



**Universitat de les
Illes Balears**

Escola Politècnica Superior

Memòria del Treball de Fi de Grau

ESTUDIO Y PROYECTO DE UNA PROMOCIÓN MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Joan Dols Crespí

Grau d' Edificació

Any acadèmic 2019-20

DNI de l'alumne: 43179147M

Treball tutelat per: Iñaki López Fau
Departament de Física

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	x		x	

Paraules clau del treball:
Bioclimàtica, renovable, geotermia, aerotermia.

INDICE :

LISTADO DE TABLAS:	4
LISTADO DE FIGURAS:	5
LISTADO DE ACRÓNIMOS	7
RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. CONTENIDO	12
2.1. DESCRIPCIÓN, ANTEPROYECTO Y DIRECTRICES PRINCIPALES.....	12
2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL ENCARGO.....	12
2.1.2. VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	12
2.1.3. CONCEPTOS PREVIOS Y PUNTO DE PARTIDA	13
2.1.4. CRITERIOS INICIALES.....	14
2.1.5. SECCIÓN CLIMÁTICA.....	24
2.1.6. EVOLUCIÓN DE LA PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN	25
2.2. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AIRE – EL POZO CANADIENSE.....	26
2.2.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	26
2.2.2. DEFINICIONES.....	28
2.2.3. FUNDAMENTOS TERMODINÁMICOS	32
2.2.4. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	32
2.2.5. INDICACIONES PARA SU INSTALACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	35
2.2.6. CONFIGURACIONES DEL SISTEMA.....	37
2.2.7. FUNDAMENTO FÍSICO	40
2.2.8. DESCRIPCIÓN DE NUESTRO SISTEMA:.....	42
2.2.9. CALCULOS.....	42
2.3. ESTUDIO SISTEMAS DE CALEFACCIÓN	50
2.3.1. ESTIMACIONES INICIALES.....	50
2.3.2. ESTUDIO DE CONSUMOS Y COSTES.....	52
2.3.3. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	54
2.3.4. SELECCIÓN DEL SISTEMA:.....	54
2.3.5. DEFINICIÓN AEROTERMIA.....	56
2.3.6. JUSTIFICACIÓN DE LA NORMATIVA.....	56
2.4. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	59
2.4.1. AGENTES.....	59
2.4.2. ANTECEDENTES Y CONDICIONANTES DE PARTIDA	59

2.4.3.	DATOS ESCRITURA SOLAR	59
2.4.4.	EQUIPAMIENTO URBANO	59
2.4.5.	JUSTIFICACIÓN DE LA NORMATIVA URBANÍSTICA	60
2.4.6.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	61
2.4.7.	SOLUCIÓN ADOPTADA	62
2.5.	MEMORIA CONSTRUCTIVA	63
2.5.1.	SISTEMA ESTRUCTURAL	63
2.5.2.	SISTEMA ENVOLVENTE.....	63
2.5.3.	SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN	64
2.5.4.	SISTEMA DE ACABADOS	64
2.5.5.	SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES.....	64
2.5.6.	PISCINA.....	66
2.6.	CUMPLIMIENTO DEL CTE.....	69
2.6.1.	JUSTIFICACIÓN DEL DB-SE	69
2.6.2.	JUSTIFICACIÓN DEL DB-SI.....	77
2.6.3.	JUSTIFICACIÓN DEL DB-SUA	86
2.6.4.	JUSTIFICACIÓN DEL DB-HS.....	92
2.6.4.1.	JUSTIFICACIÓN HS 1 PROTECCION FRENTE A LA HUMEDAD	92
2.6.4.2.	JUSTIFICACIÓN HS 2 RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS	101
2.6.4.3.	JUSTIFICACIÓN DEL DB-HS 3.....	102
2.6.4.4.	JUSTIFICACIÓN HS4 – SUMINISTRO.....	104
2.6.4.5.	JUSTIFICACION HS 5	109
2.6.5.	JUSTIFICACIÓN DB- HR:	116
2.6.6.	JUSTIFICACIÓN DEL CTE DB HE.....	121
2.6.6.1.	SECCION HE 0 LIMITACION DEL CONSUMO ENERGÉTICO:	121
2.6.6.2.	SECCION HE 1 LIMITACION DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.....	123
2.6.6.3.	SECCIÓN HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS	134
2.6.6.4.	SECCION HE 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.....	137
2.6.6.5.	SECCIÓN HE 4 CONTRIBUCION SOLAR MINIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA 137	
2.6.6.6.	SECCION HE 5 CONTRIBUCION FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA 137	
2.7.	CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS	138
2.7.1.	JUSTIFICACIÓN DEL DECRETO 145/1997 CONDICIONES DE HABITABILIDAD.....	138
2.7.2.	JUSTIFICACIÓN REBT	142

2.7.3.	JUSTIFICACIÓN DEL RD/98, RD 346/2011 ORDRE ITEC/1644/2011 SOBRE INFRAESTRUCTURAS COMUNES DE TELECOMUNICACIONES	154
2.8.	PRESUPUESTO:	159
2.9.	LISTADO DE PLANOS.....	160
3.	RESULTADOS	161
4.	CONCLUSIONES:	165
5.	REFERÉNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
6.	ANEJOS	169
6.1.	CERTIFICADOS ENERGÉTICOS DE LAS VIVIENDAS	169
6.2.	RENDERIZADO	182
6.3.	ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE ADOSADO EN BAHIA CON BOMBA DE CALOR Y PLACAS FOTOVOLTAICAS	207
6.4.	DATOS DE DISEÑO PARA INTERCAMBIADOR DE CALOR AIRE-TIERRA REALIZADO POR LA EMPRESA REHAU SOBRE NUESTRO PROYECTO	221
6.5.	ESTUDIO DE COSTES DEL PROYECTO.....	229
6.6.	LISTADO DE LA OBRA SOBRE EL CALCULO ESTRUCTURAL MEDIANTE EL SOFTWARE CYPECAD.....	232
6.7.	RESUMEN DE COMBINACIONES USADAS PARA EL CALCULO ESTRUCTURAL MEDIANTE EL SOFTWARE CYPECAD	240
6.8.	MEDICIONES Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO	243
6.9.	PLANOS DEL PROYECTO	284

LISTADO DE TABLAS:

Tabla 1. Datos sobre el estudio económico y de mercado	12
Tabla 2. Valores orientativos de conductividad y capacidad calorífica según IDAE	31
Tabla 3. Valores de temperatura y humedad media en T.M de Llucmajor, Mallorca	43
Tabla 4. Resumen sobre sistema bomba de calor y placa fotovoltaica	50
Tabla 5. Costes aproximados de los componentes	51
Tabla 6. Resumen de combustibles más usados, precios y características.	52
Tabla 7. Resumen costes Kwh según el sistema	52
Tabla 8. Costes anuales de calefacción	53
Tabla 9. Gastos para generar ACS	53
Tabla 10. Comprobación de la energía consumida	57
Tabla 11. Consumo de la energía consumida suponiendo placas fotovoltaicas	58
Tabla 12. Emisiones de CO2	58
Tabla 13. Resumen superficies casa A	61
Tabla 14. Resumen superficies casa B	62
Tabla 15. Resumen parámetros urbanísticos	62
Tabla 16. Resumen cargas gravitatorias	70
Tabla 17. Resumen pesos propios	70
Tabla 18. Resumen flechas admisibles	72
Tabla 19. Resumen desplazamientos admisibles	72
Tabla 20. Características del hormigón	72
Tabla 21. Características del acero en barras	73
Tabla 22. Características del acero en perfiles	73
Tabla 23. Resumen periodos de desencofrado	73
Tabla 24. Flechas admisibles utilizadas	75
Tabla 25. Resumen densidades de ocupación	80
Tabla 26. Tabla resumen HS2	101
Tabla 27. Tabla resumen admisiones y extracciones	103
Tabla 28. Tabla resumen justif. HS 3	103
Tabla 29. Tabla 2.1. del CTE DB HS 4	104
Tabla 30. Resumen justificación cálculos agua fría	106
Tabla 31. Resumen justificación cálculos agua caliente	107
Tabla 32. Resumen justificación bajantes aguas residuales	111
Tabla 33. Resumen justificación colectores aguas residuales	112
Tabla 34. Resumen justificación cálculos aguas pluviales	113
Tabla 35. Resumen justificación colectores aguas pluviales	114
Tabla 36. Resumen justificación cálculos de ventilación de bajantes	115
Tabla 37. Tabla 4.13 del CTE DB HS 5	115
Tabla 38. Superficies casa A	139
Tabla 39. Superficies casa B	140
Tabla 40. Resumen secciones tubos y cables electricidad	149
Tabla 41. Resumen prestaciones conjunto bomba de calor – placa fotovoltaica	162

LISTADO DE FIGURAS:

Figura 1. Relación entre los factores sociales, económicos y ecológicos.	9
Figura 2. Construcción sostenible	13
Figura 3. Orientación de las plantas	15
Figura 4. Movimientos del sol, trayectorias y ángulos de la posición del sol	16
Figura 5. Modelizado 21 de junio, 12:00 a.m.	16
Figura 6 Modelizado 21 de diciembre, 12:00 a.m.	17
Figura 7. Modelizado 21 de junio, 17:00 p.m.	17
Figura 8 Modelizado 21 de diciembre, 17:00 p.m.	17
Figura 9. Cambios de temperatura mediante vegetación	18
Figura 10. Sistema de ventilación cruzada	19
Figura 11. Funcionamiento de la chimenea solar	19
Figura 12. Funcionamiento del conjunto chimenea solar y pozo canadiense	20
Figura 13. Tratamiento del aire por evaporación	21
Figura 14. Esquema de un pozo canadiense	22
Figura 15. Modelizado de pérgola mediante cañizo	22
Figura 16. Modelizado de celosías mediante ladrillos cerámicos	23
Figura 17. Alero que permite el acceso del sol de invierno y protege en verano	23
Figura 18. Ejemplo carpinterías de una vivienda	24
Figura 19. Sección climática	24
Figura 20. Ejemplo de cueva en Mallorca	26
Figura 21. Interior casa cueva en capadocia, Turquía.	27
Figura 22. Casas cueva en Guadix granada	27
Figura 23. Funcionamiento villas Costozza	28
Figura 24. Gráfica temperatura, profundidad	29
Figura 25. Variación de la temperatura a varias profundidades	29
Figura 26. Conductividad térmica	30
Figura 27. Torre aspiración	33
Figura 28. Colector	33
Figura 29. Conductos, REHAU	34
Figura 30. Depósito de condensados	35
Figura 31. Diseño de las zanjas	36
Figura 32. Distribución directo aislado (anillos)	38
Figura 33. Distribución Techelmann (rejilla)	39
Figura 34. Distribución bloque Techelmann (bloque-rejilla)	39
Figura 35. Funcionamiento del recuperador de calor con bypass	42
Figura 36. Valores de confort según el programa Climate consultant	43
Figura 37. Resumen del uso del diagrama psicométrico	47
Figura 38. Datos de diseño del sistema	48
Figura 39. Datos aporte energético del sistema	49
Figura 40. Gráfica de temperaturas en verano	49
Figura 41. Resumen sistema caldera de gas y placa solar térmica	51
Figura 42. Esquema sistema aerotermia	54
Figura 43. Esquema sistema placas fotovoltaicas	55
Figura 44. Ciclo termodinámico	56
Figura 45. Modelizado de la estructura mediante Cypecad	75
Figura 46. Modelizado de la estructura mediante Cypecad.	76
Figura 47. Tabla 1.1 del CTE DB-SI sección 1	77
Figura 48. Tabla 1.2 del CTE DB-SI sección 1	78
Figura 49. Tabla 4.1 del CTE DB-SI sección 1	79
Figura 50. Comentarios del CTE DB-SI sección 2	80
Figura 51. Tabla 2.1 del CTE DB-SI sección 3	80

Figura 52. Tabla 3.1 del CTE DB-SI sección 3	81
Figura 53. Tabla 4.1 del CTE DB-SI sección 3	82
Figura 54. Tabla 3.1 del CTE DB-SI sección 6	84
Figura 55. Tabla F.1 y F.2 del CTE DB-SI anejo F	85
Figura 56. Mapa de densidad de impactos del CTE DB-SUA apartado 8	88
Figura 57. Tabla 1.1 del CTE DB-SUA apartado 8	89
Figura 58. Tabla 1.2 del CTE DB-SUA apartado 8	89
Figura 59. Tabla 2.1 del CTE DB HS 1	92
Figura 60. Tabla 2.2 del CTE DB HS 1	92
Figura 61. Figura 2.4. del CTE DB HS 1	94
Figura 62. Tabla 2.6. del CTE DB HS 1	94
Figura 63. Tabla 2.5. del CTE DB HS 1	94
Figura 64. Tabla 2.7. del CTE DB HS 1	95
Figura 65. Figura 2.7. del CTE DB HS 1	96
Figura 66. Figura 2.8. del CTE DB HS 1	96
Figura 67. Figura 2.9. del CTE DB HS 1	97
Figura 68. Figura 2.2. del CTE DB HS 1	97
Figura 69. Tabla 2.1 del CTE DB HS 3	102
Figura 70. Esquema fontanería con caudal suficiente del CTE DB HS 4	105
Figura 71. Esquema instalación agua fría	106
Figura 72. Esquema instalación agua caliente sanitaria	107
Figura 73. Tabla 2.1 del CTE DB HR	117
Figura 74. Solución constructiva del documento del COAIB	117
Figura 75. Tabla 4.2.4. del catálogo de elementos constructivos del CTE	118
Figura 76. Tabla 4.1.5. del catálogo de elementos constructivos del CTE	118
Figura 77. Tabla 3.18.1. del catálogo de elementos constructivos del CTE	119
Figura 78. Tabla 4.4.3. del catálogo de elementos constructivos del CTE	119
Figura 79. Tabla 2.1 del CTE DB HE sección 0	121
Figura 80. Certificado casa A	121
Figura 81. Certificado casa B	122
Figura 82. Tabla 2.1 del CTE DB HE sección 1	123
Figura 83. Demandas casa A según CERMA	123
Figura 84. Demandas casa B según CERMA	123
Figura 85. Resumen energía eléctrica generada	137
Figura 86. Esquema vivienda unifamiliar según ITC BT	142
Figura 87. Tabla 5 sobre la intensidad admisible para cables conductores de las ITC BT	146
Figura 88. Tabla 1 sobre la sección mínima del conductor neutro de las ITC BT	146
Figura 89. Tabla 9 sobre diámetros exteriores de los tubos de las ITC BT	147
Figura 90. Comentarios del anejo 2 del REBT	147
Figura 91. Tabla 5 sobre caídas de tensión por A y km para cables de 0,6/1Kv de las ITC BT.	148
Figura 92. Tabla A sobre la intensidad máxima admisible de las ITC BT.	148
Figura 93. Tabla F sobre el diámetro de los tubos en suministro monofásico de las ITC BT.	149
Figura 94. Esquemas sobre restricciones en locales húmedos de las ITC BT.	150
Figura 95. Tabla 1 sobre la selección e instalación de materiales eléctricos de las ITC BT	150
Figura 96. Figura 4 de las ITC BT	151
Figura 97. Tabla sobre la resistividad de los suelos	152
Figura 98. Tabla sobre tipos electrodos y su resistencia	152
Figura 99. Aporte del pozo canadiense en invierno y en verano	161
Figura 100. Resumen resultados de la bomba de calor	162
Figura 101. Resumen aporte mensual de energía eléctrica	162
Figura 102. Datos sobre las reducciones de CO2 mediante el uso de aislamiento natural	164

LISTADO DE ACRÓNIMOS

- TFG: Trabajo de fin de carrera
- COP: Coeficiente de operatividad o de rendimiento
- ACS: Agua caliente sanitaria
- ICTA: Sistemas de intercambio de calor tierra-aire
- CTE: Código técnico de la edificación
- SPF: Rendimiento medio estacional
- DB: Documento básico
- CDT: Caída de tensión
- CGPM : caja general de protección y mando

RESUMEN

En este TFG se proyectan dos viviendas unifamiliares pareadas bajo los principios de la arquitectura sostenible y bioclimática, intentando utilizar materiales respetuosos con el medio ambiente, optimizando el aprovechamiento de la energía solar e introduciendo fuentes de energía renovables como la aerotermia o la geotermia para satisfacer las demandas tanto de calefacción y generación de ACS, como las de refrigeración y ventilación. Todo ello, en respuesta a la problemática situación que provocan los altos niveles de emisiones de CO₂ que se liberan a la atmósfera, la generación de residuos plásticos o de otro tipo debido al sector de la construcción y sobre todo para remarcar la importancia de utilizar fuentes de energía que sean respetuosas con el medio ambiente.

