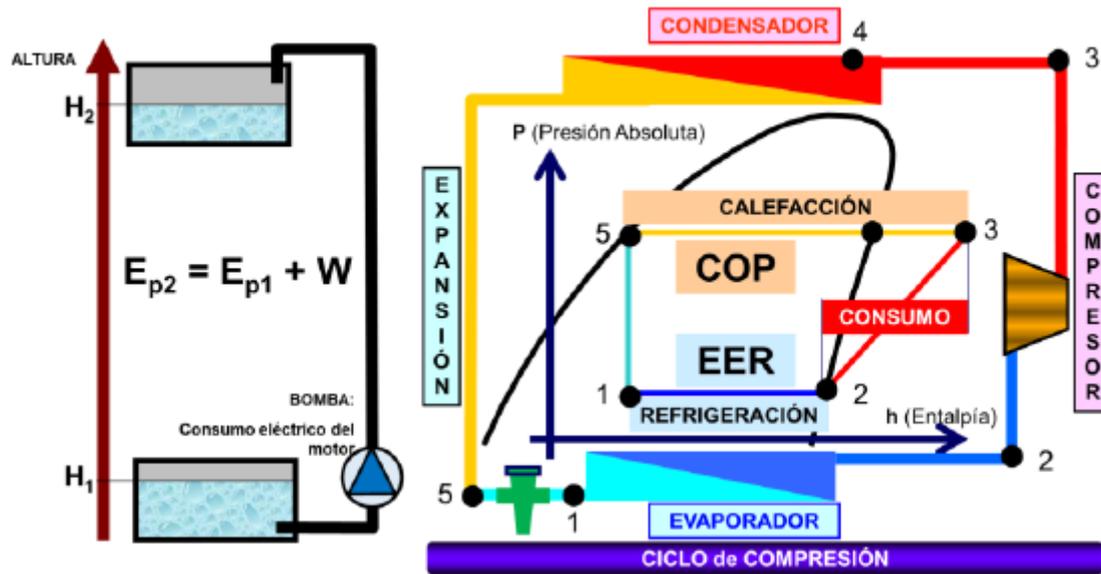


Figura 6. Principio de Funcionamiento Bomba de Calor. Fuente: DTIE

En este esquema se muestra el proceso de funcionamiento y elementos de la bomba de calor. En el 1-2, es decir, el evaporador, evapora el fluido (refrigerante) aprovechando las condiciones de baja temperatura. A la salida se tiene vapor a baja temperatura, elevándola mediante compresión con el compresor (2-3). En el 3-5 el refrigerante cede calor a la instalación condensándose. Por último, se reduce la presión para cerrar el ciclo desde la condensación hasta la evaporación, utilizando la válvula de expansión (5-1).

Por tanto, se trata de una tecnología muy eficiente, donde el consumo de energía sería el del compresor principalmente. Sin embargo, la limitación o el hándicap de la bomba de calor es la temperatura que puede obtenerse en el condensador y la temperatura a la cual se extrae el calor. Cuanto mayor sea esa diferencia entre ambas temperaturas, se requieren mayores relaciones de compresión, por lo que el propio compresor no es capaz de lograrlo. [4]

Así, el beneficio de la bomba de calor está en el calor extraído de la fuente fría, que es gratuito, por lo que será una tecnología renovable. De esta manera la eficiencia (COP) será la relación que hay entre el calor cedido en el condensador y la energía consumida por el compresor. Para considerarse como renovable, deberá tener un SCOP (es un COP estacional) superior a 2.5:

$$COP = \frac{\text{Potencia Calorífica Entregada}}{\text{Potencia Eléctrica Consumida}}$$

Al final, el objetivo es aprovechar un 60-70% de energía “gratis” y tener un consumo eléctrico entre un 30-40% como se muestra en el siguiente esquema:

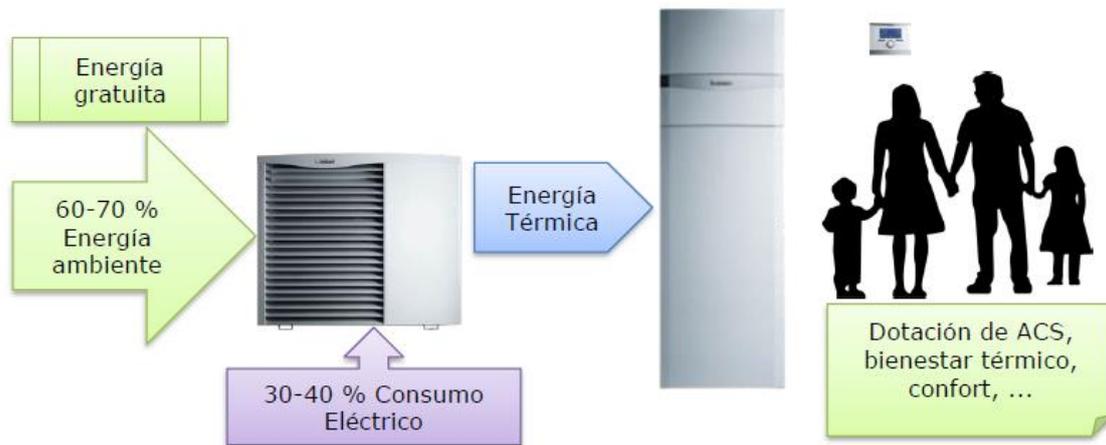


Figura 7. Eficiencia Bomba de Calor. Fuente: CNI

Otro aspecto comentado al inicio de la explicación, es su reversibilidad (calor y frío). Esto se consigue mediante una válvula de 4 vías, que regula el funcionamiento según se quiera aportar frío o calor en este caso a la vivienda. En el siguiente gráfico se muestra un esquema del funcionamiento para ambas acciones: [5]

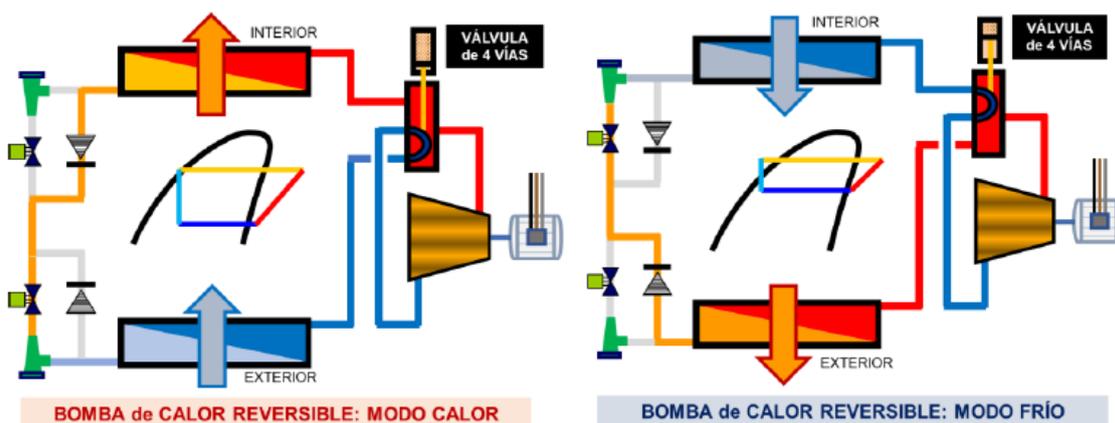


Figura 8. Esquema Reversible Bomba de Calor. Fuente: DTIE

Sin embargo, todo el funcionamiento anterior, puede lograrse según varios tipos de bombas: aire/aire, aire/agua, agua/aire y agua/agua.

Para este proyecto habrá que estudiar dos opciones según sea de aerotermia o geotermia y según el uso del mismo. La nomenclatura indica que en primer lugar se nombra la fuente de la que se extrae el calor y la segunda el medio al que lo ceden. En este caso se cede en forma de agua, por lo que solo habrá dos opciones posibles de las cuatro mencionadas anteriormente. Una bomba de calor aire/agua sería para una instalación aerotérmica, mientras que una agua/agua sería para una instalación geotérmica.

En la siguiente imagen se muestran estos dos tipos de bombas de calor:

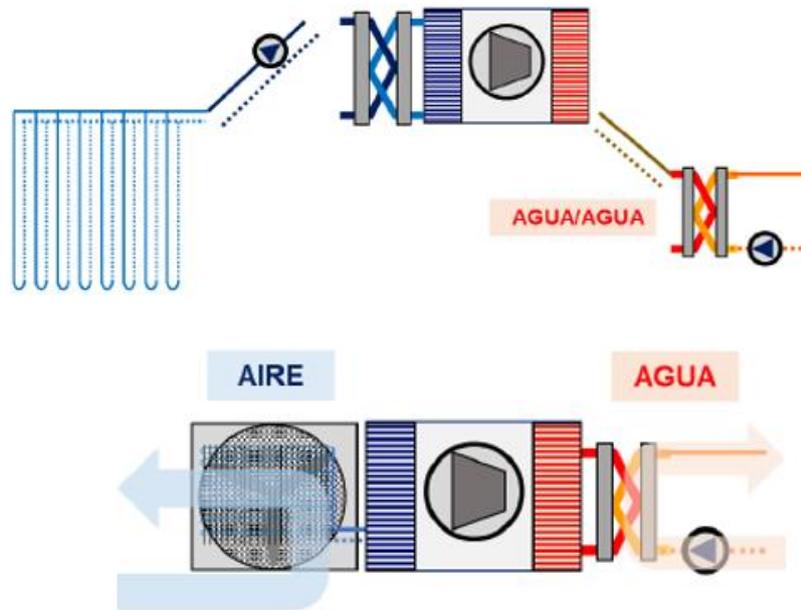


Figura 9. Tipos de Bombas de Calor. Fuente: DTIE

3.2 Depósito de Acumulación de ACS

Será el elemento que permita dar suministro de consumo de ACS a la vivienda. En el circuito, el agua pasará por la bomba de calor y llegará al depósito de acumulación donde permanecerá caliente para dar uso en el momento necesario en duchas, lavabos, etc. También puede darse el caso de utilizar un interacumulador, con un serpentín en el interior para que caliente continuamente el depósito. En la siguiente imagen se muestra un elemento de este tipo: [6]



Figura 10. Depósito de Acumulación. Fuente: Tuandco

3.3 Depósito de Inercia

El funcionamiento es el mismo que el anterior, la diferencia está en que este depósito acumulará agua para dar calefacción o refrigeración según sea necesario, en este caso al

suelo radiante/refrescante. En numerosas instalaciones este elemento viene instalado o unificado con la bomba de calor. En la siguiente imagen se muestra un depósito de inercia tipo: [7]



Figura 11. Depósito de Inercia. Fuente: Central Renovables

3.4 Centralita de Gestión de Datos

Será el sistema de regulación de la instalación. Es un procesador que controla los datos de temperaturas, caudales, y funcionamiento en general del sistema. Dependiendo del modelo tendrá más o menos funcionalidades como precios actuales en la tarifa, consumo establecido, programación, etc. En esta imagen puede verse un ejemplo: [8]



Figura 12. Central de Gestión de Datos. Fuente: Vaillant

3.5 Sonda de Temperatura

Elemento que analizará que temperatura hay en el exterior para obtener las condiciones óptimas en el interior. [9]



Figura 13. Sonda de Temperatura. Fuente: Clima Ahorro

Capítulo 4. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA GEOTÉRMICA.

La palabra de geotermia tiene su origen en el griego, mediante dos palabras, ‘geos’ (tierra) y ‘thermos’ (calor). Por ello, la geotermia se define como el calor que genera la Tierra.

Es una tecnología que comenzó a ser explotada en el siglo XX, ya que diferentes científicos se descubrieron que existe un flujo térmico desde el interior de la Tierra hacia el exterior de la misma. Este flujo se explica a través de dos modelos en función de la rigidez, plasticidad y composición química

Según el modelo geoquímico las partes en las que se divide son las siguientes:

- Corteza:
- Manto superior:
- Manto inferior:
- Núcleo exterior
- Núcleo interior

En referencia al modelo dinámico se puede distinguir:

- Litosfera
- Astenosfera
- Mesosfera
- Endosfera

Sin embargo, en este trabajo se va a centrar su desarrollo en las capas superficiales de estos modelos. Estos científicos cuantificaron este flujo alrededor de los $42 * 10^{12}$ W dividiéndose esta energía en función de la parte en la que se encuentre de la siguiente manera:

- Corteza: 2%.
- Manto: 82%.
- Núcleo: 16%.

Sin embargo, solo una pequeña cantidad puede ser utilizada debido a que no se disponen de los medios tecnológicos adecuados como para profundizar en el interior de la Tierra.

4.1 Geotermia en España

Desde el punto de vista estatal, España no destaca por ser una gran productora de energía mediante fuentes geotérmicas. Sin embargo, que no sea un país de elevada producción geotérmica, no significa que no se implemente.

Su desarrollo viene siendo al alza. Además, hay que diferenciar las zonas más favorables para su implementación, así como los emplazamientos con mayor producción de energía.

En la siguiente imagen se muestran las zonas de la península con mayor potencial geotérmico (los tonos marrones oscuros reflejan mayor potencial):

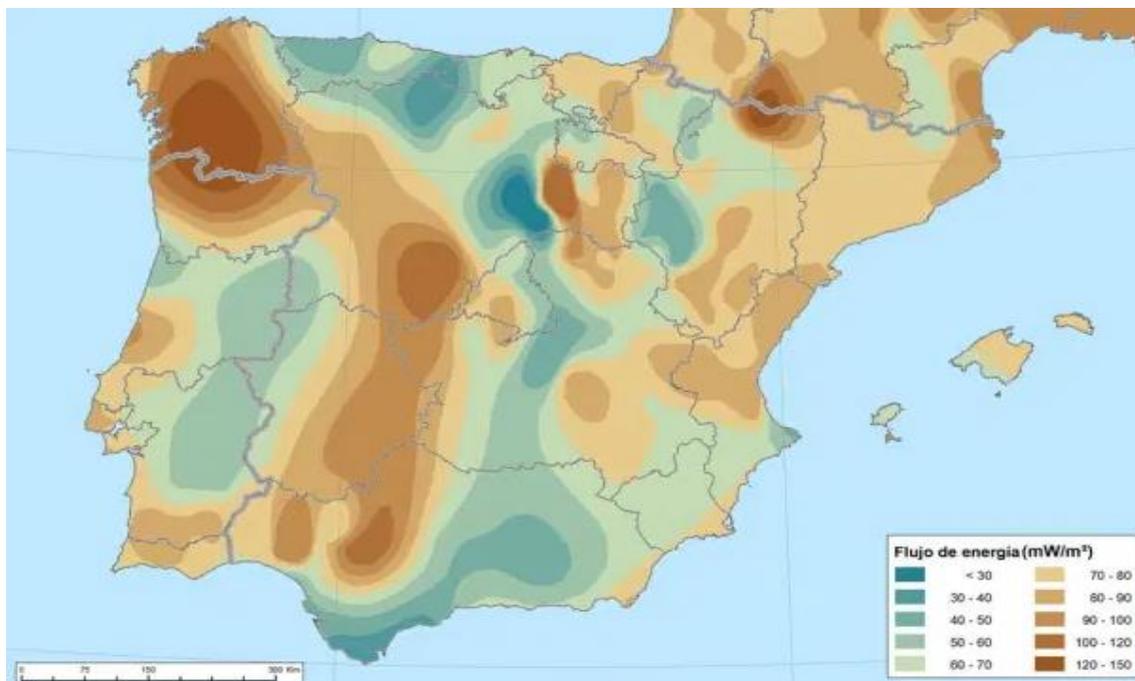


Figura 14. Potencial Geotérmico. Fuente: BlogThinkBig

Esta imagen es recogida de un estudio realizado en el año 2016, que concluye que Andalucía, Castilla León, Cataluña y Galicia son las comunidades con mayor potencial geotérmico, es decir, es donde mayor flujo de energía hay (en marrón).

Además de lo anterior, el estudio afirma que el potencial geotérmico español aún es explotable 5 veces más de lo que se hace actualmente, es decir, el margen de crecimiento de esta tecnología es grande. Es más, fueron capaces de establecer números, siendo España capaz de extraer 700GW. Sin embargo, esto no son más que datos teóricos o potencialmente extraíbles. [10]

Por tanto, puede concluirse el crecimiento en España de geotermia. Con ello, puede implicar que el nivel de exportación de las empresas españolas crezca a partir de 2030, debido al crecimiento del mercado mundial. Así, en la zona donde se quiere llevar a cabo el proyecto tendrá un buen potencial geotérmico.

4.2 Clasificación

Una vez analizado la producción de energía geotérmica tanto mundial como estatal, es necesario explicar las diferentes clasificaciones que pueden darse dentro de esta fuente de energía, ya que servirá para entender la elección de cara al proyecto de la vivienda.

Así pues, destacan dentro de la energía geotérmica dos formas de ordenarlas: según la temperatura de la zona de explotación y según la tecnología de extracción.

Desde el punto de vista de la primera forma de ordenarla, existen 4 tipos como puede comprobarse en la siguiente tabla:

TIPO DE YACIMIENTO	ZONAS	RANGO DE TEMPERATURA	USO PRINCIPAL
MUY BAJA ENTALPÍA	Subsuelo con o sin agua	$5^{\circ}\text{C} \leq T \leq 30^{\circ}\text{C}$	Climatización
	Aguas subterráneas	$10^{\circ}\text{C} \leq T \leq 30^{\circ}\text{C}$	
BAJA ENTALPÍA	Aguas termales	$22^{\circ}\text{C} \leq T \leq 50^{\circ}\text{C}$	Balnearios, Acuicultura
	Zonas volcánicas	$T \leq 100^{\circ}\text{C}$	Generación de Calor
	Almacenes sedimentarios profundos		
MEDIA ENTALPÍA	Almacenes sedimentarios profundos	$100^{\circ}\text{C} \leq T \leq 150^{\circ}\text{C}$	Electricidad
ALTA ENTALPÍA	Almacenes sedimentarios profundos	$T \geq 150^{\circ}\text{C}$	Electricidad

Tabla 2. Tipos de Geotermia. Fuente: 3Ciencias

La geotermia se conoce en función de la entalpía, ya sea, muy baja, baja, media o alta, que a su vez está directamente relacionada con la temperatura de extracción del subsuelo. Por tanto, las conclusiones que se obtienen sobre la tabla anterior son las siguientes:

- El yacimiento de muy baja entalpía podrá llevarse a cabo en subsuelos con o sin agua o en aguas subterráneas; ambos irán desde los 5-10°C hasta los 30°C.
- Los yacimientos de baja entalpía podrán darse en aguas termales (desde los 22°C a los 50°C) y en zonas volcánicas o almacenes sedimentarios profundos (temperaturas menores de 100°C).
- Los yacimientos de media entalpía estarán presentes en temperaturas desde los 100°C a 150°C.
- Los yacimientos de alta entalpía serán para temperaturas mayores de 150°C.

Por otro lado, la segunda forma de clasificación referida a las tecnologías de extracción, puede explicarse mediante la siguiente tabla:

TECNOLOGÍA	TIPO DE YACIMIENTO	RANGO DE TEMPERATURA
BOMBA DE CALOR	Muy baja Entalpía	$5^{\circ}\text{C} \leq T \leq 30^{\circ}\text{C}$
	Baja Entalpía	$30^{\circ}\text{C} \leq T \leq 100^{\circ}\text{C}$
CICLOS BINARIOS	Media Entalpía	$100^{\circ}\text{C} \leq T \leq 150^{\circ}\text{C}$
	Alta Entalpía	$T \geq 150^{\circ}\text{C}$

Tabla 3. Tecnologías de Extracción. Fuente: 3Ciencias

El objetivo de estas tecnologías son obtener el máximo rendimiento posible para esas temperaturas, y, por tanto, transformar ese calor en la máxima energía que permita la propia zona de extracción. [11]

Así, las conclusiones de esta tabla son las siguientes:

- Para los yacimientos de muy baja entalpía se utilizarán bombas de calor.
- Para los yacimientos de baja entalpía serán por uso directo de bombas de calor.
- Para los yacimientos de media entalpía se hará mediante ciclos binarios.
- Para los yacimientos de alta entalpía serán a través de un uso directo de ciclo binario.

En relación al proyecto y teniendo en cuenta estas dos clasificaciones, la geotermia aplicable será la siguiente:

El objetivo es fundamentalmente de climatización, con lo cual habrá que desarrollar geotermia de muy baja entalpía (entre 5° y 30°C), y será necesaria la ayuda de una bomba de calor como tecnología de extracción. Así quedaría definido y acotado la aplicación geotérmica a la vivienda.

4.3 Geotermia de Muy Baja Entalpía

Una vez sabido que al proyecto se aplicará geotermia de muy baja entalpía, es imprescindible explicar en qué consiste esta tecnología. Para ello, se van a tratar los siguientes puntos:

4.3.1 Concepto

Se considera la energía geotérmica de baja entalpía como la capacidad que el subsuelo tiene para acumular calor y mantener su temperatura constante a varios metros de profundidad durante todos los meses del año.

En relación a la profundidad hay que tener en cuenta lo siguiente. A partir de 15-20 metros de profundidad, la temperatura será constante a lo largo del año, independientemente de si es verano, primavera, invierno u otoño. Por tanto, es ahí, donde la geotermia de baja entalpía cobra importancia, ya que se aprovecha de una manera homogénea todo el año. En la siguiente imagen se puede apreciar esto: [12]

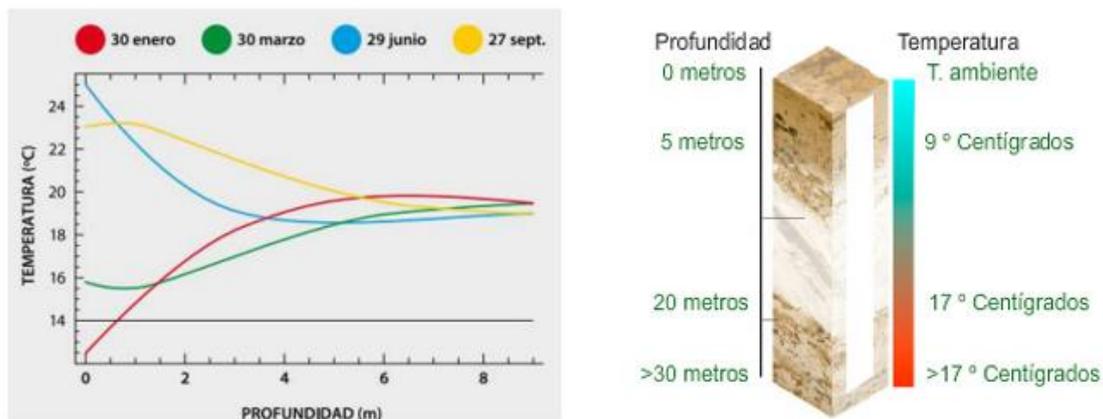


Figura 15. Geotermia Vertical. Fuente: Energía Geotérmica.

En este caso es un gráfico a una profundidad de unos 8 metros. Como puede comprobarse, las temperaturas son más altas en los 2 primeros metros en otoño y verano y más bajas en invierno y primavera, pero a medida que la profundidad aumenta cada vez las temperaturas se van igualando, buscando una estabilidad entre 15°C y 18°C.

A partir de esos 20 metros, los estudios revelan que cada 100 metros de profundidad la temperatura aumentará aproximadamente 3°C. Por ejemplo, a una profundidad de 500 metros la temperatura ronda sobre los 25-30°C.

Por tanto, el factor a tener en cuenta es el terreno de explotación: cuanto mayor se profundiza, la temperatura será más elevada. Sin embargo, al ser geotermia de baja entalpía, la temperatura no será elevada, es decir, deberá ser un apoyo para su posterior uso.

4.3.2 Elemento de Captación

Respecto a los elementos de la instalación, fueron explicados todos en el capítulo 3 excepto el particular de una instalación geotérmica como es el caso del circuito/sistema de captación (diferente al sistema de aerotermia).

Se trata de tuberías, normalmente de polietileno, que se encuentran enterradas en el subsuelo, a una profundidad adecuada (como se explicó anteriormente), llenas de agua o agua glicolada. Estas tuberías siguen un circuito que entra y sale de la vivienda (según lo que se quiera, si refrigerar o calentar) para adquirir la temperatura del subsuelo y llevarla hasta ella. El movimiento del fluido es provocado por una bomba hidráulica, que se conecta a la red eléctrica para que pueda realizar todo el recorrido. [13]



Figura 16. Captación Geotérmica. Fuente: Ofigeo

A continuación, se muestra un esquema de funcionamiento con este sistema de captación del subsuelo:

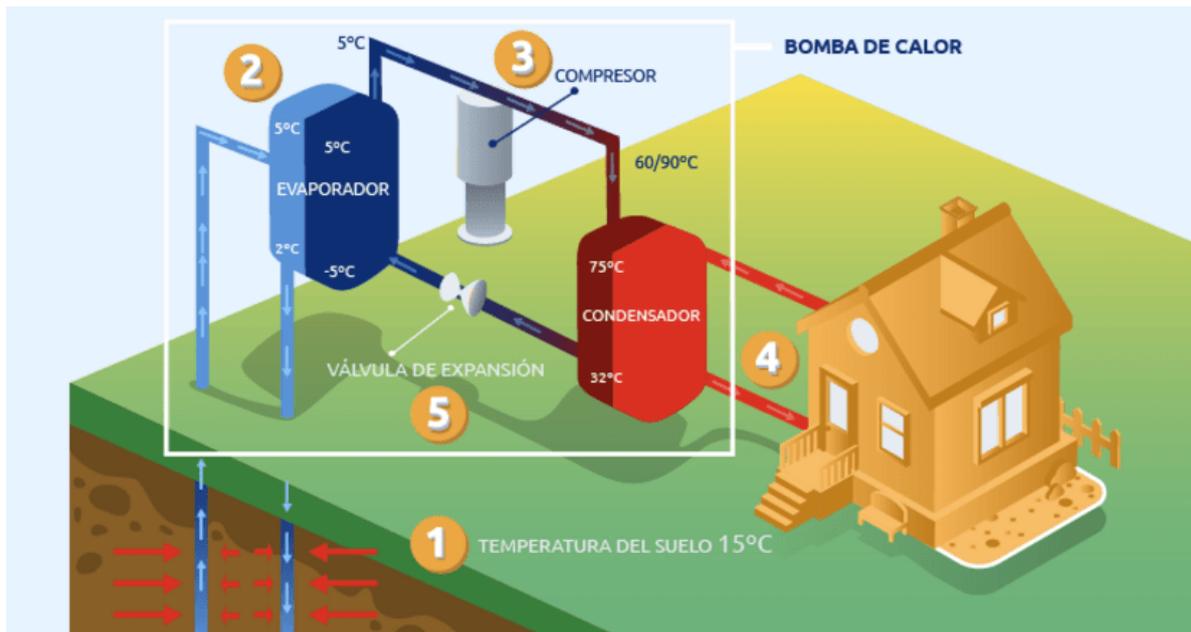


Figura 17. Esquema de Funcionamiento Geotermia. Fuente: Preciogas

4.3.3 Tipos de Tecnología

Dentro de la geotermia de baja entalpía, es importante entender que tecnologías de extracción pueden llevarse a cabo. El factor más importante será el emplazamiento, que será el que determine que tecnología será más útil de aplicar. [14]

Así, estos sistemas pueden ser de dos tipos:

Abiertos

Consiste en que el agua subterránea se mueva libremente en el interior y actúe como fuente de energía (bien calor o frío). Estos sistemas abiertos tienen 2 perforaciones, uno como foco calor y otro como foco frío. Obviamente, se dispondrá de una bomba que permita llevar el fluido hasta el lugar donde se desee para el intercambio térmico.

Por otro lado, a la hora de devolver el fluido a su lugar de origen puede hacerse al acuífero de origen o se vierte a un cauce superficial.

Es importante que estas dos perforaciones se encuentren distanciadas una de otra estando aguas arriba aquella de donde se va a extraer y aguas abajo donde se devolverá el fluido.

En España, este sistema cada vez está siendo más demandado y utilizado aunque dependerá de las condiciones del terreno que existan.

En la siguiente imagen se muestra un esquema de este sistema:

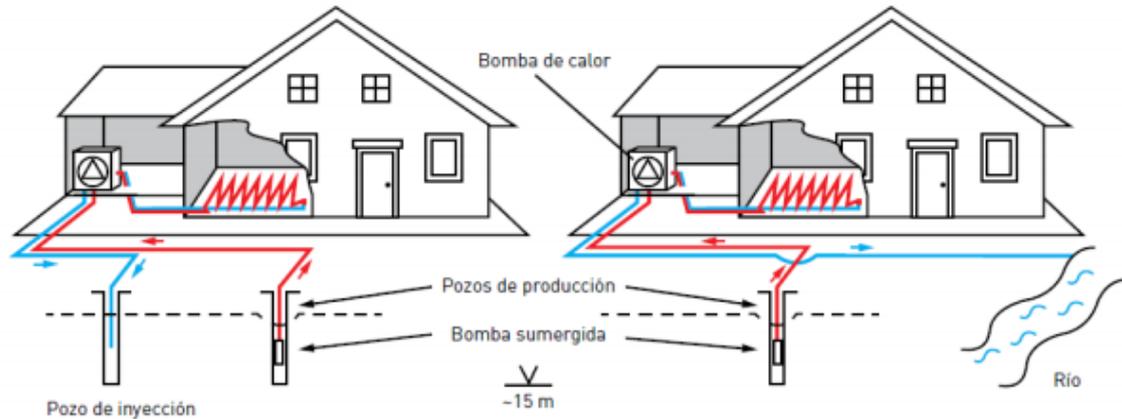


Figura 18. Tecnología de Captación Abierta. Fuente: GIE

Cerrados

Este sistema es opuesto al abierto, ya que se basan en el intercambio térmico con el medio a través de intercambiadores enterrados con un fluido termoportador que cede/captura energía del subsuelo.

A diferencia del anterior, donde el circuito estaba en constante circulación y renovándose, en este caso, el fluido hace el mismo recorrido sin renovarse desde el exterior.

Además, ofrecen la opción de aprovechar el calor que se produzca en los materiales de alrededor. El esquema correspondiente a este sistema es el siguiente:

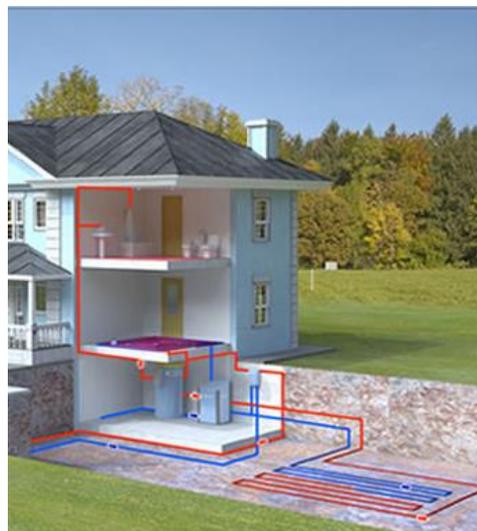


Figura 19. Tecnología de Captación Cerrada. Fuente: GIE

4.3.4 Sistemas de Captación.

Dentro de la tecnología de extracción cerrada, existen diferentes formas de aplicarse. Así, pueden ser horizontales y verticales en función de su disposición, conexión y ubicación.

Es importante que encima de estos sistemas no se cubra para no afectar y que la radiación pueda trabajar de manera adecuada.

Horizontal

Son los más sencillos y baratos de instalar y de llevar a cabo ya que se aplican en superficies de manera plana, aunque su principal problema es la limitación de espacio debido a que se necesitan amplios lugares ya que su área será grande. Son utilizados en el centro y oeste de Europa principalmente y cuando los primeros metros de superficie son fáciles de excavar.

Este sistema se suele situar a 1 o 2 metros de profundidad. Lo habitual, aunque depende del emplazamiento, es situar tuberías de 35 a 55 metros por kW de capacidad. Hay que buscar el equilibrio de espacio y longitud de tubería, ya que cuanto más superficie hay, el coste en tuberías será menor, y lo mismo, pero al revés.

Dentro de este tipo, existen numerosas configuraciones y que serán utilizados en función de las características del emplazamiento donde se vaya a llevar a cabo la instalación:

- Serie: configuración tradicional donde el flujo entrará al sistema de captación y obtendrá la energía a lo largo del circuito que realice, para volver de nuevo a aportar esa energía a la aplicación correspondiente.



Figura 20. Captación en Serie. Fuente: ULPGC

- Paralelo: aquí existirán varios ramales donde el fluido se distribuye por ellos para obtener la energía del medio y volver en una única tubería.



Figura 21. Captación en Paralelo. Fuente: ULPGC

- Zanja: se utilizan en lugares o instalaciones donde no hay problema de espacio (por ejemplo, en el norte de Europa y América son bastante usados). La única diferencia con los dos anteriores es el aprovechamiento de una mayor área para obtener una mayor energía y mejorar la eficiencia.



Figura 22. Captación en Zanja. Fuente: ULPGC

- Slinky: este intercambiador utiliza una forma de bobina o espira. Se utilizan en lugares donde hay problemas de espacio, buscando aprovechar las condiciones en la menor área posible. Además, son útiles en aplicaciones que utilicen bombas de calor.

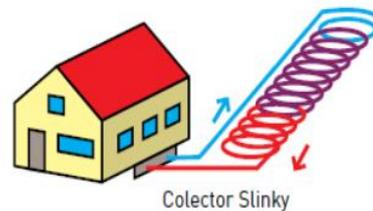


Figura 23. Conexión Slinky. Fuente: ULPGC

- Svec: igual que la anterior, pero se diferencian en la forma de ubicar la bobina o espira, es decir, si se utiliza más espacio en vertical o más horizontal. Estos dos últimos son aplicados en Estados Unidos.



Figura 24. Captación en Espiral Svec. Fuente: ULPGC

- Colector-Zanja: se llama igual que el de zanja, pero sin ocupar tanto espacio de manera horizontal, sino vertical con varios ramales que permiten obtener la energía del medio.

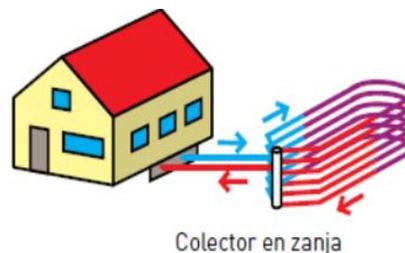


Figura 25. Captación en Zanja II. Fuente: ULPGC

Vertical

A diferencia de los captadores horizontales, son algo más complejos de instalar ya que trabajan en profundidad y no de manera horizontal. Estas perforaciones pueden abarcar

desde los 60 metros a los 200 metros incluso con diámetros pequeños, del orden de 10-15 cm con doble tubo, uno de entrada y otro de salida. Además, hay que tener en cuenta la separación de las tuberías, ya que influirá en la resistencia térmica del terreno y en la transferencia de calor.

Por tanto, son utilizados normalmente en edificios grandes donde exista una base rocosa cerca de la superficie o si se dispone de poco espacio. En realidad, los verticales son más eficientes que los horizontales, ya que como se explicó en capítulos anteriores, cuánto mayor profundidad, la temperatura es más constante y no tiene variaciones en función de la época del año en la que se esté. [15]

Por otro lado, al ser más eficientes, son algo más caros que los horizontales. Estos pozos de perforación contienen 1 o 2 circuitos de tubo con un codo en la parte más profunda del pozo. A continuación, después de que la tubería es insertada, se instala un mortero para evitar que las aguas subterráneas puedan entrar en el interior.