Se ha proyectado un diseño óptimo, estudiando las condiciones ambientales de la zona, intentado aprovechar el sol en periodos fríos y evitándolo en periodos cálidos, creando un espacio que combina las directrices tradicionales con las modernas, donde los usuarios disponen de un gran confort gracias a la alta eficiencia energética del conjunto.

Se trata de dos viviendas unifamiliares pareadas no simétricas, compuestas por planta baja y planta piso, con capacidad para 7 ocupantes, donde disponen de varias terrazas, jardines y piscina privativos. La vivienda dispone de placas solares fotovoltaicas situadas en la cubierta plana que ayudan a reducir las facturas de electricidad, también disponen de una bomba de calor que genera simultáneamente agua caliente sanitaria y suministra calefacción mediante radiadores de bajo consumo, y además, dispone de un intercambiador de aire tierra, conocido como pozo canadiense que juntamente con un recuperador de calor pre trata el aire antes de la entrada en la vivienda, eliminando las pérdidas energéticas que aparecen al introducir los sistemas tradicionales de ventilación, manteniendo las condiciones de confort y aumentando la eficiencia energética del conjunto.

También se han realizado todos los cálculos necesarios para determinar la eficiencia y la capacidad de nuestros sistemas, que, a su vez, se ha contrastado con una estimación de las demandas energéticas mediante softwares reconocidos, para poder asegurar la eficacia y el rendimiento del conjunto, obteniendo resultados muy positivos.

Se trata de una promoción de viviendas, económicamente rentable, que generan valores próximos a 6 KgCO₂/m² anuales, por lo que se trata de edificaciones muy respetuosas con el medio ambiente y que minorizan su impacto ambiental.

1. INTRODUCCIÓN

Contaminación, explotación de recursos naturales, cambio climático, déficit público, difícil acceso a vivienda ... Son palabras usuales en los canales informativos, incluso en nuestras conversaciones habituales [1]. Todas ellas se pueden englobar en un concepto de mayor ámbito conocido como crisis, una crisis que se vio acelerada por la recesión económica, que tuvo su inicio en 2008 y duró unos 10 años, a la mayor parte de las economías mundiales.

Sin embargo, la palabra crisis no se limita a la situación económica, sino también a la ecológica, provocada por varios factores como pueden ser el cambio climático, las emisiones de gases a la atmosfera que contribuyen al efecto invernadero, los cambios drásticos de temperatura, entre otros. A todo esto, se suma el aumento de la población mundial y en consecuencia al aumento del consumo de energía para conseguir satisfacer las necesidades humanas por parte de países desarrollados, cuya situación provoca sobreexplotaciones de los recursos naturales, la deforestación masiva... [3].

La crisis, está íntimamente relacionada con el sector de la construcción. Por eso, parte de la recesión económica fue debida a la denominada crisis hipotecaria, resultado de una especulación en aumento del sector de la vivienda. Debido a dicha situación y a varios aspectos económicos, el modelo más común que se aplica en el sector de la construcción es aquel que se basa en abaratar los costes de explotación para el promotor, sin considerar los beneficios ambientales que se generarían con otras alternativas [2].

Todos estos temas, han provocado que la gente asuma parte de culpa y tome consciencia social para intentar frenar esta corriente, orientando los pasos hacia un futuro mejor trabajando bajo un marco de sostenibilidad [2]. Este tipo de movimientos se recogen por primera vez en el informe Brundtland (1987) donde se empieza a atisbar el desarrollo sostenible como una vía de mejora para la sociedad o el protocolo de Kioto (1998) en el que se introduce un compromiso de limitación de las emisiones de gases a la atmosfera [1]. Más tarde, en el documento de la cumbre mundial de 2005 se introdujeron los tres pilares del desarrollo sostenible: el desarrollo social, el desarrollo económico y la protección del medio ambiente.

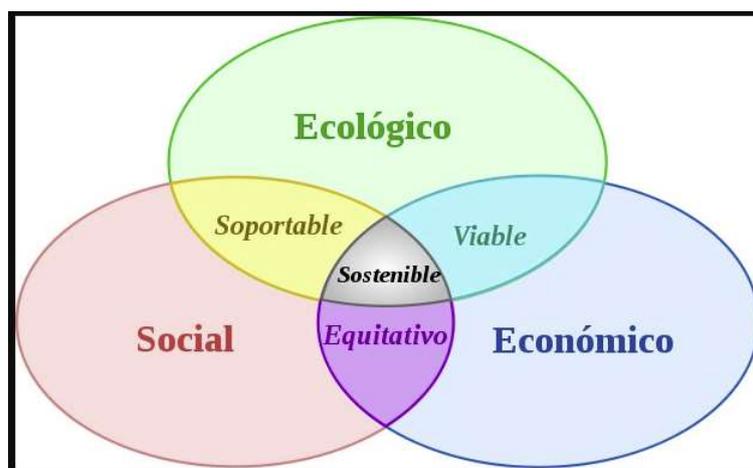


Figura 1. Relación entre los factores sociales, económicos y ecológicos.

Uno de los conceptos, el cual, se hace hincapié, es el desarrollo sostenible, que se basa en intentar utilizar fuentes de energía renovables y sostenibles que sean independientes del clima y de la estación, para permitir un ahorro energético y reducir las emisiones de gases a la atmosfera [4].

La previsión a corto plazo es la reducción del consumo a cero, como se establece en la directiva europea de eficiencia energética de edificios 2010/31/UE por la cual a partir del 31 de diciembre de 2020 todos los edificios nuevos tendrán que ser de consumo casi nulo, y en uso administrativo a partir de 2018. La previsión a medio plazo es de un consumo completamente nulo y a largo plazo se empezarán a ver iniciativas en las cuales los edificios serán productores de energía.

Si se procede a evaluar nuestra historia, las energías renovables aparecieron hace muchísimos años, como se conoce, por ejemplo, el uso de la energía procedente del viento para la propulsión de los barcos a vela, o como la energía hidráulica que se usaba en la molienda de cereales a través de norias o ruedas hidráulicas, pero más adelante, aparecieron el carbón, el petróleo y el gas natural como energías fósiles, económicas, con un alto poder energético y que inicialmente parecían inagotables, favoreciendo un crecimiento muy rápido de nuestra civilización.

En la actualidad, las $\frac{3}{4}$ partes de la energía consumida en el mundo es de origen fósil, con un claro predominio del petróleo que representa un 48% de la energía primaria, seguido del gas natural con un peso del 21 %, seguido del carbón que representa un 14 % quedando un 17 % restante que corresponde a las fuentes de energía renovables junto con la energía nuclear [3].

Por otro lado, se contempla que las edificaciones son responsables de un 40 % aprox. del consumo de energía y recursos naturales, por lo tanto, la arquitectura, el diseño, la construcción y la readecuación de edificaciones, forman un grupo multidisciplinario que puede ayudar a reducir dicho consumo y/o a introducir el uso energías renovables [4].

Dentro del consumo energético de la construcción, el sector residencial es responsable del 17 % del consumo en nuestro país, siendo el principal responsable los sistemas de climatización según los datos de *Eurostats*, los cuales están notablemente relacionados con la eficiencia energética, que se puede definir como la relación entre energía necesaria para proporcionar unas determinadas exigencias de confort [2].

La vivienda, por tanto, es en el principal instrumento que permite satisfacer las exigencias de confort adecuadas y la herramienta para reducir el consumo energético. Se debe entender que la zona de confort no es un accesorio, sino un principio de equilibrio energético, por lo que se concluye que el edificio se debe proyectar teniendo en cuenta dicho aspecto, entre muchos otros, para conseguir dotar al usuario de las condiciones adecuadas, consumiendo el mínimo de energía [5].

Finalmente, la realización de éste trabajo tiene un objetivo principal: la realización de un proyecto de ejecución de edificación residencial siguiendo las directrices de la arquitectura sostenible. Para ello destacamos los puntos más importantes de dicho trabajo:

- Estudiar y evaluar el funcionamiento de la energía geotérmica, instalando el sistema de ventilación, conocido como pozo canadiense en el sector residencial y determinar su eficiencia.
- Estudiar y evaluar la introducción de diferentes energías renovables
- Estudiar y evaluar la viabilidad económica y constructiva del proyecto
- Optimizar la eficiencia energética de la edificación

El proyecto consiste en la construcción de dos viviendas unifamiliares pareadas, situadas en la calle Pizarro, 3, en el T.M. de Lluçmajor, Baleares, cuya fecha estimada de construcción será finales de 2020.

2. CONTENIDO

2.1. DESCRIPCIÓN, ANTEPROYECTO Y DIRECTRICES PRINCIPALES

2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL ENCARGO

Se trata de un caso real, cuyo inicio se da con una reunión con un promotor privado (*Esperit Colonial S.L.*), con el objetivo de invertir en el sector de la vivienda. En dicha reunión, se exponen varios solares para invertir en la construcción de viviendas para conseguir beneficios en su futura venta. En esa reunión, se decide finalmente seleccionar el solar situado en el T.M. de LLucmajor, concretamente en la c/ Pizarro, 3, Bahía Grande. Dicho solar tiene tipología urbana, dispone de unos 620 m² y reúne los requisitos necesarios para considerarse solar edificable.

Una vez seleccionado el solar y recibido el levantamiento topográfico por parte de un técnico autónomo, se procede al estudio de las posibilidades de vivienda que ofrece, adaptándose a los parámetros urbanísticos municipales. Nuestro solar, situado en la zona ajardinada extensiva 7, según el vigente PGOU de LLucmajor, da la posibilidad de dos opciones de edificación: unifamiliar aislada o unifamiliar pareado.

2.1.2. VIABILIDAD DEL PROYECTO

Conociendo los tipos edificación que podemos disponer, se realiza un pequeño estudio económico y de mercado, para seleccionar la opción más viable. A continuación, se resume los datos más importantes del estudio:

TIPO EDIFICACIÓN: AISLADA		TIPO EDIFICACIÓN: PAREADA	
Coste m ² vivienda:	2318,73 €/m ²	Coste m ² vivienda:	2341,95 €/m ²
Precio m ² venta:	3000 €/m ²	Precio m ² venta:	3000 €/m ²
Precio total venta:	898.740 €	Precio total venta :	449.370 €
Capital a aportar:	694.645,45 €	Capital a aportar:	728.564,36 €
Margen s. ventas:	19,71 %	Margen s. ventas:	18,93 %
Margen s. costes:	24,55 %	Margen s. costes:	23,36 %

Tabla 1. Datos sobre el estudio económico y de mercado

Una vez obtenidos los resultados, se vuelve a organizar una reunión con los promotores y finalmente se decide que la opción que se adapta más al mercado de dicha zona es realizar dos viviendas unifamiliares pareadas, ya que es la tipología más habitual en nuestra urbanización. Es cierto que, en caso de elegir una vivienda unifamiliar aislada, los costes de construcción y el capital a aportar son menores y la rentabilidad es un poco más elevada que en el caso de los pareados, pero el precio de venta marcaría un tipo de cliente no común en esa zona según los testigos, por lo que la venta se vería perjudicada.

Llegados a este punto, el arquitecto juntamente con mi ayuda, realiza varias propuestas para el promotor, hasta que finalmente se llega a una propuesta, a priori, definitiva. Dicho momento corresponde a la finalización de los trabajos conjuntos con el arquitecto y los promotores y al inicio del TFG de forma autónoma.

2.1.3. CONCEPTOS PREVIOS Y PUNTO DE PARTIDA

Se van a definir las características que definen la propuesta aprobada por el promotor:

- Se realizan dos viviendas pareadas no simétricas con planta baja más planta piso.
- La estructura no se define, pero el promotor sugiere que sea a base de muros de carga y no de pilares de hormigón armado, debido a que el coste se reduce alrededor del 8% y los tiempos de ejecución son menores.
- Se impone la condición, por parte del promotor, de que en la planta baja debe disponerse un dormitorio auxiliar y que la vivienda debe ser adecuada para un mínimo de 6 habitantes.
- Imprescindible que la edificación disponga de zona ajardinada y de piscina.
- Tiene diferentes volúmenes geométricos para minimizar el impacto visual y equilibrar el grano de agregación, está orientada mayoritariamente hacia el sur y debe tener una calidad media-alta.
- La premisa principal es llegar al máximo de las condiciones de ocupación y edificabilidad que marca la normativa municipal.

Una vez valorada la propuesta, la idea principal del proyecto es intentar seguir la filosofía de construcción sostenible. La construcción sostenible, se basa en entender el diseño arquitectónico de manera que aproveche, en la medida que sea posible, los recursos naturales para minimizar el impacto ambiental de las edificaciones sobre el medio ambiente y sus ocupantes. Los principios de la arquitectura sostenible son los siguientes [8]:

- La consideración de las condiciones climáticas, la hidrografía y los ecosistemas del entorno en los que se construyen las edificaciones, para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto.
- La eficacia y moderación de los materiales usados en la construcción, eligiendo siempre los de menor contenido energético.
- La reducción del consumo de energía para climatización, refrigeración, iluminación y otros equipamientos y asumiendo la demanda con fuentes de energía renovables.
- La reducción al mínimo del balance energético global de la edificación.
- El cumplimiento de los requisitos de confort higrotérmico, salubridad, iluminación y habitabilidad de las edificaciones



Figura 2. Construcción sostenible

Para ello, aplicaremos los principios de la arquitectura bioclimática, donde se pretende encontrar el equilibrio y armonía constantes en el medio ambiente. Dicha arquitectura intenta encontrar un gran nivel de confort térmico, teniendo en cuenta las condiciones del clima y el entorno para conseguir el confort interior mediante el diseño, la geometría y la orientación. Se utilizan los sistemas pasivos y se prescinde, en la medida que sea posible, de los sistemas mecánicos que se consideran como un sistema de refuerzo. Por todo ello, se trata de una construcción que se adapta al medio ambiente y se sensibiliza con el impacto provocado en la naturaleza, minimizando el consumo energético y la contaminación ambiental. Los criterios básicos a tener en cuenta son los siguientes [8]:

- Ubicación
- Forma de la edificación
- Orientación
- Sistemas de captación de luz natural
- Climatización natural
- Sistemas de captación de energía solar pasiva
- La inercia térmica
- Sistemas de aislamiento
- La utilización de materiales ecológicos
- Aprovechamiento del agua de lluvia
- Protecciones contra la radiación solar en verano
- Implantación de sistema de ahorro energético
- Disminución del consumo energético y la contaminación ambiental
- Implantación de energías renovables

2.1.4. CRITERIOS INICIALES

El objetivo para un diseño correcto es dotar al usuario de un cierto confort, que se puede definir como la molestia o comodidad que puede producir las características ambientales de un espacio. El punto donde se trabajará de una forma más exhaustiva es el confort térmico: es la zona donde el hombre gasta el mínimo de energía para adaptarse a su entorno, ya que la sensación de bienestar, a lo que se refiere en términos de temperatura, es el equilibrio entre el calor que produce el cuerpo y su disipación en el ambiente [8].

Se decide mencionar algunos aspectos que serán objeto de estudio y evaluación:

- Orientación y forma: La orientación predominante es hacia el Sur (al disponer los mayores huecos de fachada), para intentar captar el máximo de energía solar ya que es una fuente considerable de climatización en invierno [7]. Además, su orientación aprovecha, en la medida que sea posible, los vientos predominantes de la zona en verano (embat) y así favorece su ventilación. En cuanto a la forma de la edificación, se ha optado por generar diferentes volúmenes, retranqueados unos de otros, para así conseguir zonas de sombreado, equilibrar el grano de agregación, delimitar y/o crear espacios exteriores.

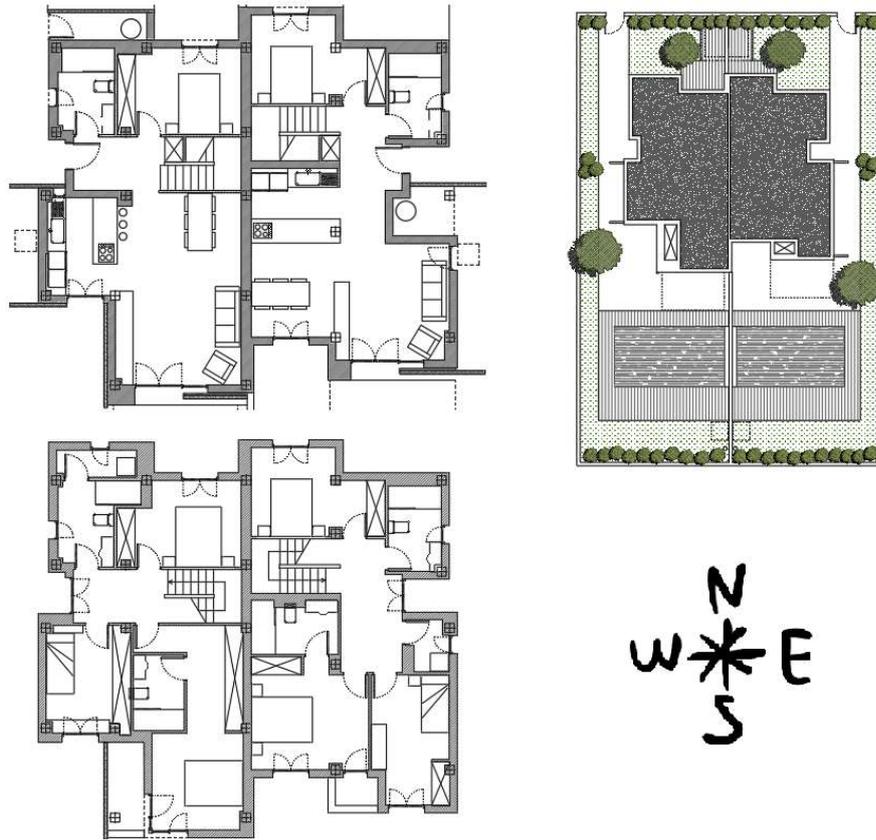


Figura 3. Orientación de las plantas

- Aprovechamiento del sol: la radiación solar en nuestro caso la usaremos, en invierno, para calentar el interior de la vivienda mediante las fachadas y los huecos, pero además convertiremos la radiación solar en energía eléctrica mediante placas fotovoltaicas. Dichas placas se colocan en la cubierta de la vivienda, para evitar obstáculos que generen sombras y estarán orientadas hacia el sur, con una inclinación de 25° respecto a la horizontal.

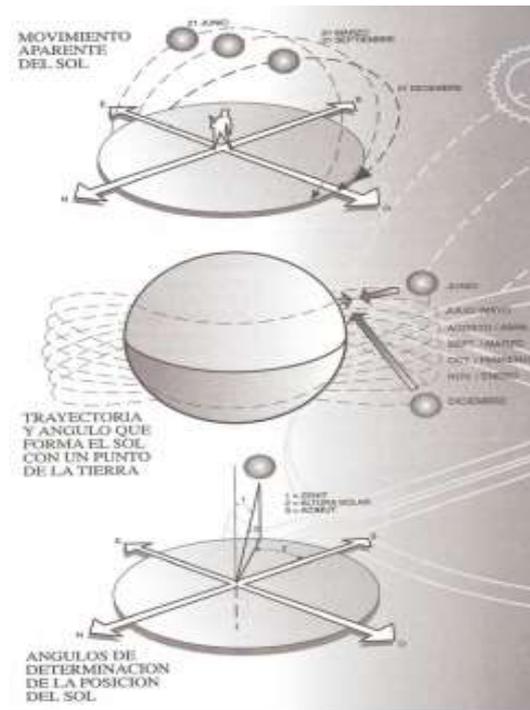


Figura 4. Movimientos del sol, trayectorias y ángulos de la posición del sol

Para evaluar el correcto aprovechamiento del sol, se ha realizado una estimación solar con la herramienta Sketchup. A continuación, se adjuntan las imágenes que corresponden a los solsticios, 21 de junio y 21 de diciembre.



Figura 5. Modelizado 21 de junio, 12:00 a.m.



Figura 6 Modelizado 21 de diciembre, 12:00 a.m.



Figura 7. Modelizado 21 de junio, 17:00 p.m.

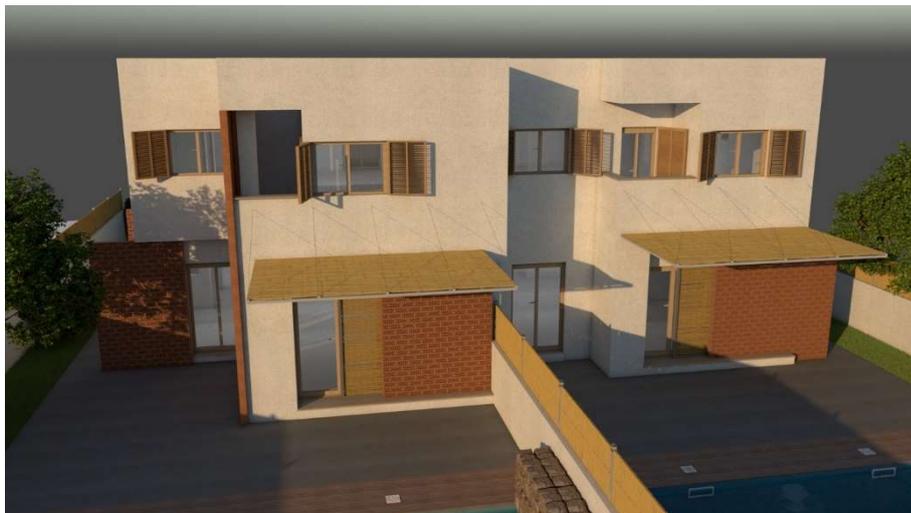


Figura 8 Modelizado 21 de diciembre, 17:00 p.m.

Podemos observar que en invierno la fachada sur, donde se encuentran los mayores acristalamientos, recibe mucha radiación solar por lo que se consigue calentar la vivienda, en cambio, en verano, gracias a los elementos situados o a la geometría, la cantidad de radiación solar recibida es menor.

- Topografía y geología del solar: La topografía del solar es bastante llana, puesto que el terreno no dispone prácticamente de desnivel. No disponemos de cursos de agua de lluvia en nuestra zona y la tipología del terreno está formado básicamente por mezclas de rocas sedimentarias detríticas de dureza media-baja, donde el tipo más predominante es el marés.
- Vegetación: es un elemento importante que favorece la disminución de la temperatura global. Además, las plantas nos permiten protegernos del viento y generan sombra en verano, aíslan del ruido y proporcionan belleza paisajística según el ciclo estacional [7]. Se han introducido árboles para generar zonas de sombreado, además de zonas ajardinadas para su uso y disfrute.



Figura 9. Cambios de temperatura mediante vegetación

- Sistemas de climatización: la vivienda dispone de sistemas de climatización natural, que tienen como objetivo mejorar el comportamiento climático [8]. Dispone de sistemas captadores directos: huecos de fachada acristalados (ventanas). Además, a algunos huecos se les ha dotado de sistema de aislamiento móvil (persianas) y aislamiento fijo (celosías).
- Sistemas de ventilación y tratamiento del aire: se trata de componentes que tiene como misión favorecer el paso del aire a su interior, y por tanto, su renovación. Existen los siguientes tipos [8]:
 - a) Sistemas generadores del movimiento del aire: son los componentes que fuerzan el paso del aire y por consiguiente su movimiento hacia el interior del edificio mediante depresiones o sobrepresiones de éste. Este sistema se caracteriza por el caudal de aire que hace entrar o salir del edificio, que renueva el aire interior y puede refrigerar a los ocupantes con el movimiento que genera. En nuestra

vivienda, disponemos de aperturas dispuestas de tal forma que se consigue una ventilación cruzada teniendo aperturas en fachadas opuestas, las cuales tienen unas condiciones de radiación y exposición al viento muy diferentes. (norte y sur).

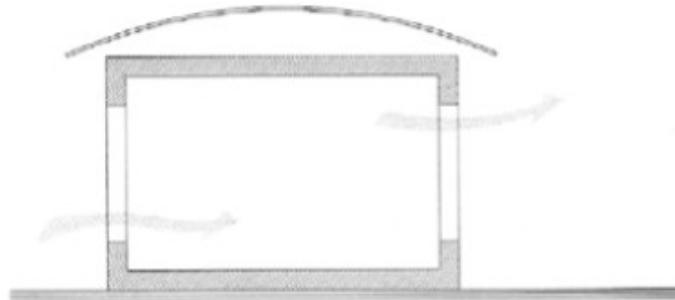


Figura 10. Sistema de ventilación cruzada

Además, se ha estudiado la posibilidad de colocar una chimenea solar: Se decide la posibilidad de colocar una chimenea solar que funcionase conjuntamente con el sistema de tratamiento del aire (pozo canadiense). La chimenea solar, es un sistema pasivo que genera movimiento del aire, siendo el principal motor la radiación solar [5].

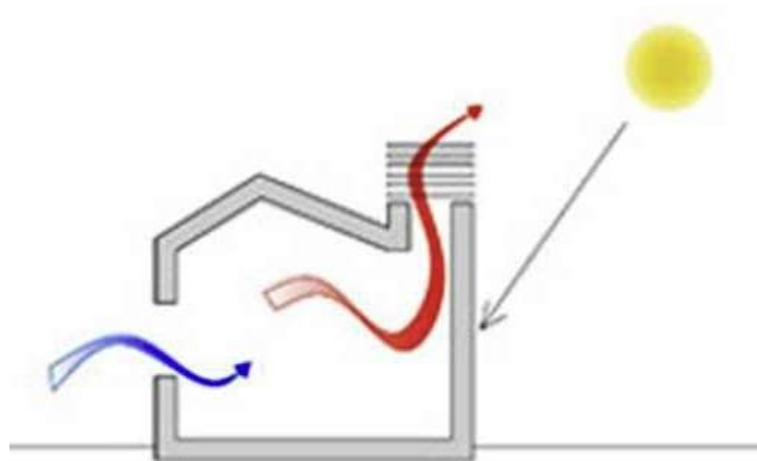


Figura 11. Funcionamiento de la chimenea solar

La idea principal, es colocar una torre vertical hueca formada por una sección rectangular a base de ladrillos especiales pintados de color oscuro y con un vidrio en una de sus caras (para aumentar mucho más la temperatura del paramento), cuyo funcionamiento se base en un flujo de aire que parte en una apertura inferior ubicada en alguna estancia, hasta el extremo superior de la chimenea, provocando una renovación de aire en el interior de esa dependencia. La chimenea estaría orientada hacia el Sur, para optimizar su correcto funcionamiento, ya que recibiría mayor radiación solar y por consiguiente aumentaría su temperatura con más facilidad, donde dispondría de una entrada de aire inferior en el interior del estar-comedor, el cual sería conducido, mediante la

torre vertical, hasta la cubierta, basándose en el efecto chimenea. El efecto chimenea consiste en que el aire más caliente tiende a elevarse y el más frío a reemplazar el vacío provocado por éste desplazamiento [5]. De esta manera, se consigue una renovación del aire interior de manera natural. Este sistema, en conjunto con la instalación del pozo canadiense, constituye un sistema totalmente exento de consumo de energía externa, puesto que, en verano, el aire más frío que vendría de los conductos enterrados, teniendo en cuenta el principio físico conocido como efecto chimenea, conseguiría crear un flujo de aire natural sin necesidad de un ventilador.

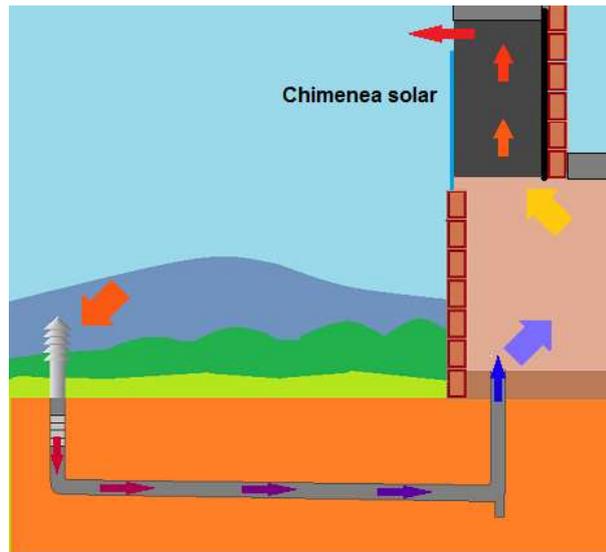


Figura 12. Funcionamiento del conjunto chimenea solar y pozo canadiense

Finalmente, la chimenea solar se ha decidido no colocar por varios motivos:

- El sistema obliga a tener todas las ventanas cerradas, para asegurar su correcto funcionamiento. Dicha premisa, condiciona mucho al propietario, ya que no dispone de la posibilidad de abrir todas las carpinterías y conseguir dar uso a la ventilación cruzada que dispone la vivienda, además, al tratarse de una vivienda con jardines exteriores y terrazas, en verano, es interesante la posibilidad de abrir todas las carpinterías y de alguna manera conectar las terrazas con el interior de la vivienda.
- Otro punto importante es que no podemos disponer de ventilación mecánica, híbrida o incluso la extracción forzada de la cocina, ya que su funcionamiento imposibilita la utilización correcta de la chimenea solar y se crearían flujos de aire no deseados.
- Además, al disponer la extracción de la chimenea solar en un local seco, como es el estar-comedor, estaríamos incumpliendo los requisitos del CTE-DB-HS3, donde obliga a disponer de una ventilación que circule de locales secos a locales húmedos, ya que todo el aire viciado de la vivienda, circularía de locales húmedos y secos hasta el estar comedor, que es considerado como local seco.

b) *Sistema de tratamiento del aire*: son aquellos que hacen que un determinado caudal de aire se ponga en contacto con superficies que tengan unas condiciones más favorables y, por consiguiente, el aire al haber estado en contacto mejora sus condiciones iniciales [8]. Por lo general, los parámetros que suelen modificarse son la temperatura y la humedad del aire. Dispondremos de dos sistemas:

- El más habitual es el que favorece la evaporación del agua por acción de una corriente de aire que circula sobre su superficie. Se conoce como refrigeración evaporativa, y se basa en el principio de que un líquido cualquiera cuando se ha evaporado y al cambiar por consiguiente de estado líquido a gas, necesita cierta energía para realizar el cambio y la coge del aire que está en contacto con su superficie. Este principio conlleva a que el aire que ha estado en contacto aumente su contenido en vapor de agua [8]. En nuestra vivienda al disponer de una piscina cercana a los huecos de la fachada sur, se produce dicho principio.

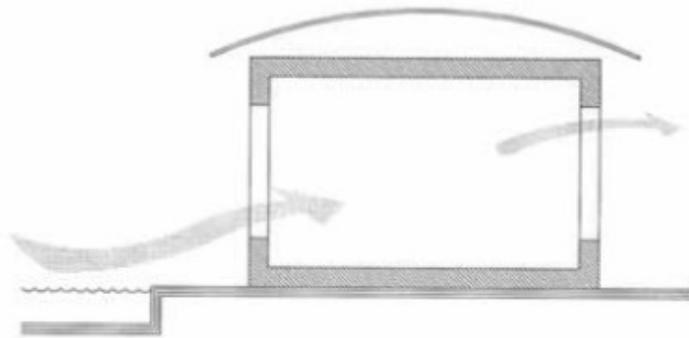


Figura 13. Tratamiento del aire por evaporación

- Además, disponemos de ventilación mediante conductos subterráneos, que se basa en un sistema de tratamiento del aire. Consiste en favorecer la entrada de aire que proviene de conductos enterrados, que conducen el aire del exterior hacia el interior de la vivienda. En este caso se aprovecha la inercia térmica del suelo para suministrar aire frío en tiempos cálidos y aire caliente en tiempo fríos (no tan efectivo), mediante la circulación del aire por dichos conductos.

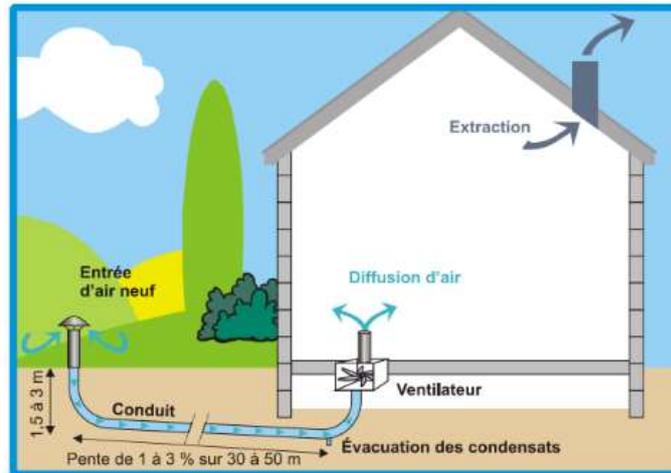


Figura 14. Esquema de un pozo canadiense

- Sistemas de protección a la radiación: Debemos recordar que, en verano, las cargas por radiación solar representan un 70 % de las cargas totales, por lo que podemos deducir la importancia de colocar dichos sistemas [6]. Se trata de elementos que protegen la piel de la vivienda que está en contacto con el exterior, para evitar el acceso de radiación. También, hay que destacar que la mejora que comporta una protección contra la radiación solar es mucho más importante que el aumento del aislamiento térmico para impedir el sobrecalentamiento en el interior de la vivienda. En nuestro caso disponemos de varios sistemas:
 - a) *Pérgolas:* son elementos que crean un espacio sombreado anexo al edificio, que permite la ventilación, la visión del exterior y una entrada de luz difusa hacia su interior [8]. Se trata de una estructura con perfiles metálicos que dispone de un entramado vegetal (cañizo), el cual crea un espacio intermedio sombreado y ventilado.