El esquema de este tipo de sistemas es el siguiente:

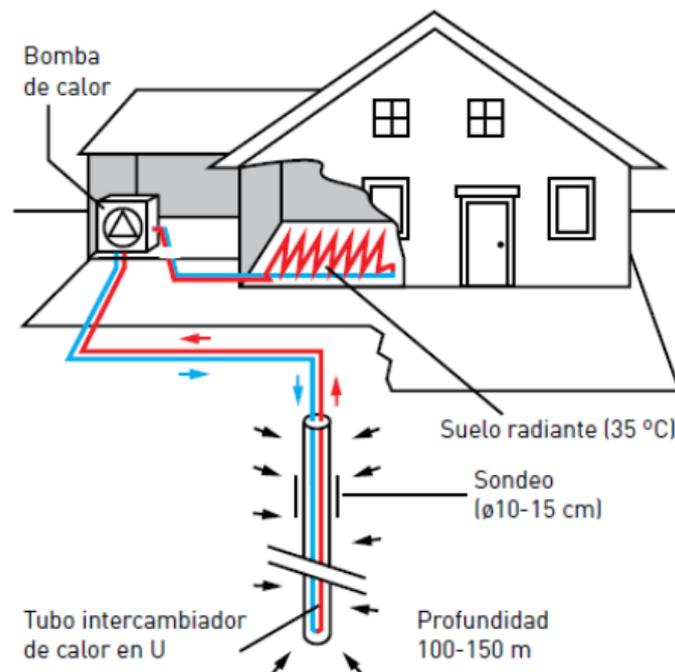


Figura 26. Captación Vertical. Fuente: ULPGC

Además de esto hay que tener en cuenta las posibles pérdidas que puedan tener. Para ello se utiliza algún material que permita la transmisión de calor a los tubos. También se busca que exista agua para favorecer este intercambio. Si por la situación que hay no existe agua, se aprovechará mediante relleno de gravas o arenas permeables.

Desde el punto de vista del sistema o la conexión a emplear puede ser de dos formas:

- Con tubos en U: utilizan tubos con 180°. Destacan por su bajo coste, ya que el material el tubo lo es, con lo cual hacen que sean bastante utilizados sobre todo en Europa. Dentro de estos tubos en U pueden ser de tres maneras: un par, dos pares o un par desdoblado en dos sondeos.

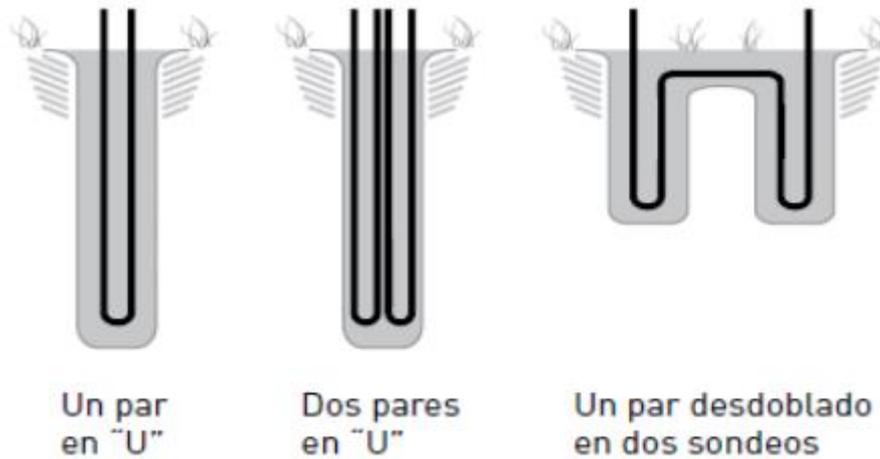


Figura 27. Tipos de Conexiones Verticales. Fuente: ULPGC

- Con tubos coaxiales: formados por dos tubos concéntricos de diferente diámetro. Son más complejos.

4.3.5 Transmisión de Calor en el Subsuelo

El factor más importante para que se lleve a cabo con una buena eficiencia la geotermia, es el intercambio térmico del fluido caloportador con el subsuelo. Si se transmite todo el calor significará que el funcionamiento es el correcto.

Esta transmisión de calor puede darse de 3 maneras: convección, radiación y conducción. Por tanto, es imprescindible que exista una diferencia de temperatura para que se transmita ese calor.

Hay que destacar que la transferencia de calor se da principalmente por conducción en las instalaciones de geotermia de baja entalpía.

Esta transferencia de calor por conducción se explica mediante la ley de Fourier, donde esa transferencia de calor en un medio isótropo es proporcional y de sentido contrario al gradiente de temperatura en esa dirección. Así, la fórmula que demuestra esto es la siguiente:

$$q = -k\nabla T$$

Donde,

$$q: \text{vector de flujo de calor por unidad de superficie } \left(\frac{W}{m^2}\right)$$

k : constante de proporcionalidad, es decir, conductividad térmica $\left(\frac{W}{mK}\right)$

∇T : gradiente del campo de temperatura en el interior del material $\left(\frac{K}{m}\right)$

De esta forma, esta propiedad es imprescindible cuando se dimensiona la instalación.

4.3.6 Aspectos Importantes de Implementación

Al tratarse de geotermia de baja entalpía, habrá que tener en cuenta que su aplicación será para bajas potencias, es decir, para emplazamientos o instalaciones no excesivamente grandes.

Por ello, en este apartado se van a dimensionar aquellos aspectos que determinen la posibilidad de implementar energía geotérmica de baja entalpía.

En primer lugar, hay que tener en cuenta el consumo de energía que se va a tener. Muchas veces este consumo viene determinado por agentes como la climatología, la orientación, su punto geográfico, etc.

Ese consumo expresado en función de las horas de utilización o en un consumo medio, determinará la potencia a instalar, teniendo en cuenta por ejemplo el rendimiento de una bomba de calor (su COP). [16]

A continuación, será imprescindible determinar los elementos geotérmicos a instalar ya que influirá en el rendimiento que puedan ofrecer aspectos como las características del terreno. Sin embargo, en lo que se refiere al propio intercambio térmico, son dos factores los que pueden ver modificado el rendimiento de la instalación:

- El material de las tuberías: es primordial elegir el material y sección adecuadas, para que transmitan la mayor conductividad posible. Hasta hace unos años era tendencia utilizar tuberías metálicas porque trabajaban bien en esas condiciones. Sin embargo, se llegó a la conclusión que no eran tan efectivas ya que los mantenimientos debían ser elevados porque si no, podían corroerse debido a las condiciones del medio. Por ello, en la actualidad se ha optado por utilizar tuberías de plástico de tipo PVC.
- Tiempo y superficie de contacto: van relacionadas entre sí, ya que cuanto mayor tiempo de intercambio se dé, la superficie podrá ser menor y al revés. Aunque los diámetros de las tuberías están normalizados, sí que se puede jugar con estas variables en función de la disponibilidad que se tenga en la instalación.

Todo lo explicado en este apartado puede resumirse en que para determinar la longitud de los elementos captadores vienen determinados en función de numerosos parámetros:

$$L_{cap} = F(Q, T_s, T_f, Cap, R_s)$$

Donde,

L_{cap} = Longitud del captador de calor (Superficie/tiempo de contacto)

Q = Calor a disipar o captar por el terreno

T_s = Temperatura del suelo

T_f = Temperatura del fluido de intercambio (agua glicolada normalmente)

Cap = morfología y tipo de material captador

R_s = Resistencia térmica del terreno (inversa de la conductividad)

4.4 Ventajas de la Geotermia de Baja Entalpía

Son numerosas las ventajas que ofrece el implementar la geotermia de baja entalpía en una vivienda:

- El consumo de energía se ve reducido si se compara con los sistemas tradicionales (según diferentes estudios se trata de un 70-80% de ahorro).
- Es una tecnología rentable, ya que es muy actual en el mercado con unos ahorros elevados, y a pesar de que los costes de instalación e implementación son elevados, a los pocos años estará amortizada, con lo cual supondrá grandes ahorros económicos.
- Es una energía limpia, reduciendo el impacto ambiental y el efecto invernadero.
- Evita molestias y riesgos producidos por el almacenamiento de combustible.
- Estos sistemas tienen una vida útil elevada, superiores a los 20 años.
- Estabilidad durante el año, ya que, al aprovecharse de las condiciones estables internas de la Tierra, el funcionamiento será constante, sin variaciones.
- El coste de mantenimiento es mínimo.
- El impacto visual es prácticamente nulo.

4.5 Desventajas de la Geotermia de Baja Entalpía

Sin embargo, no todos los sistemas son perfectos y ofrecen ventajas, sino que también tienen algunos inconvenientes que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar una tecnología u otra:

- La inversión inicial es elevada en comparación con otras tecnologías, aunque con el tiempo se recuperará.
- Es necesario disponer de terreno para realizar la captación.
- No todos los terrenos son adecuados para la geotermia.
- Complejidad en la instalación.

Capítulo 5. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA AEROTÉRMICA

La aerotermia es un sistema que permite aprovechar la energía contenida en el aire. Está en constante renovación, siendo una fuente de energía inagotable y es absorbida por la máquina de aerotermia llevándola al interior de la vivienda.

En España hay un total de 53GW de potencia instalada mediante equipos de climatización por aerotermia. Este dato es comparable a la potencia instalada de 55 centrales nucleares.

El principal uso será el de climatizar, tanto para la generación de calefacción como de refrigeración y la producción de agua caliente sanitaria en el sector residencial. Así lo corrobora un estudio realizado por Toshiba donde el 74% de esa potencia instalada pertenece a hogares y entornos domésticos, siendo el 21% para el comercio y el 5% restante en industria.

En relación a su funcionamiento, esa extracción de energía del aire se realiza mediante un sistema de bombas.

La bomba de calor aerotérmica en invierno capta la energía del aire, aunque haga frío en el exterior, transformándolo mediante un circuito frigorífico cerrado, en calor. Ese calor que se genera se transmite al agua que circula por el sistema de calefacción y al agua de consumo. En verano, es exactamente igual, pero a la inversa, ya que se extrae el calor del interior de la vivienda hacia el exterior.

Según se explicó anteriormente, la bomba de calor será de aire-agua.

5.1 Tipos de Bomba de Calor Aire-Agua

Dentro de la aerotermia y de las bombas de calor, existen dos tipos que pueden instalarse en las viviendas: bombas de calor monobloc y bombas de calor bibloc. Con ello permitirá identificar si el sistema está compuesto por uno o dos equipos.

Respecto a las monobloc, son aquellas que se instalan en el exterior de la vivienda, donde el coste de instalación será mínimo ya que solo necesitará la conexión al circuito de calefacción. Además, presenta un sistema unificado del compresor e hidrokít, sin incluir ningún acumulador de ACS, por lo que deberá adquirirse aparte. También, son más baratas que las bibloc. En la siguiente imagen se muestra un esquema de principio de este tipo de bombas: [17]

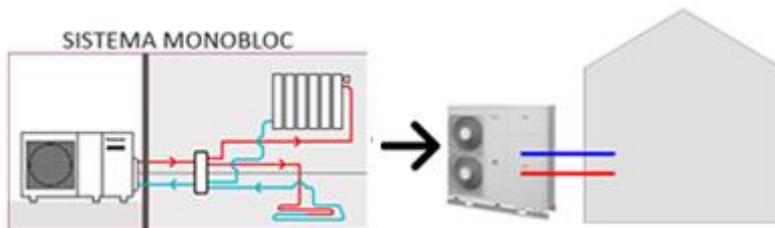


Figura 28. Sistema Monobloc Bomba de Calor. Fuente: Klima Frío

En relación a las bibloc, se diferencian de las anteriores en que el compresor y el hidrotérmino no están unificados, ya que el primero está en el exterior y el segundo en el interior. Éstas son algo más caras que las monobloc ya que el beneficio de estas bombas es que incluye un depósito de ACS en el hidrotérmino. A continuación, se muestra el gráfico sobre este tipo de bombas:

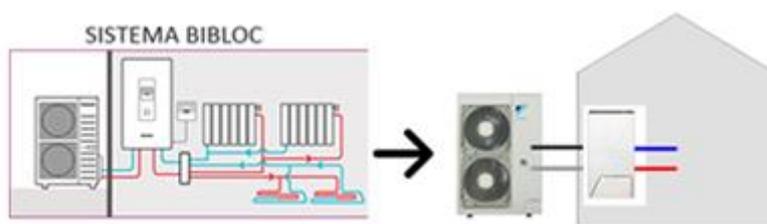


Figura 29. Sistema Bibloc. Fuente: Klima Frío

5.2 Esquema de instalación aerotermia

Una vez explicados todos los elementos y conceptos de la aerotermia, se va a exponer un esquema de principio de funcionamiento en el que se integra todo lo explicado anteriormente: [18]

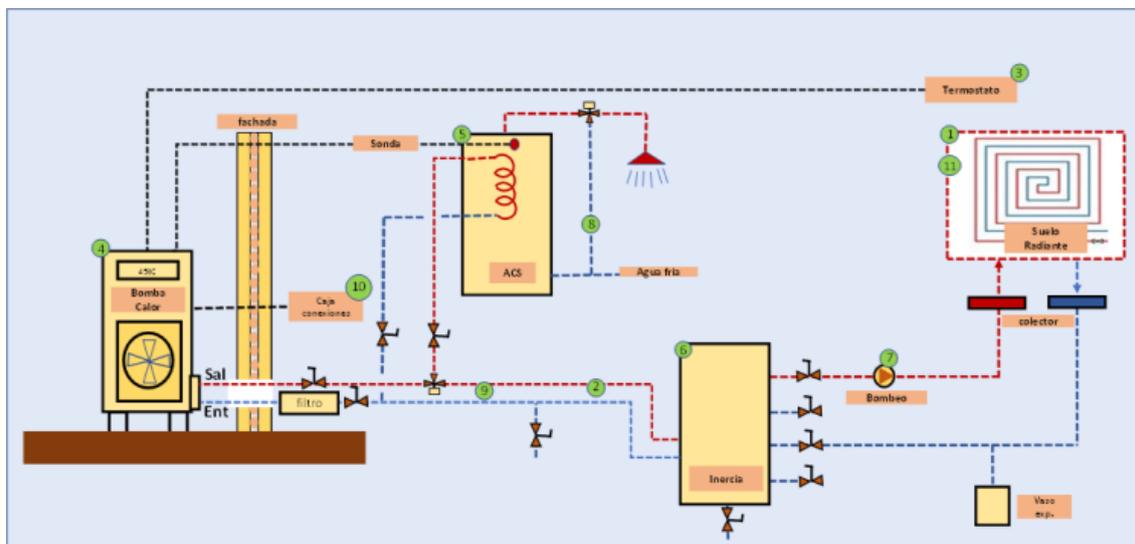


Figura 30. Esquema de Principio Aerotermia. Fuente: Precio Gas

Los componentes numerados por orden son los siguientes:

- 1) Suelo radiante
- 2) Tuberías
- 3) Sistema de control de instalación
- 4) Bomba de calor (en este caso bibloc)
- 5) Depósito de ACS
- 6) Depósito de inercia
- 7) Bomba de distribución de agua
- 8) Válvula mezcladora para AFS y ACS.
- 9) Instalación hidráulica para ACS y calefacción.
- 10) Instalación eléctrica
- 11) Instalación de suelo radiante

5.3 Ventajas de la Aerotermia

La aerotermia es un sistema bastante eficiente, y por ello, aporta numerosas ventajas que hacen que sea cada vez más implementado en diferentes aplicaciones:

- En primer lugar, es una fuente de energía renovable, y, por tanto, sostenible debido a que utiliza el calor del aire para obtener energía.
- Además, supone un ahorro energético y monetario debido a que el consumo de energía (KWh) es menor que en otros sistemas tradicionales.
- Nula emisión de residuos y humos, ya que no hay combustión en el proceso.
- El mantenimiento del sistema es bajo.
- El nivel sonoro es prácticamente inexistente.
- Para viviendas como este caso, cumplen el objetivo demandado.
- Es utilizable con cualquier zona climática.

5.4 Desventajas de la Aerotermia

Sin embargo, cualquier sistema tiene aspectos negativos o a mejorar, y son los siguientes en el caso de la aerotermia:

- La inversión inicial es elevada en comparación con otros sistemas tradicionales, a pesar de que luego se recupere la misma.
- El rendimiento estacional se reduce en zonas climáticas muy frías.
- Al funcionar por electricidad, hay que aumentar la potencia contratada, aumentando la parte fija del precio mensual que se paga.

Capítulo 6. COMPARATIVA TEÓRICA GEOTERMIA Y AEROTERMIA.

Al fin y al cabo, este proyecto tiene el propósito de diseñar un sistema de climatización para una vivienda unifamiliar, y por ello, habrá que relacionar y analizar las dos alternativas que se han elegido: aerotermia y geotermia.

Antes de centrarse en esta comparativa técnica, hay que poner en contexto el desarrollo de cada tecnología en los últimos años.

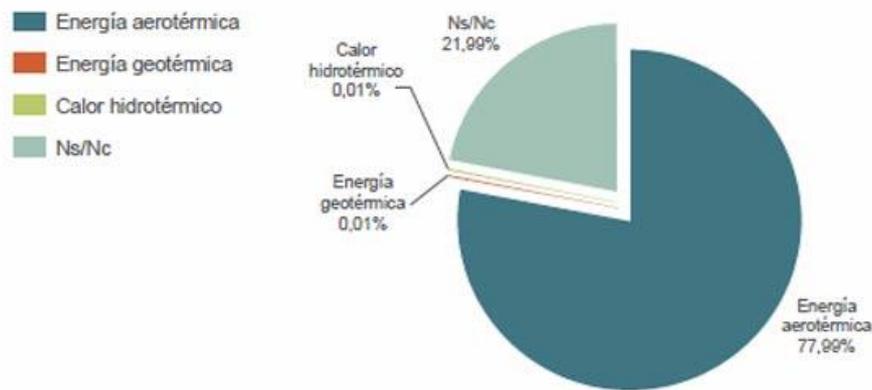


Figura 31. Análisis Aerotermia VS Geotermia. Fuente: Calor y Frío.

Según este gráfico el desarrollo de la aerotermia en España está mucho más implementado que la geotermia, con casi un 80%. [19]

En anteriores capítulos se han definido y explicado cada una de las tecnologías de manera individual, pero ahora se van a comparar entre sí de una manera teórica.

En primer lugar, la aerotermia obtiene energía aprovechando las condiciones del aire, mientras que la geotermia aprovecha las condiciones internas del terreno. Hay que aclarar que ninguna es mejor que la otra, y que se escogerá dependiendo de las características constructivas de la vivienda, el consumo energético, la ubicación donde esté y la temperatura de impulsión (afectará por igual a ambos sistemas; cuanto mayor sea la temperatura que se quiere para el sistema de calefacción, menor rendimiento y menor vida útil del compresor. Por ello es importante llevar a cabo sistemas de emisión de baja temperatura como el suelo radiante o los fancoils)

A continuación, se va a establecer una comparación sobre diferentes aspectos que hay que tener en cuenta en una vivienda unifamiliar estándar:

	AEROTERMIA	GEOTERMIA
COSTE DE INVERSIÓN	7.000 €	16.000 €
ASPECTOS AL PRECIO	Incluye instalación eléctrica	Incluye instalación eléctrica
PRECIO COMBUSTIBLE (€/KWH)	0,09	0,09
EFICIENCIA EN COMBUSTIÓN	400%	600%
GASTO ANUAL EN ENERGÍA (€/AÑO)	634 €	423 €
GASTO EN MANTENIMIENTO (€/AÑO)	160 €	200 €
RESPONSABILIDAD CON MEDIO AMBIENTE	Excelente	Excelente
POSIBILIDAD DE INTEGRACIÓN CON ENERGÍA SOLAR	Sí	Sí
COMODIDAD (INSTALACIÓN Y UTILIZACIÓN)	Excelente	Excelente
POSIBILIDAD DE REFRIGERACIÓN	Sí	Sí
PREPARADO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA	Sí	Sí
EMISIÓN DE CO2 (KGCO2/KWH)	0,075	0,05

Tabla 4. Comparativa Aerotermia y Geotermia. Fuente: Nergiza

En esta tabla se puede obtener un análisis de los puntos fuertes y débiles de cada instalación. En cuanto a la inversión, está claro que la aerotermia es más barata para una vivienda estándar como es el caso de ésta.

Respecto a los gastos de energía, serán algo superiores en aerotermia, aunque el coste de mantenimiento será ligeramente inferior. Por otro lado, la eficiencia en combustión será superior en geotermia. En el resto de aspectos son iguales y destacan por lo mismo.

Otro aspecto a tener en cuenta es el rendimiento de ambas bombas en función de las condiciones ambientales. Se han escogido dos bombas similares para compararlas en función de la potencia que deben de dar. En este caso son dos Daikin (ERHQ011BV3 la aerotermia y EGSQH-A9W la geotermia) donde los valores de rendimientos y consumos son los siguientes: [20]

		GEOTERMIA			AEROTERMIA		
		Potencia KW	Consumo KW	COP	Potencia KW	Consumo KW	COP
Temperatura Exterior (°C)	-15	10,2	2,34	4,36	6,25	2,51	2,49
	-7	10,2	2,34	4,36	7,74	2,55	3,04
	-2	10,2	2,34	4,36	8,84	2,56	3,45
	2	10,2	2,34	4,36	9,81	2,56	3,83
	7	10,2	2,34	4,36	11,2	2,55	4,39
	12	10,2	2,34	4,36	12,7	2,52	5,04
	15	10,2	2,34	4,36	13,6	2,5	5,44

Tabla 5. Comparativa Bombas de Calor. Fuente: Daikin

A continuación, se muestran estos resultados en una gráfica:

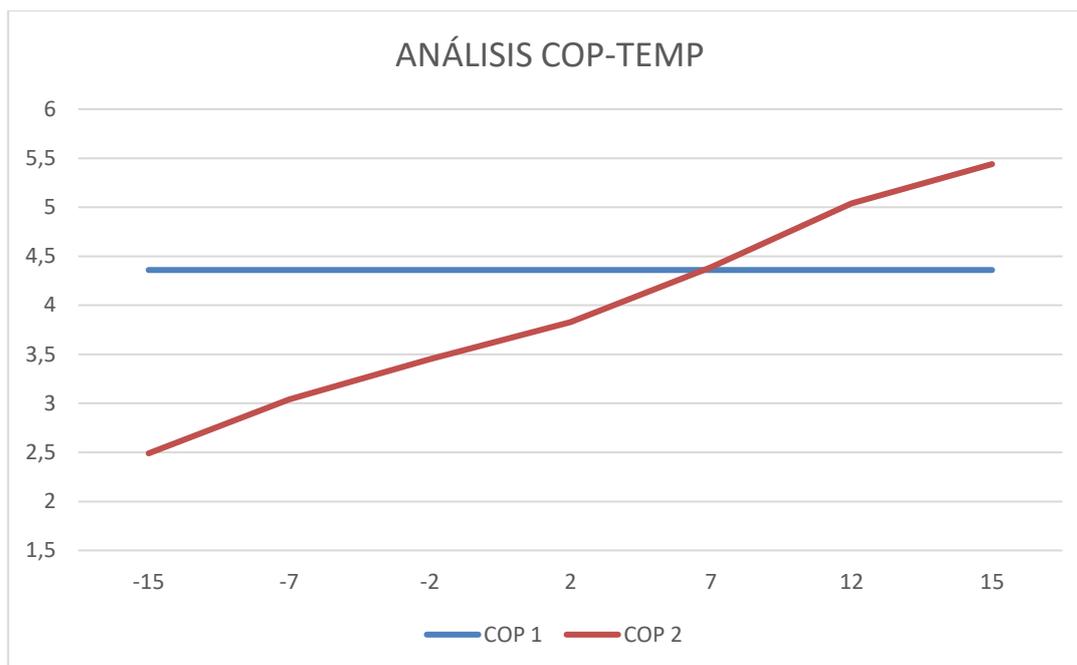


Figura 32. Análisis Rendimientos COP. Fuente: Nergiza

Como conclusión sobre estos datos puede afirmarse que, si las temperaturas son bajas, el rendimiento de la bomba aerotérmica será menor que la geotérmica, siendo esta última constante sin influir la temperatura exterior ya que no sufre variaciones debido a que la temperatura del interior de la tierra es estable y constante durante todo el año. En la aerotermia el COP sufre fluctuaciones según las condiciones climatológicas exteriores. [21].

Sin embargo, si la temperatura llega a los 7°C, será donde el rendimiento de ambas bombas será el mismo y a partir de ahí, el rendimiento de la bomba aerotérmica será superior debido a esas mejores condiciones ambientales (pero también comentar que las condiciones donde más se demanda energía son las más difíciles para trabajar para estos aparatos).

Por todo ello, habrá que valorar 3 aspectos clave para elegir una u otra tecnología: el coste de inversión, el gasto anual de energía y el gasto de mantenimiento. Estos valores vendrán determinados por la ubicación, consumo y características de la vivienda.

Además de lo anterior, destacar que la vida útil de la bomba será mayor en geotermia ya que no sufre las condiciones de intemperie (normalmente están en 24 años las geotérmicas y 16 años las aerotérmicas).

A pesar de estas diferencias, ambas dos ejercen la misma función: proporcionar energía a la vivienda. Por ello, tienen una serie de ventajas respecto a otras tecnologías:

Aspectos Medioambientales

Como se ha venido explicando en la presente memoria, el consumo de energías no renovables genera numerosas emisiones, aumentando el efecto invernadero. [22]

En la siguiente imagen se muestra un gráfico de las emisiones a finales del 2019.

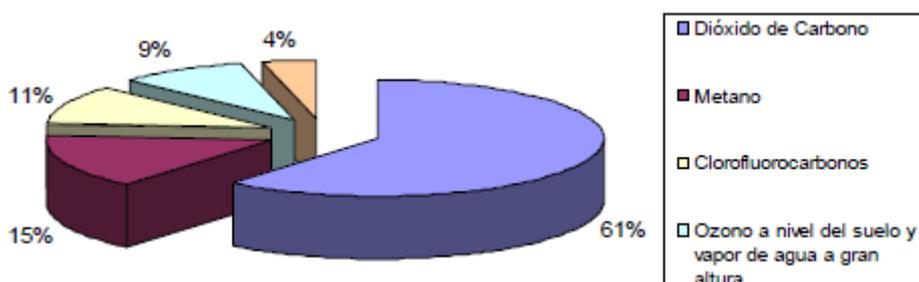


Figura 33. Emisiones a la Atmósfera. Fuente: Institut fur Wärmetechnik

Como puede comprobarse, las emisiones de CO₂ son las más predominantes, y se debe principalmente a que en cualquier combustión de gas natural o biocombustibles está presente este elemento para el consumo de una vivienda.

El uso de la bomba de calor, hacen que la generación de CO₂ sea nula inicialmente, ya que opera mediante energía eléctrica, y esa energía puede venir por combustibles fósiles, es decir, produciendo también emisiones.

De ahí, el siguiente gráfico, donde se muestran las emisiones de CO₂ para diferentes tipos de tecnologías de consumo (caldera de petróleo, caldera a gas natural y bomba de calor) en una vivienda unifamiliar estándar.

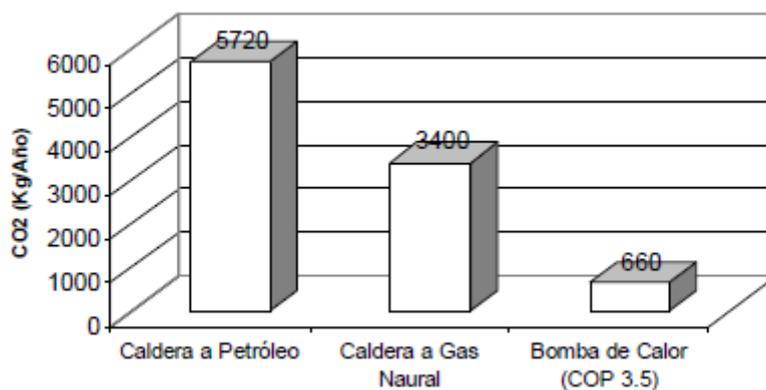


Figura 34. Emisiones CO₂. Fuente: Institut fur Wärmetechnik

Como puede comprobarse, la bomba de calor produce una pequeña cantidad de emisiones de CO₂, mientras que el sistema de petróleo produce casi 9 veces más y la caldera a gas natural casi 6 veces más que la propia bomba de calor.

En relación a las emisiones, va directamente relacionado el consumo de energía, ya que la bomba aprovecha la energía que tiene alrededor, en este caso del proyecto, la del subsuelo, con lo cual, según diferentes estudios aproximadamente captura el 75% de la energía que requiere para el funcionamiento.

En el siguiente gráfico puede compararse de nuevo con las otras tecnologías, mostrando que el nivel de consumo de energía es menor, de ahí, que sus emisiones también lo sean:

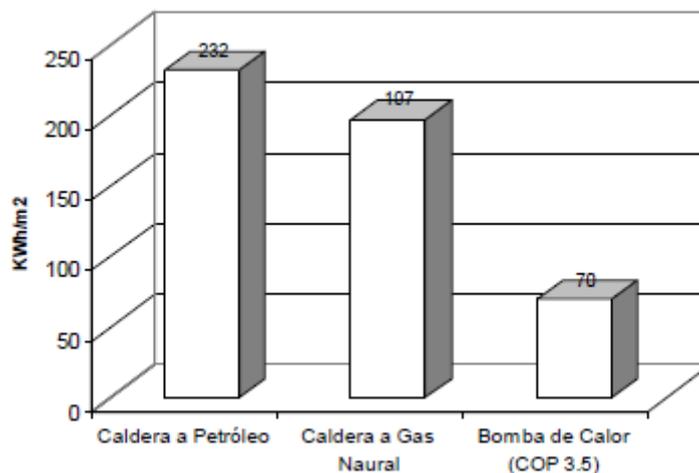


Figura 35. Consumo Energía Comparativa. Fuente: GEMIS-VDEW

Por todo ello, se trata de un sistema muy eficiente, y es una de las ventajas a nivel medioambiental, tanto en consumo, como en emisiones.

Costes de Utilización

La utilización de la bomba de calor frente a otras tecnologías hace que los costes sean menores debido a que el propio consumo de combustible, teniendo un coste más elevado.

En la siguiente imagen se muestra el coste que tendrían diferentes tecnologías de utilización para climatizar una vivienda unifamiliar, aunque se detallará más a lo largo del proyecto con ejemplos reales de simulación.

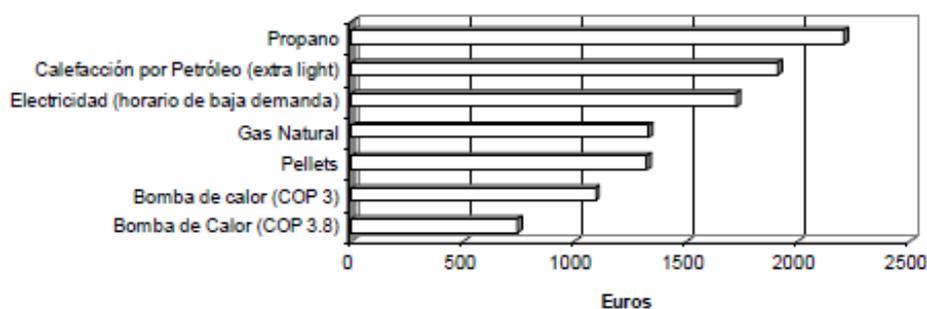


Figura 36. Costos de Operación Tecnologías. Fuente: GEMIS-VDEW

Capítulo 7. INTRODUCCIÓN AL SUELO RADIANTE REFRESCANTE.

No solo será importante explicar y dimensionar las tecnologías de la geotermia y aerotermia, sino la manera en la que se va a reflejar esa tecnología como aplicación de climatización a la vivienda.

En este caso, se ha elegido la opción de suelo radiante y refrescante, no solo por las ventajas que aporta (explicadas posteriormente), sino por petición expresa del cliente, para tener un sistema de climatización “invisible”.

Este sistema no deja de ser una red de tuberías que se instalan bajo el pavimento de la vivienda. Por ellas, circularán tanto agua caliente y agua fría en función de si se quiere calefactar o refrigerar. [23]

Según varios expertos y estudios realizados el intercambio de energía entre el ambiente y el ser humano se reparte de la siguiente manera:

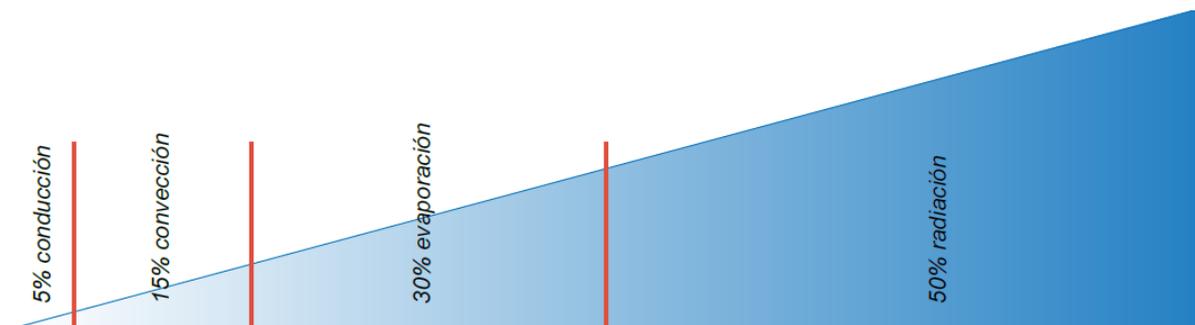


Figura 37. Análisis Intercambio de Energía. Fuente: UPONOR

El 50% será por radiación, con lo cual, lo ideal será tener un sistema cuya radiación se expanda más por el espacio a climatizar. En este caso será el suelo radiante a través de bajas temperaturas. Así, será el mejor sistema que se va a ajustar mejor a la emisión de calor del cuerpo humano.

En la siguiente imagen se muestra una comparativa de los sistemas de emisión actualmente utilizados en cuanto a curvas de confort:

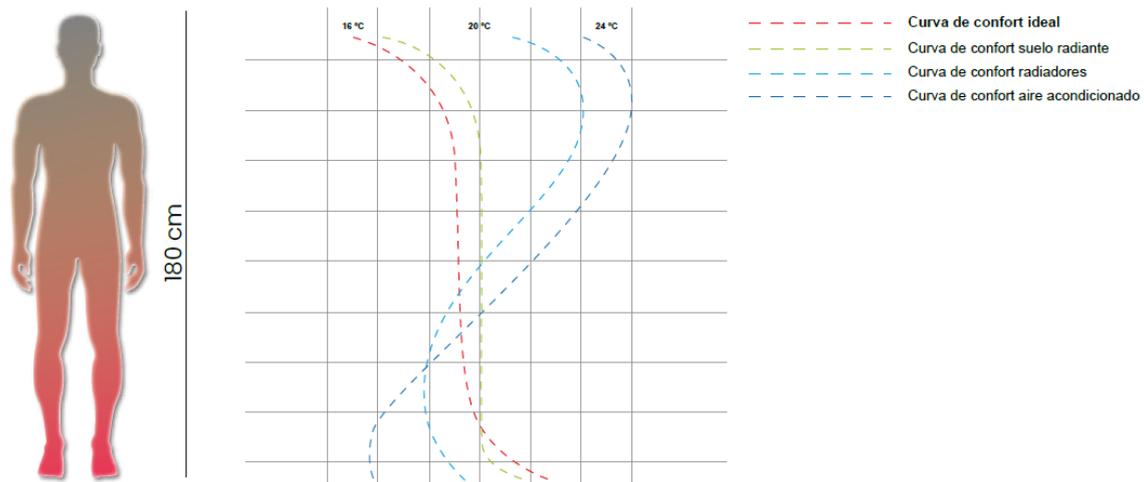
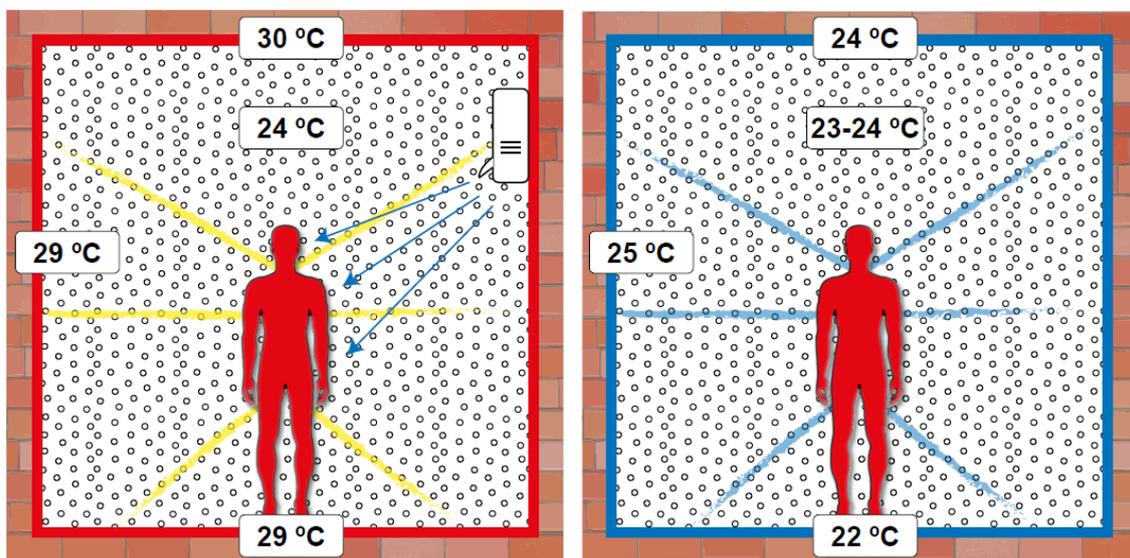


Figura 38. Curva de Confort. Fuente: UPONOR

Según este gráfico, se compara cual es el confort ideal para una persona de 1.80 metros. Puede comprobarse que sistemas como radiadores o aires acondicionados no satisfacen el confort de una manera uniforme, ya que habrá partes del cuerpo donde esto no se logre (por ejemplo, los pies no tendrán el confort adecuado, y en la cabeza habrá demasiado calor en este caso). Sin embargo, con el suelo radiante es más uniforme en todo el cuerpo, acercándose a esa curva ideal de confort.