Figura 15. Modelizado de pérgola mediante cañizo

- b) *Celosías*: dispondremos de celosías colocadas paralelamente a la fachada, sobre todo en las aperturas, consiguiendo un espacio sombreado que deja entrar luz difusa.



Figura 16. Modelizado de celosías mediante ladrillos cerámicos

- c) *Aleros y voladizos*: son los elementos fijos de la fachada que sobresalen en horizontal y protegen de la radiación y la lluvia. Su proyección se ha diseñado para que en verano protejan del sol y en invierno permitan su acceso. Se han colocado en la fachada sur para optimizarlos al máximo, puesto que en el resto de fachadas no son tan útiles [8].

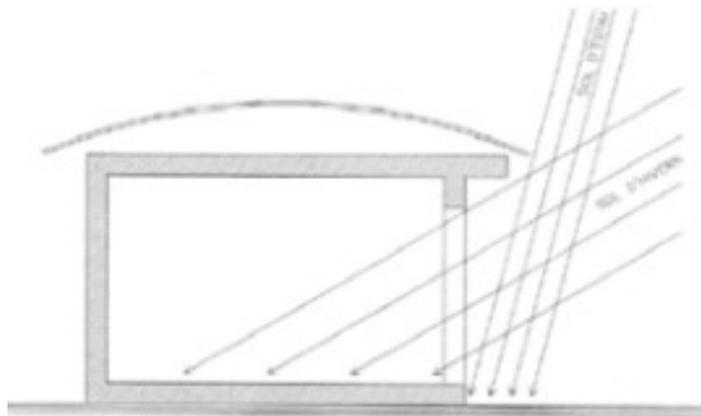


Figura 17. Alero que permite el acceso del sol de invierno y protege en verano

- d) *Dispositivos móviles*: elementos móviles que son manipulados por el usuario, concretamente hablamos de persianas. Son conjuntos de pequeñas lamas ligeras

entre sí que pueden ser correderas o practicables, que se colocan delante de las aperturas reduciendo la radiación solar directa, permitiendo la ventilación y generan una débil iluminación. Se han colocado las lamas horizontales puesto que mayoritariamente se quiere proteger del sol que viene del sur.



Figura 18. Ejemplo carpinterías de una vivienda

2.1.5. SECCIÓN CLIMÁTICA

A continuación, se adjunta sección climática de la vivienda, recogiendo los criterios anteriormente explicados:

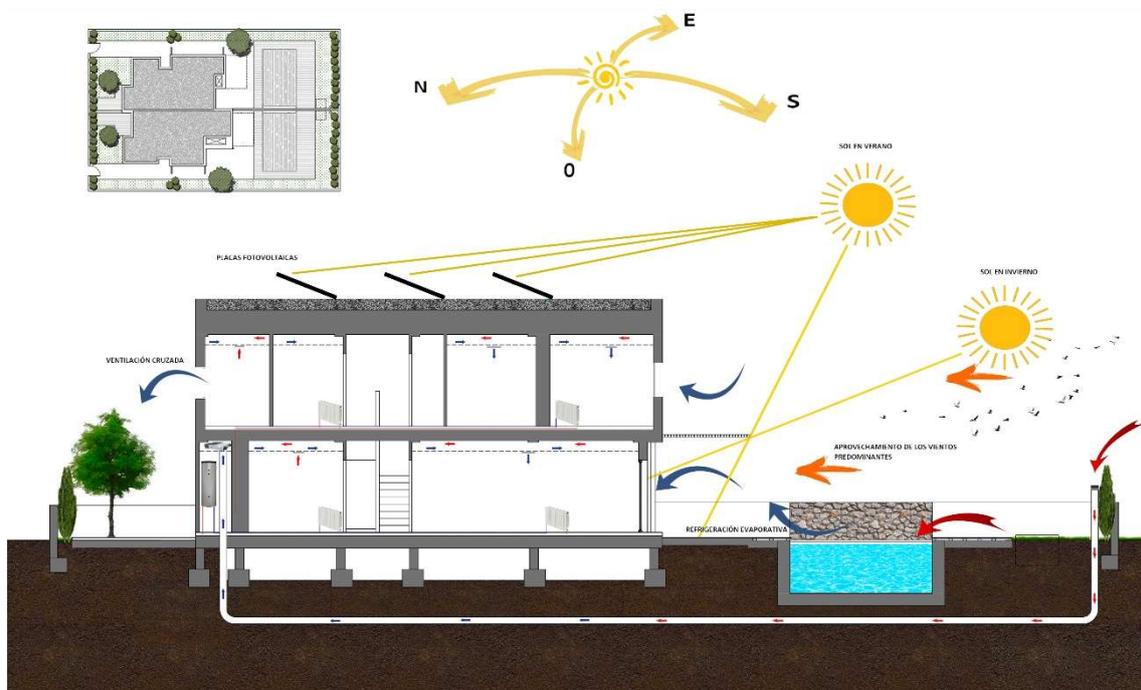


Figura 19. Sección climática

2.1.6. EVOLUCIÓN DE LA PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN

- Se ha agrupado la planta baja como zona de día, y la planta piso como zona de noche al situar las habitaciones en esta planta, con la excepción de situar un dormitorio auxiliar en planta baja según las necesidades del promotor.
- Se decide integrar la cocina con el comedor y el salón, para conseguir una estancia con mayor sensación de amplitud y que no esté compartimentada.
- Se ha introducido el concepto de master bedroom, con baño en suite, vestidor y balcón privativo.
- Se ha optado por la instalación de un intercambiador de aire tierra (pozo canadiense) como sistema de ventilación, el uso de la aerotermia para producir ACS y calefacción, el aprovechamiento de la energía solar mediante la colocación de placas fotovoltaicas, y la instalación de un recuperador de calor para mejorar la eficiencia energética global de la vivienda.
- La estructura está formada por vigas y pilares de hormigón armado, los forjados son unidireccionales mediante semiviguetas y bovedillas cerámicas curvas, ya que la estructura quedará en gran parte vista. También, se introduce un forjado sanitario, el cual será unidireccional mediante viguetas autoportantes y bovedilla prefabricada de hormigón. Se ha decidido seleccionar este tipo de estructura, aunque se comentó al principio la posibilidad de realizarla con muros de carga, porque la geometría de la planta dificulta el uso de muros ya que existen varias crujías con diferentes direcciones. Por lo que se ha decidido optar por pilares, ya que disponen de mayor manejabilidad con las geometrías que la que ofrecen los muros de carga.
- Se decide realizar una cubierta planta tradicional no transitable mediante gravas, donde se colocarán las placas fotovoltaicas y la maquina exterior del equipo de aerotermia.
- Disposición de zona ajardinada, y piscina con terraza en la parte posterior del solar.

2.2. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AIRE – EL POZO CANADIENSE

Tomando como referencia el CTE DB HS 3, se establece un caudal mínimo de aire exterior (no viciado) para asegurar la renovación de aires en el interior de las edificaciones. Tradicionalmente la forma más habitual para conseguir dicho caudal es la colocación de carpinterías que dispongan de aireadores o micro ventilaciones que permitan la circulación del aire, desde el exterior hasta el interior. Esta solución presenta una gran desventaja, puesto que, al haber una variación de temperatura entre ambos espacios, dificulta que se mantenga la temperatura interior de confort, provocando que el rendimiento de las instalaciones de climatización sea menor y por consiguiente el edificio no sea tan eficiente energéticamente. Las cargas por ventilación representan un 80 % de las cargas totales en invierno, por lo que se remarca la importancia de actuar sobre dicho sistema [6]. Para ello se decide pre tratar el aire de entrada de la vivienda, usando la energía geotérmica, colocando un sistema conocido como pozo canadiense. Dicho pozo se ha calculado para conseguir pre enfriar/calentar el aire que entrará en la vivienda y como consecuencia se necesitará menos demanda para climatización/calefacción. Se complementa con la colocación de un recuperador de calor, que dispondrá de un bypass.

El sistema se basa en la colocación de tubos enterrados en el suelo, que funcionan como intercambiadores de calor tierra aire, cuyo objetivo es tratar el aire que circula a través de éstos, para mejorar sus condiciones iniciales, antes de su entrada en la vivienda.

2.2.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Los primeros intercambiadores geotérmicos naturales los conocemos en la prehistoria, con el uso de cuevas naturales, ya que dentro de ellas se presentaban unas condiciones térmicas más aceptables.

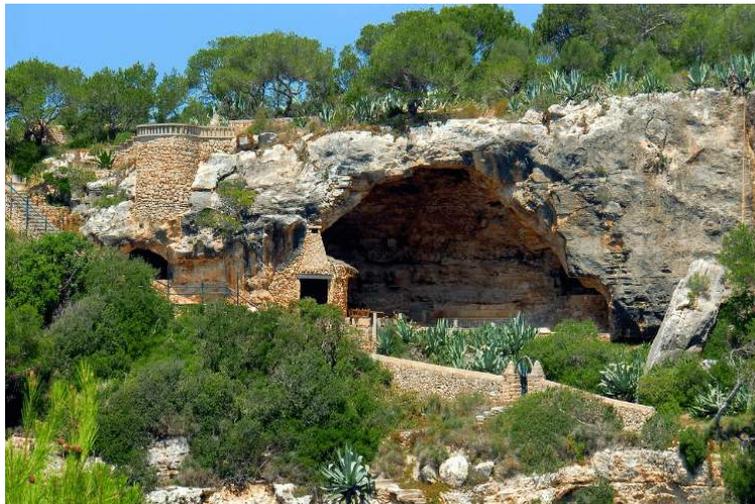


Figura 20. Ejemplo de cueva en Mallorca

Más adelante, aparecen las casas-cueva, que se tratan de viviendas excavadas artificialmente en el terreno. Los principales ejemplos los encontramos en Turquía, concretamente en las cuevas de Capadocia.



Figura 21. Interior casa cueva en capadocia, Turquía.

En España también se conocen las casa-cueva, como son las que encontramos en Guadix, Granada, donde se excavaron alrededor de 2000 viviendas en suelos arcilloso para aprovechar la temperatura constante entre los 18-20 °C. La construcción de estas cuevas se realizó alrededor de los siglos XV y XVI con paredes de mucho espesor.

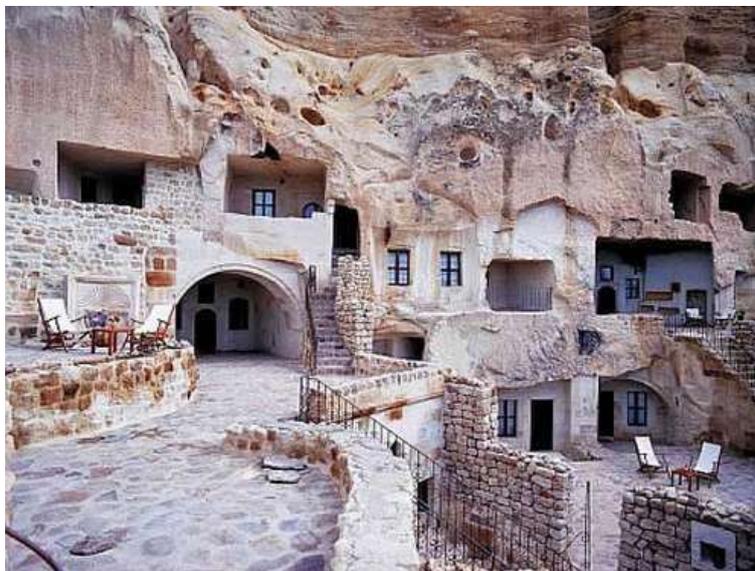


Figura 22. Casas cueva en Guadix granada

Otro claro ejemplo del aprovechamiento térmico del terreno ,son las Villas Costozza en Italia, se trata de construcciones del siglo XVI donde existen villas construidas sobre una ladera que dispone de cuevas naturales. Dichas cuevas están conectadas por una apertura en la colina y a

su vez con los sótanos de las villas, generando túneles de viento, donde el aire se enfriaba dentro de las cuevas y climatizaba el interior de las viviendas.

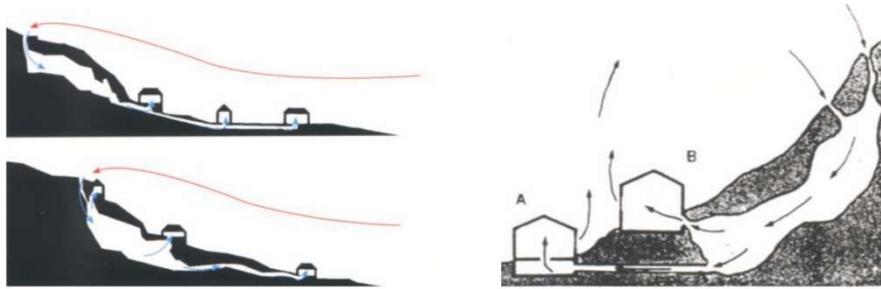


Figura 23. Funcionamiento villas Costozza

Entonces, teniendo en cuenta el mismo principio del aprovechamiento térmico del terreno, aparecen los pozos canadienses o provenzales, llamados así por su origen y cuyo objetivo es calentar o enfriar respectivamente [1].

2.2.2. DEFINICIONES

Los pozos canadienses, también denominados ICTA, son sistemas pasivos que reducen el salto térmico entre la temperatura interior y exterior. El principal objetivo es reducir las pérdidas energéticas que aparecen con la colocación de los sistemas más usuales en edificación, derivadas de la ventilación impuesta por la normativa actual (CTE HS3). Donde reduciendo el salto térmico por consiguiente se reducen las pérdidas energéticas, consiguiendo así un sistema que cumple con la normativa actual y genera una mayor eficiencia energética de la vivienda.

Su funcionamiento se puede resumir en la colocación de tubos enterrados en el suelo, a cierta profundidad, por donde circula un flujo de aire desde el exterior hasta el interior de la vivienda, el cual es calentado o enfriado por el terreno. Esto es posible debido a la estabilidad térmica del terreno, que permite utilizar las inercias térmicas diarias y estacionales existentes en el subsuelo, es decir, se aprovecha la propiedad del suelo de mantener la temperatura constante frente a los cambios que se producen en el exterior [1].

Éste sistema usa la energía geotérmica del suelo, ya que utiliza el terreno como un intercambiador de calor. Además, hay que tener en cuenta que las características térmicas de un terreno no solo dependen de la profundidad, sino que también están influenciadas por el contenido volumétrico de agua del suelo, la fracción de aire y de volumen de sólidos [4].

Propiedades determinantes:

- **Profundidad:** la temperatura del terreno cambia en función de la profundidad, la radiación solar, las precipitaciones y el resto de agentes atmosféricos crean una temperatura variable en las capas más superficiales del terreno. Esa variación, va estabilizándose a medida que aumenta la profundidad hasta unos 10 m, donde se aproxima a la temperatura media anual de la zona [1].

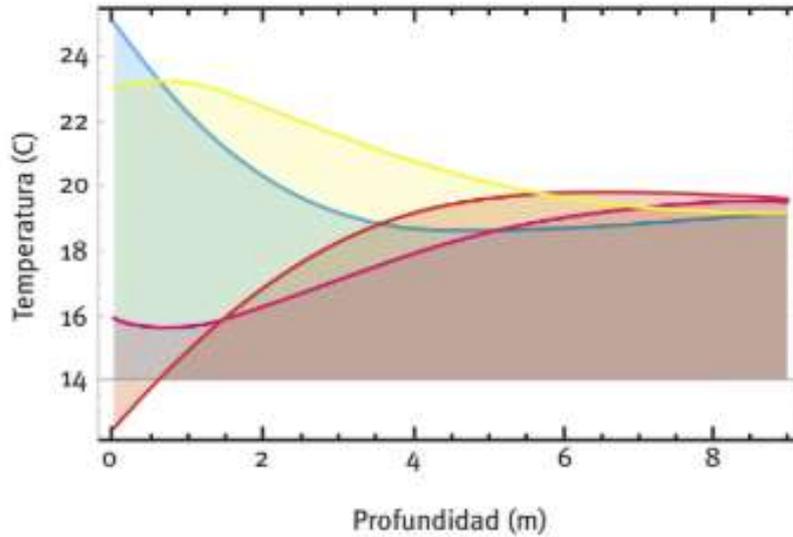


Figura 24. Gráfica temperatura, profundidad

Otro tema relacionado y muy importante, es la oscilación térmica. Según el siguiente gráfico, se muestran las variaciones de temperatura en la superficie a 1,2,3 y 10 metros, donde se aprecia que a medida que profundizamos la oscilación térmica disminuye, llegando a ser constante en torno a la temperatura media anual, a unos 10 m de profundidad [1].

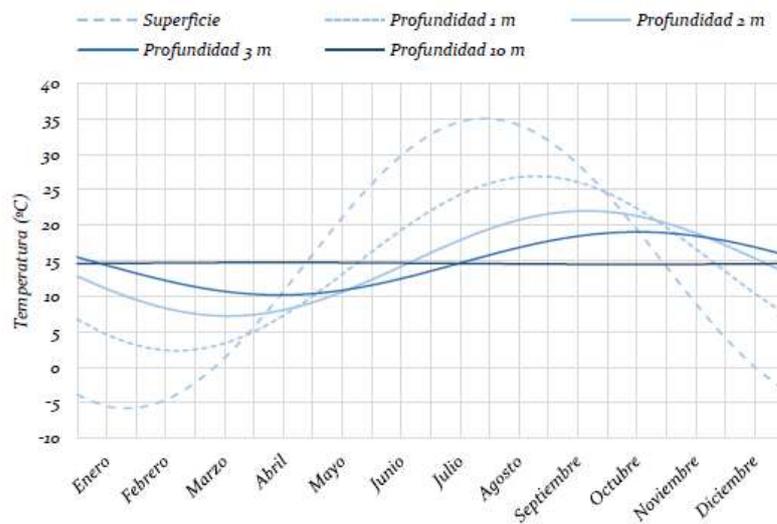


Figura 25. Variación de la temperatura a varias profundidades

- La conductividad térmica: es la propiedad intrínseca del terreno que indica la capacidad de un material para conducir el calor. El calor se mueve de un área de alta temperatura a un área más fría distribuyéndose para llegar a un equilibrio. Se expresa según la ley de Fourier: como el calor que atraviesa en la dirección X un espesor de un metro de material por la diferencia de un grado entre los extremos opuestos. En el terreno aumenta la conductividad con el aumento de la humedad, por ello si la conductividad térmica del suelo es alta, las variaciones de temperatura en la superficie son menores [4].

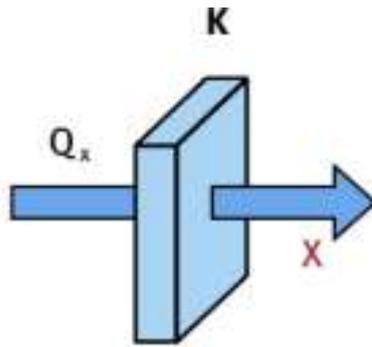


Figura 26. Conductividad térmica

- Capacidad calorífica o térmica: se trata de la propiedad térmica del suelo para almacenar calor si cambia la temperatura, pero sin cambiar de fase. Como el terreno está formado por una gran masa, dispone de la capacidad de conservar la energía térmica, es decir, posee una gran inercia térmica. De esta manera cuanto mayor sea la capacidad calorífica del terreno mayor tendrá que ser la aportación de calor para conseguir el mismo incremento de temperatura [4].

Tipo de roca	Conductividad térmica (W/mK)			Capacidad térmica volumétrica
	Mín.	Valor típico	Máx.	(MJ/m ³ K)
Rocas magmáticas				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2	2,6	2,9	2,9
Gabro	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,1-3,0
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
Rocas metamórficas				
Gneis	1,9	2,9	4	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2
Metacuarcita		aprox. 5,8		2,1
Mica esquistos	1,5	2	3,1	2,2
Esquistos arcillosos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
Rocas sedimentarias				
Caliza	2,5	2,8	4	2,1-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,1-2,2
Halita	5,3	5,4	6,4	1,2
Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Limolitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,1-2,4
Rocas no consolidadas				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava, saturada de agua		aprox. 1,8		aprox. 2,4
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5	2,2-2,9
Arcilla/limo, seco	0,4	0,5	1	1,5-1,6
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4
Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8
Otros materiales				
Bentonita	0,5	0,6	0,8	aprox. 3,9
Hormigón	0,9	1,6	2	aprox. 1,8
Hielo (-10°C)		2,32		1,87
Plástico (PE)		0,39		
Aire (0 - 20 °C, seco)		0,02		0,0012
Acero		60		3,12
Agua (+ 10 °C)		0,58		4,19

Tabla 2. Valores orientativos de conductividad y capacidad calorífica según IDAE

- **Difusividad térmica:** es el valor de la conductividad térmica dividida entre el producto de la densidad aparente del material y la capacidad térmica del mismo. Es el valor más importante para realizar un correcto dimensionado, ya que expresa la velocidad de cambio, y de flujo de temperatura de un material hasta alcanzar el equilibrio. De esta manera, cuando mayor sea la difusividad en menor tiempo se alcanzará el equilibrio [1].

2.2.3. FUNDAMENTOS TERMODINÁMICOS

Se definirán las dos leyes de la termodinámica para proporcionar un concepto básico para entender el intercambio de calor entre el aire y el suelo.

- **Primera ley: principio de conservación de energía:** Propuesta por Antoine Lavoisier, establece que, si se realiza un trabajo sobre un sistema, o bien éste intercambia calor con otro, entonces la energía interna del sistema cambiará. Visto de otra forma, esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía térmica. La aplicación de esta ley se basa en el balance de energía, puesto que el calor es el tipo de energía que interviene, es decir, entra o sale de un sistema debido a las diferencias de temperatura entre el sistema y el ambiente [4].
- **Segunda ley:** Esta ley regula la dirección en la que deben llevarse a cabo los procesos termodinámicos y por lo tanto establece la irreversibilidad de los fenómenos físicos. También establece, en algunos casos, la imposibilidad de convertir toda la energía de un tipo en otro sin que aparezcan pérdidas. De esta forma, la segunda ley impone restricciones para las transferencias de energía que pueden llevarse a cabo según la primera ley sobre la conservación de la energía [4].

2.2.4. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

- Torre de aspiración: conducto que capta el aire exterior y lo transporta verticalmente hasta el intercambiador. En esta parte se realiza la primera depuración del aire, mediante un filtro grueso o fino que minimiza el paso de partículas y/o polen a los conductos, garantizando su limpieza. Es el único elemento exterior de la instalación, por lo que se suelen utilizar materiales metálicos que resistan bien la intemperie. Además, la torre debe estar razonablemente protegida de la radiación solar, ya que, si recibe demasiada energía solar, se puede calentar y derivar en un movimiento contrario del

aire del que deseamos [1]. Suele tener una cota de elevación respecto del nivel del suelo para dificultar la entrada del gas radón.



Figura 27. Torre aspiración

- Colector: se sitúa después de la torre de aspiración y distribuye el aire en los conductos transversales. Este componente solo es necesario en los casos donde se quiere tener más de un tubo enterrado, en caso contrario, la captación vertical va directamente a los tubos [1].

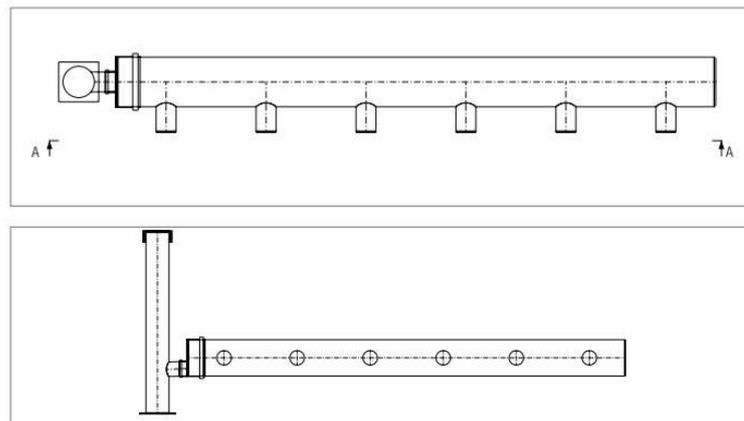


Figura 28. Colector

- Conductos: son los principales elementos del sistema, ya que por ellos pasa el aire y se realiza el intercambio de calor. Comercialmente existen muchos diámetros y materiales, pero deben ser macizos con gran resistencia para soportar esfuerzos sin romperse.

También, deben ser óptimos en la estanqueidad del aire y en la evacuación de condensados [1]. Además, para mejorar la calidad del aire es aconsejable que los conductos estén provistos de una capa interior antimicrobiana y que estén impermeabilizados ante el gas radón.



Figura 29. Conductos, REHAU

- Drenaje: Debido al cambio de temperatura del aire, es posible que aparezcan condensados de agua, ya que en verano al enfriar el aire aspirado pueden aparecer condensados. Para garantizar la calidad del aire y así evitar malos olores o la aparición de bacterias debemos ser capaces de eliminar el agua interior de los conductos. Para ello se dotará a los tubos de una inclinación hacia un colector, que será hermético para prevenir la entrada del aire no filtrado por el sistema, que dispondrá de un desagüe que posteriormente puede ser expulsado con una bomba o bien si el edificio dispone de un colector por debajo de dicha profundidad, solo tendrá que conectarse para su correcta evacuación [4].



Figura 30. Depósito de condensados

- Sistema mecánico de impulsión: si la exigencia térmica no es muy elevada bastaría con colocar un ventilador que mantenga constante la velocidad del aire y el caudal o en el mejor de los casos disponer de una chimenea solar que asegure la correcta dirección del flujo de aire tratado.
- Distribución y extracción: a partir de este punto el sistema se dimensiona igual que un edificio convencional con ventilación mecánica [1]. Se establecen los conductos, caudales y rejillas necesarias para la impulsión que dictamina el HS3, y posteriormente la extracción del aire viciado hacia el exterior o hacia un recuperador de calor.

2.2.5. INDICACIONES PARA SU INSTALACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Teniendo en cuenta la documentación facilitada por la empresa REHAU, concretamente en catálogo *awadukt-thermo* se dan una serie de indicaciones:

- La instalación de los tubos se realiza de acuerdo con la *UNE 1610*, pero además se debe tener en cuenta la instrucción alemana *VDI 4640* sobre sistemas de intercambio geotérmicos.
- Durante el transporte de los tubos deberán descansar sobre todo su largo y estar asegurados contra los desplazamientos, evitando las flechas por apoyos puntuales y los impactos. Además, no se permite el volcado de los tubos, sino que se deben descargar manualmente con aparatos adecuados. Se debe evitar el arrastre de los tubos por el suelo porque alguna muesca o rasguño puede provocar inestabilidades.
- En cuanto a las zanjas para la colocación de los tubos, deben tener un lecho a base un material blando, libre de piedras, como se enseña en la siguiente imagen:

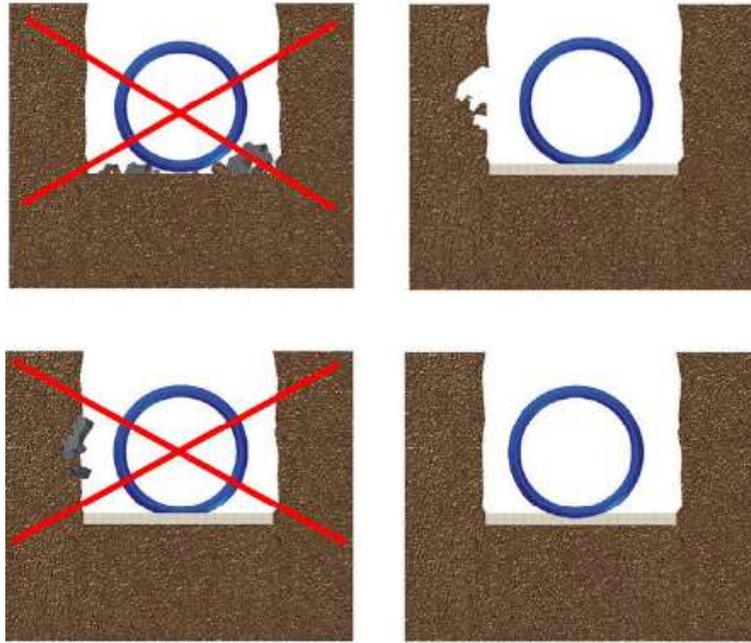


Figura 31. Diseño de las zanjas

- Se deben tener especial atención para realizar las uniones y seguir los criterios que establece la empresa suministradora
- Se debe realizar una prueba de estanqueidad según las normas *DIN EN 1610* antes de su funcionamiento

Para realizar el mantenimiento de la instalación basta seguir algunas directrices:

- Cada 6 meses se deben observar el estado de las aberturas y limpieza de las mismas y si fuese necesario se cambiarán los filtros situados en la torre de aspiración.
- Cada año se debe comprobar que no existen problemas de funcionamiento de los conductos y que la aspiración se realiza de manera correcta.
- Cada 5 años se debe realizar una limpieza de los conductos de extracción, mediante agua a presión o mediante cepillos giratorios.
- Coste aproximado de mantenimiento entre 50-100 €/año.

Cabe destacar que nuestro sistema dispone de un COP elevado, con un valor situado entre 5-15, ya que el consumo eléctrico necesario para el sistema, es decir uno o varios ventiladores, es muy bajo en comparación con la energía que aporta nuestro sistema.

Vamos a calcular de forma aproximada el COP de nuestro sistema:

Adelantando un poco, sabemos que el aporte aproximado en invierno es de unos 1100 KWh/año y en verano de unos 1180 KWh/año.

En invierno el sistema se combina con un recuperador de calor, que tiene un consumo medio aproximado de unos 25 W que multiplicándolo por 24 h en 30 días durante 12 meses nos da un consumo de 216 KWh/año, con estos datos se puede establecer el COP del sistema en período de invierno:

$$COP \text{ sistema} = \frac{\text{Energía generada}}{\text{Energía consumida}} = \frac{1100}{216} = 5,10$$

En verano, al disponer de un bypass que evita la entrada hacia el recuperador de calor, el consumo se reduce hasta unos 10 W que multiplicándolo por 24 h en 30 días durante 12 meses nos da un consumo de 86,5 KWh/año, por lo que el COP del sistema quedaría:

$$COP \text{ sistema} = \frac{\text{Energía generada}}{\text{Energía consumida}} = \frac{1180}{86,5} = 13,65$$

También es importante recordar que las tuberías seleccionadas tienen una capa antimicrobiana, cuya función es reducir el crecimiento y la multiplicación de bacterias y hongos en el interior de los tubos y asegurar la calidad del aire que entre en la vivienda, además que son impermeables al radón, que es un gas radioactivo de origen natural, incoloro e inodoro que se da en rocas y suelos.

Finalmente, el sistema es capaz de conseguir reducir la humedad en el interior del edificio, especialmente en regiones con alto porcentaje de humedad ambiental.

2.2.6. CONFIGURACIONES DEL SISTEMA

La configuración del sistema depende de las necesidades del proyecto como pueden ser el uso del mismo, la superficie a aclimatar, el espacio disponible, el caudal necesario etc. Se conocen tres tipos de configuración del sistema: el tipo bloque Techelmann (bloque - rejilla), la distribución Techelmann (rejilla) y directos aislados (anillos).

- Directos aislados: su mayor aplicación se da en viviendas unifamiliares o construcciones pequeñas. Se aplica este diseño porque resulta rentable y se puede economizar si se reutilizan las zanjas existentes en la obra en vez de re excavar. Se necesita de un área grande para su instalación, puesto que el sistema solo utiliza un único tubo como sistema de intercambio de calor. La profundidad varía entre 1,5 m y 3 m. Su sistema constructivo se basa en uno o dos tubos que están direccionados hacia el espacio a climatizar, donde está el ventilador que impulsa todo el sistema [4].