Siguiendo con lo anterior, a continuación, se muestra un gráfico de una sala que se quiere refrigerar y cómo influye el tener uno u otro sistema:



Climatización tradicional - refrigeración.

Climatización radiante - refrigeración.

Figura 39. Climatización Vivienda. Fuente: UPONOR

Se observa que con suelo radiante la refrigeración de la sala será más uniforme, y no solo en la parte central de la misma, sino en toda ella. Así, se logra un mayor confort con menor consumo, y, por tanto, más eficiencia. En modo calefacción ocurre exactamente lo mismo.

Aunque teniendo en cuenta la ubicación de la vivienda, el uso del suelo será radiante para calentar la propia vivienda y solo en 2 meses al año se utilizará el suelo refrescante prácticamente.

En relación a la parte técnica, para la instalación del suelo radiante requiere de las siguientes partes o componentes:

- ❖ Forjado: es el elemento esencial sobre el cual se colocará el suelo radiante. Estará compuesto de bovedilla y vigueta.
- ❖ Banda perimetral: Es una cinta cuya función es absorber las dilataciones del suelo. Estas dilataciones se darán a lo largo del funcionamiento del suelo. Además, generará un aislamiento adicional tanto térmico y acústico. Es un material espumoso y se colocará en todo el perímetro donde se ubique el suelo radiante: [24]



Figura 40. Cinta Perimetral. Fuente: Ecosistemas del Sureste

- ❖ Panel aislante: material aislante donde encima se ubicarán las tuberías de los circuitos. Será un elemento muy importante ya que aporta aislamiento térmico y acústico, proporcionando un mejor rendimiento. Se colocarán sobre el propio forjado. Suele estar cuadrículado para facilitar la ubicación de las tuberías. Suele ser de poliestireno expandido de alta densidad para soportar el peso del mortero y del pavimento. [25]



Figura 41. Panel Aislante. Fuente: Materiales Calefacción.

- ❖ Tuberías: elementos por donde circula el agua caliente o fría y que permitirá la climatización de la vivienda. Éstas irán por toda la vivienda desde el colector. Destacar que cada circuito no va unido ni soldado, sino que va desde que sale del propio colector hasta que regresa, para evitar posibles roturas y averías que hagan realizar una obra grande. Normalmente cuentan con una capa antidifusión de oxígeno. La configuración de los circuitos debe ser que las tuberías de ida y retorno se coloquen una al lado de la otra para que haya una mayor homogeneidad en el suelo en cuanto a temperatura. [26]



Figura 42. Tuberías Suelo Radiante. Fuente: Baxi

- ❖ Grapas de Sujeción: para fijar las tuberías a los paneles aislantes se utilizarán estas grapas. Sirven fundamentalmente hasta que se vierte definitivamente el mortero.[27]



Figura 43. Grapas de Sujeción. Fuente: Ecosistemas del Sureste.

- ❖ Colector: tanto de ida como de retorno, donde saldrán las tuberías y regresarán. Permite la regulación de las temperaturas de cada uno de los circuitos en función de sus necesidades. Además, el colector de ida estará formado por detentores con indicadores ópticos de pérdida de carga (equilibrado) y el de retorno de válvulas termostaticables (regulan el flujo de agua al cuerpo del calefactor). Además, incluye un termómetro que indica la temperatura del agua en la impulsión y

retorno y un purgador que permite extraer el aire acumulado en la instalación. [28].

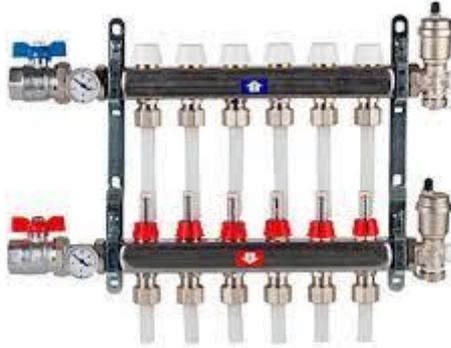


Figura 44. Colector ACS/AFS. Fuente: Calor y Frío.

- ❖ Aditivo/mortero: es un líquido añadido al mortero para aumentar la fluidez. Con ello el mortero envolverá mejor a las tuberías sin dejar burbujas de aire que impidan la transmisión del calor o del frío.



Figura 45. Aditivo/Mortero. Fuente: Ecosistemas del Sureste.

- ❖ Bomba circuladora de agua que garantice la circulación de agua por los circuitos de la instalación.

Respecto a las configuraciones más usuales en el diseño del suelo radiante son en espiral o en serpentin como se adjunta en la siguiente imagen:

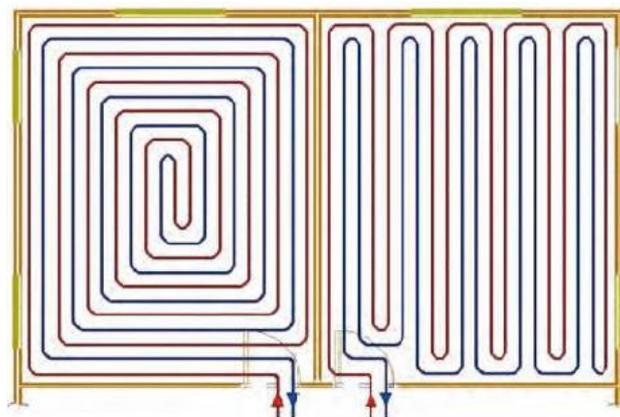


Figura 46. Configuración Suelo Radiante. Fuente: Ecosistemas del Sureste

En relación a sus ventajas se pueden establecer las siguientes:

- Alto rendimiento: con un diámetro de tubería bajo (10-14mm) hay que hacer circular una gran cantidad de agua para que tenga éxito esta tecnología. Ese alto rendimiento, se debe a que el agua circula a unos 45°C, mientras que en radiadores por ejemplo circula cercano a los 80-85°C. Por ello será un sistema eficiente.
- Reducción de consumo: debido a la temperatura de trabajo del agua, obviamente el consumo será menor. Así, en este caso la bomba de calor trabajará menos. Además, al intercambiar calor y frío por radiación ayudará en este sentido.
- Apoyo de las renovables, ya que son sistemas que normalmente se deben aplicar con geotermia o aerotermia.
- Aprovechamiento del espacio, debido a que otros sistemas se encuentran visibles por la vivienda, mientras que el suelo radiante estará escondido sin afectar a la distribución del mobiliario, por ejemplo.
- Confort: el calor o el frío se reparte de manera uniforme en lugar de tener puntos concretos como es el caso de fancoils o radiadores.
- Alta inercia térmica: hace que el calor se acumule como una batería, por lo que la difusión es más prolongada y constante. A mayor inercia térmica mayor estabilidad térmica. Esta inercia térmica produce dos fenómenos: la amortiguación y el retardo de la temperatura respecto a la exterior. Así, con el suelo radiante disminuye la necesidad térmica tanto en calefacción como refrigeración logrando un mayor confort.
- Bajos costes de mantenimiento debido a la ausencia de elementos móviles.
- Ausencia de corrientes de aire debido a que las diferencias de temperatura entre el aire y la superficie del suelo, paredes y techos es menor. A mayor diferencia de temperatura mayor nivel de aire.
- Mejora la calificación energética del edificio, así como las emisiones de CO₂.

Sin embargo, también existen algunos inconvenientes que algunos de ellos pueden ser minimizados hasta hacerlos casi inexistentes:

- Si la vivienda ya está construida y quiere cambiarse a esta tecnología, requerirá de una importante obra.
- El coste es mayor que el de otras opciones.
- Requiere conocimiento técnico, ya que en muchas zonas no se podrá colocar debido a los posibles problemas de condensación.
- Alta inercia térmica: igual que es una ventaja al enfriarse ya que es lento, también es un inconveniente al principio del uso, porque costará calentarlo, no siendo tan rápido como por ejemplo los radiadores.

Capítulo 8. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.

8.1 Ubicación Exacta y Características del Lugar

El desarrollo del proyecto tendrá lugar en un pueblo llamado Solosancho, lugar donde se va a construir la vivienda unifamiliar. Este pueblo está situado a escasos 20 kilómetros de la provincia de Ávila (Castilla y León) en la carretera N-502 como se explicó en el capítulo inicial. [29]

Esta vivienda estará ubicada a las afueras del pueblo, y para ser más concretos, se encontrará en la calle Iglesia 98 como puede comprobarse en las siguientes imágenes:



Figura 47. Ubicación de la Vivienda. Fuente: Google Maps



Figura 48. Ubicación de la Vivienda II. Fuente: Google Maps

Las coordenadas geográficas de la ubicación son las siguientes:

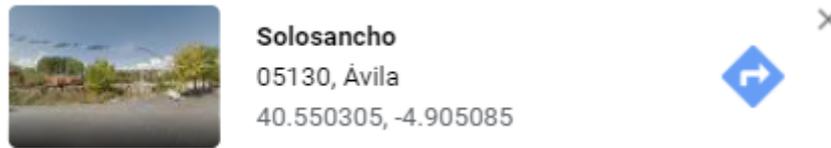


Figura 49. Coordenadas Geográficas. Fuente: Google Maps

8.2 Datos de la Vivienda

En este apartado se van a explicar las características propias de la vivienda, es decir, sus datos, que servirán de apoyo a lo largo del trabajo para encontrar la solución al planteamiento del problema.

El uso que se le dará a la vivienda será como segunda residencia, es decir, fines de semana, días de fiesta, vacaciones, etc. no será continuo a lo largo del año y será un aspecto a tener en cuenta a la hora de dimensionar la instalación y elegir el tipo de tecnología. Además, es una vivienda diseñada que la habiten 4 personas.

Por otro lado, la vivienda se encuentra a una altitud de 1120 metros aproximadamente, por lo que teniendo en cuenta que está a escasos kilómetros de Ávila y según el CTE, pertenece a una zona climática E1: [30]

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																						
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m
Albacete	C3									D3						E1							
Alicante/Alacant	B4			C3						D3													
Almería	A4		B4		B3		C3				D3												
Araba/Álava	D1									E1													
Asturias	C1		D1						E1														
Ávila	D2						D1			E1			E1										

Figura 50. Zona Climática. Fuente: CTE

En cuanto al aislamiento, será algo estándar, recomendado en este caso por el arquitecto del proyecto, ya que no va a ser una vivienda de uso cotidiano y lo que se quiere es que se caliente principalmente en pocas horas, ya que, si se coloca un aislamiento muy agresivo, eliminar el frío del interior será difícil.

Por otro lado, se trata de un terreno cercano a los 500 m² de parcela, donde la vivienda tendrá una superficie de 106 m² útiles de interior. La superficie útil es de 141,50 m².

En la siguiente imagen se muestra un plano de la vivienda:

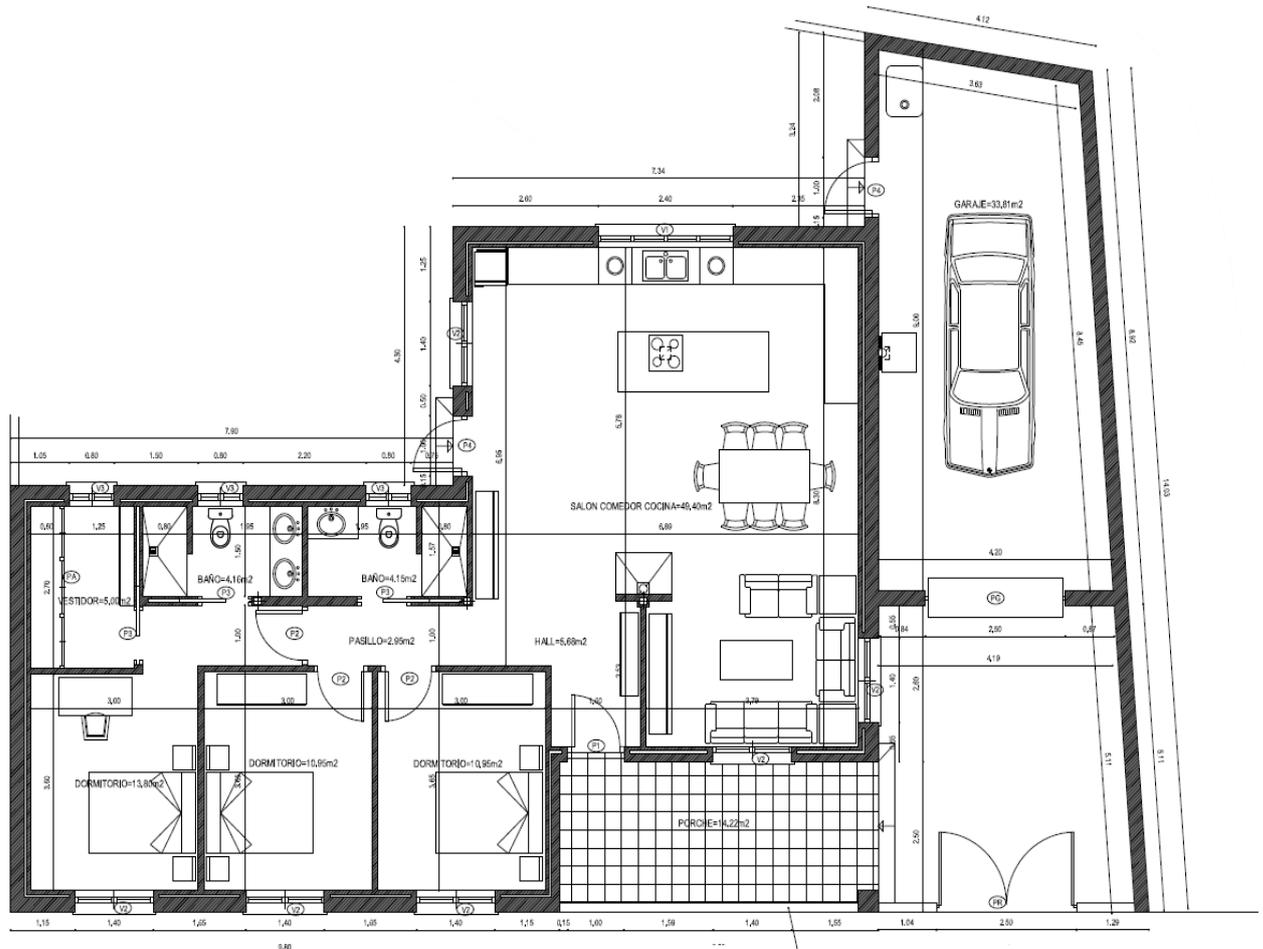


Figura 51. Planta de la Vivienda. Fuente: Elaboración Propia.

La vivienda se compone de los siguientes elementos:

- 3 dormitorios, ubicados en el suroeste de la vivienda.
- 2 baños enfrente de los 3 dormitorios.
- 1 salón-comedor-cocina en la parte central de la vivienda ocupando la mayor cantidad de espacio de la misma.
- 1 porche de entrada a la vivienda.
- 1 garaje con su entrada asociada en la parte este.
- El resto del espacio hasta llegar a los casi 500 m² de terreno se encuentra en el norte de la vivienda:

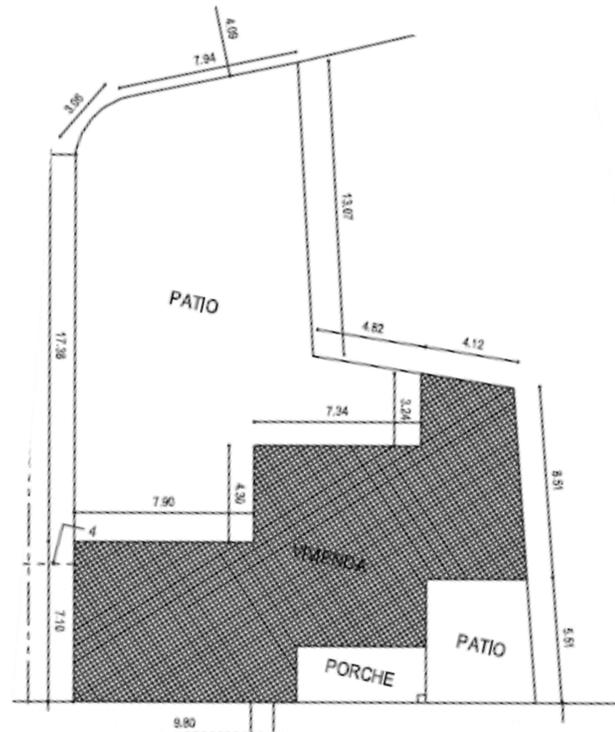


Figura 52. Planta de la Finca. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestran cada una de las estancias con sus medidas correspondientes:

ESTANCIA	SUPERFICIE	
Dormitorio Principal	18,8	m ²
Dormitorio 1	10,5	m ²
Dormitorio 2	10,5	m ²
Baño 1	4,16	m ²
Baño 2	4,15	m ²
Entrada/Hall	5,68	m ²
Pasillo	2,95	m ²
Salón/Comedor/Cocina	49,4	m ²

Tabla 6. Estancias de la Vivienda. Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, se muestra la superficie de todos los espacios dentro de la parcela:

ZONA	SUPERFICIE	
Porche	14,22	m ²
Garaje	33,81	m ²
Vivienda	106	m ²
Resto	331	m ²
TOTAL	485	m²

Tabla 7. Superficie del Terreno. Fuente: Elaboración Propia.

A parte de ello, se va a dimensionar el número de puertas exteriores y ventanas que serán importantes tener en cuenta para los cálculos de cargas térmicas:

- Existen 4 ventanas que dan al sur: una en cada dormitorio y la restante en el salón.
- Hay otras 4 ventanas que dan al norte: una en el dormitorio principal, una en cada baño y la que queda en la parte de la cocina.
- Al oeste solo hay una que está situada en la cocina.
- Al este también hay una perteneciente al salón.
- En cuanto a las puertas, existen 8 puertas más las puertas del garaje de acceso en coche.

En total se han cuantificado 10 ventanas y 8 puertas.

A continuación, se muestran las superficies que ocupan tanto las ventanas como las puertas:

TIPO DE VENTANA	NÚMERO	SUPERFICIE	SUPERFICIE TOTAL	
Ventana 1 (cocina)	1	1,92	1,92	m ²
Ventana 2 (dormitorios y salón)	6	1,68	10,08	m ²
Ventana 3 (vestidor y baños)	3	0,96	2,88	m ²

TOTAL	14,88	m²
--------------	--------------	----------------------

Tabla 8. Dimensiones Ventanas. Fuente: Elaboración Propia.

TIPO DE PUERTA	NÚMERO	SUPERFICIE	SUPERFICIE TOTAL	
Puerta 1 (entrada vivienda)	1	2,1	2,1	m ²
Puerta 2 (dormitorios)	3	2,0265	6,0795	m ²
Puerta 3 (baños y vestidor)	3	2,0265	6,0795	m ²
Puerta 4 (puerta acceso trasera)	1	2,1	2,1	m ²

TOTAL	16,359	m²
--------------	---------------	----------------------

Tabla 9. Dimensiones Puertas. Fuente: Elaboración Propia.

8.3 Condiciones Climáticas

Otro aspecto a tener en cuenta en este capítulo son las condiciones meteorológicas del emplazamiento de la vivienda.

El clima de Ávila es parcialmente continental, es decir, seco, con veranos cortos, calurosos y despejados e inviernos largos, fríos y con habituales precipitaciones (según el histórico de datos).

Para ello habrá que evaluar dos parámetros: la temperatura y la humedad. [31]

Respecto a la primera variable habrá que conocer las temperaturas en verano e invierno. A continuación, se muestra un gráfico con las temperaturas anuales del 2021 en cada uno de los meses del año:

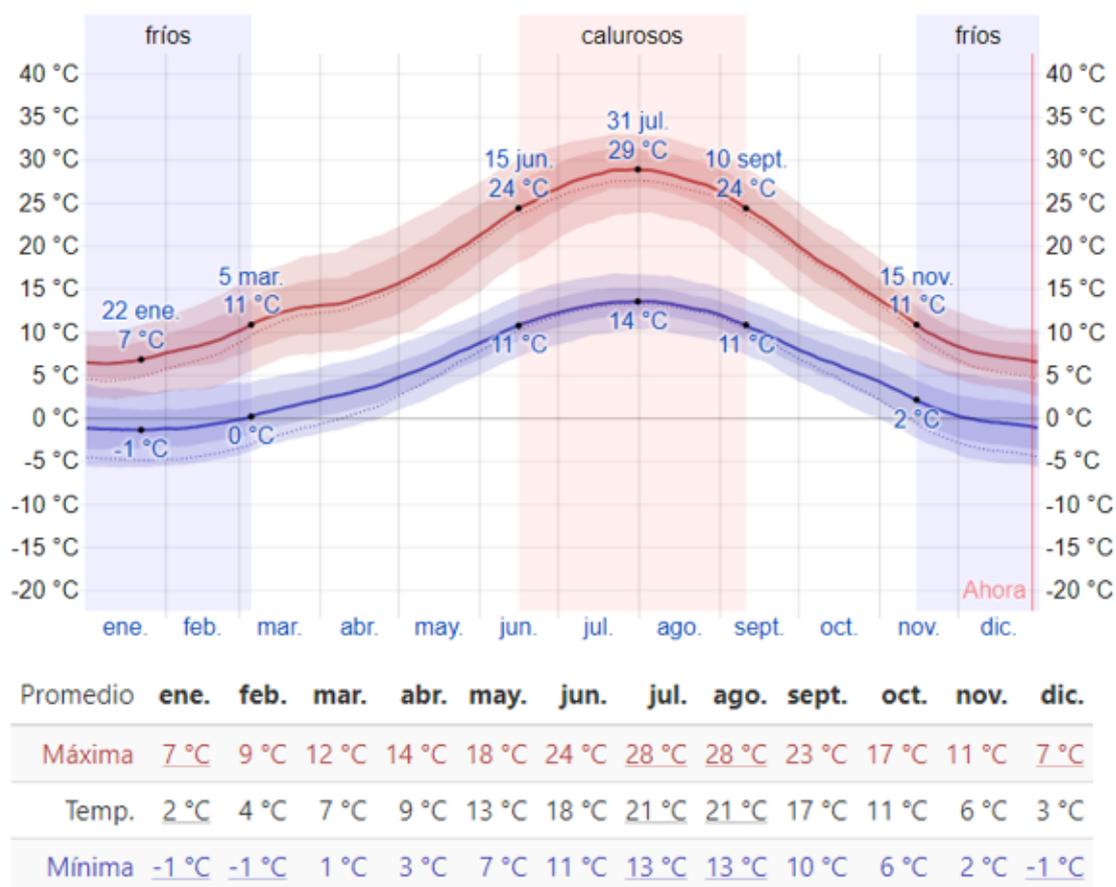


Figura 53. Condiciones Climáticas. Fuente: Weath Spark

En relación a la humedad, habrá que tener en cuenta la variación que pueda tener a lo largo del año, reflejada en la siguiente tabla.

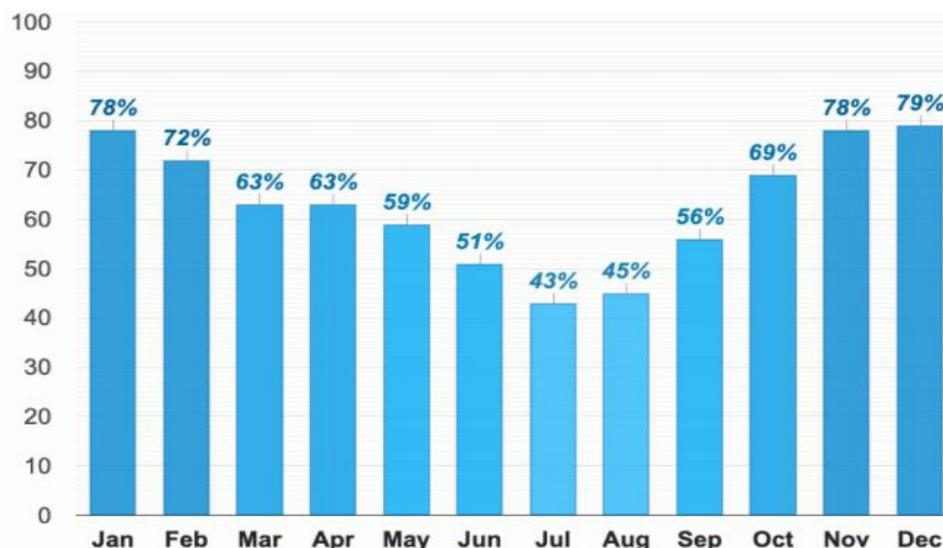


Figura 54. Análisis Humedad. Fuente: Weath Spark

La media calculada de la humedad es de un 63%. [32]

8.4 Condiciones Interiores de Diseño

Otro aspecto a tener en cuenta para el cálculo de cargas térmicas, son las condiciones que se quieren tener en el interior de la vivienda. [33]

Esto viene recogido en el apartado IT 1.1.4.1.2 del RITE, en la siguiente tabla:

ESTACIÓN	TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 10. Condiciones Vivienda. Fuente: RITE

Por ello, en el interior se fijará en verano una temperatura de 24°C y en invierno 22°C.

8.5 Condiciones Exteriores de Diseño

Sin embargo, para ese cálculo de cargas térmicas, hay que conocer las condiciones exteriores de diseño. b En este caso, se obtendrán estos valores del IDAE (Instituto de la Diversificación y Ahorro de la Energía) sobre la ciudad de Ávila.

Para ello se han de definir los siguientes parámetros: [34]

Calefacción:

- TS: temperatura seca con un percentil del 99% y del 99,6%.

- TSMIN: temperatura seca mínima registrada en la localidad.
- OMDC: oscilación media diaria.
- HUMcoin: humedad relativa media coincidente.
- TASOL: temperatura media seca mensual durante horas de sol.
- GD: grados de calefacción

Refrigeración:

- TS: temperatura seca con un percentil del 0,4% y 1%
- THC: temperatura húmeda coincidente
- OMDR: oscilación media diaria
- TSMAX: temperatura seca máxima
- TSC: temperatura seca coincidente
- TH: temperatura húmeda
- OMA: oscilación media anual de temperatura seca

Provincia	Estación					Indicativo
Ávila	Ávila (Observatorio)					2444

UBICACIÓN: ENTORNO CIUDAD			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO			
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
1130	40°39'00"	04°40'43"W	81.541	14.601	9.317	

CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)					
TSMIN (°C)	TS _{99,6} (°C)	TS ₉₉ (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-13,2	-6,4	-4,5	11,7	85,3	38,6

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)
37,4	32,2	18,4	30,8	18,0	29,4	17,7	16,8

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)
19,0	19,0	18,4	18,4	17,8	17,8

VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD ₁₅ (°C)	GD ₂₀	GDR ₂₀	RADH(kWh/m ² día)	TTERR (°C)
Enero	2,9	4,6	346	488	0		
Febrero	4,2	5,9	286	415	0		
Marzo	7,3	9,1	228	366	0		
Abril	8,8	10,9	176	304	1		
Mayo	13,3	15,1	104	222	13		
Junio	19,4	21,8	23	83	65		
Julio	21,3	23,8	10	50	93		
Agosto	21,0	23,3	10	54	83		
Septiembre	16,9	19,5	38	118	30		
Octubre	11,8	13,9	114	240	3		
Noviembre	5,9	7,7	252	389	0		
Diciembre	3,6	5,3	326	468	0		

Figura 55. Condiciones Exteriores. Fuente: IDAE

8.6 Concepto de Cargas Térmicas

Las cargas térmicas no son más que la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo por el cual una vivienda intercambia con el exterior debido a las condiciones del interior y el exterior.

Por tanto, es aquello que modifica la temperatura seca y humedad relativa del aire interior.

Este cálculo determinará la potencia máxima necesaria para seleccionar el sistema de producción para climatización. Existen dos tipos de cargas térmicas:

Cargas Térmicas Sensibles

Son aquellas que provocan una variación en la temperatura del aire, y pueden ser:

Cargas por Radiación Solar

Debidas a la radiación que entra por los elementos acristalados de la vivienda, calentando la misma. Viene determinada por la siguiente fórmula:

$$Q_r = S * R * FS$$

Donde,

- Q_r es la carga por radiación solar a través del cristal (W)
- S es la superficie translúcida (m^2).
- R es la irradiación que atraviesa la superficie (W/m^2)
- FS es el factor solar adimensional de corrección de radiación en función del tipo de cristal.

Cargas de Transmisión

Son aquellas que se producen por conducción a través de los elementos constructivos que separan el interior del exterior del edificio. La ecuación es la siguiente:

$$Q_t = U * S * \Delta T$$

Donde,

- Q_t es la carga por transmisión (W)
- U es la transmitancia térmica (W/m^2k)
- S es la superficie del cerramiento (m^2)
- ΔT es la diferencia de temperatura exterior menos la interior (k)

Cargas de Ventilación

Surgen del cambio de volumen del aire interior con el exterior mediante los conductos de ventilación. Su ecuación es la siguiente:

$$Q_{sv} = \text{Caudal de aire exterior} * C_{paire} * \rho_{paire} * \Delta T$$

Donde,

- Q_{sv} es la carga sensible de ventilación (W).
- Caudal de aire exterior (m^3/s)
- C_p aire es el calor específico del aire (KJ/Kgk)
- ρ_{aire} es la densidad del aire
- ΔT en k.

Cargas Internas

Se trata del sumatorio de diferentes cargas:

$$Q_{int} = Q_{sil} * Q_{sp} * Q_{seq}$$

Donde,

- Q_{sil} es el valor de la ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local (W):

$$Q_{il} = Q_{,incandescente} + Q_{SIL,fluorescente} = n \cdot (Plamp\ incan + 1,25 \cdot Plamp\ fluoresc)$$

- Q_{sp} es la ganancia interna de carga sensible debido a los ocupantes del local (W):

$$Q_{SP} = n^{\circ} \text{ ocupantes} \cdot Q_s$$

Donde Q_s es el calor latente emitido por las personas en función de la temperatura y el tipo de actividad que realiza.

- Q_{seq} es la ganancia interna de carga sensible debida a los diversos aparatos existentes en el local, como aparatos eléctricos, ordenadores, etc.

$$Q_{seq} = \sum \text{Potencia equipos electrico}$$

Cargas Térmicas Latentes

Carga Latente Debido al Aire de Ventilación

Es la que se transmite debido a infiltraciones y ventilación de aire exterior. La ecuación es la siguiente:

$$Q_{lv} = \text{Caudal aire ext} \cdot C_{p,aire} \cdot \rho_{aire} \cdot \Delta T \cdot \Delta w$$

Donde,

- Q_{lv} es la carga latente de ventilación
- Caudal de aire exterior (m^3/s)
- C_p aire es el calor específico del aire (1,025KJ/Kgk)
- ρ_{aire} es la densidad del aire
- ΔT es la diferencia de temperatura
- Δw es la diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior.

Carga Latente Generada por los Ocupantes

Es aquella debida a la variación de humedad que generan sus ocupantes:

$$Q_{lp} = n^{\circ}ocupantes * Q_l$$

Donde,

- Q_l es el calor latente emitido por las personas en función de la temperatura y del tipo de actividad que realizan.

8.7 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

Una vez explicadas las condiciones meteorológicas y características de la vivienda, hay que centrarse en la demanda energética que tendrá la vivienda.

Para ello, en primer lugar, hay que calcular las cargas térmicas, es decir, el calor por unidad de tiempo que entra a la vivienda. Esto servirá para acondicionar la propia vivienda y ver que necesidades tiene. [35]

Se ha utilizado un software informático para el cálculo de cargas térmicas diseñado por Luis Llamas (ingeniero industrial), donde se han introducido las temperaturas en verano e invierno exteriores y también que consignas de temperatura se quieren en el interior.

Además, el programa solicita diferentes datos de la vivienda, como es la superficie de la misma, número de ocupantes en la vivienda, que altura tiene, así como definir la orientación y superficie de los cerramientos.

Con todo ello, los resultados obtenidos son los siguientes:

DATOS ENTRADA

Temperaturas

	Verano	Invierno
Exterior	28	2
Interior	25	20

Datos generales

Superficie	106
Altura	2.5
Ocupacion	4

Cerramientos

Fachadas	Metros lineales	Ventana (m2)
Norte	20	4.8
Sur	20.5	7.2
Este	14	0
Oeste	14.7	3.40
Medianera	0	

Figura 56. Cálculo de Demanda I. Fuente: Simulador Luis LLamas

Tipo solera

Sobre terreno

▼ Tipo cubierta

Bajo cubierta

▼

Transmitancias		
Fachadas	1.2	(0.7 - 1.8)
Ventanas	4	(2.4 - 6)
Suelos	.7	(0.6 - 1.6)
Cubierta	.5	(0.45 - 1.2)
Medianiles	1	(1 - 2.2)

Figura 57. Cálculo de la Demanda II. Fuente: Simulador Luis Llamas

RESULTADOS

Resultados

Cargas transmision	Verano	Invierno
Norte	86.78	976.32
Sur	195.58	951.48
Este	336	756
Oeste	112.06	720.36
Ventanas	184.8	1108.8
Suelos	0	1038.8
Cubierta	159	954
Medianiles	0	0
Cargas radiacion solar		
Norte	593.62	0
Sur	1834.63	0
Este	0	0
Oeste	705.5	0
Cargas ventilacion		
	270.74	1590
Cargas iluminacion		
	1195.68	0
Cargas ocupacion		
	195.3	0
Total perdidas (W)	5869.69	8095.76
Coficiente (W/m2)	55.37	76.38

Figura 58. Cálculo de la Demanda III. Fuente: Simulador Luis Llamas.