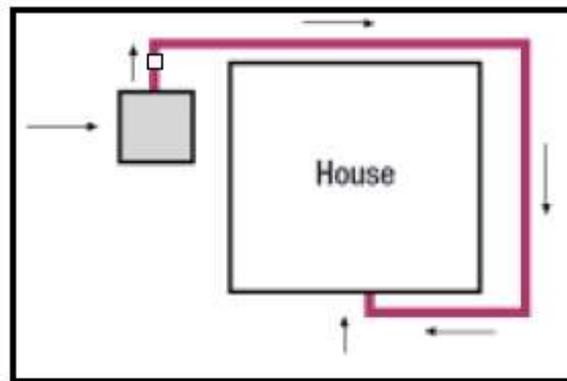
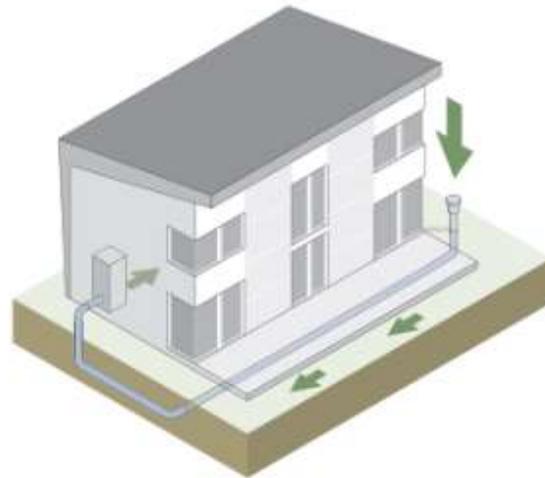


Figura 32. Distribución directo aislado (anillos)

- Distribución Techelmann: es utilizado cuando la distribución aislada no se puede realizar porque la longitud de los tubos es muy grande o porque las necesidades del proyecto requieren un mayor flujo de aire. Los tubos se colocan en forma de rejilla y están unidas a dos cámaras de aire (ingreso y salida). Las tuberías de ingreso suelen ser de gran diámetro, mientras que las de los tubos enterrados tiene un diámetro menor para lograr disminuir la velocidad del fluido y asegurar el intercambio de energía. Su sistema constructivo se basa en tubos generalmente de PVC o prefabricados de hormigón que se colocan en edificios de gran escala [4].

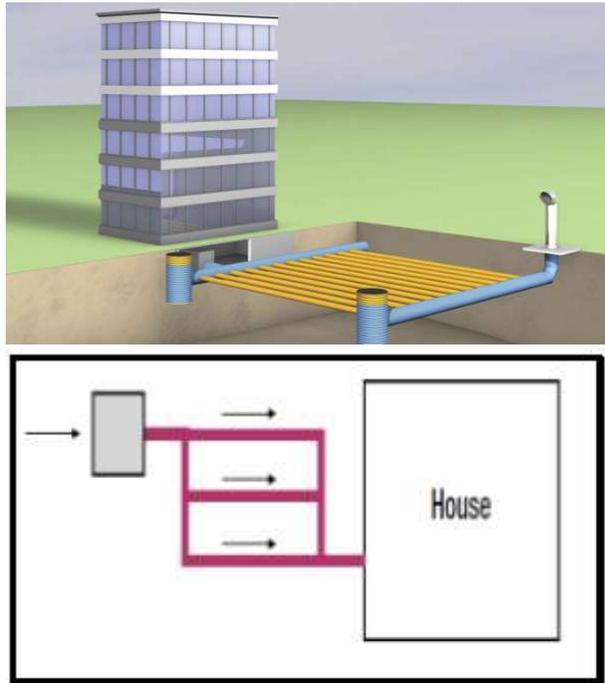


Figura 33. Distribución Techelmann (rejilla)

- Bloque Techelmann: este sistema conjuga los dos anteriores, pero en un espacio limitado. Por esta razón se construye su sección como un bloque con varias capas de tubos. Al diseñar este tipo de sistemas es de suma importancia analizar la inercia térmica de todo el bloque, ya que un mal diseño no permitiría el intercambio de calor. Se puede aplicar para la renovación del aire, la refrigeración en verano y el precalentamiento en invierno para el sector terciario. Requiere de poco espacio de instalación debido a su configuración, ya que su sistema constructivo se basa en colocar los tubos en diferentes capas y quedan embebidos en el terreno. El sistema cuenta con una cámara de aire de entrada en un extremo donde se encuentra el ventilador y los filtros para insectos para la impulsión de aire y otra en el extremo opuesto [4].

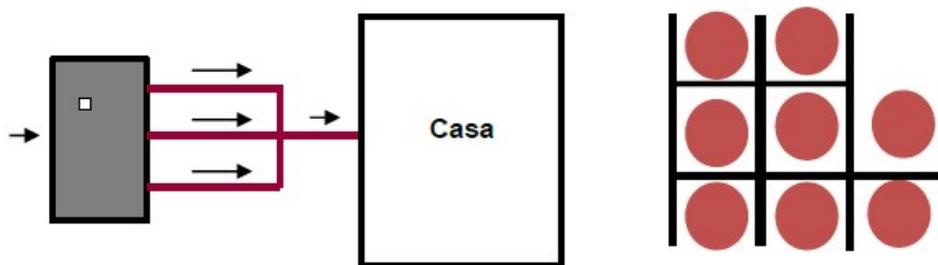


Figura 34. Distribución bloque Techelmann (bloque-rejilla)

2.2.7. FUNDAMENTO FÍSICO

Para realizar el cálculo del proceso físico que se produce en los conductos, se debe considerar que la temperatura externa del tubo es constante, lo que implica que el terreno dispone de suficiente inercia como para no provocar ningún cambio de temperatura en él debido al calor intercambio con el conducto [1].

Inicialmente y tras realizar una búsqueda selectiva, se conocen dos criterios para el cálculo del sistema:

La opción 1, propone calcular la transmitancia térmica de los conductos, mediante la siguiente expresión [6]:

$$\Lambda = \frac{1}{R_i} = \frac{\lambda}{\frac{D_e \cdot \ln \frac{D_e}{D_i}}{2}}$$

Después se procede a calcular la transmitancia térmica del conjunto suelo – conductos, mediante la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_i}$$

Y finalmente se calcula la capacidad de enfriamiento o calentamiento del conducto, mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\Phi}{A} = U \cdot (T_t - T_m)$$

Para la opción 2, la resistencia térmica se compone de la resistencia por conducción y por convección [1]:

$$R = R_{conducción} + R_{convección}$$

Para calcular la resistencia por conducción, se debe suponer que disponer de una pared delgada con respecto al radio del tubo, por lo que se asemeja a una pared plana, calculándose como el cociente entre el espesor y la conductividad térmica del conducto.

$$R_{conducción} = \frac{e}{\lambda}$$

Para calcular la resistencia por convección, se conoce mediante la inversa entre una constante y la velocidad del aire.

$$R_{convección} = \frac{1}{5,55 \cdot v^{0,8}}$$

El flujo de calor por unidad de superficie (φ) en el conducto es proporcional a la diferencia de temperatura entre el aire y el terreno e inversamente proporcional a la resistencia térmica de la pared

R.

$$\varphi = \frac{(T_{\text{aire}} - T_{\text{terreno}})}{R}$$

La cantidad de calor (Q) intercambiado por unidad de tiempo, corresponde al flujo de calor multiplicado por la superficie (S).

$$dQ = \varphi \cdot S \cdot dt$$

Y finalmente el intercambio de calor, provoca la variación de la temperatura del aire. Donde se calcula como el cociente entre el calor, y el calor masivo (C), la densidad (λ) y el volumen del aire.

$$dT_{\text{aire}} = \frac{dQ}{C \cdot \lambda \cdot V}$$

Véase apartado 2.2.9. *cálculos* para mayor detalle.

2.2.8. DESCRIPCIÓN DE NUESTRO SISTEMA:

El sistema que se ha decidido implantar es el directamente aislado (anillo), al disponer de vivienda unifamiliar que dispone de zonas ajardinadas y terrazas por donde se pueden colocar los conductos. El material seleccionado para los tubos será el polipropileno, ya que tiene buena conductividad térmica (0,22 W/mK) que garantiza una transmisión óptima del calor, dispone de suficiente rigidez para aguantar el peso del terreno y asegurar una correcta evacuación de condensados, tiene una capa antimicrobiana porque dispone de partículas de plata y es el más comercializado por las empresas suministradoras.

Nuestro sistema empezará por la colocación de la torre de aspiración en la parte posterior del solar (orientación sur), y se dispondrán los conductos a una profundidad inicial de 2 m, dotándoles de una pendiente del 2%, para asegurar la evacuación de los condensados, llegando hasta la cota inferior de 3,10 m. Se conectarán al depósito de condensados, que dispondrá de tapa de registro hermética, y subirán hasta un recuperador de calor ubicado en el falso techo de los trasteros. La longitud de los conductos será de 60 m para la casa A y de 56 para la vivienda B.

El recuperador de calor dispondrá de un bypass equipado con sondas, para asegurar una optimo uso del sistema, ya que, en verano el aire fresco procedente de los conductos no pasará por el recuperador de calor para no aumentar su temperatura, mientras que en invierno el aire que procede de los conductos pasará por el recuperador de calor para intentar aumentar su temperatura. Además, este bypass evitará un mal uso del sistema en épocas intermedias.

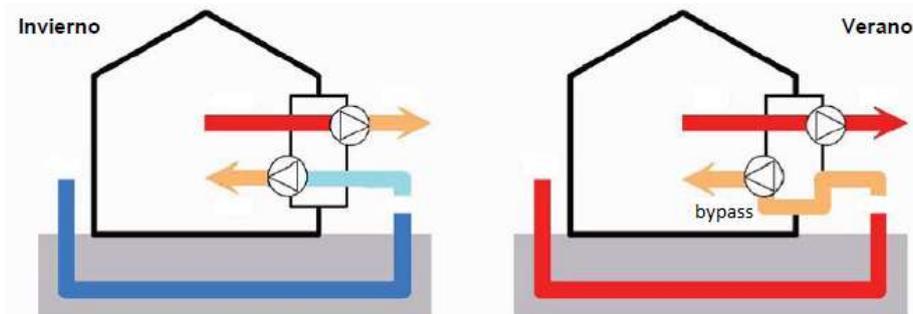


Figura 35. Funcionamiento del recuperador de calor con bypass

2.2.9. CALCULOS

Tras realizar una búsqueda intensiva en las fuentes disponibles sobre el tema y realizar varias consultas técnicas, se llega a la conclusión de que existen varias formas de dimensionar la instalación.

En nuestro caso se ha decidido dimensionar la instalación para el periodo de verano, ya que es la estación donde el sistema consigue su mayor eficacia. Para ello se ha realizado una consulta de las temperaturas globales de la zona que se detallan a continuación:

Datos Mallorca	min	max	media	HR	Temp terreno
ene-19	4,7	18,7	11	82	17
feb-19	4,7	20,9	11,9	80	17
mar-19	7,6	21,4	13,3	77	17
abr-19	7,1	24,3	15,1	73	16,5
may-18	10,9	26,9	17,8	73	16,5
jun-18	16	31,7	22,8	68	20,5
jul-18	20,5	34,7	26,3	68	20,5
ago-18	20,1	35,8	26,6	72	21
sep-18	16,1	29,6	24,2	75	21
oct-18	9,2	26,1	19,1	79	21
nov-18	8,8	23,2	15,1	80	20
dic-18	7,3	20,4	13,2	81	17

Tabla 3. Valores de temperatura y humedad media en T.M de Lluçmajor, Mallorca

Se ha seleccionado una temperatura exterior del aire de 36 °C con una humedad relativa del 72 % y una temperatura del terreno de 21 °C (agosto). La temperatura de confort interior se establece en 24 °C, partiendo de una consulta de las condiciones de confort, según nuestra situación, mediante el software *climate consultant* que se detalla a continuación:

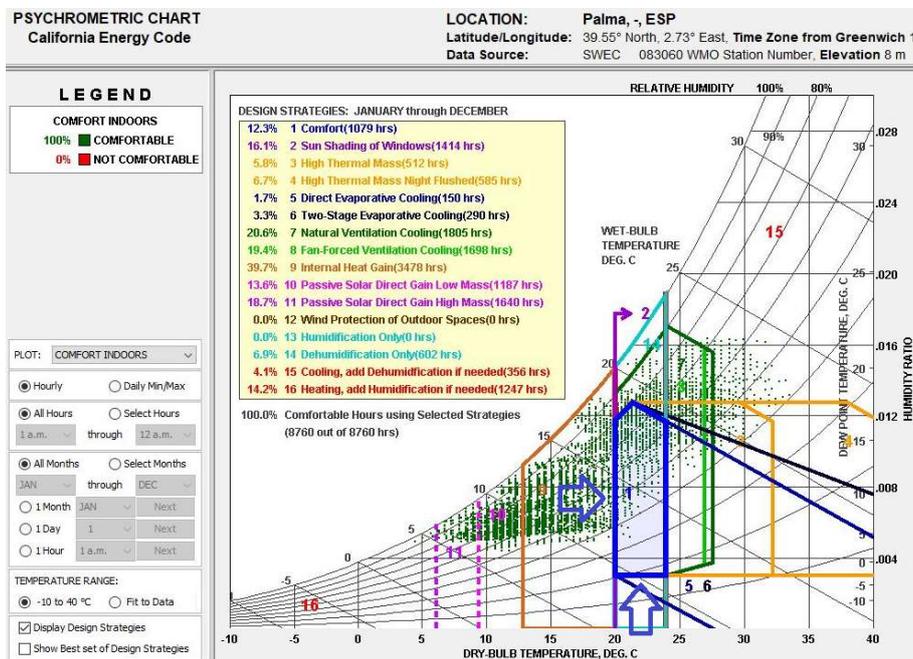


Figura 36. Valores de confort según el programa Climate consultant

Para empezar a dimensionar, se debe seleccionar el diámetro del tubo, su espesor y el tipo de material que utilizaremos. En nuestro caso se ha escogido tubos de polipropileno con una

conductividad térmica $\lambda=0,22$ W/mK, con un diámetro comercial exterior de 200 mm y un espesor de 7 mm, con lo que el diámetro interior es de 186 mm.

Conociendo el caudal necesario teniendo en cuenta las exigencias del CTE-HS-3 se debe calcular la velocidad del aire de los conductos.

Caudal de la vivienda (calculado en el apartado 2.6.4.3.): 40 l/s = 144 m³/h = $0,04$ m³/s

Para calcular el área del tubo se empleará la siguiente fórmula:

$$A = \pi \times \left[\frac{\text{Diam}}{2} \right]^2 = \pi \times \left[\frac{0,186}{2} \right]^2 = 0,027 \text{ m}^2$$

Seguidamente conociendo el caudal necesario, se despeja la velocidad necesaria para cumplir con dichas exigencias:

$$V = \frac{0,04}{0,027} = 1,472 \text{ m/s}$$

Entonces nuestra instalación debe tener un caudal de $0,04$ m³/s con una velocidad aproximada de $1,472$ m/s.

Llegados a este punto, consultando la bibliografía, existen varias maneras de dimensionar el sistema. Esto puede ser debido a la inexistencia de una normativa específica sobre dicha instalación y por ello se han deducido dos formas aproximadas de calcularla:

OPCIÓN 1 (*)

Primero se debe calcular la transmitancia térmica del conducto mediante la siguiente expresión:

$$\Lambda = \frac{1}{R_i} = \frac{\lambda}{\frac{De}{2} \times \ln \frac{De}{Di}} = \frac{0,22}{0,2 \ln \frac{0,2}{0,193}} = 61,75 \frac{w}{m^2 \cdot K}$$

Donde

De: diámetro exterior

Di: diámetro interior

λ : conductividad térmica del material

Seguidamente se calcula la transmitancia del conjunto conducto – suelo mediante la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_i} = \frac{1}{\frac{1}{14,6} + \frac{1}{61,75}} = 11,80 \frac{w}{m^2 \cdot K}$$

Donde

h_i : transmitancia del suelo

R_i : transmitancia del conducto

Después se calcula la temperatura media que se dará en los conductos del intercambiador:

$$T_m = \frac{T_{entrada} + T_{salida}}{2} = \frac{36 + 24}{2} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde

Tentrada: temperatura entrada del aire

Tsalida: temperatura salida del aire

Posteriormente se debe calcular la capacidad de enfriamiento del conducto mediante la siguiente expresión:

$$C_e = \frac{\phi}{A} = U \times (T_m + T_t) = 11,80 \times (30 - 21) = 106,20 \frac{W}{m^2}$$

Donde

ϕ : flujo de calor

A: área del tubo

U: transmitancia del conjunto

Tm: temperatura media

Tt: temperatura del terreno

*La opción 1 recoge la información impartida por el Dr. Arquitecto F. Javier Neila González, en el curso sobre el diseño del edificio de energía casi cero según el nuevo CTE-HE con estrategias bioclimáticas impartida el 14 de diciembre de 2018 en el COAIB [6].