GRAFICAS

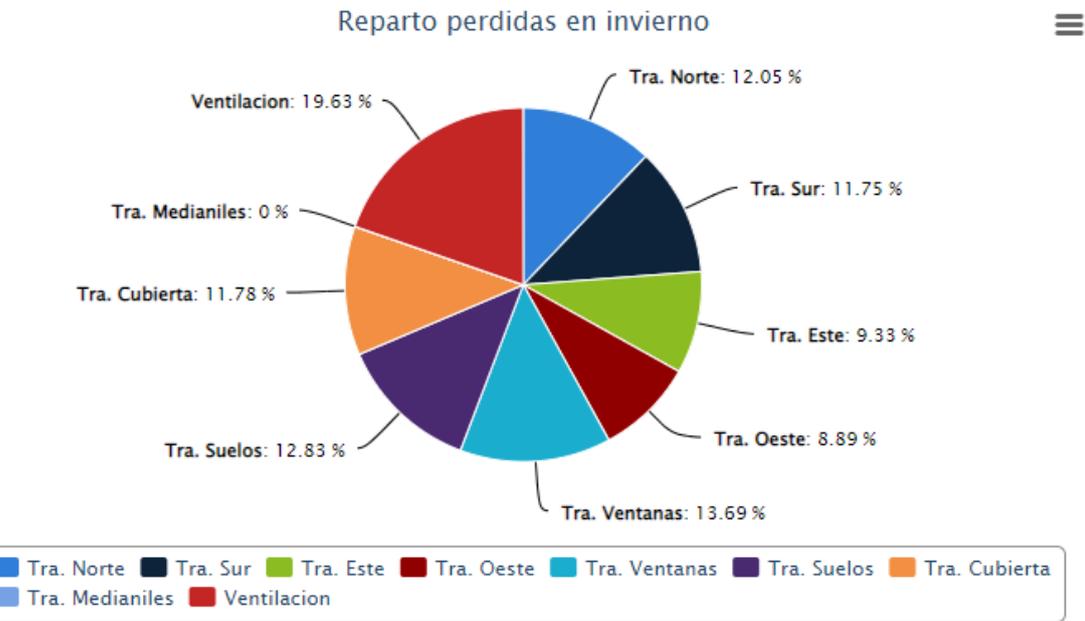
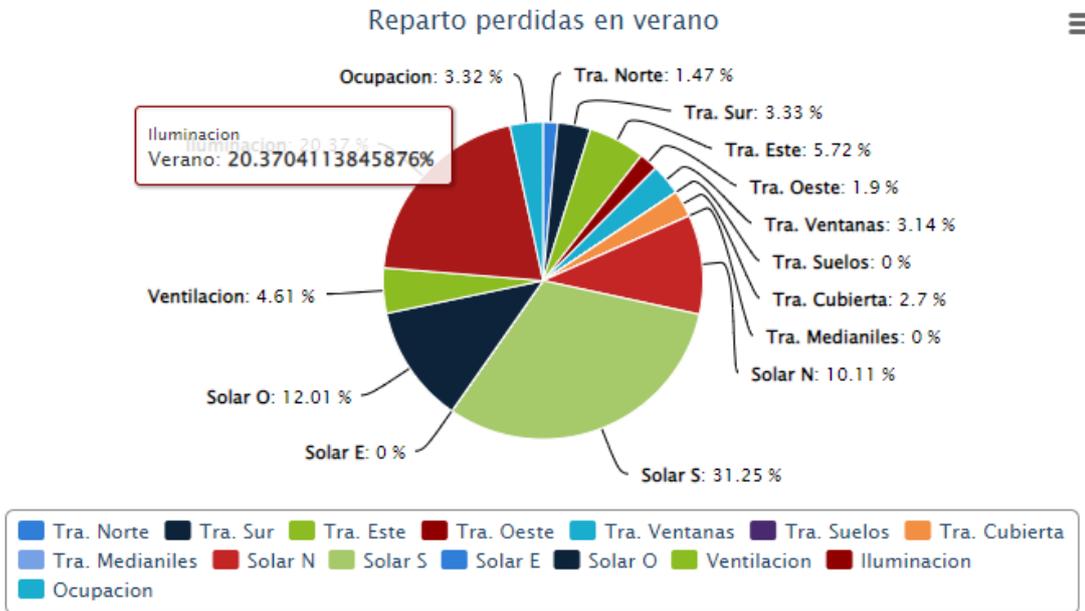


Figura 59. Cálculo de la Demanda IV. Fuente: Simulador Luis Llamas

ESTIMACIÓN CONSUMO

Consumo		
Horas	3	10
Días	30	30
Estimación (kwh)	528.27	2428.73

Figura 60. Cálculo de la Demanda V. Fuente: Simulador Luis Llamas

Se van a tener en cuenta que 8 meses serán de calefacción y 3 de refrigeración (ya que en junio y septiembre se consideran la última quincena y primera respectivamente):

$$2428.73 * 8 = 19.429,84 \text{ KWh/año}$$

$$528.27 * 3 = 1.584,81 \text{ KWh/año}$$

8.8 Dimensionado ACS/AFS

Además de la demanda en calefacción y refrigeración de la vivienda, es necesario dimensionar la demanda de AFS y ACS.

Primero se va a explicar los elementos que componen una instalación tipo:

- Depósitos de acumulación de ACS: pueden ser intercumuladores o acumuladores, según contengan o no en su interior al intercambiador.
- Válvulas de regulación de las temperaturas de ACS. Pueden ser motorizadas o termostáticas.
- Bombas de circulación, que lleven el agua desde el circuito primario hasta el agua de consumo.
- Contadores.
- Tuberías.
- Aislamiento térmico.

Por otro lado, habrá que dimensionar las condiciones mínimas de suministro, es decir, los diferentes aparatos y equipos deben tener unos caudales mínimos tanto de agua fría como de agua caliente. Esto viene recogido en el Código Técnico de la Edificación (CTE) en el DB HS4 sobre Suministro de Agua. [36]

En la siguiente tabla 2.1 del CTE vienen recogidos estos caudales mínimos:

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

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

Figura 61. Cálculo Caudales Instantáneos. Fuente: CTE

Para contabilizar estos elementos, se ha creado una tabla con los tipos de aparatos que tiene la vivienda y que caudales deben cumplirse:

APARATO	UNIDADES	CAUDAL AFS (dm ³ /s)	CAUDAL ACS (dm ³ /s)
Lavabo	2	0,1	0,065
Ducha	2	0,2	0,1
Inodoro con cisterna	2	0,1	-
Bidé	1	0,1	0,065
Fregadero doméstico	1	0,2	0,1
Lavavajillas doméstico	1	0,15	0,1
Lavadora doméstica	1	0,15	0,1
Grifo Garaje	1	0,2	-

Tabla 11. Elementos Para Cálculo Caudales. Fuente: Elaboración Propia.

Además, según el CTE, en los puntos de consumo la presión mínima debe ser:

- 100kPa para grifos comunes.
- 150kPa para fluxores y calentadores.

Siendo la presión máxima no superior a 500kPa.

Derivado de lo anterior, será imprescindible calcular el volumen del depósito auxiliar de alimentación. En este caso se calcula en el pero extremo, es decir, que se haga uso de

todos los elementos a la vez durante 15 minutos (cosa improbable en el caso del lavabo, duchas, etc.). Para ello, viene recogido en la siguiente fórmula:

$$V = Q * t * 60$$

Donde,

- V es el volumen del depósito en L.
- Q es el caudal máximo simultáneo en dm^3/s
- t es el tiempo estimado (de 15 a 20 minutos).

Por ello, el cálculo será el siguiente:

$$Q = 0,695 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$V = 0.695 * 15 * 60 = 625.5L$$

Además de esto, hay que saber cuál es el consumo de ACS de la vivienda. Para ello, se recurrirá de nuevo al CTE, ya que para usos de residencial privado se considera una demanda de 28 litros/día persona siempre y cuando la ocupación al menos igual a la establecida en la siguiente tabla:

Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Figura 62. Valores Mínimos Demanda ACS. Fuente: CTE

En este caso, son 3 dormitorios, y por tanto 4 personas. Así, el consumo total en 1 día es de 112 litros/día.

Una vez sabido este consumo, hay que expresarlo en consumo energético, para sumarlo a calefacción y refrigeración, calculados anteriormente.

Para ello, se va a aplicar la siguiente fórmula:

$$Demanda ACS = Vacs * Ce * (Tu - Te)$$

Donde,

- Demanda ACS es la demanda energética de ACS en kWh/periodo
- Vacs es el volumen consumido de ACS en litros/periodo
- Ce es el consumo específico en $\text{kWh} / \text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$, cuyo valor es de 1.16
- Tu es la temperatura de uso ($^\circ\text{C}$)
- Te es la temperatura de agua fría de consumo humano ($^\circ\text{C}$)

Así, el cálculo de demanda de ACS es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda ACS} &= 112 \frac{L}{\text{día}} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{1.16kWh}{m^3 * ^\circ C} * (55^\circ C - 9^\circ C) \\
 &= 5.97 \frac{kWh}{\text{día}} * \frac{365\text{días}}{\text{año}}
 \end{aligned}$$

$$\text{Demanda ACS} = 2.182kWh/\text{año}$$

Por todo ello, el gráfico de demanda de ACS, Calefacción y Refrigeración es el siguiente:

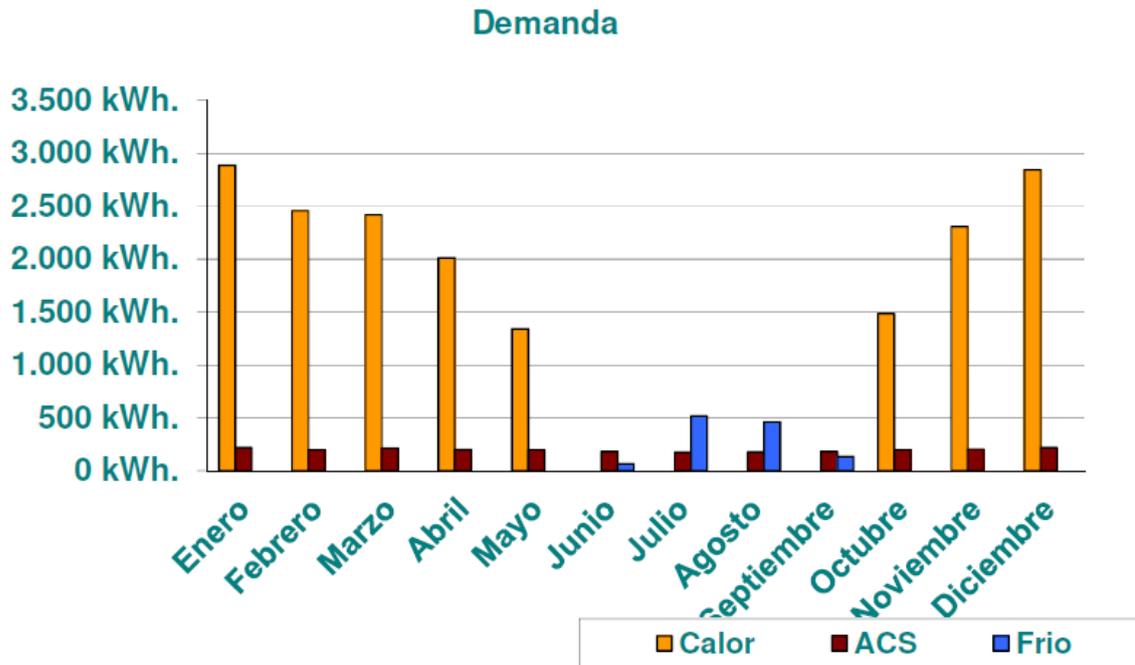


Figura 63. Gráfico Resumen Resultados Demanda Energía. Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 9. PLANTEAMIENTO DE LAS SOLUCIONES.

En este capítulo se va a dar solución al problema planteado por parte de las dos tecnologías. Una vez conocidos los aspectos teóricos de ambos sistemas y de saber cuáles son las necesidades de la vivienda en cuanto a consumo de energía, habrá que dimensionar los elementos que componen la instalación para dar servicio.

Para ambas soluciones se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de vivienda y datos constructivos.
- Emplazamiento geográfico.
- Preferencias de los usuarios y estilo de vida.
- Buscar la máxima eficiencia energética.
- Inversión más adecuada a medio plazo.

9.1 Solución Aerotermia

En primer lugar, se va a dimensionar la solución a la aerotermia. Para ello se van a elegir los elementos siguientes: bomba de calor, depósito de acumulación de ACS, depósito de inercia, central de gestión de datos, sistema de gestión interno, sonda de temperatura exterior, etc.

Bomba de Calor

Va a ser el elemento más importante de este sistema, ya que la elección correcta de la bomba de calor hará que los rendimientos, consumos y gastos sean lo más adecuados a la instalación.

Al ser un sistema de aerotermia, será una bomba de calor aire – agua, ya que como se ha explicado anteriormente, aprovecha el aire exterior dentro del circuito de agua.

La demanda de refrigeración y calefacción calculadas en el capítulo anterior son de 55.37W/m^2 y 76.38W/m^2 respectivamente. Más concretamente si estas cifras se multiplican por la superficie de la vivienda (106 m^2), se obtendrá la potencia que será de 5.8KW de refrigeración y 8KW de calefacción. Estos valores, son de potencia máxima, no de potencia nominal de trabajo. [37]

Por ello, se ha seleccionado la bomba de calor de la marca VAILLANT aroTHERM VWL 85/2A. Esta bomba de calor para las condiciones de temperatura exterior seca, tendrá una potencia máxima de 8.3KW de calefacción (su potencia nominal será de 5.7KW) y 8.1KW de refrigeración (su potencia nominal será de 5.9KW). La eficiencia de calefacción será de 4.1 (COP) y de refrigeración de 3.9 (EER).





Figura 64. Bomba de Calor Arotherm Vaillant. Fuente: Vaillant

Respecto a sus características, destacan por las siguientes:

- Se trata de uno de los equipos de aerotermia más eficientes en el mercado.
- Proporciona calefacción, refrigeración y producción de ACS.
- Tiene una clasificación energética de A++ en ACS y A+ en climatización.
- El rango de producción de ACS es de 4°C a 60°C.
- Funcionamiento silencioso en comparación con otros modelos.
- Sistema monobloc.
- 2 años de garantía.

Depósito de Acumulación de ACS/Depósito de Inercia/Centralita de Gestión de Datos

Teniendo en cuenta la bomba de calor seleccionada, se ha elegido un sistema acorde a ella que integra todo en uno. Es un modelo hidráulico que se encarga de hacer llegar el consumo de ACS y la calefacción/refrigeración al suelo radiante:

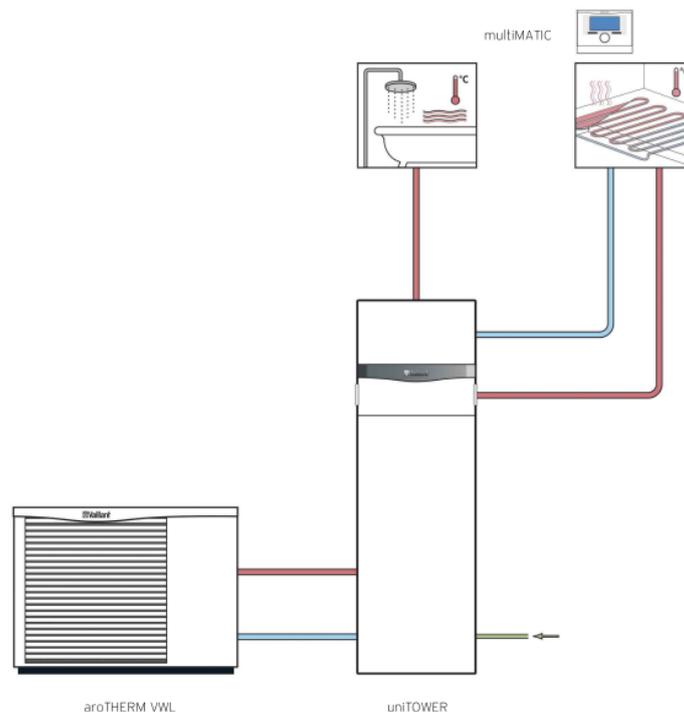


Figura 65. Sistema Arotherm Vaillant I. Fuente: Vaillant.

Por ello, se ha continuado con la marca VAILLANT, que ha incorporado en el mercado el sistema uniTOWER. En este caso es un interacumulador de 190 litros:



Figura 66. Sistema Arotherm Vaillant II. Fuente: Vaillant

Se ha creado para dar respuesta a sistemas aroTHERM de viviendas. Se trata de un único armario los componentes necesarios para la producción de ACS y gestión y programación de calefacción y refrigeración de la vivienda.

No solo integra el sistema de acumulación de 190L, sino que también tiene una centralita multiMATIC 700. Con ello se reduce el consumo de energía y costes de funcionamiento, siendo más sostenible.

Respecto a sus características técnicas destacan por lo siguiente:

- Tiene un vaso de expansión de 15L.
- Depósito de inercia.
- Válvula diversora para ACS.
- Válvula de purga en cada parte de los circuitos primario, calefacción y ACS.
- Sensores de medida de presión y temperatura.
- Llaves de llenado y desagüe del sistema.
- Compatible con app para su control.

Esta centralita lleva un sistema de cálculo que permite controlar la instalación ya que identifica mediante un algoritmo, se determinan los datos del rendimiento de la instalación en cada momento, analizando las condiciones climatológicas exteriores y la temperatura de agua necesaria.

Además de esto, el sistema incluye todos los elementos y equipos necesarios para la correcta instalación y funcionamiento, denominados accesorios:



Figura 67. Elementos Adicionales Sistema Arotherm Vaillant. Fuente: Vaillant

Este sistema es óptimo para viviendas de un máximo de 160 m²

Por todo ello, se ha elegido un sistema minimalista que integre todos los elementos necesarios para proporcionar calefacción/refrigeración y ACS.

9.2 Solución Geotermia

En segundo lugar, se va a dimensionar la solución para un sistema geotérmico. En este aspecto, hay dos partes claramente diferenciadas.

En primer lugar, los elementos relacionados con el resultado final, es decir, con la obtención del calor/frío para la vivienda. En este caso serán los mismos que se han explicado para la aerotermia, con la diferencia de la bomba de calor, que será para uso geotérmico. Por ello, se ha seguido con el mismo procedimiento que en aerotermia, es decir, apostar por la empresa Vaillant. Así, se ha elegido la bomba de calor geotérmica VWF 87/4. [38]

En este caso, será el modelo con un pozo cerrado, que posteriormente se detallará. En este caso la potencia calorífica máxima será de 9.3kW mientras que la frigorífica será de

10.2kW. Se ha elegido este modelo, no solo por sus características técnicas, sino porque tiene este sistema completo en el que se incluyen todos los equipos necesarios para la instalación.



Figura 68. Sistema Flexotherm Vaillant. Fuente: Vaillant

Por ello contará con el interacumulador que dará servicio al suelo radiante y a la demanda de ACS, así como los sistemas de control (igual que en aerotermia).

Así el esquema de funcionamiento es el siguiente:

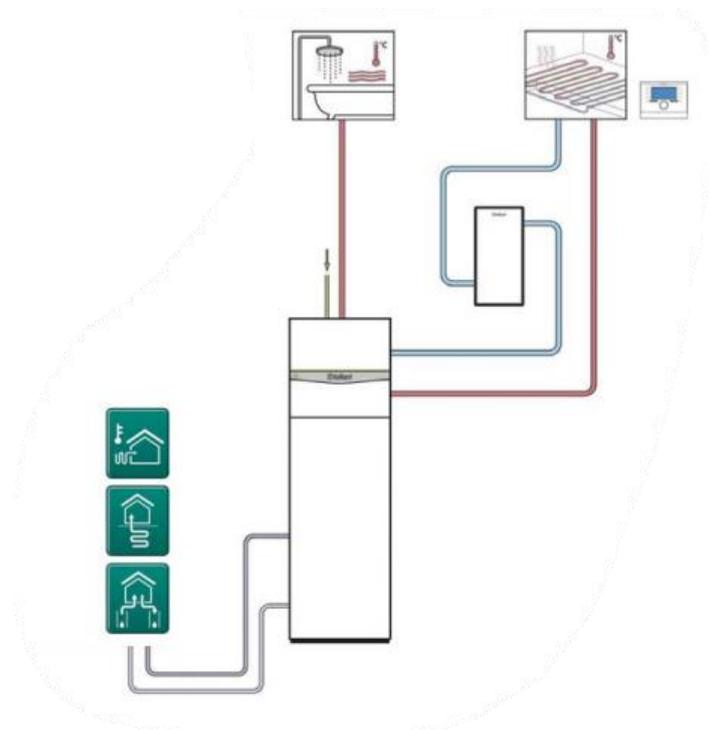


Figura 69. Sistema Flexotherm Vaillant II. Fuente: Vaillant

Además, de esto, este sistema cuenta con diferentes accesorios que permiten estandarizar el funcionamiento como:

- Armario de llenado para el circuito cerrado de la fuente de calor.



Figura 70. Armario de Llenado Vaillant. Fuente: Vaillant

- Kit de frío pasivo.



Figura 71. Kit Frío Pasivo Vaillant. Fuente: Vaillant

- Diferentes accesorios de montaje específicos de la marca.

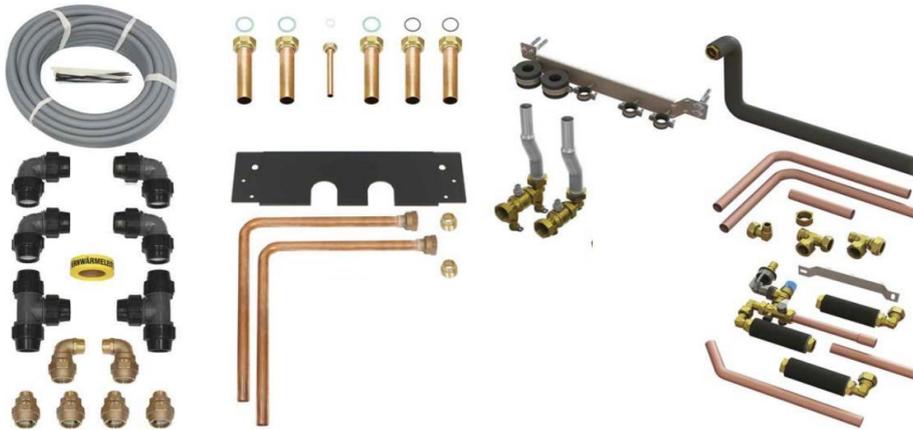


Figura 72. Elementos Adicionales Sistema Flexotherm Vaillant. Fuente: Vaillant

Respecto al pozo cerrado que se llevará a cabo, habrá que tener en cuenta esa bomba seleccionada. Así, los cálculos son los siguientes:

$$\text{Potencia del Evaporador} = \frac{(\text{Carga Térmica} * (\text{COP} - 1))}{\text{COP}}$$

$$\text{Potencia del Evaporador} = \frac{19500 * (4.9 - 1)}{4.9} = 15520.40 \text{ W}$$

$$Longitud\ Total = \frac{Potencia\ del\ Evaporador}{Capacidad\ térmica\ específica}$$

Donde esa capacidad térmica vendrá determinada por la siguiente tabla:

SUBSUELO	CAPACIDAD TÉRMICA ESPECÍFICA (W/m)	
	1800 h/año	2400 h/año
Suelo inapropiado (conductividad ≤ 1.5 W/mK)	25	20
Suelo normal (conductividad ≤ 3 W/mK)	60	50
Suelo con elevada conductividad (≥ 3 W/mK)	84	70

Tabla 12. Capacidad Térmica Subsuelo. Fuente: Ingenieros Industriales

En este caso, se ha elegido un suelo normal, con 1800 horas al año:

$$Longitud\ Total = \frac{15520.40}{60} = 258.67\ m$$

$$N^{\circ}\ de\ pozos = \frac{Longitud\ Total}{Medida\ estándar\ (150\ metros)}$$

$$N^{\circ}\ de\ pozos = \frac{258.67}{150} = 1,72 \approx 2\ pozos$$

De esta manera, serán necesarios 2 pozos de sondas dobles o de doble U.

9.3 Solución Suelo Radiante Refrescante

Para climatizar la vivienda se ha elegido la opción del suelo radiante refrescante impuesta por el usuario principalmente. Se han descartado las opciones de fancoils o radiadores.

Por ello, habrá que dimensionar la instalación para suelo radiante.

En primer lugar, deben calcularse los metros de circuito de suelo radiante para cada una de las estancias.

La bomba de calor estará situada en el garaje, por lo cual el circuito comenzará desde ahí e irá a cada una de las estancias. [39]

La longitud del circuito vendrá determinada por la siguiente ecuación:

$$L_{circuito} = \frac{Superficie}{Paso} * 100$$

Donde,

- Longitud del circuito en m
- Superficie se mide en m² de la vivienda.

- Paso del tubo en cm

Así, la longitud del circuito para esta vivienda será la siguiente:

$$L_{\text{circuito}} = \frac{106}{10} * 100 = 1060 \text{ m}$$

En este caso será necesarios 1060 metros de circuito de suelo radiante para la vivienda.

Una vez calculado esto, hay que saber cuántos metros corresponden a cada habitación.

Para ello, se ha hecho una estimación teniendo en cuenta los metros cuadrados totales y los metros lineales. Sin embargo, como el circuito para llegar a las habitaciones y baño debe pasar por el hall y el pasillo, no se va a tener en cuenta ese espacio ya que de manera indirecta se va a climatizar. A continuación, se muestran estos cálculos realizados:

ESTANCIA	SUPERFICIE (m ²)	LONGITUD DEL SUELO RADIANTE (m)	SUPERFICIE TOTAL (m ²)	SUPERFICIE SIN ENTRADA/HALL (m ²)	PORCENTAJE DE CADA ESTANCIA	LONGITUD DE SUELO RADIANTE EN CADA ESTANCIA (m)
Dormitorio Principal	18,8	1060	106	97,37	19,31%	205
Dormitorio 1	10,5	1060	106	97,37	10,78%	114
Dormitorio 2	10,5	1060	106	97,37	10,78%	114
Baño 1	4,16	1060	106	97,37	4,27%	45
Baño 2	4,15	1060	106	97,37	4,26%	45
Entrada/Hall	5,68	1060	106			
Pasillo	2,95	1060	106			
Salón/Comedor/Cocina	49,4	1060	106	97,37	50,73%	538

Tabla 13. Longitud Tuberías Suelo Radiante. Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la tabla anterior se ha hecho mediante porcentajes eliminando el área del hall y el pasillo y teniendo en cuenta esos 1060 metros. Así, la zona de más metros será la del salón/comedor/cocina por ser la que más superficie tiene, seguido por el dormitorio principal ya que tiene también el vestidor.

Una vez analizado el dimensionamiento del suelo radiante, habrá que escoger que tipo de suelo y que materiales se elegirán.

En este caso se ha elegido el sistema de la empresa ALB SISTEMAS, empresa puntera en eficiencia energética.

Dentro de todos los modelos que hay, se ha optado por el Sistema ALB-ACUTEC. Es un sistema avalado y certificado en laboratorios APPLUS. Tiene el certificado AENOR con garantía de la marca ALB de 10 años. Este sistema incluye los siguientes elementos: [40]

Sistema de climatización radiante ACUTEK

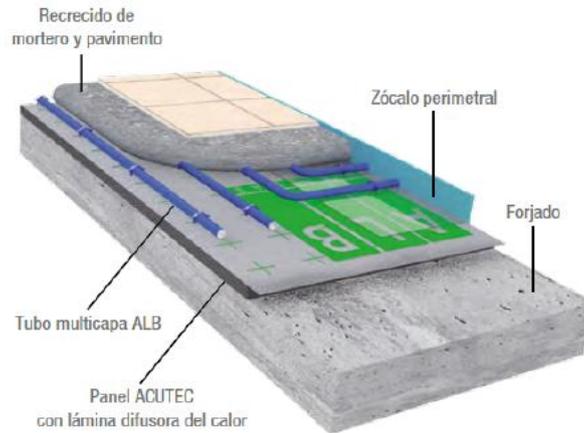


Figura 73. Sistema de Climatización Elegido. Fuente: ACUTEK

- El panel es de poliestireno expandido con grafito elastificado con una lámina de aluminio para transmitir mayor potencia y una distribución más homogénea. Además, está provisto de solapas autoadhesivas y cuadrícula serigrafiada:



Figura 74. Panel Poliestireno ALB. Fuente: ALB

- Tubo multicapa ALB: destaca por las siguientes características:
 - Certificación AENOR según UNE-EN ISO 21003.
 - Impermeabilidad al oxígeno cuando aumenta la temperatura a diferencia de otros tipos:

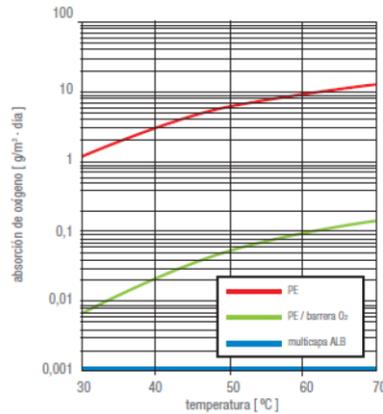


Figura 75. Características Tubo Multicapa. Fuente: ALB

- Durabilidad.
- Estabilidad de la forma.
- Fácil instalación.
- Óptima flexibilidad.
- Soldadura de la capa de aluminio a testa.



Figura 76. Tubo Multicapa. Fuente: ALB

- Colector ALB ULTRACOMPACTO: destaca por las siguientes características:
 - Adaptable y fácil de instalar.
 - Alta resistencia mecánica.
 - Bajas temperaturas de impulsión y sin problemas de condensación gracias al aislamiento térmico que tiene la caja de polipropileno expandido (3-4°C más baja que en otros)
 - Sin problemas de corrosión.
 - Incremento de la eficiencia del sistema.
 - Mayor aislamiento acústico.
 - Excelente relación calidad/precio

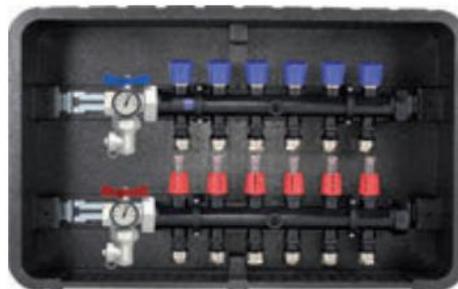


Figura 77. Colector Ultracompacto. Fuente: ALB

- Grupos de regulación
- Componentes auxiliares
- Herramientas

Sistema de Regulación y Domótica ALB

Mediante una aplicación llamada TYDOM permitirá controlar el funcionamiento del suelo de toda la vivienda. Controlará la temperatura ambiente de las estancias:

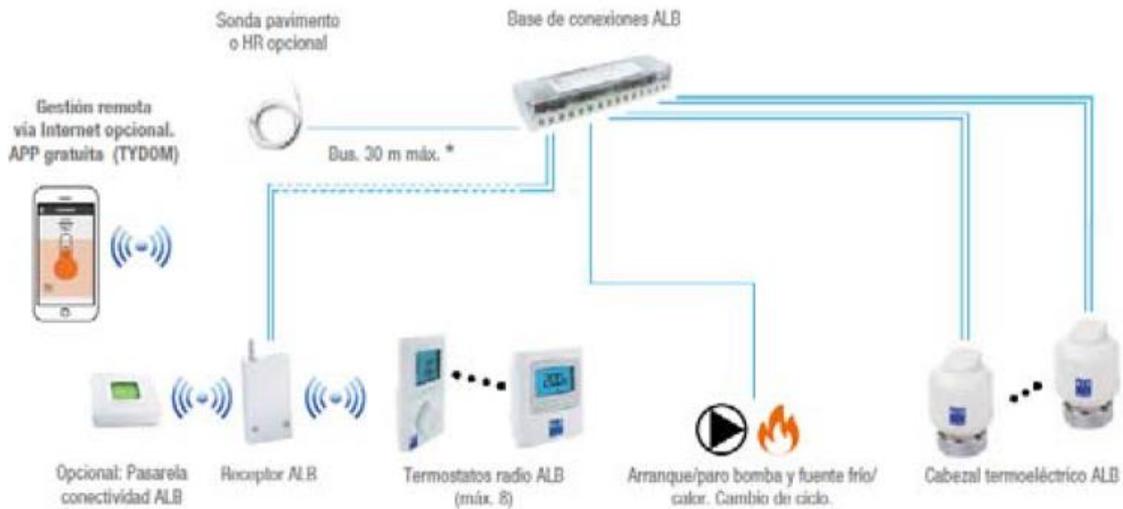


Figura 78. Sistema de Regulación y Domótica. Fuente: ALB

Mortero Autonivelante ALB

Utilizado en sistemas radiantes de bajo espesor y rápida respuesta térmica. Caracterizado por su alta conductividad térmica, alta resistencia mecánica y elevada fluidez.



Figura 79. Mortero Autonivelante. Fuente: ALB

Sistema de Tratamiento de Aire

Si se escoge la opción del sistema aerotérmico será necesario introducir, pero si es geotérmico no será necesario.

Garantiza las condiciones de salubridad en el interior de la vivienda:



Figura 80. Sistema de Tratamiento de Aire. Fuente: ALB

Barrera de Polietileno

Se trata de una barrera resistente que permite evitar el ruido al frotamiento por dilatación. Se puede colocar debajo del panel aislante con función de barrera a la humedad también.



Figura 81. Barrera de Polietileno. Fuente: ALB

Por todo ello, las características elegidas son las siguientes: [41]

- Tipo de panel: será de 25 mm con un rango de temperaturas de 30-35°C.
- Tipo de pavimento: cerámico/gres
- Tipo de mortero: convencional.
- Regulación: individual

Una vez explicadas cada una de las partes y elecciones hechas, las ventajas que aporta este complejo sistema son las siguientes:

- ✚ Mayor difusión y conductividad térmica (hasta un 20% superior)
 - Lámina de aluminio: distribución horizontal del calor y transmisión de la energía del fluido al mortero.

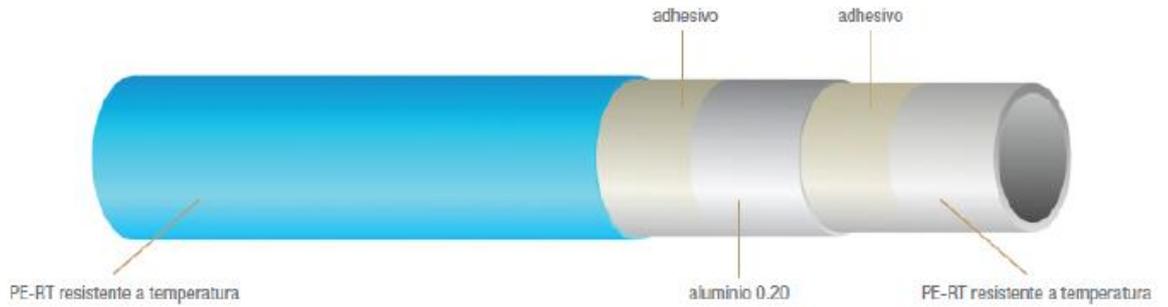


Figura 82. Características Tubo Multicapa. Fuente: ALB

- Tubo multicapa: 10% de superficie en contacto con el mortero.
- 26% más masa de mortero trabajando como pulmón energético.
- ✚ Reducción de la temperatura de impulsión
- ✚ Reducción de tiempo de puesta en marcha:
 - Mayor rapidez que los sistemas tradicionales (hasta 2 horas más rápido incluso)
- ✚ Mayor uniformidad térmica del pavimento:
 - Mayor temperatura de pavimento en la zona entre los tubos generando mayor confort.
- ✚ Tecnología respetuosa con el medio ambiente.
- ✚ Bajo consumo.
- ✚ Permite certificación energética de clase A.
- ✚ Mayor confort térmico
- ✚ Gestión remota de la instalación
- ✚ Buena respuesta térmica.

Capítulo 10. PLANTEAMIENTO ECONÓMICO.

Antes de tomar la decisión definitiva sobre que tecnología escoger para esta vivienda, hay que determinar el coste económico de cada una.

Éste, junto con el rendimiento de cada instalación, determinarán cual será la decisión a tomar principalmente.

En ambos presupuestos se han tenido en cuenta los elementos explicados en capítulos anteriores, para que sea el precio lo más ajustado posible a la realidad de la obra.

En los siguientes apartados se muestra el coste únicamente de los equipos y elementos. De esta manera se podrá comprobar cuál es la diferencia real entre ambos sistemas, ya que el resto de elementos como mano de obra, suelo radiante, ejecución, etc. será el mismo coste en ambos presupuestos. En posteriores capítulos se determinará ese presupuesto con exactitud en función de la opción escogida.

10.1 Presupuesto Sistema Aerotermia

En la siguiente tabla, se muestra el coste que tendría esta vivienda unifamiliar con el sistema de aerotermia:

PRESUPUESTO AEROTERMIA	
SISTEMA BOMBA DE CALOR AROTERM COMPACTO VWL85/2	8.900,00 €
DEPOSITO DE INERCIA + BOMBA INTEGR ECOCOMPACT	560,00 €
KIT INSTALACIÓN FLEXIBLE	385,00 €
SET RECIRCULACIÓN ACS	230,00 €
VASO DE EXPANSIÓN ACS 8L	42,00 €
DEFANGADOR 1"	93,24 €
TOTAL	10.210,24 €
IVA	2.144,15 €
TOTAL IVA INCLUIDO	12.354,39 €

Tabla 14. Presupuesto Inicial Aerotermia. Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra el presupuesto de aerotermia. La primera referencia de 8.900€ es el sistema completo aerotérmico mencionado en el dimensionado, es decir, el interacumulador uniTower, la bomba de calor y el sistema de control.

El resto de elementos son los explicados también que van adicionales a estos principales, como el depósito de inercia, vaso de expansión, desfangador (limpieza de suciedad), etc.

El total de la instalación aerotérmica es de 12.354.39€ con IVA incluido.

10.2 Presupuesto Sistema Geotermia

Por otro lado, para el sistema geotérmico, el presupuesto será el siguiente:

PRESUPUESTO GEOTERMIA	
BOMBA DE CALOR GEOTERMICA VWF 58/4 1X230V	11.545,00 €
CONSTRUCCIÓN POZO GEOTERMICO x2	9.000,00 €
DEPÓSITO DE INERCIA VPS R 200/1 B	695,00 €
GRUPO SEGUIDAD 6 BAR	85,00 €
DEFANGADOR 1"	93,24 €
BOMBA GRUNFOS ALPHA	203,75 €
JUEGOS RACORES	11,86 €
VASO EXPANSIÓN	41,45 €
BOMBA GRUNFOS ACS	157,71 €
TOTAL	21.833,01 €
IVA	4.584,93 €
TOTAL IVA INCLUIDO	26.417,94 €

Tabla 15. Presupuesto Inicial Geotermia. Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la anterior tabla hay que destacar, como en el caso anterior, el mayor coste será el de la bomba de calor geotérmica. Además de esto, serán necesarios elementos como el vaso de expansión, una bomba, etc.

Con todo ello, el presupuesto asciende a 26.417,94€ IVA incluido.

10.3 Presupuesto Suelo Radiante

En paralelo a estas dos tecnologías, habrá que presupuestar el suelo radiante, que se sumará a uno de los dos valores obtenidos, dependiendo de que opción se escoja.

Así, este coste es el siguiente:

SUELO RADIANTE			
	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PLACA SUELO RADIANTE	108	18,5	1.998,00 €
TUBO MULTICAPA AZUL	1100	1,63	1.793,00 €
BARRERA POLIETILENO	200	3,23	646,00 €
CINTA PERIMETRAL	150	1,28	192,00 €
ADITIVO MORTERO	20	4,38	87,60 €
GRAPAS FIJACIÓN TUBOS	2200	0,09	198,00 €
COLECTOR PREMON 9 VÍAS	1	825,62	825,62 €
TOTAL			5.740,22 €
IVA			1.205,45 €
TOTAL IVA INCLUIDO			6.945,67 €

Tabla 16. Presupuesto Inicial Suelo Radiante. Fuente: Elaboración Propia.

El presupuesto de suelo radiante para la vivienda asciende a 6.945,67€ IVA incluido. Respecto a las cantidades de cada elemento se ha intentado ajustar según las dimensiones de la vivienda y según la venta de los propios elementos (por ejemplo, la barrera de polietileno se oferta de 100 en 100 metros de largo, por lo que se ha preferido que sobre ya que deberá cortarse en función de la geometría de la vivienda).

Capítulo 11. SOLUCIÓN FINAL.

En este capítulo se va a tomar la decisión de si se aplicará aerotermia o geotermia a la climatización de esta vivienda.

Como se ha venido explicando a lo largo del proyecto, varios son los factores a la hora de tomar la decisión.

Lo que está claro es que ambas soluciones serán posibles de llevar a cabo, y habrá que determinar cuál es la más adecuada para el cliente.

En referencia a los aspectos a tener en cuenta son los siguientes:

- Rendimiento de las bombas de calor (COP y EER)
- Inversión a medio plazo
- Gastos de mantenimiento
- Utilización
- Tipo de vivienda y emplazamiento

Sin embargo, no todos estos factores pesan igual a la hora de tomar la decisión. Serán más importantes el rendimiento de los equipos y la inversión a realizar.

11.1 Rendimiento de las Bombas de Calor (COP y EER)

Será imprescindible determinar o saber el rendimiento de la instalación, ya que cuanto mayor rendimiento, el consumo será menor, ya que será más eficiente.

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos tanto en calefacción como refrigeración de las bombas de calor de aerotermia y geotermia:

BOMBA DE CALOR	AEROTERMIA	GEOTERMIA
POTENCIA CC	8,3	9,3
POTENCIA REFRIGERACIÓN	8,1	10,2
COP	4,1	4,9
EER	3,9	5,3

Tabla 17. Comparativas Bombas de Calor. Fuente: Elaboración Propia.

En primer lugar, destacar que ambas opciones cumplen con la demanda energética de la instalación. Sin embargo, la geotermia tendrá mayor margen de potencia respecto a la aerotermia. En relación a los rendimientos, la bomba geotérmica tanto en calefacción y refrigeración será mayor que la bomba aerotérmica.

Por ello, puede decirse que, en cuanto a funcionalidad, la bomba geotérmica es mejor que la aerotérmica, para un mayor rendimiento y menor consumo.

11.2 Inversión a Medio Plazo

Será el aspecto principal a tener en cuenta junto con el rendimiento, ya que es la principal preocupación por parte del cliente.

En el anterior capítulo se dimensionó cual es el presupuesto para ambos sistemas que se muestran a continuación:

	PRESUPUESTO AEROTERMIA	PRESUPUESTO GEOTERMIA
TOTAL	10.210,24 €	21.833,01 €
IVA	2.144,15 €	4.584,93 €
TOTAL IVA INCLUIDO	12.354,39 €	26.417,94 €

Tabla 18. Inversión a Medio Plazo. Fuente: Elaboración Propia.

La comparativa es clara: el presupuesto de aerotermia es menor que el presupuesto de geotermia, concretamente 14.063,55€.

Sin embargo, debido al apoyo que están recibiendo las energías renovables, es posible acogerse a una subvención promovida por el gobierno, concretamente a través del Real Decreto 477. En él, se subvencionan instalaciones como ésta, donde se apoyan energías limpias: solar, eólica, aerotermia, geotermia, etc.

Existe un pequeño simulador para introducir las características del proyecto. Para esta instalación se ha simulado tanto la geotermia y la aerotermia apoyada con el suelo radiante (de ahí que en el anterior capítulo se haya dimensionado el coste inicial del suelo radiante), obteniéndose el siguiente recurso: [42]

Cálculo ESTIMATIVO de la cuantía de la ayuda según el Real Decreto 477/2021	
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">INTRODUCIR LOS DATOS DE LAS CELDAS SOMBRADAS EN VERDE</div>	
DATOS DE ENTRADA	
Seleccionar tipo de instalación para la que se solicita la ayuda	Geotermia de circuito cerrado
Seleccionar tipo de beneficiario	Persona física SIN actividad económica (Particular)
Seleccionar Municipio	Solosancho
Introducir la potencia de la instalación térmica (kW)	9,00
Introducir el coste total de la instalación térmica (€)	34.082
Seleccionar si se instala nuevo suelo radiante	SI
Seleccionar si se instalan radiadores de baja temperatura	NO
Intrducir en número de viviendas que utilizarán la instalación	1
Seleccionar sector	Sector Residencial
Tipo de empresa según Reglamento 651/2014	NO APLICA PARA ESTE BENEFICIARIO
PROGRAMA DE INCENTIVOS EN EL QUE SE ENCUADRA LA AYUDA	6
CÁLCULO DE LA CUANTÍA DE LA AYUDA SEGÚN BASES (€)	
Instalación térmica	14.250,00
Instalación de almacenamiento	0,00
TOTAL (este cálculo es de carácter meramente informativo. En ningún caso supondrá un compromiso por parte de la Administración respecto la cuantía de la ayuda)	14.250,00
Porcentaje de subvención al proyecto	71,18%

Figura 83. Subvención Geotermia. Fuente: BOE

Cálculo ESTIMATIVO de la cuantía de la ayuda según el Real Decreto 477/2021	
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">INTRODUCIR LOS DATOS DE LAS CELDAS SOMBRADAS EN VERDE</div>	
DATOS DE ENTRADA	
Seleccionar tipo de instalación para la que se solicita la ayuda	Aerotermia aire-agua (Climatización y/o ACS)
Seleccionar tipo de beneficiario	Persona física SIN actividad económica (Particular)
Seleccionar Municipio	Solosancho
Introducir la potencia de la instalación térmica (kW)	8,50
Introducir el coste total de la instalación térmica (€)	20.019
Seleccionar si se instala nuevo suelo radiante	SI
Seleccionar si se instalan radiadores de baja temperatura	NO
Intrducir en número de viviendas que utilizarán la instalación	1
Seleccionar sector	Sector Residencial
Tipo de empresa según Reglamento 651/2014	NO APLICA PARA ESTE BENEFICIARIO
PROGRAMA DE INCENTIVOS EN EL QUE SE ENCUADRA LA AYUDA	6
CÁLCULO DE LA CUANTÍA DE LA AYUDA SEGÚN BASES (€)	
Instalación térmica	6.600,00
Instalación de almacenamiento	0,00
TOTAL (este cálculo es de carácter meramente informativo. En ningún caso supondrá un compromiso por parte de la Administración respecto la cuantía de la ayuda)	6.600,00
Porcentaje de subvención al proyecto	32,97%

Figura 84. Subvención Aerotermia. Fuente: BOE

Según estas simulaciones, la instalación geotérmica estará subvencionada con un 71,18% con 14.250€ sobre el coste total mientras que la instalación aerotérmica será de un 32,97% con 6.600€.

En la siguiente tabla se muestra la comparación del antes de la subvención y el después (el coste viene incluido el suelo radiante, ya que era obligatorio introducirlo en el simulador para obtener mayor subvención):

	PRESUPUESTO AEROTERMIA	PRESUPUESTO GEOTERMIA	DIFERENCIA
TOTAL	15.950,46 €	27.573,23 €	11.622,77 €
SUBVENCIÓN	6.600,00 €	14.250,00 €	7.650,00 €
COSTE	9.350,46 €	13.323,23 €	3.972,77 €
IVA	1.963,60 €	2.797,88 €	834,28 €
TOTAL	11.314,06 €	16.121,11 €	4.807,05 €

Tabla 19. Inversión Medio Plazo Subvención. Fuente: Elaboración Propia.

Destacar que la geotermia se subvenciona más por ser una tecnología más costosa a la par que innovadora en España, por lo que se busca un mayor impulso con una mayor ayuda.

Gracias a esta ayuda, la diferencia de ambas instalaciones pasará de 14.063,55€ a 4.807,05€. Sin embargo, aunque se ha reducido mucho, seguirá siendo un sobrecoste importante a tener en cuenta.

Aunque este no sea el coste final de cada una de las instalaciones, la diferencia sí que lo será, con lo cual esos 4.807,05€ sí que son reales.

Sin embargo, no solo es la inversión inicial. Hay que tener en cuenta cual será el gasto anual de energía y multiplicarlo por el precio del KWh. Para el cálculo, se ha cogido un precio de electricidad de 0,135€/KWh. En este caso se ha cogido este precio por ser el que tengo como usuario de mi vivienda (aunque en un mercado con tanta incertidumbre es difícil predecir un precio de aquí a unos meses). Cuanto mayor sea el precio, la diferencia de coste entre ambas tecnologías será mayor. En la siguiente tabla se muestra el coste anual:

CONSUMO EN KWh	CONSUMO ANUAL	COP AEROTERMIA	COP GEOTERMIA	CONSUMO BOMBAS AEROTERMIA	CONSUMOS BOMBAS GEOTERMIA	PRECIO (€/kWh)	COSTE AEROTERMIA	COSTE GEOTERMIA	TOTAL AEROTERMIA	TOTAL GEOTERMIA	DIFERENCIA
CALEFACCIÓN + ACS	21611,84	4,1	4,9	5271,18	4410,58	0,135	711,61 €	595,43 €	766,47 €	635,80 €	130,67 €
REFRIGERACIÓN	1584,81	3,9	5,3	406,36	299,02	0,135	54,86 €	40,37 €			

Tabla 20. Coste Anual Comparativa I. Fuente: Elaboración Propia.

Como puede comprobarse el consumo en aerotermia será de 130,67€ anuales. Esto es un dato meramente orientativo, pero lo que está claro es que el coste en geotermia será menor que en aerotermia ligeramente.

Si se busca un extremo fijando el precio de la luz a 0,40€/KWh, se obtiene el siguiente resultado:

CONSUMO EN KWh	CONSUMO ANUAL	COP AEROTERMIA	COP GEOTERMIA	CONSUMO BOMBAS AEROTERMIA	CONSUMOS BOMBAS GEOTERMIA	PRECIO (€/kWh)	COSTE AEROTERMIA	COSTE GEOTERMIA	TOTAL AEROTERMIA	TOTAL GEOTERMIA	DIFERENCIA
CALEFACCIÓN + ACS	21611,84	4,1	4,9	5271,18	4410,58	0,4	2.108,47 €	1.764,23 €	2.271,02 €	1.883,84 €	387,18 €
REFRIGERACIÓN	1584,81	3,9	5,3	406,36	299,02	0,4	162,54 €	119,61 €			

Tabla 21. Coste Anual Comparativa II. Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que la diferencia anual es de 387,18€, en un contexto extremo. Por todo ello, se puede concluir que el coste anual a medio largo plazo será un aspecto a tener en cuenta, pero pesará más la inversión inicial, ya que hasta que se amortice y sea rentable pasarán bastantes años (por ejemplo, para esta diferencia de coste anual serán de 12 años, mientras que si el precio se toma el de antes de 0,135€/KWh será cercano a 36 años por ser una diferencia menor de tan solo 130,67€).

Al final, la geotermia es un sistema más complejo, por lo que el precio será mayor. Por tanto, habrá que valorar el resto de factores a continuación para inclinar la balanza hacia un rato o hacia otro.

11.3 Gastos de Mantenimiento

Otro factor a tener en cuenta son los costes de mantenimiento de ambas instalaciones. Sin embargo, los costes serán similares, algo más elevados en geotermia por el control de las sondas de los pozos, porque el resto de elementos serán iguales. [43]

Según Vaillant el coste con mano de obra incluida en aerotermia es de 150 €/año mientras que en geotermia 170€/año.

11.4 Utilización

Como se ha comentado en varios puntos del trabajo, será una segunda vivienda en la que se le dará uso principalmente fines de semana, vacaciones y festivos. Por ello, habrá que buscar un equilibrio entre inversión y rendimiento. Al no ser de uso continuo, lo lógico es tener una instalación con un precio y rendimiento equilibrados, donde cumpla su función correctamente.

11.5 Tipo de Vivienda y Emplazamiento

Al tratarse de una vivienda unifamiliar en un pueblo alejado de las otras casas, tendrá que climatizarse por sus propios medios, ya que no tendrá otros edificios o casas cerca cuya

climatización pueda acompañar o pueda ser transmitida a ésta. Así, es necesario un sistema rápido o programable a la par que eficiente (la potencia de la bomba de calor geotérmica es mayor).

11.6 Elección Final

Tras analizar los componentes anteriores, la elección adoptada es la instalación aerotérmica por las siguientes razones:

- Por un lado, económica. La inversión a realizar es excesivamente superior si se compara una con la otra a pesar de la posible subvención. Al final son 14.063,55€ de diferencia o 4.807,05€ en el mejor de los escenarios, que, dada la situación actual en relación a la subida de precios de gas, combustible, etc. es elevada por lo que asumir un gasto como este es difícil.
- Por otro lado, el retorno de la inversión. Será más rápido de recuperar la instalación de aerotermia que geotermia.
- En relación a lo anterior, el uso que se le dará implicará que el retorno de la inversión sea mucho mayor que en condiciones normales. Recordar que es una segunda vivienda y que el uso de la instalación será en fechas concretas y no de forma habitual.
- El gasto anual en € de energía cuando se han comparado en un caso extremo no supera los 400€ de diferencia (en un contexto normal serán diferencias mucho menores), por lo que deben pasar muchos años para que la aerotermia sea menos rentable que la geotermia económicamente hablando.
- En cuanto a sencillez, será más simple a la hora de realizar la propia instalación la aerotermia.
- Respecto a las potencias y consumos, es cierto que la geotermia tiene mejor rendimiento, pero sin haber gran diferencia, con lo que se optará por un sistema menos eficiente pero que cumple con la previsión de demanda. Volviendo al uso de la misma, no se le sacará el aprovechamiento suficiente el tener una instalación tan eficiente.
- En menor medida de importancia, el espacio ocupado con los pozos limitará el espacio disponible de la finca.

Por todos estos motivos se llevará a cabo la climatización de la vivienda mediante aerotermia con suelo radiante/refrescante.

Capítulo 12. CONEXIONADO, CABLEADO Y PROTECCIONES.

En este apartado hay que distinguir dos situaciones de conexionado. Por un lado, el conexionado eléctrico e hidráulico entre los diferentes componentes del sistema y el conexionado eléctrico con la vivienda.

Respecto al conexionado eléctrico de la vivienda irá al propio cuadro eléctrico, donde estarán presentes el interruptor general, el interruptor diferencial, el interruptor magnetotérmico y el fusible.

Aunque no es acometida del proyecto, se han tenido en cuenta los elementos de consumo de la vivienda para el cálculo de la potencia de la misma, para su posterior dimensionamiento del conexionado y cuadro eléctrico fundamentalmente de la máquina de aerotermia.

En la siguiente tabla se muestra la potencia que tendría la vivienda (de una manera estimativa):

ELEMENTO	POTENCIA (W)	TOTAL (W)	TOTAL (KW)
Alumbrado	1000	11130	11,13
Aparatos Tecnologicos	700		
Nevera	250		
Lavadora	1500		
Lavavajillas	1500		
Vitrocerámica	1000		
Horno	1500		
Aerotermia	3680		

Tabla 22. Potencia de la Vivienda. Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la aerotermia (que es el que interesa en este proyecto) se ha tenido en cuenta el voltaje (230V) y la intensidad (16A).

Una vez calculada la potencia de la vivienda, hay que tener en cuenta el cableado (cobre), las protecciones diferenciales y magnetotérmicas. Para ello, se ha considerado una instalación A2 (cable multiconductor en un conducto con una pared aislante) con cables de XLPE, por lo que habrá que dimensionar los cálculos según la siguiente tabla:

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A1												
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678
400	--	--	--	431	480	515	552	699	645	674	770	812
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.
A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Figura 85. Dimensionamiento Cables Cobre. Fuente: Apuntes Asignatura Instalaciones Industriales.

Respecto a los magnetotérmicos las intensidades normalizadas serían las siguientes: 1A, 2A, 3A, 5A, 6A, 10A, 15A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, etc.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, los cálculos realizados son los siguientes:

ELEMENTO	POTENCIA (W)	VOLTAJE (V)	INTENSIDAD (A)	MARGEN (8%)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA (A)	ELECCIÓN DE SECCIÓN DEL CONDUCTOR (MM2)
Alumbrado	1000	230	4,35	5,43	16,00	2,5
Aparatos Tecnológicos	700	230	3,04	3,80	16,00	2,5
Nevera	250	230	1,09	1,36	16,00	2,5
Lavadora	1500	230	6,52	8,15	16,00	2,5
Lavavajillas	1500	230	6,52	8,15	16,00	2,5
Vitrocerámica	1000	230	4,35	5,43	16,00	2,5
Horno	1500	230	6,52	8,15	16,00	2,5
Aerotermia	3680	230	16,00	20,00	25,00	4
TOTAL	11130	230	48,39	60,49	63,00	16

Tabla 23. Cálculo de Secciones de Cableado e Intensidades. Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior hay que mencionar que se ha sido conservador incluyendo un porcentaje de margen. Así, el esquema unifilar de la vivienda es el que se muestra a continuación:

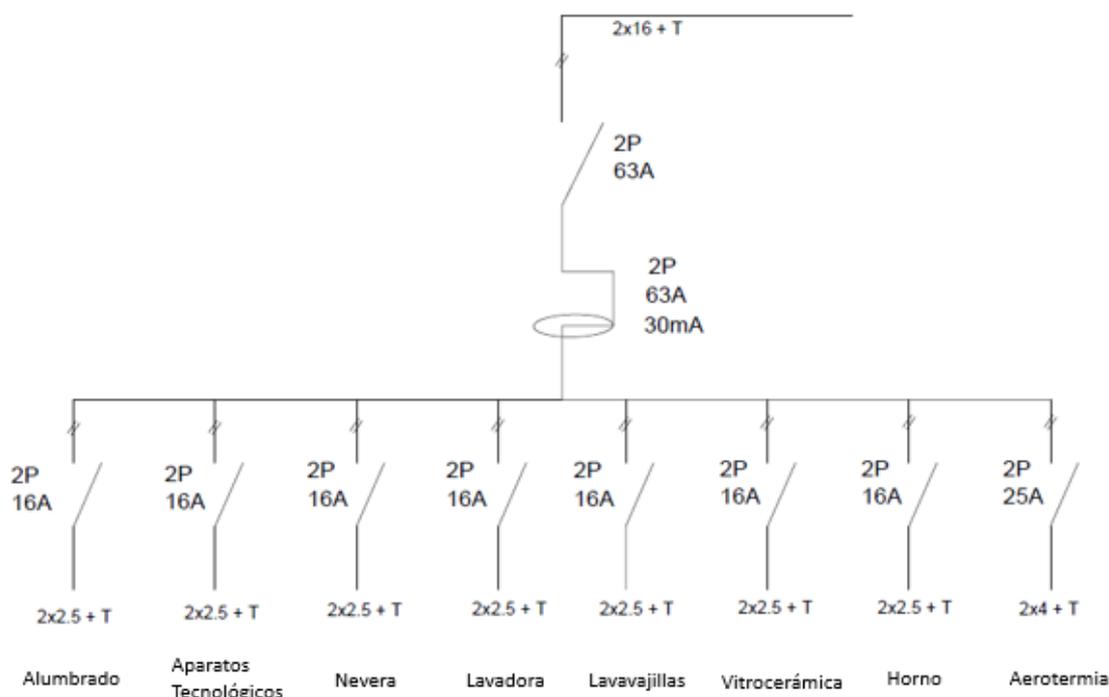


Figura 86. Esquema Unifilar Vivienda. Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a la distancia del cableado, desde su ubicación hasta el propio cuadro habrá casi 20 metros de longitud, por lo que se considerará como 20 metros de cable.

Teniendo en cuenta este esquema, para la instalación se ha elegido un interruptor magnetotérmico monofásico de 25A de la marca Schneider, mientras que para el interruptor magnetotérmico general se ha elegido de la misma marca, pero de 63A. Con el interruptor diferencial exactamente igual, pero de 63A también.

El cableado será de XLPE de cobre de $2 \times 4 \text{ mm}^2$ para conectar desde el cuadro hasta el sistema de aeroterminia, mientras que el cableado general de la instalación será también XLPE de cobre de $2 \times 16 \text{ mm}^2$.

No se ha dimensionado las protecciones del resto de elementos ya que no es objetivo del proyecto, simplemente se ha centrado en la instalación de aeroterminia y en lo que afecta a la misma a nivel general.

En relación al conexionado eléctrico de los elementos que componen la máquina de aeroterminia, su esquema eléctrico es el que se muestra a continuación:

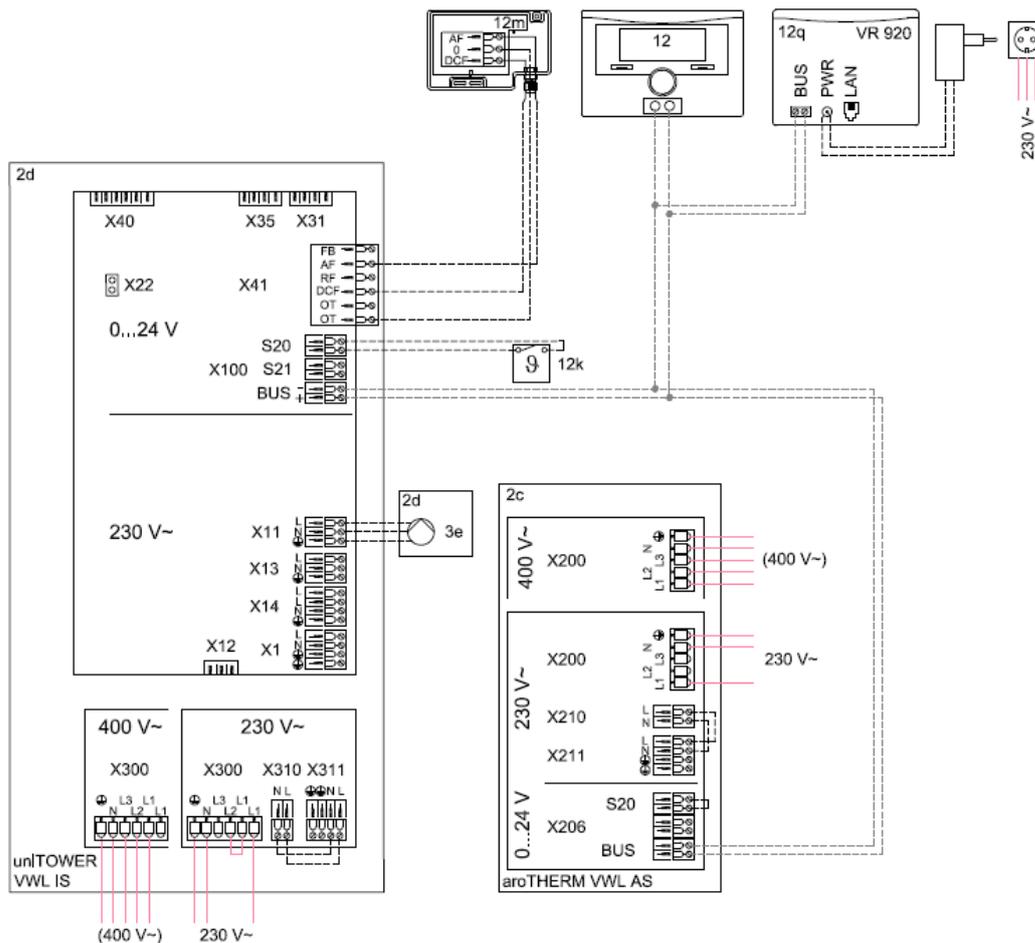


Figura 87. Conexión Sistema Aerotermia. Fuente: Vaillant

En él, se encuentran todos los equipos conectados ya sea entre ellos o al cuadro eléctrico, donde la simbología es la siguiente:

- 2d: es la unidad interior de aerotermia.
- 2c: es la unidad exterior de aerotermia.
- 12q: conexasión a internet
- 12: regulador del sistema
- 12m: sonda de temperatura exterior.

Desde el punto de vista de las protecciones, habrá que tener en cuenta varias de distinto tipo: [50]

Protección contra sobreintensidades

Frente a posibles sobreintensidades, el circuito eléctrico deberá protegerse cortando el mismo en un tiempo adecuado. Esto puede ocurrir por lo siguiente:

- Sobrecargas por los elementos de utilización o un defecto de aislamiento.
- Cortocircuitos
- Descargas eléctricas.

En relación a estos casos, los dispositivos de protección adecuados serán un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte o un fusible adecuado a las características de la instalación.

Protección contra sobretensiones

Una sobretensión puede ser por una situación natural, cuando no es preciso la protección ya que el riesgo es bajo y con la propia resistencia de los equipos será suficiente, o por una situación controlada donde es conveniente incluir equipos de protección. Estos elementos se conectarán entre cada uno de los conductores.

Protección contra contactos directos e indirectos

Desde el punto de vista de los contactos directos, básicamente habrá que recubrir con aislamiento las partes activas, y que por tanto solo pueda acceder hasta él destruyendo ese aislamiento. Estos sistemas de aislamiento deben cumplir con el grado de protección IP adecuado.

Los contactos indirectos se lograrán mediante un corte automático de alimentación. Debido a un posible fallo, donde la tensión de contacto se mantenga durante un tiempo que pueda ocasionar un riesgo, las masas de los equipos eléctricos irán conectadas entre sí a una misma toma de tierra mediante un conductor de protección.

Capítulo 13. ESTUDIO ECONÓMICO FINAL.

Tras haber expuesto en el capítulo 9 un estudio económico inicial sobre el coste de los equipos de cada instalación para determinar que opción escoger, a continuación, se va a explicar cuál es el presupuesto final del proyecto. Los anteriores eran presupuestos orientativos para tomar la decisión final, es decir, no se detalló como el de ahora, ya que no se había tomado la decisión.

Al escogerse aerotermia, el presupuesto inicial de geotermia queda descartado, por lo que habrá que unificar el presupuesto realizado de los elementos de aerotermia más el del suelo radiante.

A esto, hay que añadir una serie de costes o gastos extra como las protecciones, conexión eléctrico, etc. (que eran los mismos independientemente de la instalación) para obtener ese presupuesto final) así como un margen sobre posibles problemas o contingencias que puedan ocurrir a la hora de implementar el proyecto en esta vivienda unifamiliar.

13.1 Presupuesto Final

El presupuesto final del proyecto se ha separado en 4 capítulos:

- Sistema aerotermia.
- Suelo radiante refrescante.
- Elementos eléctricos.
- Elementos extra.

Posteriormente a estos capítulos se unificará en un capítulo final donde se definirá el coste total del proyecto.

MEDICIÓN Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 SISTEMA DE AROTERMIA				
01.01	ud. SISTEMA AROTHERM VAILLANT			
	-Bomba de Calor Arotherm Compacto VWL85/2 aire-agua para suelo radiante/refrescante, eficiencia A+++; refrigerante R410A (1,80), potencia máx en calefacción 8,3KW y refrigeración 8,1KW, COP de 4,1, EER 3,9, monofásica, peso de 102 Kg, dimensiones 973/1103/463 mm.			
	-Depósito uniTower VIH QW 190/1 E, volumen de ACS 190 L, temperatura máxima de 77°C, peso 170 Kg, consumo de energía stand-by 1,2 W.			
	-Equipo Separador VWZ MWT 150, monofásico, 12Kg, conexionado de ida y retorno de 1", presión máxima de 3 bar, dimensiones 500/360/250 mm, protección IP X4			
	-Equipo Autónomo VWZ MEH 61, monofásico, presión máxima de agua de 3 bar, dimensiones 720/440/350 mm, protección IP X1.			
	-Equipo Integrador MPS 40, presión de agua máxima de 3 bar, peso de 18Kg, conexión de ida y retorno de 1", dimensiones 720/360/350 mm.			
	-Equipo Eléctrico MEH 60, monofásico, presión máxima de 3 bar, peso de 4 Kg, conexionado de ida y retorno de 1", dimensiones 500/280/250 mm.			
		1,00	8.900,00 €	8900,00 €
01.02	ud. BOMBA + AGUJA			
	Aguja Hidráulica + Bomba Integradora Ecocompact Vaillant, unida y conectada al depósito uniTower.			
		1,00	560,00 €	560,00 €
01.03	ud. KIT INSTALACIÓN FLEXIBLE			
	Kit instalación flexible: válvulas de servicio, válvula de seguridad de 3 bar y 10 bar para ACS, manómetro, bandeja de condensados y tubos flexibles de conexión, cableado.			
		1,00	385,00 €	385,00 €
01.04	ud. VASO DE EXPANSIÓN ACS			
	Vaso de Expansión ACS 15 L de Nitrógeno IBAIONDO			
		1,00	42,00 €	42,00 €
01.05	ud. SET RECIRCULACIÓN ACS			
	Set de recirculación ACS de tubería para recirculación de ACS Integrable en uniTOWER.			
		1,00	230,00 €	230,00 €
01.06	ud. DESFANGADOR			
	Desfangador de imanes de 1" exterior extraíble para la separación continua de lodos e impurezas, cuerpo en latón y válvula de descarga para la limpieza, contiene espuma rígida EPP de acuerdo con la norma			
		1,00	93,24 €	93,24 €

MEDICIÓN Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 SUELO RADIANTE REFRESCANTE				
02.01	ud. PLACA SUELO RADIANTE Panel aislante ALB ACUTEK fabricado en EPS + grafito elastificado, autoextinguible (Euroclase E), de 25mm de espesor, resistencia térmica 0,80 m ² -K/W, cubierto con lámina superficial de aluminio 0,25mm difusora del calor. Provisto de solapas autoadhesivas y cuadrícula guía serigrafiada. Formato 1000x500mm. Aislamiento acústico ALw = 28dB.	108,00	18,50 €	1.998,00 €
02.02	ud. TUBO MULTICAPA Tubo multicapa ALB 17x2mm (azul) especial para suelo radiante según normativa UNE EN 1264, y acorde DIN 4726; composición: capa interna PE-RT / AL 0,2 mm (soldado a testa) / PE-RT. Presentación en rollos de 500m	1110,00	1,63 €	1.793,00 €
02.03	ud. CINTA PERIMETRAL Cinta perimetral 7 mm suelo radiante ML, altura del elemento enrollado 16 cm	150,00	1,28 €	192,00 €
02.04	ud. LÁMINA BARRERA VAPOR Lámina de barrera al vapor de polietileno (PE-BD) de elevada resistencia; espesor 300 µm, anchura 3 m (desplegada), longitud 33,33 m. Formato rollo 100m, doblada con un pliegue.	200,00	3,23 €	646,00 €
02.05	ud. ADITIVO MORTERO Aditivo para mortero suelo radiante, superplastificante, reductor de agua, potenciador de la resistencia, conforme a UNE-EN934-2. Bidones 10 l	20,00	4,38 €	87,60 €
02.06	ud. GRAPAS FIJACIÓN Grapa de 20 mm para fijación de tubo a panel liso.	2200,00	0,09 €	198,00 €
02.07	ud. COLECTOR PREMON 9 VÍAS Colector premontado en caja ALB 1", con caudalímetros 9 vías. Incluye: bicono multicapa 17x2mm, tapones ciegos 1", adaptador para montaje cabezal eléctrico, racor con purgador manual, válvula de llenado/vaciado, válvula de corte con termómetro incorporado	1,00	825,62 €	825,63 €

MEDICIÓN Y PRESUPUESTO				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 3. ELEMENTOS ELECTRICOS				
03.01	ud. INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO			
	Interruptor magnetotérmico 25A Acti9 iC60N 2P corriente continua térmico magnético. Código de curva tipo C.			
		1,00	97,54 €	97,54 €
03.02	ud. INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO			
	Interruptor magnetotérmico 63A Acti9 iC60N 2P corriente continua térmico magnético. Código de curva tipo C.			
		1,00	264,46 €	264,46 €
03.03	ud. INTERRUPTOR DIFERENCIAL			
	Interruptor Diferencial 63 A Acti9 iLD 2 30mA corriente continua, tipo de control por maneta.			
		1,00	660,00 €	660,00 €
03.04	ud. CABLE COBRE XLPE 100			
	Cable de cobre RV-K de XLPE con una temperatura de suportación de 90°C. Sección de 2 x 4 mm ² . Conductor Cobre electrolítico flexible (Clase V). Aislamiento Polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3. Cubierta PVC tipo DMV-18			
		50,00	1,62 €	81,00 €
03.05	ud. CABLE COBRE XLPE 50			
	Cable de cobre RV-K de XLPE con una temperatura de suportación de 90°C. Sección de 2 x 16 mm ² . Conductor Cobre electrolítico flexible (Clase V). Aislamiento Polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3. Cubierta PVC tipo DMV-18			
		50,00	3,60 €	180,00 €
03.06	ud. PUESTA EN MARCHA			

MEDICIÓN Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 4. ELEMENTOS EXTRA				
04.01	ud. ASPECTOS TEÓRICOS Incluidos temas de ingeniería, desarrollo del proyecto, trámites burocráticos de materiales, equipos, subvenciones, etc.	1,00	600,00 €	600,00 €
04.02	ud. INSTALACIÓN DEL PROYECTO Montaje, ejecución, instalación, puesta en marcha, funcionamiento y comprobación de equipos.	1,00	2.500,00 €	2.500,00 €
04.03	ud. ASPECTOS ADICIONALES Alquiler de maquinaria, elementos de seguridad para los trabajadores (cascos, guantes, gafas, EPIS, etc.), transporte de equipos, materiales, etc.	1,00	617,00 €	617,00 €
04.04	ud. COSTES CONTINGENCIAS Coste de reserva por posibles problemas en el desarrollo del proyecto	1,00	1.000,00 €	1.000,00 €

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1	SISTEMA DE AEROTERMIA	10.210,24 €
2	SUELO RADIANTE REFRESCANTE	5.740,22 €
3	ELEMENTOS ELECTRICOS	1.283 €
4	ELEMENTOS EXTRA	4.717 €
TOTAL		21.950,46 €
SUBVENCIÓN		6.600 €
TOTAL, CON SUBVENCIÓN		15.350,46 €
21,00% I.V.A		3.223,59 €
TOTAL, PRESUPUESTO		18.574,06 €

Tabla 24. Presupuesto Final. Fuente: Elaboración Propia.