OPCIÓN 2 (**)

Inicialmente se debe calcular la resistencia por conducción del conducto mediante la siguiente expresión:

$$R_{\text{conducción}} = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,007}{0,22} = 0,0318 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Donde

e: espesor del tubo

λ : conductividad térmica del tubo

Posteriormente se calcula la resistencia por convección mediante la siguiente expresión:

$$R_{\text{convección}} = \frac{1}{5,55 \times V^{0,8}} = \frac{1}{5,55 \times 1,367^{0,8}} = 0,143 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Donde

V: velocidad del aire

Sumando las dos obtenemos la resistencia térmica total del conducto:

$$R = R_{\text{cond.}} + R_{\text{convec.}} = 0,0318 + 0,143 = 0,172 m^2 \cdot K/W$$

Después se calcula la temperatura media que se variará en el intercambiador:

$$T_m = \frac{T_{\text{entrada}} + T_{\text{salida}}}{2} = \frac{36 + 24}{2} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde

T_{entrada}: temperatura entrada del aire

T_{salida}: temperatura salida del aire

Después se debe calcular el flujo de calor por unidad de superficie que se da en el tubo con la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{(T_{\text{media}} - T_{\text{terreno}})}{R} = \frac{(30 - 21)}{0,172} = 52,59 \frac{W}{m^2}$$

**La opción 2 recoge la información contenida en el documento realizado por David Amitrano, sobre Elements de dimensionnement d'un échangeur air/sol, dit puits canadien, en la Universitat J.Fourier, Grenoble el 19 de Abril de 2006.

Una vez llegados a esta fase, solo existe una manera de dimensionar el sistema: calculando la energía que se debe eliminar del aire para conseguir un cambio de temperatura, mediante la siguiente expresión:

$$Ee = \left(\frac{i}{V_e}\right)_{\text{entrada}} - \left(\frac{i}{V_e}\right)_{\text{salida}}$$

Donde

Ee: energía a eliminar

i: entalpía

Ve: volumen específico

Para ello se necesita la ayuda de un diagrama psicrométrico

DATOS:

temperatura de entrada: 36 °C con una HR de 72 %

temperatura de salida: 24 °C considerando la misma HR que entramos. (aunque ésta disminuya)

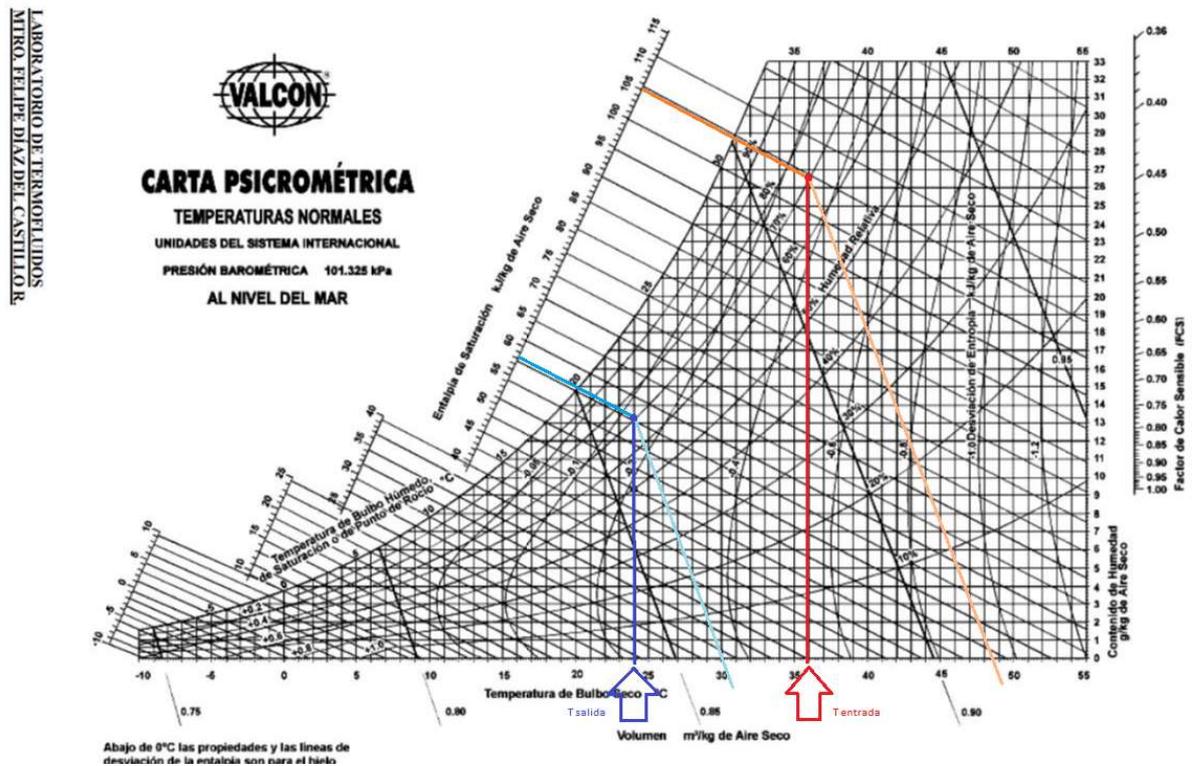


Figura 37. Resumen del uso del diagrama psicrométrico

Quedando la siguiente expresión:

$$Ee = \left(\frac{105}{0,91}\right) - \left(\frac{58}{0,86}\right) = 47,94 \frac{KJ}{m^3} = 47942,75 W/m^3$$

Ahora se debe calcular la superficie de los conductos mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{Ee \times Qt}{\phi} = \frac{47942,75 \times 0,04}{106,20} = 18,05 \text{ m}^2 \quad \text{para la opción 1}$$

$$S = \frac{Ee \times Qt}{\phi} = \frac{47942,75 \times 0,04}{52,29} = 36,67 \text{ m}^2 \quad \text{para la opción 2}$$

Conociendo que el perímetro tiene el siguiente valor

$$P = 2 \times \pi \times r = 2 \times \pi \times 0,1 = 0,628 \text{ m}$$

Se calcula la longitud necesaria de conducto mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{\text{Superficie}}{\text{Perimetro}} = \frac{18,05}{0,628} = 28,72 \text{ m} \quad \text{para la opción 1}$$

$$L = \frac{\text{Superficie}}{\text{Perimetro}} = \frac{36,67}{0,628} = 58,4 \text{ m} \quad \text{para la opción 2}$$

Podemos observar que la diferencia es relativamente grande, esto puede ser debido a los diferentes criterios físicos o simplificaciones que se dan para evaluar la transmitancia del conjunto. Llegados a éste punto, se da la necesidad de realizar una consulta con un instalador especialista sobre dicho sistema que tenga experiencia en su instalación y disponga de varios ejemplos para tomar como referencia para que nos ayude a definir las exigencias del sistema.

De todas las empresas del sector, se decide contactar con la empresa REHAU, puesto que se trata de una empresa líder en el sector, que dispone de varias referencias para contrastar datos y que además ha realizado un software de cálculo específico para este tipo de instalaciones.

Una vez realizada la consulta por teléfono y decidiendo los materiales, la ubicación y las prestaciones del sistema, nos facilitan un informe con datos de diseño realizados con el software específico para nuestro caso.

A continuación, se resumen los datos más importantes de dicho informe:

Datos de diseño:

Longitud tubos intercambiador:	56 [m]		
Aportación Calefacción:	1094.32 [kWh/a]	Aportación Frío:	-1178.99 [kWh/a]
Min. Temperatura antes GAHE:	-1.4 [°C]	Max. Temperature antes GAHE:	34.0 [°C]
Min. Temperatura después GAHE:	10.8 [°C]	Max. Temperature después GAHE:	23.9 [°C]
Ahorro emisiones CO2-Calefacción:	235.89 [kg/a]	Ahorro emisiones CO2-Frío:	177.69 [kg/a]
Edificio horas funcionamiento:	8760 [h/a]		
GAHE-horas funcionamiento:	8760 [h/a]	Bypass horas funcionamiento:	0 [h/a]
Periodo Calefacción:	4108 [h/a]	Periodo Frío:	4652 [h/a]
Velocidad aire tubos intercambiadores:	2.04 [m/s]	Velocidad aire tubos distribuidores:	_____ [m/s]

Figura 38. Datos de diseño del sistema

Energy Gain Monthly

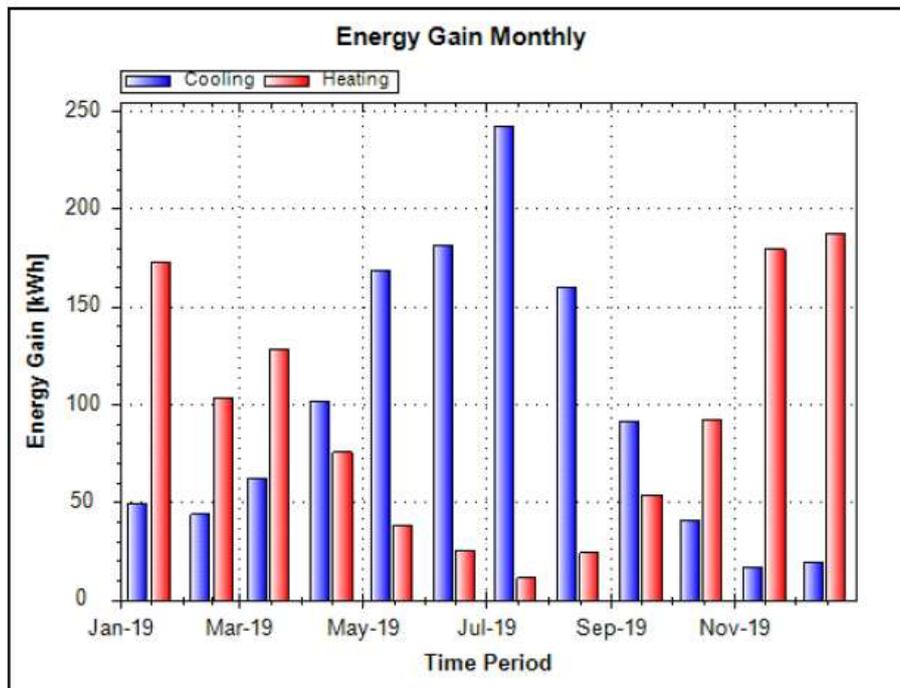


Figura 39. Datos aporte energético del sistema

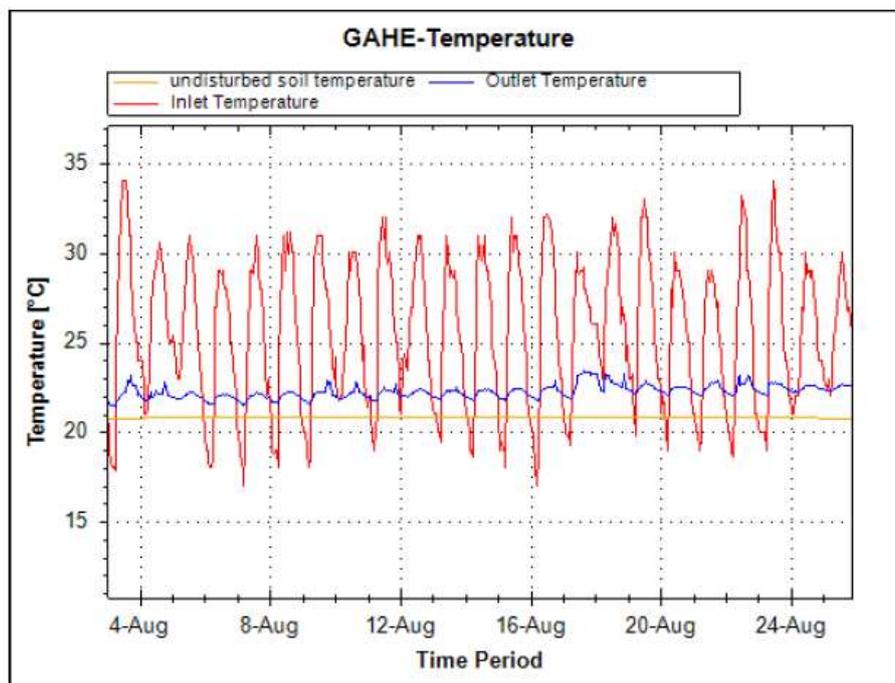


Figura 40. Gráfica de temperaturas en verano

Podemos observar que los datos que nos han facilitado coinciden en términos de longitud con la opción 2, por lo que se pueden dar por válidos.

2.3. ESTUDIO SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

2.3.1. ESTIMACIONES INICIALES

Recordando que el consumo energético en el sector residencial representa el 17% del consumo total del país y que el principal sistema de consumo es el de climatización, es recomendable utilizar sistemas que se abastezcan de fuentes de energía renovables para reducir el consumo total notablemente [2]. Existen numerosas opciones en el mercado, pero el objetivo es seleccionar un sistema sostenible que además de generar calefacción produzca agua caliente sanitaria.

Para poder seleccionar un sistema con la mayor información posible, se ha realizado dos estudios de climatización, mediante la herramienta de cálculo *WICA BAXI*, donde se ha comparado el sistema de calefacción mediante bomba aire + placas solares fotovoltaicas con el sistema de calefacción con caldera de gas + placas solares térmicas (sistema muy común en edificación). A continuación se adjuntan los datos más representativos:

Mes	Días	Energía solar térmica kWh	Energía solar fotovoltaica kWh	COPCOP	Energía aerotérmica Total kWh	Energía eléctrica Bomba Calor kWh	Energía eléctrica resistencia kWh	Energía eléctrica total kWh	Energía renovable BC kWh	Emissiones CO ₂ kg	Energía primaria no renovable kWh
Enero	31	0	-118	2,64	971,21	367,88	0	249,88	603,33	82,71	488,27
Febrero	28	0	-125	2,62	844,02	322,15	0	197,15	521,87	65,26	385,23
Marzo	31	0	-173	2,57	725,17	282,17	0	109,17	443	36,14	213,32
Abril	30	0	-193	2,23	374,72	168,04	0	-24,96	206,68	-8,26	-48,77
Mayo	31	0	-207	2,21	317,93	143,86	0	-63,14	174,07	-20,9	-123,38
Junio	30	0	-216	2,36	287,16	121,68	0	-94,32	165,48	-31,22	-184,3
Julio	31	0	-229	2,47	282,6	114,41	0	-114,59	168,19	-37,93	-223,91
Agosto	31	0	-216	2,47	282,6	114,41	0	-101,59	168,19	-33,63	-198,51
Septiembre	30	0	-176	2,43	280,33	115,36	0	-60,64	164,97	-20,07	-118,49
Octubre	31	0	-152	2,28	303,8	133,25	0	-18,75	170,55	-6,21	-36,64
Noviembre	30	0	-118	2,13	314,51	147,66	0	29,66	166,85	9,82	57,96
Diciembre	31	0	-108	2,56	706,79	276,09	0	168,09	430,7	55,64	328,45
Anual	365	0	-2031	2,47	5690,84	2306,96	0	275,96	3383,88	91,35	539,23

Tabla 4. Resumen sobre sistema bomba de calor y placa fotovoltaica

Energía necesaria	3728kWh
Contribución mínima según HE4 CTE	100%
Contribución mínima según HE4 CTE	3728kWh
Aporte colectores solares	2402kWh
Pérdidas en el acumulador	370kWh
Pérdidas en las tuberías	70kWh
Pérdidas acumulación/tuberías	440kWh
Pérdidas por orientación, inclinación y sombras	7kWh
Pérdidas totales	447kWh

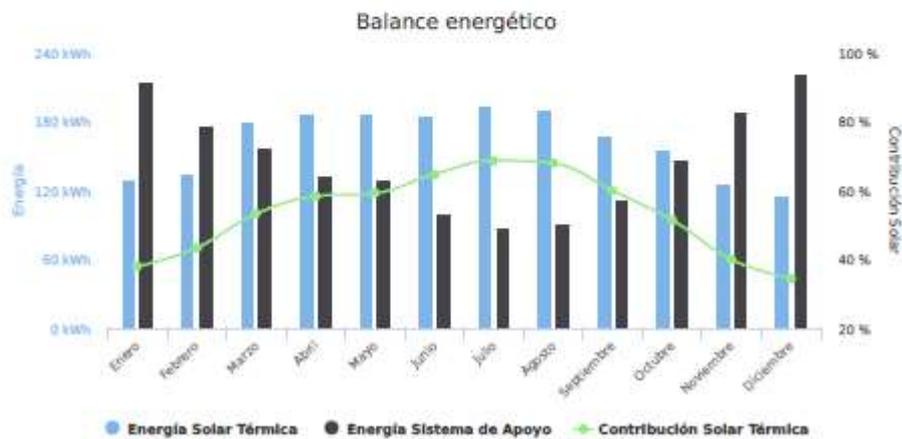


Figura 41. Resumen sistema caldera de gas y placa solar térmica

A continuación, se resume la inversión inicial de los diferentes componentes de los sistemas:

Coste kit placa termosifón (225 l)	1280 €
Coste kit placa fotovoltaica (aporte 2000 Kwh/año)	3650 €
Coste bomba de calor 8 KW	4960 €
Coste caldera de 33 KW	3895 €
Coste total aprox. sistema Aerotermia + placas fotovoltaicas	13600 €
Coste total aprox. sistema Caldera + placa solar térmica	10555 €

Tabla 5. Costes aproximados de los componentes

2.3.2. ESTUDIO DE CONSUMOS Y COSTES

Posteriormente, se ha estudiado el coste unitario para generar un Kwh de varios sistemas, a partir del precio de cada combustible y el rendimiento energético del sistema (relación entre Kwh energético y el kw térmico suministrado por la instalación), tomando como *referencia la nota técnica sobre los costes de producción de calor realizada por el COAIB en abril de 2013.*

Para ello se han definido 4 tipos de combustibles:

COMBUSTIBLE	PRECIO	PODER CALORIFICO
Gasóleo	1,11 €/l	8550 Kcal/l
Gas propano	1,05 €/Kg	12000 Kcal/Kg
Pellet	0,35 €/Kg	2700 Kcal/m ³
Electricidad	0,14 €/Kwh	860 Kcal/Kwh

Tabla 6. Resumen de combustibles más usados, precios y características.