Por tanto, este sería el presupuesto final del proyecto, donde se unen la instalación de aerotermia, más el suelo radiante, más la mano de obra y una reserva de posibles contingencias y gastos generales. Este presupuesto con subvención incluida sería de 18.574,06 € IVA incluido.

13.2 Análisis del Estudio Económico

En relación a la amortización, en este caso es difícil de cuantificar porque al ser una vivienda de obra nueva el gasto en climatizarla era obligatorio, independientemente de si se instalaba una caldera de gas de condensación, de gasoil, etc.

Lo que sí es comparable es el ahorro anual aplicando esta tecnología en vez de otra no renovable, que harán que la diferencia de coste del proyecto entre una caldera por ejemplo de condensación, sea rentable en pocos años.

Para poner en contexto y entender el periodo de recuperación de la inversión, se ha introducido en un Excel simulado de la empresa SELECTRA las características de la instalación y que coste tendría con una caldera de gas natural de condensación con suelo radiante incluido: [44]

SUPERFICIE	CALDERA	DEMANDA	POTENCIA	TIPO DE INSTALACIÓN	COSTE TOTAL INSTALACIÓN	GASTO ANUAL
106	CONDENSACIÓN	23200	25	SUELO RADIANTE	12.000,00 €	1.900 €

Tabla 25. Gasto Anual Caldera Gas Natural. Fuente: Elaboración Propia.

Donde: superficie en m², demanda en KWh/año y potencia en KW.

Obviamente se tratan de cálculos estimativos, ya que si se profundiza daría para otro proyecto. Sin embargo, estos valores sirven de referencia para tener un cálculo aproximado del retorno de la inversión.

El precio del KWh de electricidad se ha fijado en el capítulo 10 de 0,135€/KWh con un coste anual de 766,47€.

En la siguiente tabla se muestran las diferencias de coste de instalación, así como la diferencia anual de gastos de consumo.

	AEROTERMIA	GAS NATURAL	DIFERENCIA	RETORNO DE LA INVERSIÓN
COSTE DE INSTALACIÓN	18.574,06 €	12.000,00 €	6.574,06 €	5,80
COSTE ANUAL DE CONSUMO	766,47 €	1.900,00 €	1.133,53 €	

Tabla 26. Estudio Amortización. Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta estos valores a partir de los 5 años y medio prácticamente se recupera la inversión. Sin embargo, estamos en un mercado tan cambiante y con tanta incertidumbre que el coste anual puede variar al alza o a la baja. Según los expertos, el mercado del gas a futuros no es prometedor y los precios según MIBGAS o TTF rondarán los 100€/MWh en los próximos años por lo que la previsión dice que tener un sistema renovable eléctrico será la mejor opción ya que será más barato.

Sin embargo, para saber de una manera rápida y sencilla si la instalación será rentable o no anualmente se puede establecer la siguiente comparativa en rendimiento de los sistemas:

$$\frac{\text{Bomba de Calor}}{\text{Caldera de Gas}} \geq 3$$

Si el rendimiento de la bomba de calor entre el rendimiento de la caldera de gas es igual o mayor a 3, entonces será más rentable en cuanto a € anuales de consumo de energía la bomba de calor.

En este caso, se tiene un rendimiento de bomba de calor de 4.1, y los rendimientos de estas calderas están entre 0.95-1.05 por lo que la relación se cumple y hará que en un plazo corto (5,80 años) se recupere la inversión de instalación.

Si se compara con una caldera de gasóleo, hay que establecer la misma relación, pero esta vez la relación debe ser superior a 1.6.

$$\frac{\textit{Bomba de Calor}}{\textit{Caldera de Gasoleo}} \geq 1.6$$

Si para una comparativa con caldera de gas es rentable, con una caldera de gasóleo lo es aún más. Los rendimientos de estas calderas están alrededor de 0.9, pero al tener una relación más baja, el coste anual en € será mucho más bajo.

Capítulo 14. CRONOGRAMA.

En relación a este apartado, se va a exponer cual será el proceso desde que se decide llevar a cabo la idea hasta que acaba ejecutándose. Para ello, se van a agrupar las diferentes actividades en fases o partes. Estas son las siguientes:

- Ingeniería y trámites de administración.
- Obtención de equipos y materiales.
- Montaje y ejecución
- Puesta en marcha
- Finalización del proyecto

14.1 Ingeniería y Trámites de Administración.

En primer lugar, el cliente se ha puesto en contacto con el equipo de ingeniería para saber que quiere llevar a cabo, que condiciones impone, que necesidades tiene, como lo quiere, etc. Una vez entendido esto, se procederá al desarrollo del proyecto en el que se establecen las dos opciones planteadas en anteriores capítulos. El cliente elegirá la opción que más que interesa y en ese momento, se llevarán a cabo los trámites administrativos de subvenciones, documentos de obra, etc. Destacar, que estos trámites administrativos siempre se llevarán a cabo a lo largo de todo el proyecto, ya sean en mayor o menor medida. Así, las actividades en esta fase serán las siguientes:

- Creación y elaboración del proyecto:
 - o Características de la instalación
 - o Dimensionado
 - o Alternativas
- Revisión del proyecto
- Elección del cliente y aceptación.
- Firma del proyecto
- Firma de comprobación del proyecto
- Planificación de la ejecución

14.2 Obtención de Equipos y Materiales.

A continuación, viene la fase de obtención de equipos y materiales. Para ello, con anterioridad se han solicitado estos equipos y materiales una vez acabada la fase 1. Será una fase que no dependerá de la empresa ejecutora ya que son aspectos ajenos a ella en cuanto a plazos. Las actividades que componen esta fase son las siguientes:

- Listado de materiales con su fabricante, precio, tiempo de recepción, unidades, ficha técnica, etc.
- Solicitud de lo anterior.

- Aceptación de las ofertas.
- Recepción.

14.3 Montaje y Ejecución.

Una vez nombrado al equipo de trabajo y habiendo recibido el material y equipos, se procederá a su instalación en la vivienda. Será la fase de mayor duración debido a que se implantará el sistema aerotérmico y suelo radiante a la vez. Las labores que se atribuyen a esta fase son las siguientes:

- Instalación de tuberías
- Instalación de las unidades exterior e interior.
- Instalación hidráulica y eléctrica.
- Cableado y conexionado.
- Instalación tuberías y elementos del suelo radiante

14.4 Puesta en Marcha.

Instalados ya ambos sistemas, se procederá a la puesta en marcha, es decir, a un primer funcionamiento para comprobar que no hay ningún problema en la instalación y que todo funciona según lo previsto tanto para calefacción, ACS y refrigeración, ya sea en los equipos, conexionado, protecciones, etc. Si existiese cualquier incidencia, sería resulta en esta fase. Respecto a las actividades son las siguientes:

- Comprobaciones técnicas varias: el dispositivo de desconexión está instalado, las conexiones hidráulicas y eléctricas se han realizado correctamente, válvula de seguridad existente, estanqueidad de las conexiones, etc.
- Encendido del sistema de control.
- Comprobar funcionamiento del sistema de control.
- Llenado del circuito de calefacción
- Comprobación y preparación del agua de calefacción y de llenado.
- Activación de la bomba de calor.
- Comprobar fugas, cambios de temperatura en el suelo radiante, ruidos, etc.
- Comprobar temperaturas de consigna, así como presión, caudal, etc.

14.5 Finalización del Proyecto.

Realizada la fase anterior, el proyecto finalizará siempre y cuando el cliente lo autorice y quede satisfecho con el trabajo e instalación realizada. En este caso no hay ninguna actividad que llevar a cabo, simplemente la propia confirmación del cliente con su firma.

A continuación, se muestra un diagrama de Gantt con cada una de las fases y plazos estimados:

FASES	SEMANAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FASE 1: INGENIERÍA Y TRÁMITES ADMINISTRATIVOS										
Creación y elaboración del proyecto										
Revisión del proyecto										
Elección y aceptación del cliente										
Firmas										
Planificación de la ejecución										
FASE 2: OBTENCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES										
Listado de materiales y equipos										
Solicitud de los mismos										
Aceptación de ofertas										
Recepción										
FASE 3: MONTAJE Y EJECUCIÓN										
Instalación de Tuberías										
Instalación de las unidades exterior e interior										
Instalación Hidráulica y eléctrica										
Cableado y conexionado										
Instalación tuberías y elementos del suelo radiante.										
FASE 4: PUESTA EN MARCHA										
Comprobaciones técnicas varias										
Encendido del sistema de control										
Comprobar funcionamiento del sistema de control										
Llenado del circuito de calefacción										
Comprobación y preparación del agua de calefacción y de llenado										
Activación de la bomba de calor										
Comprobar fugas, cambios de temperatura, ruidos, etc.										
Comprobar temperaturas de consigna, presión, caudal, etc.										
FASE 5: FINALIZACIÓN DEL PROYECTO										
Aceptación y conformidad del cliente										

Tabla 27. Cronograma. Fuente: Elaboración Propia.

Por tanto, este proyecto se desarrollará en un total de 10 semanas, es decir, 2 meses y medio. Se ha querido ser conservador con los plazos ya que hay fases o aspectos que dependen mucho de terceros por lo que puede haber retrasos como es el caso de materiales y equipos por si no hubiera en stock o en el tema de trámites administrativos. Destacar los problemas que hay en la actualidad de

Será un periodo relativamente corto, debido a que el tiempo que transcurre desde que el cliente solicita el proyecto hasta que se ejecuta no llega a 3 meses.

Capítulo 15. FUNCIONAMIENTO.

En este capítulo se va a tratar aquello que se debe tener en cuenta para el correcto funcionamiento de la instalación como es el caso de las averías y el mantenimiento. Serán un aspecto a tener en cuenta todos los años una vez instalados los equipos y funcionando de una manera normal.

15.1 Mantenimiento

Dentro de todos los componentes que existen en la instalación pueden distinguirse dos tipos de mantenimiento: un mantenimiento de la instalación a nivel general y otro más a nivel particular de cada elemento.

Antes de llevar a cabo cada una de las acciones de mantenimiento, hay que realizar lo que se enumera a continuación: [45]

- Desconectar el sistema.
- Desconectar el sistema del suministro eléctrico.
- Desconectar el circuito de calefacción del producto mediante válvulas de cierre, si fuera necesario.
- Vaciar el producto si hay que sustituir piezas del circuito de calefacción.
- Proteger los componentes eléctricos de salpicaduras de agua.

En relación al mantenimiento a nivel general debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Comprobar que los dispositivos de seguridad funcionan correctamente.
- Comprobar la presión de llenado del circuito de calefacción.
- Comprobar que no hay restos de óxido o aceite en los componentes del circuito refrigerante.
- Comprobar el desgaste de los componentes.
- Comprobar que los conectores estén en buenas condiciones.
- Verificar puesta a tierra.
- Eliminar posible suciedad de los componentes y llevar a cabo la limpieza correspondiente.
- Comprobar que el ventilador gira sin problemas.

A continuación, se va explicar que mantenimientos hay hacer en cada uno de los componentes de la instalación: [46]

Bomba de Calor

- Comprobar que la potencia térmica es la adecuada.
- Comprobar que los consumos sean los adecuados.
- Verificar conexionado entre los elementos.
- Inspección visual de la unidad exterior e interior.
- Limpieza de filtros.

Depósito de Acumulación

- Comprobación de la humedad de la estancia
- Comprobar la corrosión y oxidación.
- Comprobar las conexiones hidráulicas por posibles fugas.
- Comprobar temperaturas de funcionamiento.

Vaso de Expansión y Bomba

- Comprobación visual de los elementos
- Comprobación del macizado del vaso de expansión.
- Comprobación de datos de presión de la bomba
- Comprobación del ruido posible de la bomba.

Elementos Varios de Seguridad y Control

- Limpieza de malla de filtro de agua a la entrada. Si está muy defectuoso habrá que cambiarlo.
- Comprobar el estado de los purgadores de aire en las zonas altas del circuito.
- Comprobar las posibles obstrucciones que puedan darse.
- Comprobar la válvula de 3 vías que cierra correctamente.
- Comprobar la monitorización y conexionado.

Suelo Radiante

- Revisión de los caudalímetros, es decir, que el caudal de agua este equilibrado.
- Comprobación de la posible oxidación del agua.
- Revisar posibles fugas.
- Vaciado del circuito con la limpieza correspondiente mediante aditivos.
- Controlador de lodos.

15.2 Averías

Cualquier proyecto, una vez que entra en funcionamiento y se utiliza habitualmente, pueden darse casos de averías o fallos, que pueden tener su origen en la juventud o en el uso excesivo de los elementos que lo componen. [47]

La minimización de esas averías está directamente relacionada con el buen diseño del proyecto, su correcta ejecución, el uso de materiales de alta calidad y un correcto mantenimiento.

Sin embargo, es difícil cuantificar y clasificar las posibles averías, ya que pueden ser un número elevado. Sin embargo, a continuación, se exponen algunas de las más frecuentes en estos sistemas:

Bomba de Calor

- Flujo de agua bajo.

- Problemas de conexionado.
- Obstrucción del evaporador.
- Error de presión.
- Posibles fugas.

Depósito de Acumulación

- Posibles fugas.
- Fallos de conexión.
- Aparición de la corrosión.

Vaso de Expansión y Bomba

- Problemas de presión en el vaso de expansión.
- Expulsión de agua de la válvula de seguridad.
- Fallo de conexión de la bomba.
- Fallo de circulación de la bomba.

Suelo Radiante

- Fugas de agua en las tuberías.
- Fallo de conexión con la centralita de regulación.
- Distribución de calor irregular
- Agua en mal estado.
- Pérdidas de transmisión de calor.

Capítulo 16. SEGURIDAD Y SALUD.

Otro aspecto a tener en cuenta en este proyecto es el capítulo de seguridad y salud. Es algo muy importante tanto para los usuarios que utilicen la instalación y los equipos como para los instaladores que la lleven a cabo.

Al tratarse de un proyecto en el que la electricidad está presente de una manera tan predominante, todos los usuarios deberán tomar las medidas de seguridad y salud correspondientes tanto en montaje, uso y mantenimiento. [48]

Es un proyecto cuyos riesgos más importantes son los siguientes:

- Trabajar con electricidad.
- Trabajar con elementos que tienen sustancias químicas como es el caso del vaso de expansión con el nitrógeno.
- Trabajar con herramientas, máquinas y elementos cuyo mal uso o utilización inadecuada pueden provocar posibles accidentes (por ejemplo, una mala sujeción de las máquinas, interior o exterior, puede provocar que se vuelque).

Es por ello, que deberán respetarse y tener precaución con las siguientes señales:

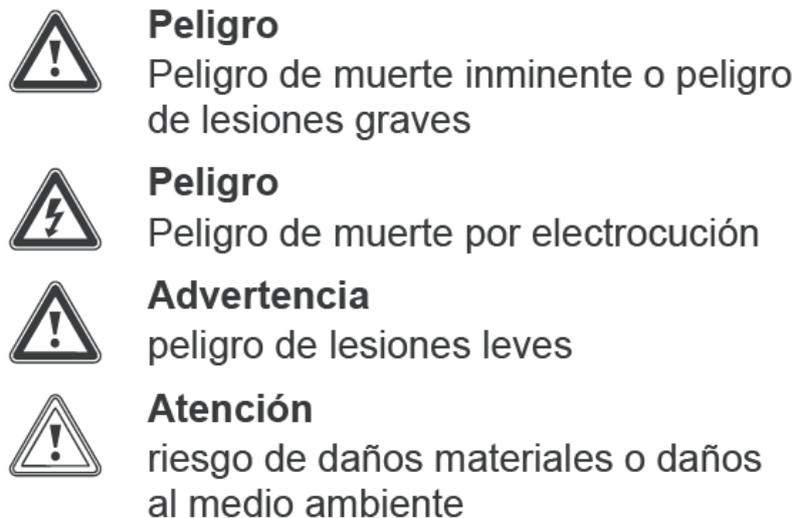


Figura 88. Señales de Seguridad y Salud. Fuente: Vaillant.

En relación a los peligros posibles pueden concretarse los que se nombran a continuación:

- Peligro por cualificación insuficiente: solo pueden manejar por personal cualificado.
- Peligro por uso incorrecto.
- Peligro de muerte por electrocución.
- Peligro de muerte por falta de dispositivos de seguridad.
- Peligro de lesiones o daños materiales por una manipulación incorrecta.

Para garantizar la salud de los trabajadores y consumidores se tomarán las siguientes medidas:

- Cascos para la cabeza.
- Ropa de protección: calzado, guantes, monos, etc. para trabajar con electricidad.
- Elementos de protección: gafas, mascarillas, etc.
- Cuadros eléctricos protegidos con llaves para que el consumidor no acceda, así como proporcionarle guantes de protección en caso que requiera la manipulación.

Respecto a la normativa a aplicar en temas de seguridad y salud se apoya en lo siguiente:

- Real Decreto 485/1997. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (BOE N°97, 23 de Abril de 1997)

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE N° 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 486/1997, de 14 de Abril de 1997. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.

- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras. (BOE N° 256, 25 de Octubre de 1997). Modificada por:

- RD 21777/2001 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 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.

- 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 N° 140, de 12 de Junio de 1997)

Capítulo 17. DESARROLLO FUTURO.

En relación a este capítulo, se van a plantear varias vías de cambio/ampliación de la instalación de aquí a varios años. Según las previsiones del cliente, esta vivienda podrá ser utilizada de manera habitual de aquí a 10-15 años, ya que la intención es acabar viviendo allí en un futuro a medio plazo. Es por ello, que el plantear una modificación de la instalación, debe tener como condición el que la vivienda esté habitada todo el año. Este planteamiento futuro surge del momento en el que se vive actualmente: en constante cambio y actualización mediante soportes o tecnologías renovables. Así, en un plazo de 10-15 años se prevé que el aporte de estas energías limpias sea mucho mayor al actual. Por ello se plantean las siguientes ideas:

17.1 Implementación de Paneles Solares

Una idea es ubicación de paneles solares fotovoltaicos que permitan o bien producir electricidad para el consumo de la vivienda o bien para el calentamiento del ACS hacia la bomba de calor aerotérmica. La idea de paneles termosolares se ha descartado por ser un sistema complejo de mantener para que funcione adecuadamente y porque al tener el sistema aerotérmico instalado, con paneles fotovoltaicos se puede tener de apoyo. [49]



Figura 89. Implementación Paneles Solares. Fuente: Iberdrola.

Además, hay nuevas vías de expansión en este sentido, ya que en muchas viviendas donde en la fachada se están instalando paneles solares, lo que supondría una vivienda prácticamente de autoconsumo.

Actualmente no se ha planteado esta idea ya que los paneles estarían sin utilizar o sin ser aprovechados para el uso de la vivienda, a parte que la inversión de ubicar paneles también sería excesiva para que el cliente la asuma.

17.2 Retomar Instalación Geotérmica

Al cambiar la situación de la vivienda, y una vez amortizada la instalación aerotérmica, se podría plantear la opción de la instalación geotérmica, con el pozo cerrado y la bomba de calor geotérmica.

En este caso el presupuesto será menor ya que el suelo radiante está instalado. Sería solo cambiar el sistema aerotérmico por el geotérmico cuando pierda eficiencia por el paso de los años.

Esta idea puede estar motivada debido a posibles subvenciones mayores que puedan aplicarse en el futuro principalmente. Es sabido que desde Europa promueven el apoyo de tecnologías renovables como esta, y quieren potenciar este impulso mediante ayudas económicas que hagan que los usuarios puedan afrontar estas inversiones con mayor frecuencia.

Por todo ello, estas dos ideas serían viables de aquí a unos años cuando se produzca ese cambio de uso de la vivienda.

Capítulo 18. PLIEGO DE CONDICIONES.

18.1 Objeto

El presente pliego de condiciones está centrado en exponer las características y condiciones técnicas que deben llevarse a cabo en la instalación aerotérmica. Este documento, junto a la memoria anterior del proyecto (dimensionado, cálculos, presupuesto, etc.) son el diseño total de este estudio de climatización.

18.2 Alcance

Servirá como referencia para los trabajadores ejecutores y controladores de la instalación, de tal manera que exista una conexión entre lo expuesto en este proyecto y la realidad. Así, se asegurará una correcta implementación para proporcionar en este caso al cliente un servicio de calidad que cumpla sus funciones de manera adecuada

18.3 Especificación Técnica

18.3.1 Calidad de los Componentes del Proyecto

Todos los elementos, materiales, herramientas, equipos, etc. serán de excelente calidad cumpliendo con la normativa vigente para garantizar la seguridad tanto de los instaladores que ejecuten el proyecto como para los usuarios que utilicen el sistema aerotérmico y suelo radiante diariamente.

18.3.2 Bomba de Calor Aerotérmica

La bomba de calor monobloc estará situada en el garaje (una de las partes en el interior del garaje y la otra en la parte exterior, pegada a la pared). Las especificaciones y la elección de la misma han sido expuestas en el capítulo del dimensionado. En relación a sus características técnicas destaca por las siguientes:

- Eficiencia energética con una valoración de A+++
- Presión hidráulica disponible de 450 mbar.
- Rango de temperaturas de producción de 5 a 63°C.
- Dimensiones: 973/1103/463 mm de alto/ancho/profundo.
- Bomba de calor monofásica a 130V y 50Hz.

18.3.3 Interacumulador

Vendrá integrado con la propia bomba de calor, por lo que estará ubicado en el propio garaje también. Este depósito permitirá dar calefacción/refrigeración y ACS a la vivienda desde esa ubicación. En relación a sus aspectos técnicos destaca por lo siguiente:

- Depósito de 190 litros.
- Temperatura máxima de 77°C.
- Peso de 170 Kg.
- Fusible integrado T4A de 250V.

18.3.4 Centralita MultiMATIC 700

Este elemento estará situado en el comedor de la vivienda, del cual se tendrá un control constante y total de la instalación. Por ello habrá que establecer una conexión desde el garaje donde se ubica la bomba hasta el lugar donde esté esta centralita. Entre sus características, destacan las siguientes:

- Display digital de gran tamaño.
- Permite programación diario-semanal.
- Regulación con sonda exterior.
- Clase energética A+++.

18.3.5 Suelo Radiante

18.3.5.1 Panel Aislante ALB ACUTEK

Este elemento que será la base de aislamiento tendrá las siguientes características técnicas:

- Excelente aislante acústico: EPS (poliestireno expandido) y grafito elastificado.
- Buen aislante con una $\lambda = 0,030$ W/mK.
- Tecnología puntera a 30-35°C.
- Excelente uniformidad.
- Aguante de 100KPa
- Altura del sistema de solo 72 mm: tubo multicapa de 17 mm, panel de 25 mm, mortero de 30 mm

18.3.5.2 Tubo Multicapa ALB

Red de tuberías que ocuparán la vivienda, destacando a nivel técnico por lo siguiente:

- Dimensiones de 17x2mm.
- Capa interna PE-RT/AL 0,2 mm.
- Normativa UNE EN 1264.

18.3.5.3 Cinta Perimetral

De polietileno expandido destaca por los siguientes aspectos:

- 8 mm de espesor.
- 150 mm de alto.
- Película de polietileno PE-BD.

18.3.6 Interruptor Magnetotérmico Schneider 63A

Interruptor magnetotérmico 63A:

- Gama: Acti 9
- Número de polos: 2
- Corriente nominal: 63A.
- Código de Curva: C

18.3.7 Interruptor Magnetotérmico Schneider 25A

Interruptor magnetotérmico 25A:

- Gama: Acti 9
- Número de polos: 2
- Corriente nominal: 63A.
- Código de Curva: C

18.3.8 Interruptor Diferencial 63A

Interruptor diferencial 63A:

- Gama: Acti 9
- Número de polos: 2
- Corriente nominal: 63A.
- Sensibilidad fuga de tierra: 30 mA.

18.3.9 Cableado Cobre Electrolítico

Cable de cobre electrolítico flexible RV-K 0,6/1 kV:

- Tipo XLPE
- Temperatura máxima: 90°C
- Tensión nominal: 0,6/1 kV.
- Tensión de ensayo: 3.500VCA

Capítulo 19. CONCLUSIONES.

A modo de conclusión, este proyecto de instalación aerotérmica con suelo radiante/refrescante para climatización y ACS satisface plenamente las necesidades a cubrir y supone un impulso a la vivienda en cuanto a revalorización de la misma.

Desde el primer momento, el planteamiento del proyecto ha sido evitar la obsolescencia, que con el paso del tiempo fuese un sistema de climatización no tan eficiente y además que no estuviera a la vanguardia de las energías renovables.

Por ello, y tras realizar el desarrollo del proyecto, las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- En primer lugar, la importancia de las energías renovables. En el capítulo introductorio se ha puesto de manifiesto como de importante son y serán en el futuro las energías sostenibles. Actualmente, se está creciendo en el desarrollo de las mismas de una manera exponencial y este proyecto es un ejemplo de ello.
- La evolución de las viviendas unifamiliares hacia su propio consumo renovable. Cada vez más viviendas apuestan por sistemas eficientes y renovables, ya sea mediante aerotermia, geotermia, solar, etc.
- Previsiblemente será más barato consumir electricidad que gas (o así lo manifiestan los expertos). A pesar que ambos elementos están disparados, la ventaja que tiene España es la producción de electricidad mediante fuentes limpias como solar, eólica, hidráulica, etc. por lo que en cuanto se empiece a regular este coste, el precio será menor y más estable. Depender del gas no será una solución, ya que en este caso España no depende de sí misma, y deberá aceptar las condiciones que se den en el mercado en cualquier momento (como es el caso actual con la guerra de Rusia-Ucrania). Por ello, con este sistema de bombas de calor el consumo será eléctrico con alta eficiencia.
- En relación a lo anterior, el instalar una tecnología que depende de electricidad será la mejor opción, así como su eficiencia ya que tiene unos rendimientos superiores al 100%.
- La geotermia es aún una tecnología compleja de explotar a pesar de ser más eficiente que otras, por lo que deberá seguir evolucionando para que pueda ser más rentable, más fácil de llevar a cabo y por tanto con un mayor uso fundamentalmente en viviendas unifamiliares.
- La aerotermia es un sistema que actualmente cumple con todos los requisitos que se la piden. No es la mejor en cuanto a eficiencia, pero en conjunto hace que sea la más completa.
- En ambos planteamientos (aerotermia y geotermia) se ha optado por sistemas unitarios, completos, es decir, donde se incluye bomba de calor, depósito de acumulación, etc. unificado, sin ser de marcas distintas, para que sea lo más sencillo y sincronizado posible entre los propios elementos, minimizando posibles fallos o averías.

- Las ayudas económicas desde Europa con el plan Next Generation serán fundamentales para implementar tecnologías como las de este proyecto.
- Este proyecto tiene aún vías de expansión y de crecimiento, buscando el autoconsumo y la independencia energética (como es el caso de paneles solares fotovoltaicos).
- Sin embargo, son tecnologías más sofisticadas y especiales en cuanto a funcionamiento y utilización. Están menos testadas y, por tanto, pueden tener más problemas que sistemas tradicionales.
- La solución del suelo radiante (aunque es premisa del cliente) es la mejor opción respecto a otros sistemas como fancoils o radiadores con esta tecnología por su eficiencia y confort.

Capítulo 20. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] CSIC, «Consejo Superior de Investigaciones Científicas - CSIC - csic.es», *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. <https://www.csic.es/en> (accedido 4 de abril de 2022).
- [2] B. A. Statham y World Energy Council, *Deciding the future: energy policy scenarios to 2050*. London: World Energy Council, 2007.
- [3] Viaintermedia.com, «Panorama - 176 gigavatios más de energías renovables en el mundo», *Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias*. <https://www.energiarenovables.com/panorama/176-gw-mas-de-energiarenovables-20200406> (accedido 4 de abril de 2022).
- [4] «Aerotermia-Renovable-y-fotovoltaica-1.pdf».
- [5] «DOCUMENTOS TÉCNICOS», p. 73.
- [6] «Acumulador agua caliente sanitaria SANIT HE Domusa». <https://www.tuandco.com/acumulador-agua-caliente-sanitaria-sanit-he-domusa> (accedido 4 de abril de 2022).
- [7] «BT500-1000. Depósito de inercia alta capacidad de 500 a 1000 litros. Domusa.», *CentralRenovables.com*. <https://centralrenovables.com/bt500-1000-deposito-de-inercia-alta-capacidad-de-500-a-1000-litros-domusa> (accedido 4 de abril de 2022).
- [8] «★ Bomba calor Vaillant aroTHERM VWL 115/2 + Control VWZ AI VWL X/2 A». <https://nosolocasa.com/bombas-de-calor/1158-bomba-de-calor-aire-agua-vaillant-arotherm-vwl-1152-a-control-vwz-ai-vwl-x2-a.html> (accedido 4 de abril de 2022).
- [9] «Sonda de temperatura exterior Saunier Duval», *ClimAhorro*. https://www.climahorro.es/termostatos/sonda-de-temperatura-exterior-inalambrica-saunier-duval.html?lighthousefeed_utm_source=GS++Google+Shopping+%28Via+LighthouseFeed%29&lighthousefeed_utm_medium=cpc&lighthousefeed_utm_term=climahoes822 (accedido 4 de abril de 2022).
- [10] «El potencial de la energía geotérmica en España», *Blogthinkbig.com*, 26 de enero de 2016. <https://blogthinkbig.com/el-potencial-geotermico-de-la-peninsula-iberica-quintuplica-la-capacidad-electrica-actual> (accedido 6 de abril de 2022).
- [11] «Editorial Científica - 3Ciencias | Publicación de artículos de investigación y libros», 28 de febrero de 2012. <https://www.3ciencias.com/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [12] «¿Qué es la energía geotérmica?», *Geotermia Vertical*, 22 de marzo de 2022. <https://www.geotermiavertical.es/energia-geotermica/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [13] «Geotermia». <https://ofigeo.wordpress.com/category/geotermia/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [14] «Bomba de calor geotérmica», *preciogas.com*. <https://preciogas.com/instalaciones/geotermia/bomba-de-calor> (accedido 6 de abril de 2022).

- [15] L. C. Salgado, «Calentamiento y Refrigeración Urbana Mediante Geotermia en Meloneras», p. 90.
- [16] «Instituto Geológico y Minero de España».
<https://www.igme.es/geotermia/la%20geotermia%20en%20el%20mundo.htm> (accedido 6 de abril de 2022).
- [17] «Aerotermia. Qué es y en qué consiste | Klimafrio», 23 de septiembre de 2016.
<https://www.klimafrio.com/aerotermia-que-es-y-en-que-consiste/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [18] «¿Cómo funciona la Aerotermia? Precio de su instalación y opiniones», *preciogas.com*.
<https://preciogas.com/instalaciones/aerotermia> (accedido 6 de abril de 2022).
- [19] M. I. CALORYFRIO, «Tipos de bombas de calor: ejemplos y aplicaciones - caloryfrio.com». <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/bomba-de-calor/bombas-de-calor-tipos-aplicaciones.html> (accedido 6 de abril de 2022).
- [20] «Geotermia ¿Merece la pena? ¿o mejor aerotermia? | Nergiza».
<https://nergiza.com/geotermia-merece-la-pena-o-mejor-aerotermia/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [21] «Daikin Altherma: climatización por aerotermia». https://www.daikin.es/es_es/daikin-altherma.html (accedido 6 de abril de 2022).
- [22] «tfm-memoria-xavier-ma-e-bosch (1).pdf».
- [23] «ES_BLDE_Gu__a_de_Mortero (1).pdf».
- [24] «Suelo radiante (II): Componentes e instalación :: ECOSISTEMAS DEL SURESTE S.L.»
<https://www.ecosistemasdelsureste.com/news/suelo-radiante-i-elementos-constructivos-e-instalacion/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [25] «PLACA NOPAS 13 TÉRMICA STARK SUELO RADIANTE ROTH», *Materiales Calefacción*.
<https://www.materialescalefaccion.com/placas-suelo-radiante/2088-placa-nopas-pel-13-termica.html> (accedido 6 de abril de 2022).
- [26] «Panel aislante termo conformado para suelo radiante | BAXI».
<https://www.baxi.es/productos/suelo-radiante-fancoils/suelo-radiante/panel-aislante-termo-conformado> (accedido 6 de abril de 2022).
- [27] «Suelo radiante (II): Componentes e instalación :: ECOSISTEMAS DEL SURESTE S.L.»
<https://www.ecosistemasdelsureste.com/news/suelo-radiante-i-elementos-constructivos-e-instalacion/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [28] «Colectores y equipos de distribución para suelo radiante - caloryfrio.com».
<https://www.caloryfrio.com/calefaccion/suelo-radiante/colectores-equipos-de-distribucion-suelo-radiante.html> (accedido 6 de abril de 2022).
- [29] «Google Maps», *Google Maps*.
<https://www.google.es/maps/place/05130+Solosancho,+%C3%81vila/@40.5525726,-4.9064355,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xd4087c2ca2b7ddd:0x3aba21532dd17f40!8m2!3d40.5523765!4d-4.9052399?hl=es> (accedido 6 de abril de 2022).
- [30] «Inicio». <https://www.codigotecnico.org/> (accedido 6 de abril de 2022).

- [31] «El clima en Ávila, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark». <https://es.weatherspark.com/y/35538/Clima-promedio-en-%C3%81vila-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o> (accedido 6 de abril de 2022).
- [32] Aladín, «Ávila, España - Información detallada del clima y previsión meteorológica mensual», *Weather Atlas*. <https://www.weather-atlas.com/es/espana/avila-clima> (accedido 6 de abril de 2022).
- [33] «Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios. RITE | Idae». <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/reglamento-de-instalaciones-termicas-de-los-edificios> (accedido 6 de abril de 2022).
- [34] «Guía Técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto», p. 132.
- [35] «Calculadora de necesidades de climatización», *Luis Llamas*. <https://www.luisllamas.es/calculadora-necesidades-climatizacion/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [36] «DBHS.pdf». Accedido: 6 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>
- [37] «aerotherm-catalogo-comercial-1645017.pdf».
- [38] «flexotherm-flexocompact-catalogo-comercial-2018-1260991.pdf». Accedido: 6 de abril de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.vaillant.es/downloads/nuevos/flexotherm-flexocompact-catalogo-comercial-2018-1260991.pdf>
- [39] «Estimación de la longitud de un sondeo geotérmico», *IngenierosIndustriales.com*, 28 de enero de 2019. <https://www.ingenierosindustriales.com/estimacion-de-la-longitud-de-un-sondeo-geotermico/> (accedido 6 de abril de 2022).
- [40] «ALB_Tarifa_04.2021_W.pdf».
- [41] «Barrera de vapor de polietileno - 1901100 / 1901250 - RDZ S.p.A. - para barrera». <https://www.archiexpo.es/prod/rdz-spa/product-102328-2145385.html> (accedido 6 de abril de 2022).
- [42] J. de C. y León, «Subvenciones Solar Térmica, Biomasa, Geotermia y Aerotermia», *Consejería de Economía y Hacienda, Ente Público Regional de la Energía de Castilla y León (EREN)*. <https://www.tramitacastillayleon.jcyl.es/web/jcyl/AdministracionElectronica/es/Plantilla100Detalles/1251181050732/Ayuda012/1285096607543/Propuesta> (accedido 6 de abril de 2022).
- [43] «aerotermia electricidad y puesta en marcha.pdf».
- [44] «Precio por instalar la caldera de gas natural ¿cuál elijo?», *Selectra*. <https://selectra.es/energia/tramites/calderas-gas> (accedido 6 de abril de 2022).
- [45] «¿ Cómo debe de realizarse el mantenimiento de un equipo de aerotermia ?», *Garcigas*, 10 de marzo de 2021. <https://garcigas.es/como-se-realiza-el-mantenimiento-de-un-equipo-de-aerotermia/> (accedido 6 de abril de 2022).

[46] «Cómo solucionar problemas de una bomba de calor para piscinas», *Scarpia*, 2 de octubre de 2020. <https://www.scarpia.es/como-solucionar-problemas-de-una-bomba-de-calor-para-piscinas/> (accedido 6 de abril de 2022).

[47] «Mantenimiento del suelo radiante».
<https://www.hogarsense.es/calefaccion/mantenimiento-suelo-radiante> (accedido 6 de abril de 2022).

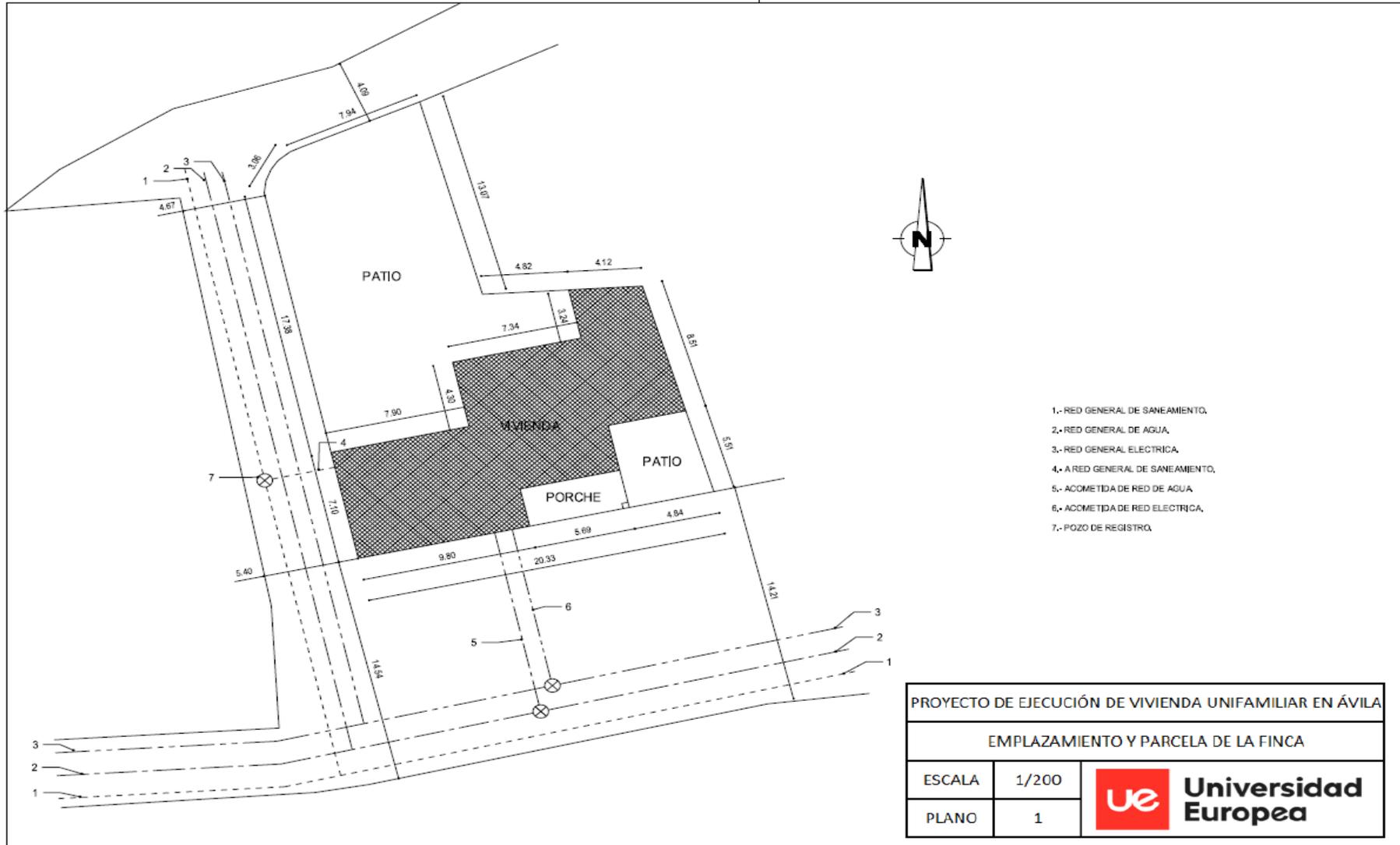
[48] admin, «Limpieza y mantenimiento de suelos radiantes», 17 de enero de 2019.
<https://www.gasnature.com/actualidad/limpieza-y-mantenimiento-de-suelos-radiantes> (accedido 6 de abril de 2022).

[49] «Placas solares Iberdrola: servicio Smart Solar», *companias-de-luz*.
<https://www.companias-de-luz.com/iberdrola/smart-solar/placas-solares/> (accedido 6 de abril de 2022).

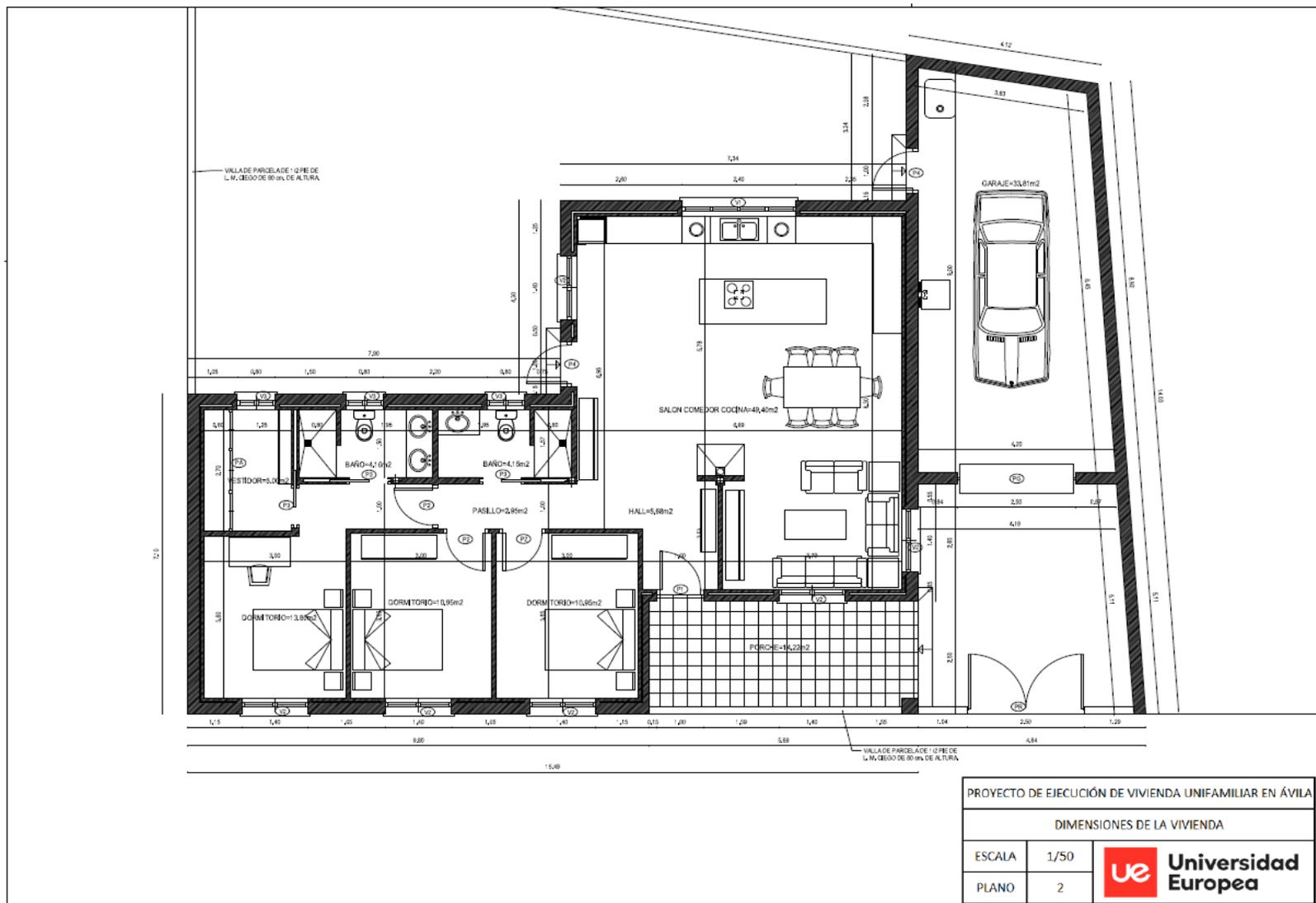
[50] C. L. D. profesión «Arquitecto» y de espíritu «inconformista» M. gusta lo sencillo y natural M. E. M. como filosofía de vida, «Instalaciones eléctricas en viviendas unifamiliares», *Autopromotores*, 24 de marzo de 2020. <https://www.autopromotores.com/electricidad/> (accedido 6 de abril de 2022).

Capítulo 21. PLANOS.

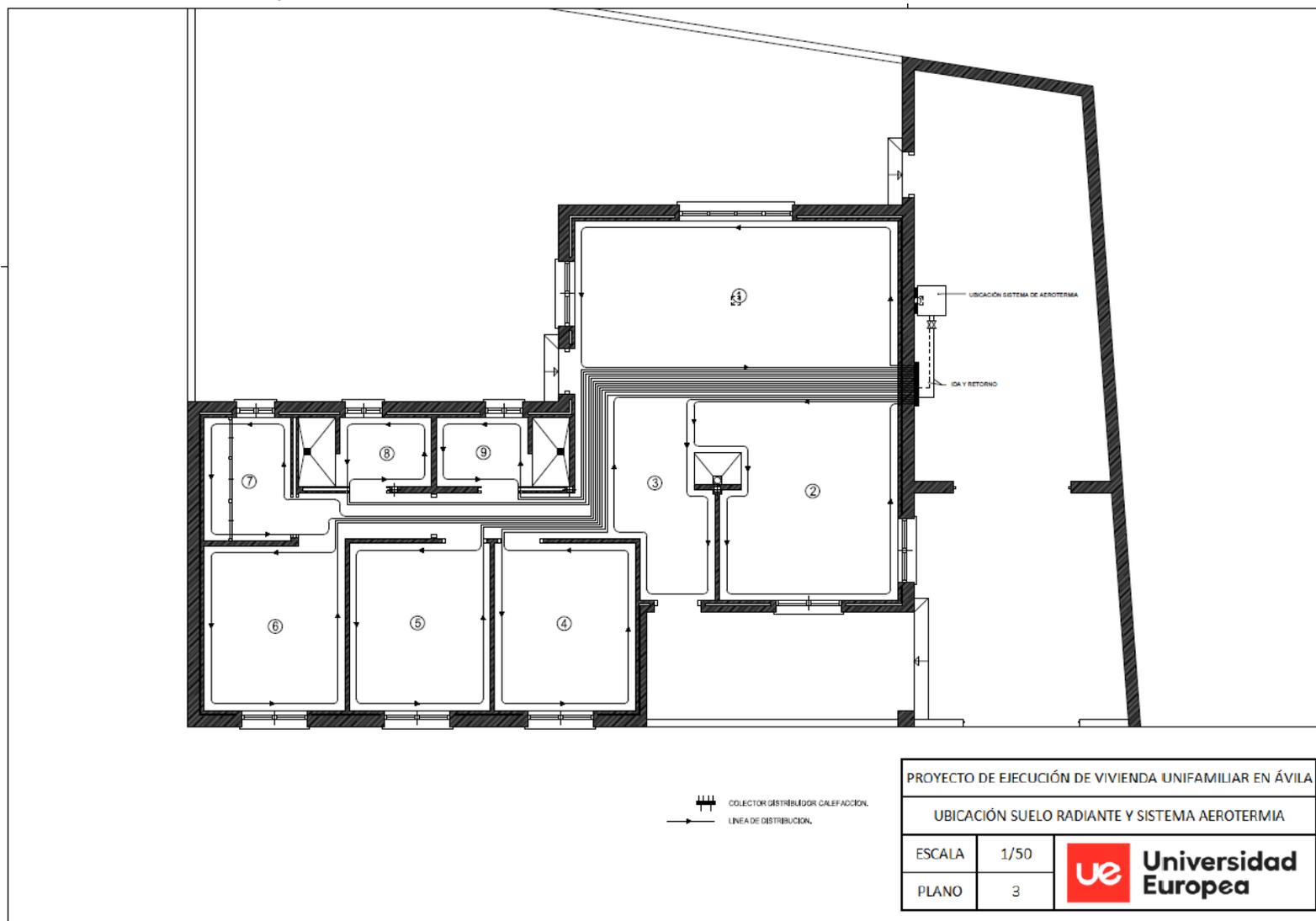
Plano 1. Plano Emplazamiento y Parcela de la Finca



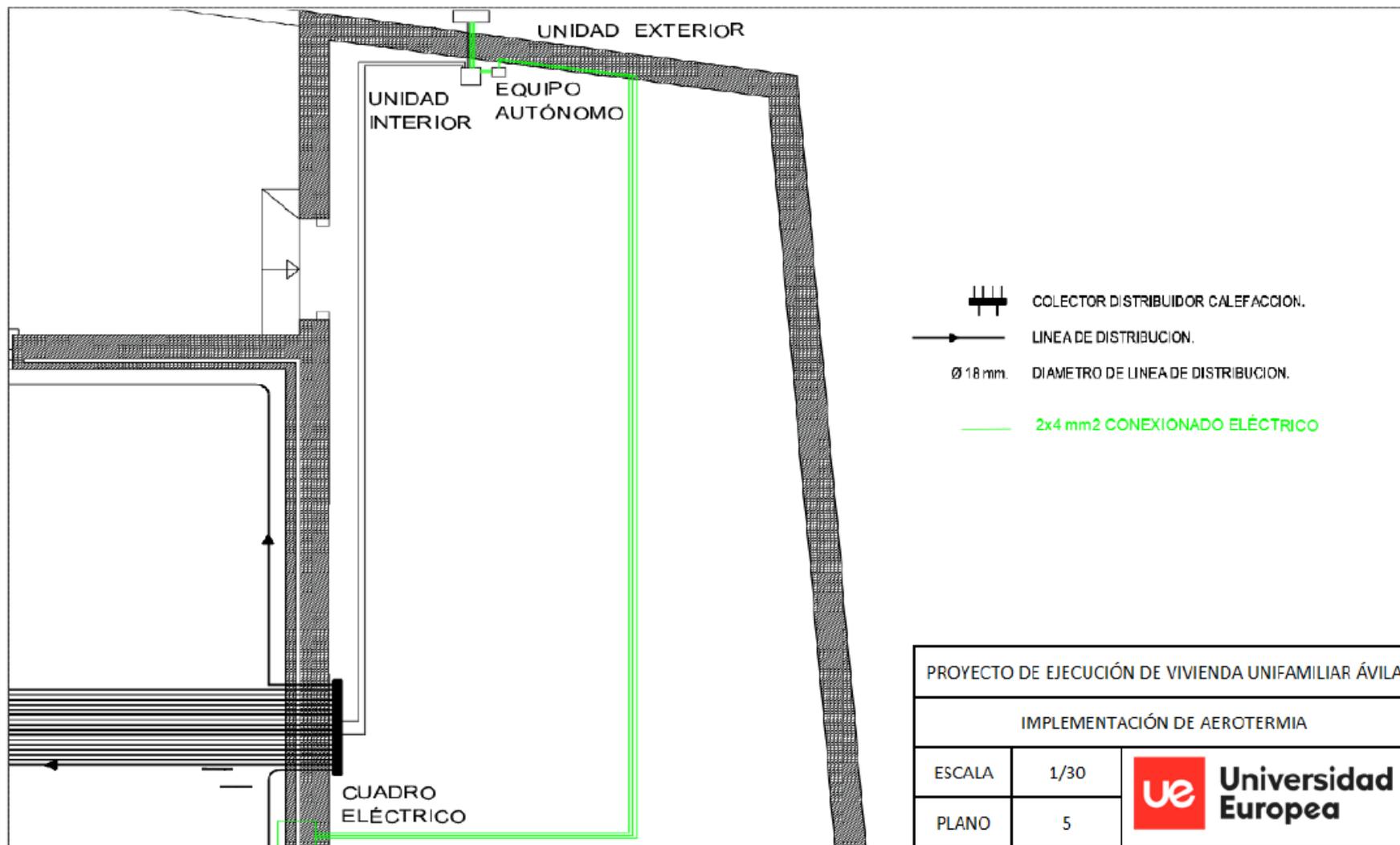
Plano 2. Dimensiones de la Vivienda.



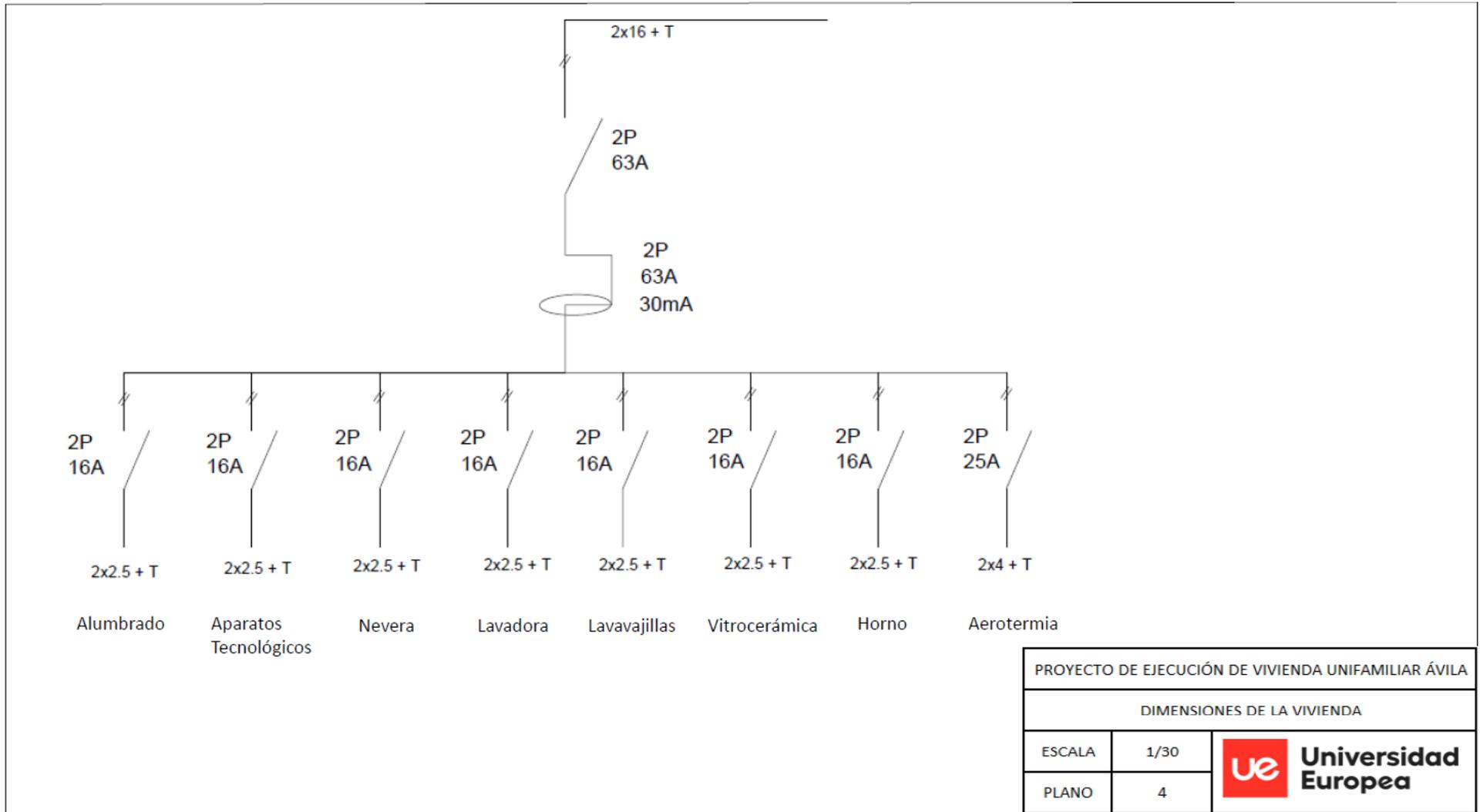
Plano 3. Ubicación Suelo Radiante y Sistema Aerotermia



Plano 4. Implementación Aerotermia.



Plano 5. Esquema Unifilar Vivienda.



Capítulo 22. ANEXOS.

Anexos 1. Sistema Arotherm Vaillant

Características

aroTHERM

Clase eficiencia energética Rango A+++ - D

	Unidad	VWL 55 A	VWL 85 A	VWL 115 A	VWL 155 A	VWL 155 A 400V
Clase Eficiencia Energética		A++	A+++	A+	A++	A++
Tipo de refrigerante y contenido	kg	R410A (1,80)	R410A (1,95)	R410A (3,53)	R410A (4,40)	R410A (4,40)
Calefacción por suelo radiante (T ida: 35°C, T retorno: 30°C, T seca exterior: 7°C s/EN 14511)						
Potencia máxima de calefacción	kW	7,2	9,5	11,3	16,6	16,6
Potencia nominal de calefacción	kW	4,4	7,7	9,0	14,6	14,6
COP		4,7	4,6	4,4	4,5	4,5
Calefacción por suelo radiante (T ida: 35°C, T retorno: 30°C, T seca exterior: 2°C s/EN 14511)						
Potencia máxima de calefacción	kW	6,4	8,3	9,8	14,7	14,7
Potencia nominal de calefacción	kW	3,3	5,7	6,7	8,5	8,5
COP		3,5	4,1	3,9	3,5	3,5
Refrigeración por suelo refrescante (T ida: 18 °C, T retorno: 23 °C, T seca 35°C s/EN 14511)						
Potencia máxima de refrigeración	kW	6,6	8,1	11,1	15,5	15,5
Potencia nominal de refrigeración	kW	4,4	5,9	8,8	13,7	13,7
EER		3,4	3,9	3,8	3,2	3,2
Refrigeración con fancoils (T ida: 7 °C, T retorno: 12 °C, T seca 35°C s/EN 14511)						
Potencia máxima de refrigeración	kW	4,7	6,6	8,3	12,0	12,0
Potencia nominal de refrigeración	kW	3,5	5,0	6,6	10,9	10,9
EER		2,4	2,8	3,1	2,5	2,5
Características técnicas						
Volumen mínimo de la instalación	l	17	17	35	60	60
Presión hidráulica disponible	mbar	640	450	300	370	370
Rango de temperaturas de producción	°C	5 / 60	5 / 63	5 / 63	5 / 63	5 / 63
Caudal de aire máximo	m³/h	2000	2700	3400	5500	5500
Límites de funcionamiento (T exterior mín. y máx.)	°C	-15 / 46	-20 / 46	-20 / 46	-20 / 46	-20 / 46
Presión sonora(*)	dBA	43	42	47	48	48
Datos eléctricos		1/N/PE 230V 50Hz				3/N/PE 400V
Tensión de alimentación	V/Hz					50Hz
Intensidad de corriente de arranque máxima	A	16	16	20	25	16
Alto/ancho/profundo	mm	834/970/408	973/1103/463	973/1103/463	1375/1103/463	1375/1103/463
Peso	kg	86	102	126	165	165

(*) A 3 m de la unidad y calculado a partir del ensayo de ruido en el exterior A7W35 según EN 12102 y EN ISO 9614-1

uniTOWER

Unidad interior	Unidad	VIH QW 190/1 E
Volumen ACS	L	190
Capacidad del apoyo eléctrico	kW	2-4-6
Temperatura máxima de ida de la calefacción	°C	77
Fusible integrado		T4A, 250V
Consumo de energía en modo stand-by	W	1,2
Peso neto	kg	170
Peso máximo en funcionamiento	kg	360

Equipo separador

	Unidad	VWZ MWT 150
Consumo máximo de la bomba	W	45
Alimentación eléctrica		230 V/50 Hz, 1/N/PE~
Protección eléctrica		IP X4
Presión de agua máx.	bar	3.0
Dimensiones		
Alto x Ancho x Profundidad	mm	500 x 360 x 250
Peso	kg	12
Conexión de ida/retorno de calefacción		1"
Conexión de ida/retorno de bomba de calor		1"

Equipo autónomo

	Unidad	VWZ MEH 61
Alimentación eléctrica monofásico		230 V/50 Hz, 1/N/PE~
Potencia máx. absorbida monofásico	W	4-6
Protección eléctrica monofásico	A	20-30
Sección mínima de cable monofásico	mm ²	2,5-4
Tipo de protección eléctrica		IP X1
Presión de agua máx.	bar	3.0
Dimensiones		
Alto x Ancho x Profundidad	mm	720 x 440 x 350
Peso	kg	10
Conexión de ida/retorno de calefacción		1"
Conexión de ida/retorno de bomba de calor		1"
Conexión de ida/retorno ACS		1"

Equipo integrador

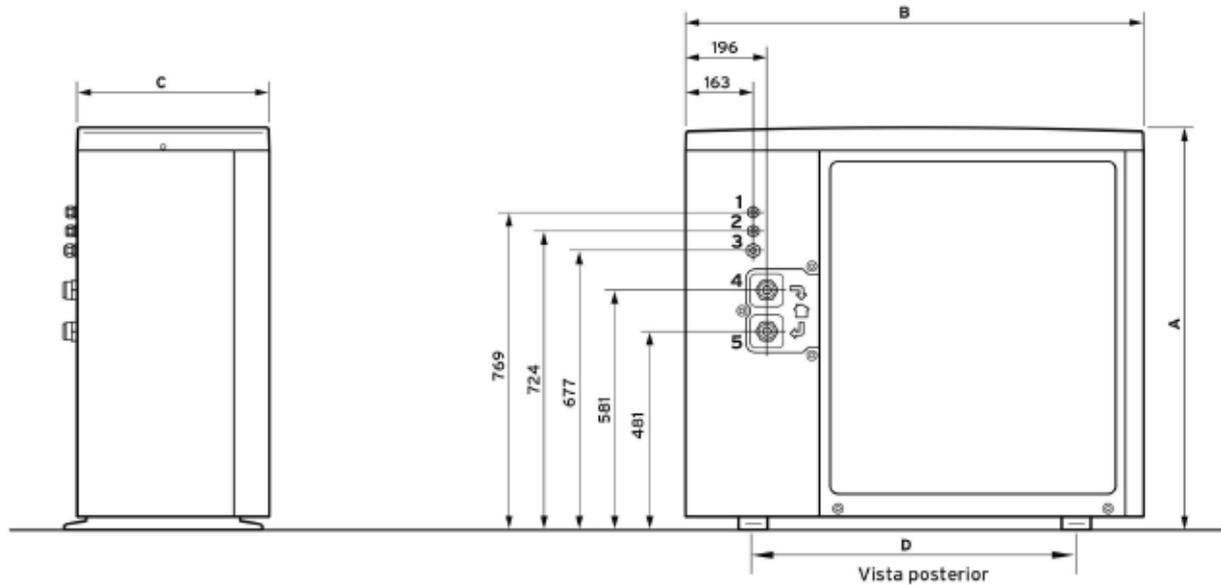
	Unidad	VWZ MPS 40
Tipo de protección eléctrica		IP X1
Presión de agua máx.	bar	3.0
Presión de agua mín.	bar	1
Dimensiones		
Alto x Ancho x Profundidad	mm	720 x 360 x 350
Peso	kg	18
Capacidad	l	40
Conexión de ida/retorno de calefacción		1-1/4"
Conexión de ida/retorno de bomba de calor		1"
Conexión de ida/retorno caldera		1"

Equipo eléctrico

	Unidad	VWZ MEH 60
Alimentación eléctrica monofásico		230 V/50 Hz, 1/N/PE~
Potencia máx. absorbida monofásico	W	4-6
Protección eléctrica monofásico	A	20-30
Sección mínima de cable monofásico	mm ²	2,5-4
Protección eléctrica		IP X4
Presión de agua máx.	bar	3.0
Dimensiones		
Alto x Ancho x Profundidad	mm	500 x 280 x 250
Peso	kg	4
Conexión de ida/retorno de calefacción		1"

Dimensiones

aroTHERM

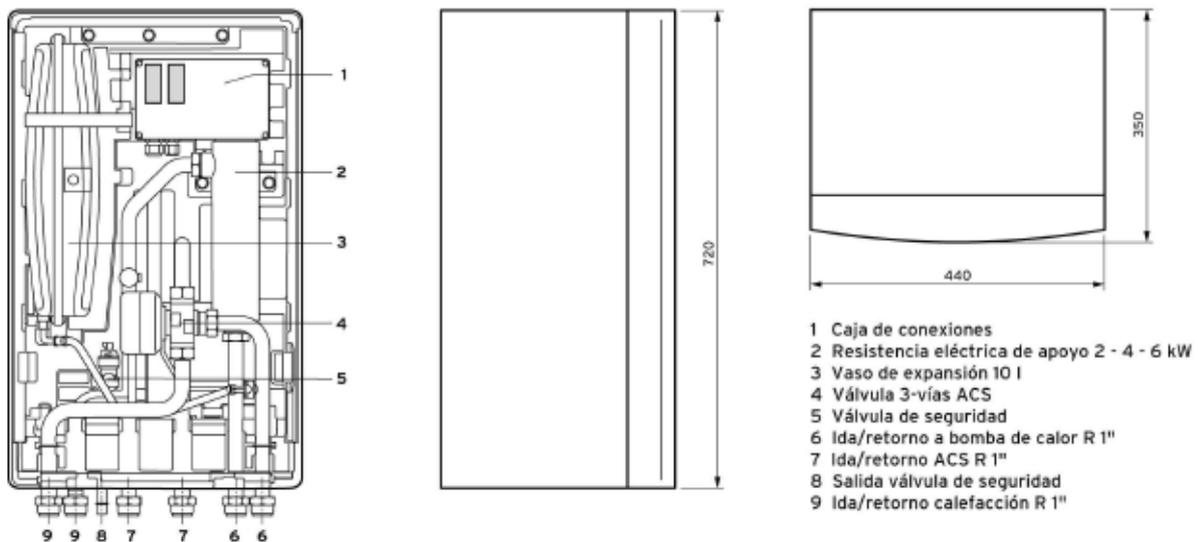


Modelo aroTHERM	A	B	C	D
VWL 55	834	980	408	778
VWL 85	973	1103	463	778
VWL 115	973	1103	463	778
VWL 155	1375	1103	463	778

Medidas en mm

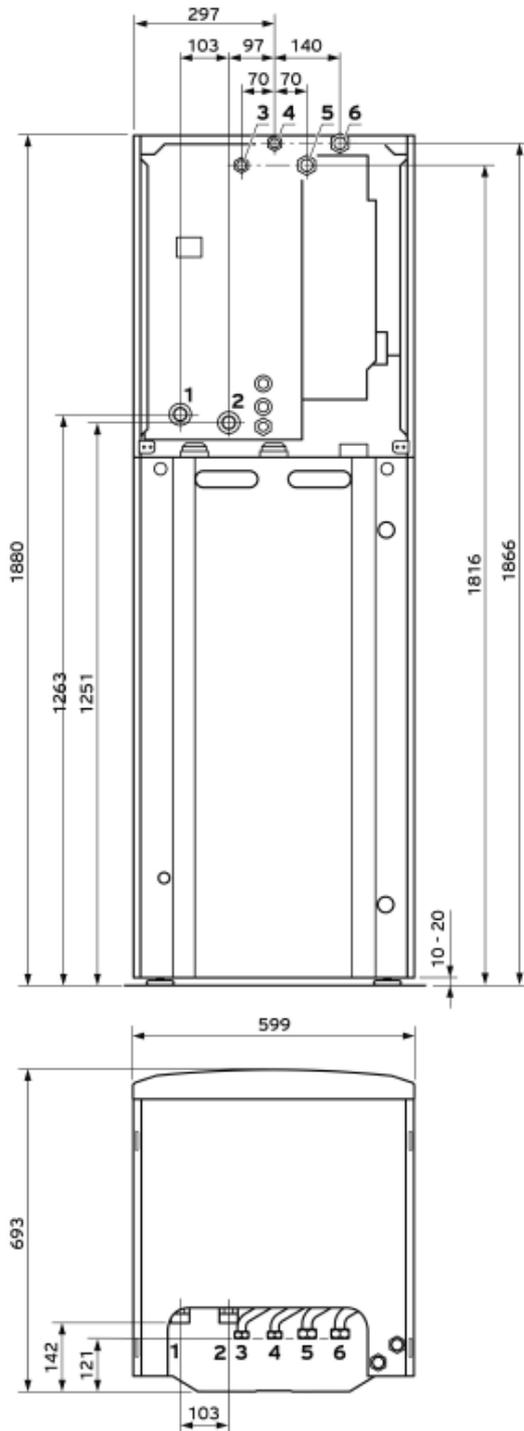
- 1 Pasacables eBus
- 2 Pasacables para conexión eléctrica
- 3 Pasacables para conexión eléctrica
- 4 Ida calefacción 11/4
- 5 Retorno calefacción 11/4

Equipo autónomo

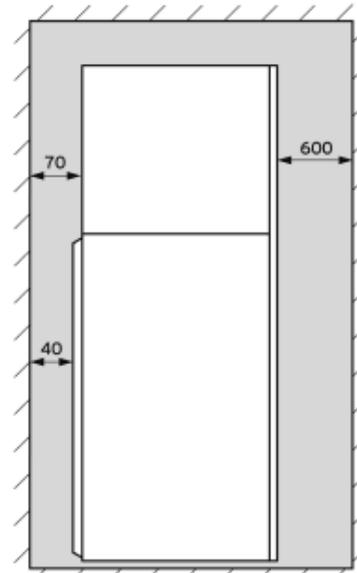


- 1 Caja de conexiones
- 2 Resistencia eléctrica de apoyo 2 - 4 - 6 kW
- 3 Vaso de expansión 10 l
- 4 Válvula 3-vías ACS
- 5 Válvula de seguridad
- 6 Ida/retorno a bomba de calor R 1"
- 7 Ida/retorno ACS R 1"
- 8 Salida válvula de seguridad
- 9 Ida/retorno calefacción R 1"

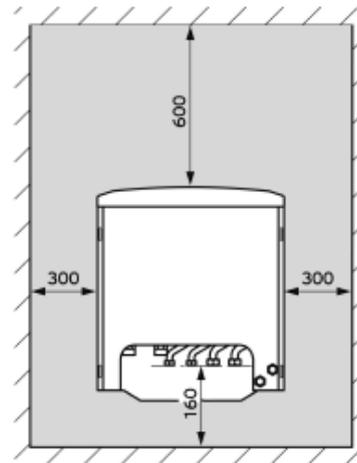
uniTOWER



Mindestabstände und Montagefreiräume



Perfil



Planta

- 1 Ida de la bomba de calor G 1 1/4
- 2 Retorno de la bomba de calor G 1 1/4
- 3 Toma de agua fría G 3/4
- 4 Toma de agua caliente G 3/4
- 5 Impulsión de calefacción G 1
- 6 Retorno de calefacción G 1

aroTHERM VWL A

Especificaciones técnicas

	VWL 55/2 A	VWL 85/2 A	VWL 115/2 A	VWL 155/2 A
Clase de eficiencia (calefacción)	A+	A+	A+	A+
Clase de eficiencia a baja temperatura	A++	A++	A+	A++
Medidas				
Alto	834 mm	975 mm	975 mm	1375 mm
Ancho	970 mm	1103 mm	1103 mm	1103 mm
Profundo	408 mm	463 mm	463 mm	463 mm
Peso	90 kg	106 kg	126 kg	126 kg
Calefacción con suelo radiante				
Potencia máxima de calefacción	7,2 kW	9,5 kW	11,3 kW	16,6 kW
Potencia nominal de calefacción	4,7 kW	6,6 kW	9 kW	14,6 kW
COP	4,7	4,6	4,4	4,5
Refrigeración con fancoils				
Potencia máxima de refrigeración	4,7 kW	6,6 kW	8,3 kW	12 kW
Potencia nominal de refrigeración	3,5 kW	5,0 kW	6,6 kW	10,9 kW
EER	2,4	2,8	3,1	2,5



Bomba de calor compacta aerotermia

	VWL 55/2 A	VWL 85/2 A	VWL 115/2 A	VWL 155/2 A
Datos eléctricos				
Tensión de alimentación	1/N/PE 230V 50Hz			
Intensidad de corriente de arranque máxima	16	16	20	25
Fusible	T4A	T4A	T4A	T4A
Circuito hidráulico				
Rango de temperaturas de producción	5 / 63 °C	5 / 63 °C	5 / 63 °C	5 / 63 °C
Caudal de agua nominal en calefacción	860 l/h	1400 l/h	1900 l/h	2590 l/h
Presión máxima de trabajo	3 bar	3 bar	3 bar	3 bar
Volumen mínimo de la instalación	17 l	21 l	35 l	60 l
Presión hidráulica disponible	640 mbar	450 mbar	300 mbar	370 mbar
Datos técnicos				
Caudal de aire máximo	2000 m3/h	2700 m3/h	3400 m3/h	5500 m3/h
Límites de funcionamiento mín. y máx.	-15 / 46 °C	-20 / 46 °C	-20 / 46 °C	-20 / 46 °C
Contenido de gas refrigerante	1,8 kg	2 kg	3,5 kg	4,4 kg
Presión sonora (A7W35 s/ EN 12102 y EN ISO 9614-1)	43	42	47	48

Anexos 2. Vaso de Expansión.

AMR

Acumuladores hidroneumáticos de membrana Grupos de presión

- ▶ Membrana recambiable, según EN 13831, apta para agua potable
- ▶ Los modelos de 100 AMR-P-A a 700 AMR-B cuentan con acoplamiento superior con conexión roscada (3/4" GM 1/2" GH)
- ▶ Pintura epoxi roja
- ▶ Fabricados conforme a la Directiva 2014/68/UE

Presión máxima de trabajo: 10 Bar
Precarga: 1,5 Bar (Aire)
Temperatura de servicio: -10° C / 100° C
Conexión de agua: Acero cincado s/ tabla R - GM



Modelos sin patas 10 Bar

Código	Modelo	Volumen (Lts)	Peso (Kg)	Ø D (mm)	H (mm)	R Conexión agua
01005014	5 AMR	5	2	200	245	1 "
01008021	8 AMR	8	2,5	200	350	1 "
01015021	15 AMR	15	4	270	320	1 "
01020021	20 AMR	20	4,5	270	425	1 "
01035021	35 AMR	35	9	360	485	1 "
01050021	50 AMR	50	10	360	620	1 "
▶ 01025051	24 AMR-E	24	4,5	350	390	3/4 "
▶ 01025061	24 AMR-E	24	4,5	350	390	1 "

▶ **NOTA:** La presión máxima de trabajo de los modelos 24 AMR es 8 Bar.

Anexos 3. Aguja Hidráulica + Bomba Ecocompact

Información de producto según se establece en las Normativas de la UE nº 811/2013 y nº 813/2013

Ficha de producto (según la Norma de la UE nº 811/2013)

(a) Nombre del proveedor o marca comercial	Vaillant				
(b) Identificador del modelo del proveedor	VSC 306/4-5 150				
(c) Calefacción: aplicación a temperatura media	si	Calentamiento de agua: perfil de carga declarado			XL
(d) Clase de Eficiencia energética estacional en calefacción	A	Clase de Eficiencia energética en calentamiento de agua			A
(e) Potencia térmica nominal, incluyendo la potencia de cualquier generador suplementario	30	kW			
(f) Calefacción: consumo anual de energía	26049	kWh	y / o	94	GJ
Calentamiento de agua: consumo anual de combustible y/o electricidad	32	kWh	y / o	17	GJ
(g) Eficiencia energética estacional en calefacción	92	%	Eficiencia energética en calentamiento de agua		85 %
(h) Nivel de potencia sonora, dentro	49	dB(A)			
(i) El generador mixto puede trabajar sólo durante las horas valle	no				
(j) Precauciones específicas para el montaje, instalación y mantenimiento	Antes de proceder al montaje, instalación o mantenimiento deben leerse los manuales de usuario e instalación y seguir las instrucciones				

Requisitos de información de producto (según la Norma de la UE nº 813/2013)

Modelo	VSC 306/4-5 150		
Caldera de condensación	si		
Caldera de baja temperatura**	si		
Caldera atmosférica tipo B1	no		
Generador de calor por cogeneración	no	En caso afirmativo, equipado con generador suplementario	-
Generador mixto	si		

artículo	Símbolo	Valor	Unidad	artículo	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia calorífica [kW]	P_{rated}	30	kW	Eficiencia energética estacional en calefacción	η_s	92	%
Para calderas de calefacción y calderas mixtas Potencia útil				Para calderas de calefacción y calderas mixtas Rendimiento útil			
A potencia nominal y a régimen de alta temperatura (*)	P_4	30,0	kW	A potencia nominal y a régimen de alta temperatura (*)	η_4	87,4	%
Ai 30% de potencia y a régimen de baja temperatura (**)	P_1	9,9	kW	Ai 30% de potencia y a régimen de baja temperatura (**)	η_1	97,3	%
Consumo de electricidad auxiliar				Generador suplementario			
A carga total	e_{max}	0,050	kW	Potencia calorífica [kW]	P_{sup}	0,0	kW
A carga parcial	e_{min}	0,020	kW	Tipo de energía de entrada			
En modo reposo	P_{SB}	0,002	kW	Otros artículos			
Para generadores de calefacción y acs				Pérdidas de calor en reposo			
Perfil de carga declarado	XL			Consumo de potencia del quemador de encendido	P_{ign}	0,000	kW
Consumo eléctrico diario (clima medio) [kWh]	Q_{elec}	0,150	kWh	Emisión de óxidos de nitrógeno	NO_x	32	mg/kWh
Datos de contacto				Eficiencia energética en calentamiento de agua			
Vaillant, Vaillant GmbHBerghäuser Str. 4042859 RemscheidGermany				Consumo diario de combustible (clima medio) [kWh]	Q_{fuel}	23,042	kWh

(*) Régimen de alta temperatura significa 60 ° C de temperatura de retorno en la entrada del generador y 80 ° C de temperatura a la salida hacia emisores.
 (**) Baja temperatura significa, para calderas de condensación 30 °C de temperatura de retorno, para las de baja temperatura 37 °C y 50 °C para el resto (en la entrada del generador).

Se tomarán precauciones específicas para el montaje, instalación o mantenimiento del generador/ información importante para el desmontaje, reciclado y/o eliminación al final de su vida

Antes de proceder al montaje, instalación o mantenimiento deben leerse los manuales de usuario e instalación y seguir las instrucciones. Antes del desmontaje, reciclado

Para calderas tipo B1 solo calefacción y mixtas

Esta caldera de tiro natural se conectará únicamente a un shunt comunitario de edificios existentes que evacúa los productos de la combustión al exterior. El aire para la combustión lo toma directamente de la habitación donde se encuentra e incorpora un cortatiro. Debido a su baja eficiencia, no se permite su uso en otro tipo de instalación ya que conllevaría a un alto consumo

Anexos 4. Desfangador 1"



Descripción

Los desfangadores magnéticos de las **Series WCS, WSS y WBS** aseguran un funcionamiento eficiente y duradero de la caldera evitando los efectos negativos de los residuos terrosos, calcáreos, arenosos y ferrosos.



WCS-Desfangador magnético compacto

Desfangador con imán exterior extraíble para la separación continua de lodos e impurezas (metálicas o no) de la instalación de calefacción y refrigeración. Puede instalarse en horizontal, vertical y diagonalmente. Cuerpo en latón y válvula de descarga para la limpieza. Se encuentra disponible con conexión roscadas de 3/4" y de 1". Caja de aislamiento en espuma rígida EPP de acuerdo con la norma AnIV y EnEV disponible bajo pedido.

Código	DN	Caudal/PN
DSC0034W	3/4"	1,26 m ³ /h - PN10
DSC0100W	1"	1,98 m ³ /h - PN10

Anexos 5. Sistema Flexotherm Vaillant

Bombas de calor

flexoTHERM exclusive



1183 x 595 x 600 mm

10 AÑOS DE GARANTÍA DEL COMPRESOR



-  EVI. La mejor tecnología disponible en geotermia
-  Frio/calor. Equipos reversibles
-  Regulador balance de energía
-  Bomba de circulación de alta eficiencia de clase A del circuito de la fuente de calor
-  Bomba de circulación de alta eficiencia de clase A del circuito de calefacción
-  Limitador de corriente de arranque
-  Resistencia adicional de apoyo a la calefacción y protección Legionella
-  Gestión de lectura de temperatura exterior, calefacción y ACS para la gestión integral de la instalación
-  Dispositivo de control remoto por VR 920, para la gestión del equipo vía internet

-  Infimo nivel sonoro, apto ubicación en cocina
-  Circuito de refrigeración totalmente controlado por sensores
-  Puesta en marcha gratuita
-  A++ máxima clasificación energética
-  Válvula diversora para la producción de ACS
-  multiMATIC VRC 700 incluido de serie



Máxima clasificación energética posible

Sistema flexible: una única referencia para geotermia y para evaporación por aire o agua, mediante combinación de accesorios ad hoc con conexión plug & play. Equipo reversible con producción de agua caliente sanitaria.

Módulo plug & play para refrescamiento gratuito, integrado en el armario de la bomba de calor. Perfecto para hibridación con gestión del coste energético (integración eBus con generadores ecoTEC) o rehabilitación (hasta 65°C), y en sistemas wellCONFORT con recoVAIR, mediante el regulador común, multiMATIC VRC 700.

Equipos silenciosos con gestión del nivel sonoro piHarmonic, mediante el control de la frecuencia para evitar molestias al oído humano. Todo en un moderno diseño para su integración en cualquier espacio de la vivienda.

Modelo	Unidad	VWF 57	VWF 87	VWF 117	VWF 157	VWF 197
Peso en vacío	kg	145	160	168	176	187
Eficiencia energética 35°C/55°C		A++	A++	A++	A++	A++
Pozo cerrado						
Eficiencia energética sistema 55°C		A++	A+++	A+++		
Ref. 230 V + multiMATIC inal.		00 2027 5156	00 2027 5157	00 2027 5158		
Ref. 230 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1528	00 2023 1529	00 2023 1530		
Potencia calorífica ¹ / frigorífica ²	kw	5,8/7,1	9,3/10,2	12,7/15,2		
Coef. de rendimiento COP ₁ / EER ₂		4,9/6,3	4,9/5,3	5,2/6,0		
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	930	1.450	1.930		
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.300	2.110	2.870		
Nivel de presión sonora ³	dB(A)	36	38	41		

(1) B5W35 AT5K conforme a EN 14511

(2) B25W18 conforme a EN 14511

(3) A 1 m de la unidad en modo calefacción y calculado a partir del ensayo de ruido según EN 12102 y EN ISO 9614-1

Modelo	Unidad	VWF 57	VWF 87	VWF 117	VWF 157	VWF 197
Pozo cerrado						
Eficiencia energética sistema 55°C		A++	A+++	A+++	A+++	A+++
Ref. 400 V + multiMATIC inal.		00 2027 5159	00 2027 5160	00 2027 5161	00 2027 5162	00 2027 5163
Ref. 400 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1520	00 2023 1521	00 2023 1522	00 2023 1523	00 2023 1524
Potencia calorífica ¹ /frigorífica ²	kW	5,9/7,1	9,8/9,2	12,4/15,8	16,0/17,4	22,0/24,1
Coef. de rendimiento COP ¹ /EER ²		5,2/6,4	5,6/5,2	5,6/6,9	5,5/5,9	5,3/5,5
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	920	1.530	1.960	2.450	3.320
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.290	2.320	3.000	3.590	4.780
Nivel de presión sonora ³	dB(A)	32	34	37	42	40
Pozo abierto + fluoCOLLECT						
		VMW 11 Si	VMW 11 Si	VMW 11 Si	VMW 19 Si	VMW 19 Si
Eficiencia energética sistema 55°C		A+++	A+++	A+++	A+++	A+++
Ref. 230 V + multiMATIC inal.		00 2027 5164	00 2027 5165	00 2027 5166	No disponible en monofásico	
Ref. 230 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1542	00 2023 1543	00 2023 1544		
Potencia calorífica ⁴ /frigorífica ²	kW	5,9/6,9	9,9/10,3	13,1/14,5		
Coef. de rendimiento COP ⁴ /EER ²		4,6/5,2	4,6/4,7	4,7/4,8		
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	1.025	1.730	2.270		
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.300	2.160	3.100		
Nivel de presión sonora ³	dB(A)	35	39	42		
Ref. 400 V + multiMATIC inal.		00 2027 5167	00 2027 5168	00 2027 5169	00 2027 5170	00 2027 5171
Ref. 400 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1534	00 2023 1535	00 2023 1536	00 2023 1537	00 2023 1538
Potencia calorífica ⁴ /frigorífica ²	kW	6,4/7,0	10,0/9,4	12,9/15,5	16,8/18,1	23,0/23,8
Coef. de rendimiento COP ⁴ /EER ²		4,8/5,3	5,2/4,7	5,1/5,6	5,4/5,0	5,2/4,7
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	1.100	1.720	2.170	2.920	3.990
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.450	2.240	3.520	4.540	5.480
Nivel de presión sonora ³	dB(A)	33	40	37	42	43
Intercamb. aire-agua aroCOLLECT*						
		1x VML 11 SA	1x VML 11 SA	1x VML 11 SA	2x VML 11 SA	2x VML 11 SA
Eficiencia energética sistema 55°C		A++	A++	A++	A++	A++
Ref. 400 V + multiMATIC inal.		00 2027 5172	00 2027 5173	00 2027 5174	00 2027 5175	00 2027 5176
Ref. 400 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1548	00 2023 1549	00 2023 1550	00 2023 1551	00 2023 1552
Potencia calorífica ⁵ /frigorífica ⁶	kW	6,2/6,6	8,8/8,6	11,5/12,1	15,3/15,8	19,8/22,3
Coef. de rendimiento COP ⁵ /EER ⁶		4,8/4,3	4,6/3,2	4,6/3,4	4,8/3,9	4,4/3,4
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	1.070	1.510	1.990	2.650	3.440
Presión sonora unidad interior ³	dB(A)	32	38	36	41	40
Presión sonora ud. ext. aroCOLLECT ³	dB(A)	35	43	48	45	48

(*) Con Intercambiadores aire-agua aroCOLLECT, no disponible modelos monofásicos.

(1) B5W35 A7SK conforme a EN 14511

(2) B25W18 conforme a EN 14511

(3) A 1 m de la unidad en modo calefacción y calculado a partir del ensayo de ruido según EN 12102 y EN ISO 9614-1

(4) W10W35 A7SK conforme a EN 14511

(5) A7W35 A7SK conforme a EN 14511

(6) A35W18 A7SK conforme a EN 14511

Bombas de calor

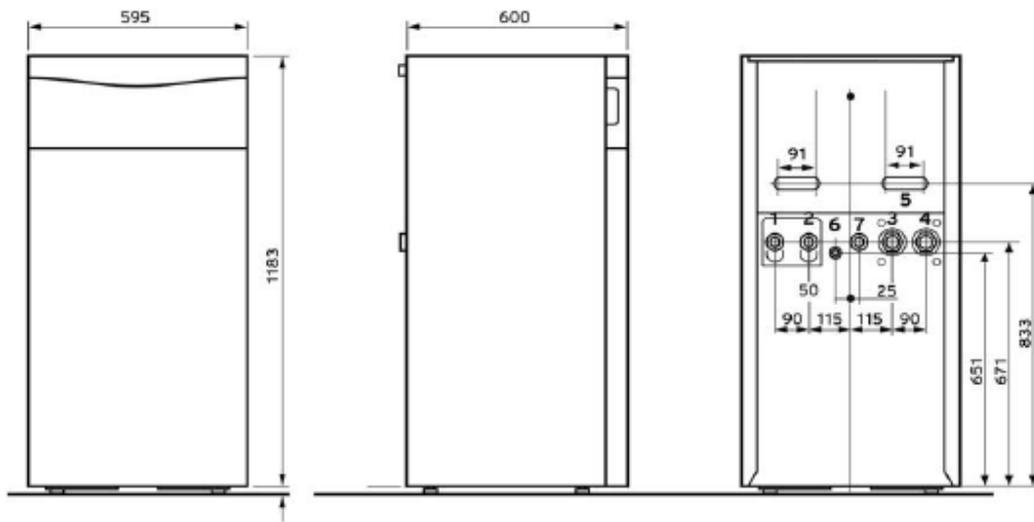
Modelo	Unidad	VWF 58	VWF 88	VWF 118
Peso en vacío	kg	212	227	234
Volumen del acumulador de ACS	l	171	171	171
Presión de funcionamiento máx.	bar	10	10	10
Eficiencia energética 35°C/55°C		A++	A++	A++
Eficiencia energética ACS		A	A	A
Pozo cerrado				
Eficiencia energética sistema 55°C		A++	A++	A++
Eficiencia energética ACS / Perfil de demanda		A/XL	A/XL	A/XL
Ref. monofás. + multiMATIC inal.		00 2027 5177	00 2027 5178	00 2027 5179
Ref. monofás. + multiMATIC cabl.		00 2023 1531	00 2023 1532	00 2023 1533
Potencia calorífica ¹	kW	5,8	9,3	12,7
Coefficiente de rendimiento COP ¹		4,9	4,9	5,2
Potencia frigorífica ²	kW	7,1	10,2	12,7
Coefficiente de rendimiento EER ²		6,3	5,3	6,0
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	930	1.450	1.930
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.300	2.110	2.870
Nivel de presión sonora ³	dB(A)	37	44	38
Ref. trifás. + multiMATIC inal.		00 2027 5180	00 2027 5181	00 2027 5182
Ref. trifás. + multiMATIC cabl.		00 2023 1525	00 2023 1526	00 2023 1527
Potencia calorífica ¹	kW	5,9	9,8	12,4
Coefficiente de rendimiento COP ¹		5,2	5,6	5,6
Potencia frigorífica ²	kW	7,1	9,2	15,8
Coefficiente de rendimiento EER ²		6,4	5,2	6,9
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	920	1.530	1.920
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.290	2.320	3.000
Nivel de presión sonora ³	dB(A)	34	35	35

(1) B5w35 AT5k conforme a EN 14511

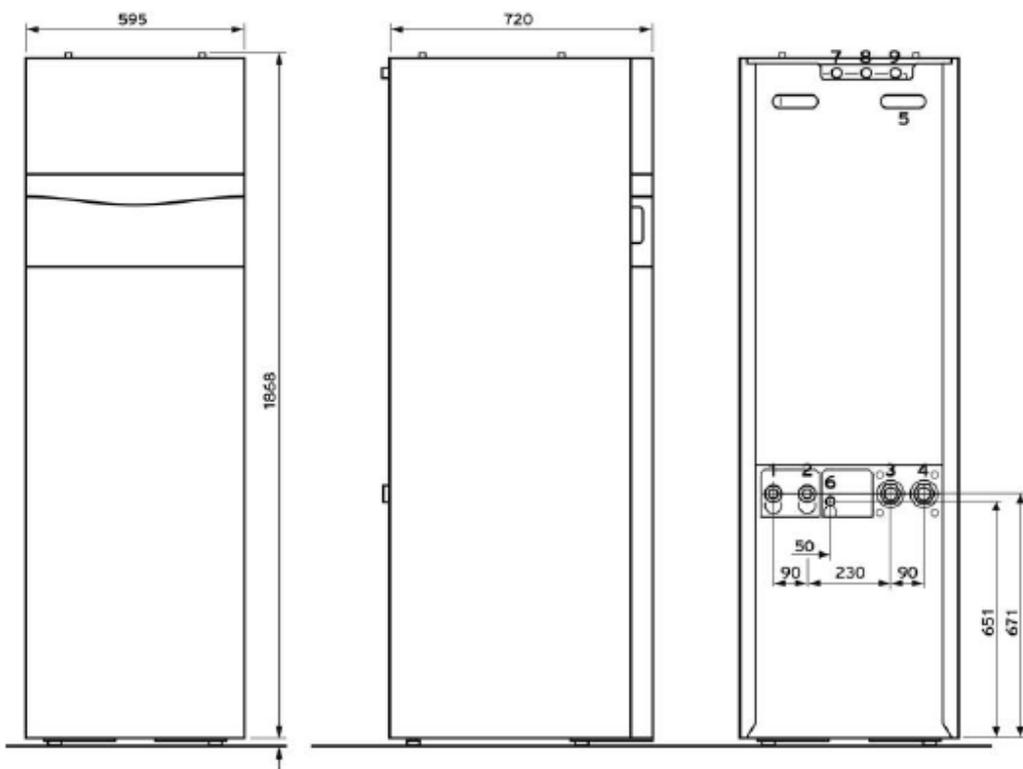
(2) B25w18 conforme a EN 14511

(3) A 1 m de la unidad en modo calefacción y calculado a partir del ensayo de ruido según EN 12102 y EN ISO 9614-1

Dimensiones flexoTHERM exclusive



flexoCOMPACT exclusive



Anexos 6.Suelo Radiante ALB

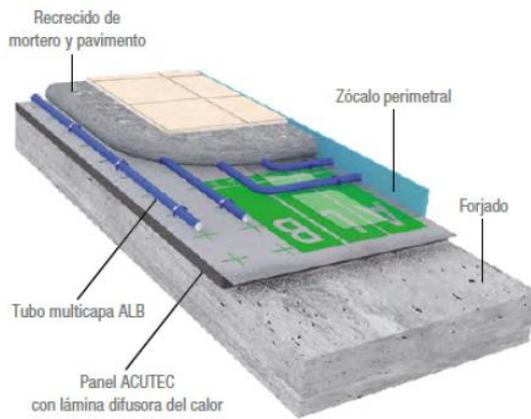
SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN RADIANTE



22-1002

SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN RADIANTE ALB-ACUTEC

1. Introducción



Altura del sistema (mm)	
Panel	25
Tubo	17 x 2
Mortero**	30
Total	72
	87

* Referencia 18735

** Grosor mínimo de mortero por encima del tubo según UNE EN 1264.

T. imp. (°C)	Potencia entregada (W/m²) según paso de tubo ***		Tipo de pavimento
	10 cm - Baños	15 cm - Zona permanencia	
30	61,03	53,83	Cerámica, gres u hormigón pulido
35	104,27	91,11	
40	Posible exceso de temperatura superficial		
45	Posible exceso de temperatura superficial		

4. Componentes

4.1. Panel aislante ALB-ACUTEC



Excelente aislamiento acústico a ruido de impactos:
 $AL_w = 28 \text{ dB}^*$

Panel aislante ALB-ACUTEC, fabricado en poliestireno expandido con grafito acústico, autoextinguible (Euroclase E), de 25 y 40 mm de espesor, este panel garantiza el aislamiento acústico a ruido de impacto según DB HR "Protección frente al ruido" y al mismo tiempo cumple con la resistencia a la conducción térmica indicada en la UNE EN 1264-4. Dispone de una lámina superficial de aluminio difusora del calor, provista de solapas autoadhesivas y cuadrícula de guía serigrafiada.

Características	
Material panel aislante	EPS con grafito acústico
Altura total (mm)	25 40
Material lámina superficial	Aluminio
Color lámina superficial	Gris con guías serigrafiadas
Largo (mm)	1000+25
Ancho (mm)	500+25
Superficie útil (m ²)	0,5
Resistencia a la compresión (10% de deformación)(kPa)	100
λ conductividad térmica aislante ^{***} (W/m-K)	0,030
Clase de reacción al fuego	E
Peso nominal (kg)	0,64 0,72
	^{***} ΔT 10K

Código	Grosor	RA	m ² /caja	m ² /palet
(*) 18736	25 mm	0,800	12	72
18732	40 mm	1,300	7,5	45

(*) Ensayo realizado con una solera de 45 mm por encima del tubo y un forjado normalizado según UNE-EN ISO 10140:2011.

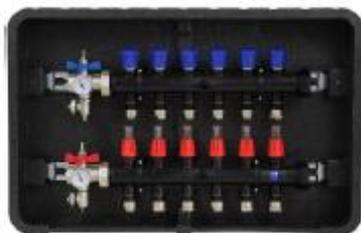
4.2. Tubo multicapa ALB 17x2



Tubo multicapa ALB azul para climatización radiante, 17 x 2; compuesto por una capa interior en polietileno PE-RT (DOWLEX 2388), una capa intermedia en aluminio de 0,2 mm de espesor, soldada a testa, y una capa exterior en polietileno (PE-RT). Presentación en rollos de 200 m ó de 500 m.

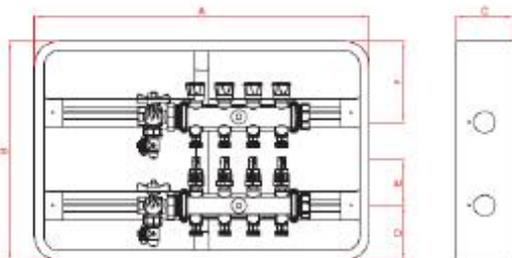
Para más información sobre el tubo multicapa ALB 17x2, consultar la ficha específica

4.3. Colector ALB ULTRACOMPACTO en caja ALB



Colector premontado ALB polimérico ultracompacto de alta resistencia de 1-1/2" con caudalímetros, de 3 a 11 vías, compuesto por un colector de ida con caudalímetros para la regulación y equilibrado de circuitos, y un colector de retorno con llaves de corte. Conectores con derivaciones de 3/4" fabricados en material polimérico (opcionalmente en latón); distancia entre derivaciones 60 mm. Derivaciones Eurocono 3/4" con biconos intercambiables para tubo multicapa. Incluye tapones ciegos 1" H, y válvula compacta ALB, con purgador manual, válvula de llenado/vaciado y llaves de corte con termómetro.

Montado en caja ALB fabricada en Polipropileno expandido de dos centímetros de grosor. Tapa exterior acabada en aluminio lacado en blanco. La tapa permite regulación para aumentar la profundidad.



Dimensiones en mm						
Sin base	A	B	C	D	E	F
De 3 a 8	700	480	120	115	95	150
De 9 a 11	930	480	120	125	100	155

Características caja	
Material de la caja	EPP
Material de la tapa	EPP + Aluminio 1mm
Material de la guía	Hierro zincado
Espesor del aislante	20 mm
Conductividad térmica	0,037 W/m-K

5. Accesorios

5.1. Film barrera de vapor



Código	Espesor
18695	300 µm
18696	150 µm

Película de polietileno de baja densidad que se coloca debajo del panel aislante en instalaciones de suelo radiante, particularmente en plantas que están en contacto directo sobre el terreno, o que pueden absorber humedad. Espesor 300 ó 150 µm, anchura 3 m (desplegada), longitud 33 m.

5.2. Grapas y grapadora



Código	Modelo
18687	Grapa de 20 mm – Paneles superiores a 25 mm
18600	Grapadora

Grapas de material plástico para mantener el tubo en el lugar deseado hasta el fraguado del mortero (una grapa cada 0,5 - 1m aprox.). Disponen de patas arponadas que aseguran una fijación firme del tubo sin riesgo de levantarse.

La grapadora permite trabajar de pie y realizar el tendido de tubo sobre el panel de forma rápida y precisa. De este modo se obtiene el máximo beneficio de las características de la combinación de tubo multicapa y panel liso. Dispone de un cargador de hasta 80 grapas.

5.3. Zócalo perimetral



Código	Espesor	Alto
18691	7 mm	137 mm
18690	8 mm	150 mm

Banda de 150 mm de alto y 8 mm de espesor, fabricada en espuma de polietileno de celda cerrada; este material posee un coeficiente elástico adecuado para deformarse bajo la presión dilatométrica del mortero, y permitir su expansión sin que se produzcan efectos adversos en la construcción.

5.5. Aditivo



El aditivo para mortero de suelo radiante ALB es un producto superplastificante, reductor de agua y acelerador, que mejora las resistencias iniciales y finales del mortero, la impermeabilidad y la durabilidad del pavimento, y no provoca retrasos de fraguado. Es conforme a la norma UNE-EN934-2.

La dosificación habitual se encuentra entre el 1% y el 2% sobre peso de cemento según incremento de trabajabilidad y reducción de agua deseada.

Un ejemplo dosificación habitual sería: 1 litro de aditivo 100kg de cemento

Se recomienda en cada caso realizar los ensayos oportunos para determinar la dosificación óptima. Categoría del cemento no inferior a CEM II/A 32,5N. **Importante, no mezclar con otros aditivos ni con morteros autonivelantes.**

Código	Suministro
18870	10 l

Para más información sobre el aditivo, consultar las fichas específicas

Anexos 7. Interruptor Magnetotérmico 63A



Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 2P; 63 A; curva C; 6000 A/10 kA

A9F79263

Principal

Aplicación del dispositivo	Para corriente > 0,1 A
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC60 RCBO
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
[In] Corriente nominal	63 A
Tipo de red	Corriente continua AC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en <= 125 V corriente continua acorde a Icu 10 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 36 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu
Categoría de empleo	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En > 50 A
Poder de seccionamiento	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a HB1 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a En > 50 A
Normas	En > 50 A IEC 60898-1 EN 60898-1 HB1

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a En > 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a En > 50 A - 12...133 V AC 50/60 Hz

27 kA 75 % acorde a HB1 - 12...133 V AC 50/60 Hz
 6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
 6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
 10 kA 100 % acorde a En> 50 A - 72...125 V corriente continua
 10 kA 100 % acorde a HB1 - 72...125 V corriente continua

[U] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Caril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	Arriba o abajo, estado 1 Sí
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Conexiones - terminales	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...35 mm ² rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm ² flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
Grado de contaminación	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Peso del empaque (Lbs)	258,0 g
Paquete 1 Altura	3,5 cm
Paquete 1 ancho	7,5 cm
Paquete 1 Longitud	9,5 cm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Peso del paquete 2	1,601 kg
Paquete 2 Altura	8 cm
Ancho del paquete 2	9,5 cm
Longitud del paquete 2	22,5 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	66
Paquete 3 Peso	18,098 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

Anexos 8. Interruptor Magnetotérmico 25A



Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 2P; 25 A; curva C; 6000 A/10 kA

A9F79225

Principal

Aplicación del dispositivo	Para corriente > 0,1 A
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC60 RCBO
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
[In] Corriente nominal	25 A
Tipo de red	AC Corriente continua
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en <= 125 V corriente continua acorde a Icu 10 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 36 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu
Categoría de empleo	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En > 50 A
Poder de seccionamiento	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a HB1 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a En > 50 A
Normas	En > 50 A IEC 60898-1 HB1 EN 60898-1

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a En > 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a En > 50 A - 12...133 V AC 50/60 Hz

27 kA 75 % acorde a HB1 - 12...133 V AC 50/60 Hz
6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
10 kA 100 % acorde a En> 50 A - 72...125 V corriente continua
10 kA 100 % acorde a HB1 - 72...125 V corriente continua

Clase de limitación	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
[U_i] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
[U_{imp}] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Caril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo pelne	Arriba o abajo, estado 1 Sí
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Conexiones - terminales	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm ² rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm ² flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
Grado de contaminación	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	238,0 g
Paquete 1 Altura	7,5 cm
Paquete 1 ancho	3,6 cm
Paquete 1 Longitud	9,4 cm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Peso del paquete 2	1,428 kg
Paquete 2 Altura	8,5 cm
Ancho del paquete 2	10 cm
Longitud del paquete 2	22 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	66
Paquete 3 Peso	16,222 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

Anexos 9. Interruptor Diferencial



Interruptor diferencial; Acti9 iID; 2P;
 63A; 30mA AC

A9R81263

Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iID40
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	iID
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	63 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	220...240 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	I _{dm} 1500 A I _m 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz
[U _{imp}] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Corriente de sobretensión	250 A
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta

Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Caril DIN
Pasos de 9 mm	4
Altura	91 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	73,5 mm
Peso del producto	0,21 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1, estado 1 15000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminal simple arriba o abajo1...35 mm ² rígido Terminal simple arriba o abajo1...25 mm ² flexible Terminal simple arriba o abajo1...25 mm ² flexible con terminal
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo

Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP40 - tipo de cable: envolvente modular) acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	3
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 250 A acorde a EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	226 g
Paquete 1 Altura	4 cm
Paquete 1 ancho	8 cm
Paquete 1 Longitud	9,6 cm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Peso del paquete 2	2,356 kg
Paquete 2 Altura	10 cm
Ancho del paquete 2	10 cm
Longitud del paquete 2	26 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	54

Paquete 3 Peso	12,601 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto con contenido plástico sin halógenos

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

Anexos 10. Cableado.

Cables 0,6/1 kV

RV-K 0,6/1 kV



Descripción

Los cables RV-K 0,6/1kV son los indicados para el transporte y distribución de energía eléctrica en baja tensión. Recomendado para conexiones industriales, acometidas, distribución interna y otras instalaciones fijas. Adecuados para instalaciones en interiores y exteriores, sobre soportes al aire, en tubos o enterrados.

Dada su gran flexibilidad son muy apropiados para instalaciones complejas y de gran dificultad.

Normas de Referencia: UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502

Aplicaciones

Según el REBT 2002, para las siguientes instalaciones:

- ITC-BT 07 Redes subterráneas para distribución en baja tensión
- ITC-BT 09 Redes de alimentación subterránea para instalaciones de alumbrado exterior
- ITC-BT 11 Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas subterráneas
- ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras
- ITC-BT 30 Instalaciones en locales de características especiales

Adecuados para instalaciones interiores y exteriores, sobre soportes al aire, en tubos o enterrados.

Características Técnicas

1. Conductor	Cobre electrolítico flexible (Clase V) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228
2. Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502-1
3. Cubierta	PVC tipo DMV-18 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502
Tensión nominal	0,6/1 kV
Tensión de ensayo	3.500 V C.A.
Temperatura máxima	90 °C
Otras características	

Resistencia UV: ensayo climático según UNE 211605

Color según UNE 21089 y HD 308 S2 (marcados con colores para menos de cinco conductores), UNE-EN 50334 y EN 50334 (marcados por inscripción para más de cinco conductores)

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1-2, EN 60332-1-2 e IEC 60332-1-2

El uso de polietileno reticulado (XLPE) admite una mayor densidad de corriente, a igualdad de sección, respecto al aislamiento con PVC

Clasificación CPR según EN 50575

Cables 0,6/1 kV

RV-K 0,6/1 kV



Dimensiones

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ohm/km)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (kg/km)	Clase
1x1,5	13,3	5,65	35	Eca
1x2,5	7,98	6,05	45	Eca
1x4	4,95	5,90	61	Eca
1x6	3,3	6,55	82	Eca
1x10	1,91	7,30	120	Eca
1x16	1,21	8,50	178	Eca
1x25	0,78	10,25	255	Eca
1x35	0,554	11,55	351	Eca
1x50	0,386	13,10	487	Eca
1x70	0,272	15,05	674	Eca
1x95	0,206	17,60	901	Eca
1x120	0,161	19,40	1.127	Eca
1x150	0,129	21,80	1.410	Eca
1x185	0,106	23,60	1.728	Eca
1x240	0,0801	26,80	2.239	Eca
1x300	0,0641	29,90	2.790	Eca
1x400	0,0486	33,20	3.632	Eca
1x500	0,0384	40,00	4.882	Eca
1x630	0,0287	48,00	6.504	Eca
2x1,5	13,3	8,25	92	Eca
2x2,5	7,98	9,10	120	Eca
2x4	4,95	10,05	158	Eca
2x6	3,3	11,20	209	Eca
2x10	1,91	12,80	306	Eca
2x16	1,21	16,50	532	Eca
2x25	0,78	20,80	786	Eca
2x35	0,554	22,60	1.014	Eca
2x50	0,386	25,70	1.409	Eca
3G1,5	13,3	8,85	109	Eca
3G2,5	7,98	9,70	145	Eca
3G4	4,95	10,90	198	Eca
3G6	3,3	11,95	260	Eca

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ohm/km)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (kg/km)	Clase
3G10	1,91	13,70	390	Eca
3x16	1,21	17,55	663	Eca
3x25	0,78	22,05	978	Eca
3x35	0,554	24,30	1.296	Eca
3x50	0,386	27,60	1.799	Eca
3x70	0,272	31,80	2.400	Eca
3x95	0,206	35,90	3.178	Eca
3x120	0,161	41,80	4.067	Eca
4G1,5	13,3	9,60	132	Eca
4G2,5	7,98	10,60	175	Eca
4G4	4,95	11,80	239	Eca
4G6	3,3	13,20	323	Eca
4G10	1,91	15,20	488	Eca
4x16	1,21	19,10	813	Eca
4x25	0,78	24,00	1.193	Eca
4x35	0,5554	27,15	1.609	Eca
4x50	0,386	30,75	2.244	Eca
4x70	0,272	35,30	3.124	Eca
4x95	0,206	42,50	4.303	Eca
4x120	0,161	46,60	5.237	Eca
5G1,5	13,3	10,40	152	Eca
5G2,5	7,98	11,40	206	Eca
5G4	4,95	12,90	284	Eca
5G6	3,3	14,50	388	Eca
5G10	1,91	16,80	597	Eca
5G16	1,21	20,85	965	Eca
5G25	0,78	26,60	1.478	Eca
5G35	0,5554	29,60	1.936	Eca
5G50	0,386	34,00	2.751	Eca
5G70	0,272	40,00	3.852	Eca
5G95	0,206	45,00	4.879	Eca