Y se proponen 4 sistemas de calefacción objeto de estudio:

1. Caldera de gasóleo
2. Caldera de biomasa
3. Radiadores eléctricos
4. Bomba de calor aire-agua (aeroterminia)

COSTE UNITARIO DEL KWh DE CADA SISTEMA			
Tipo sistema	Rendimiento energético	Coste del Kwh	
Caldera de gasóleo standard	88 %	P. calor. X rendimiento	7524
		Kcal/l a Kwh	8,748
		Coste Kwh	0,126 €/Kwh
Caldera de biomasa	96 %	P. calor. X rendimiento	2592
		Kcal/l a Kwh	3,013
		Coste Kwh	0,116 €/Kwh
Radiadores eléctricos	96 %	P. calor. X rendimiento	825,6
		Kcal/l a Kwh	0,96
		Coste Kwh	0,145 €/Kwh
Bomba calor aire-agua	240%	P. calor. X rendimiento	2064
		Kcal/l a Kwh	2,4
		Coste Kwh	0,058 €/Kwh

Tabla 7. Resumen costes Kwh según el sistema

Además, vamos a comparar los gastos energéticos anuales medios, poniendo como ejemplo una vivienda tipo: unifamiliar aislada, en la zona climática B3 (Mallorca), con una cota respecto al mar inferior a 400 m, de planta cuadrada de 10 x 10 m y la altura entre techo y pavimento de 3 m, con las 4 fachadas iguales y con la misma superficie vidriada, con una estructura de pilares de hormigón integrados en la fachada y con una solera. Vamos a establecer el coste anual de calefacción según 3 tipos constructivos diferentes:

A: Vivienda tipo según criterios de aislamiento del CTE

B: Vivienda no aislada, realizada con bloques y prefabricados de hormigón

C: Vivienda no aislada, realizado con muros de mampostería o marés.

COSTE ANUAL DE CALEFACCIÓN			
SISTEMA CALEFACCIÓN	TIPO A	TIPO B	TIPO C
Caldera de gasóleo	250,01 €/año	810,67€/año	1006,34 €/año
Caldera de biomasa	228,83 €/año	742,00 €/año	921,09 €/año
Radiadores eléctric.	287,37 €/año	931,81 €/año	1156,72 €/año
Bomba calor	114,95 €/año	372,72 €/año	462,68 €/año

Tabla 8. Costes anuales de calefacción

Método de cálculo: para evaluar el coste anual de calefacción se ha optado por el sistema Grados Día en Base 20. Se trata de un indicador del grado de rigurosidad climática de un lugar. Los datos climáticos han sido extraídos de las mediciones del IDEA para Palma de Mallorca:

-Grados día de calefacción (GD) en base 20 °C: 1277 °C/°K.

Para la evaluación de las pérdidas de energía a través de la solera se ha supuesto, una temperatura constante anual equivalente a la media anual (GD15).

Seguidamente se va a realizar el estudio de los gastos energéticos medios estimados de ACS para una vivienda tipo: En este caso si la tipología ni el aislamiento condicionan el cálculo ya que la producción de ACS depende exclusivamente de los ocupantes de la vivienda, no obstante, si afecta al coste de producción de ACS la aportación procedente de las placas solares. En la siguiente tabla se van a evaluar los gastos anuales medios de ACS, si la vivienda dispone de placa se ha considerado los requerimientos (no actuales) que especifica el CTE: una demanda de 30 l de ACS/día por persona a 60 °C y una contribución solar del 60%.

SISTEMA PRODUCCIÓN ACS	Vivienda SIN placas solares	Vivienda CON placas solares	Ahorro con placas solares
Caldera gasóleo	290,90 €/año	116,36 €/año	174,54 €/año
Caldera de biomasa	266,15 €/año	106,46 €/año	159,69 €/año
Termo eléctrico	334,23 €/año	133,69 €/año	200,54 €/año
Bomba de calor	133,65 €/año	53,46 €/año	80,19 €/año

Tabla 9. Gastos para generar ACS

Método de cálculo:

Consumo anual (CA) = 4 personas x 30 l ACS/día x 365 días/año = 43800 l/año.

Demanda energética anual:

$W_a = (C_a \cdot AT \cdot C_e) / (3.600.000)$

Siendo:

W_a: demanda anual e KWh/año

C_a: consumo anual ACS

AT: salto térmico entre la temp. de acumulación y la red. (temp. de la red aprox. 15 °C)

Ce: calor específico del agua (4187 J/°C Kg)

Demanda energética anual (Wa)= 43800 x (60-15) x 4187/ 3.600.000 = 2292,38 KWh/año.

2.3.3. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

- El coste anual de calefacción de una vivienda sin aislar es del orden de 3-4 veces mayor que el de la misma vivienda aislada, lo que demuestra la importancia del aislamiento térmico sea cual sea el combustible utilizado.
- El sistema de calefacción con bomba de calor tiene un coste anual de aproximadamente la mitad comparado con una caldera de gasóleo.
- Se conoce que el coste de los combustibles habituales como el gasóleo, el gas y la electricidad, es prácticamente el mismo en la península que en las Islas Baleares, no sucede lo mismo con los pellets, ya que el coste aumenta un 35 % debido a la necesidad de transporte, consecuencia de la ausencia de plantas de biomasa en las islas.
- Las evoluciones de los sistemas de climatización domésticos están alcanzando reducciones de consumo muy interesantes mediante la utilización de bombas de calor aplicadas al calentamiento y acumulación de agua a baja temperatura cuya energía es disipada mediante radiadores de bajo consumo, suelo radiante o Split. Actualmente su coste de implantación es superior que los sistemas convencionales, pero a cambio se obtienen unos consumos muy reducidos.
- Se ha demostrado en estudios recientes que la combinación óptima de sistemas de control de las protecciones solares y la ventilación, permite reducir la demanda energética global del orden del 75 % [6].

2.3.4. SELECCIÓN DEL SISTEMA:

Teniendo en cuenta todos los apartados anteriormente explicados, la implantación del sistema del intercambiador de aire-tierra y que se han optimizado al máximo los parámetros urbanísticos del solar, es decir, que no se dispone de ningún lugar para colocar una caldera de biomasa que disponga de un espacio para la colocación del combustible (pellets u otro tipo), se decide seleccionar la bomba de calor aire-agua, basando su funcionamiento en la aerotermia, para generar calefacción y agua caliente sanitaria con la implantación de un depósito de inercia.

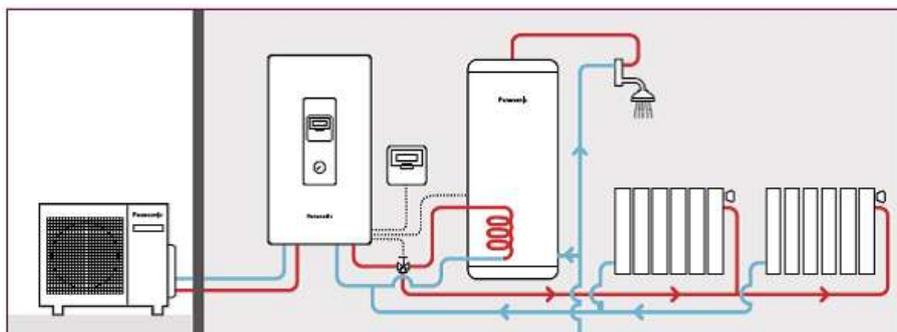


Figura 42. Esquema sistema aerotermia

En nuestro caso hemos seleccionado un sistema biblock, que dispone de dos unidades: la unidad exterior que se colocará en la cubierta plana de la vivienda, y el módulo hidrónico interior que se colocara en los trasteros, estarán conectados por tuberías de circuito primario. Además, el módulo hidrónico está conectado al depósito de inercia que es capaz de generar ACS y calefacción mediante un sistema de radiadores de bajo consumo.

Uno de los inconvenientes de seleccionar dicho sistema es que el combustible no renovable (electricidad), es relativamente caro y no se genera mediante fuentes renovables, sino mediante la combustión del carbón o la energía nuclear. Debido a ello, se ha decidido implantar placas fotovoltaicas para reducir el consumo eléctrico, aprovechar la energía solar y reducir las emisiones de CO₂ que se generan al obtener la electricidad.

En cuanto al sistema de placas solares fotovoltaicas, se ha optado por no colocar baterías de almacenamiento, puesto que el objetivo de su instalación no es autoabastecerse, sino reducir el consumo de energía eléctrica, además del elevado precio de estas baterías.

Partiendo de estas premisas, se ha seleccionado con la compañía eléctrica el método autoconsumo con excedentes acogidos a compensación: cuyo funcionamiento consiste en el vertido de electricidad sobrante generada por las placas a la red pública con el consiguiente descuento realizado en la factura mensual.

El sistema de placas fotovoltaicas está formado por las placas solares situadas en la cubierta de la vivienda, además del módulo inversor y debe disponer de un doble contador, de forma que la energía sobrante se vierte a la red.

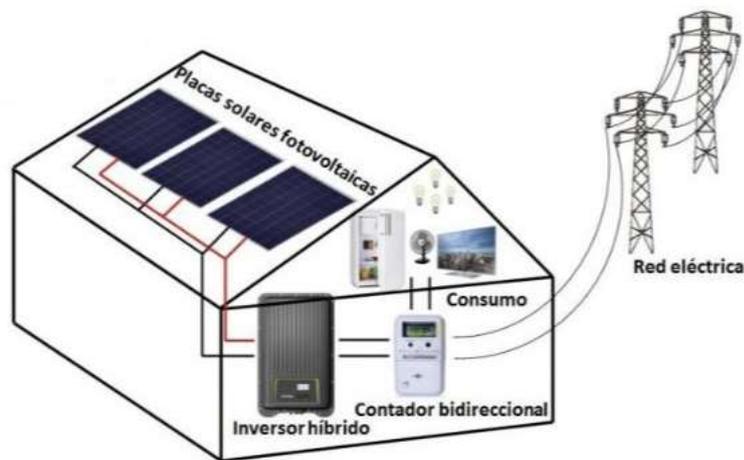


Figura 43. Esquema sistema placas fotovoltaicas

Finalmente se ha decidido colocar radiadores de bajo consumo, en vez de suelo radiante o splits, ya que el suelo radiante en dicha zona no consigue sacar el máximo provecho al sistema y como no dispondremos de sistema de refrigeración no se han colocado splits. Hay que recordar que la temperatura del agua del sistema seleccionado es menor que una caldera convencional, por lo que no es recomendable colocar radiadores tradicionales, sino radiadores de bajo consumo, donde la temperatura de suministro del agua es menor

2.3.5. DEFINICIÓN AEROTERMIA

El principio para su funcionamiento se basa en la termodinámica, donde una bomba de calor aspira el aire del exterior y recupera las calorías presentes en ese aire, seguidamente transforma esta energía en calor y la transmite al circuito de calefacción de la vivienda. El mecanismo utilizado es un fluido refrigerante que, mediante sus cambios de estado, extrae el calor contenido en el aire a temperatura inferior y lo cede al agua a temperatura superior.

Se considera una energía renovable, puesto que la bomba de calor que dispone la aerotermia utiliza del orden de un 70 % de energía renovables (producida por el principio de la termodinámica) y un 30% de energía eléctrica, obteniendo de esta manera, un rendimiento muy alto.

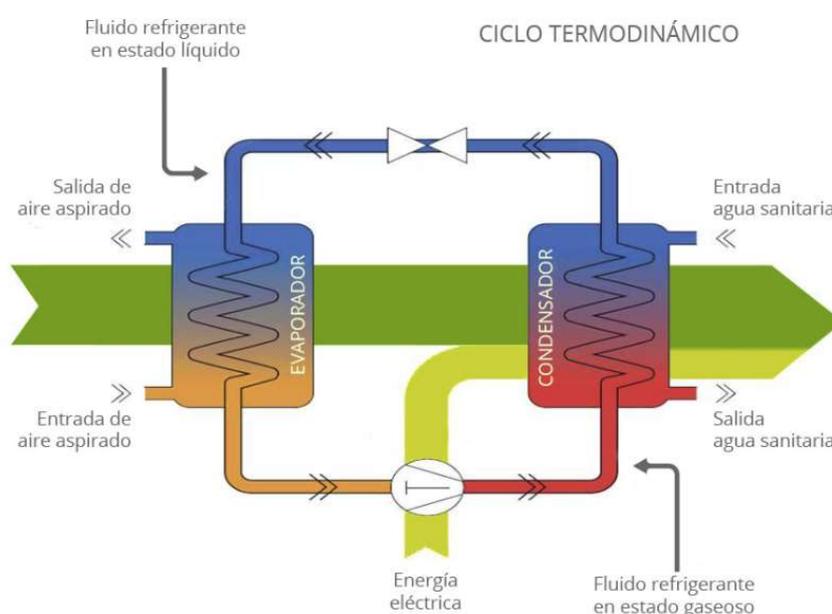


Figura 44. Ciclo termodinámico

2.3.6. JUSTIFICACIÓN DE LA NORMATIVA

Conociendo el sistema que disponemos y teniendo en cuenta las directrices que se recogen en la *nota técnica del COAIB, sobre la sustitución de placas solares térmicas por bombas de calor de Junio de 2017*, debemos justificar el cumplimiento del CTE-DB-HE, teniendo presente la modificación aprobada en septiembre de 2013, donde se permite sustituir la contribución solar mínima exigida mediante paneles solares térmicos por bombas de calor de producción de ACS o ACS + calefacción. Todo ello sin olvidar que, según la *directiva europea 2009/28/CE del parlamento europeo y del consejo de 23 de abril de 2009*, la energía Aerotérmica, geotérmica y hidrotérmica, capturada por las bombas de calor se considera energía procedente de fuentes renovables, si se cumplen las siguientes condiciones:

- La bomba de calor tiene un rendimiento medio estacional SPF (SCOP neto) > 2,5

- Se justifica que el consumo de energía eléctrica de la bomba es igual o inferior al que se obtendría mediante la correspondiente instalación de paneles solares térmicos (paneles solares + sistema auxiliar de soporte).
- Se justifica que las emisiones de CO₂, producidas por la bomba de calor son iguales o inferiores que las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica (panel solar + sistema auxiliar de soporte)

COMPROBACIÓN DEL SPF > 2,5

El SPF (SCOP neto) de la bomba de calor eléctrica es un dato que debe facilitar el fabricante. Al no disponer de ensayos o certificados que lo determinan, se establece la posibilidad de calcular el SPF mediante el documento reconocido del RITE: *Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para la producción de calor en edificios*. Hay que recordar que el SPF de una bomba no es el COP, ya que existe una relación entre los dos valores aplicando unos factores de ponderación (FP) y unos de corrección (FC) en función de la temperatura de distribución del agua y de la zona climática. Considerando la zona climática como B3 (islas baleares), que la temperatura de distribución será de 45 °C, que disponemos de un sistema centralizado, que el uso es vivienda y que la bomba genera ACS y calefacción:

SPF: COP nominal x FP x FC

SPF: 4,34 x 0,8 x 0,77 = 2,67 > 2,5 **Cumple**

COP Nominal de la bomba seleccionada: 4,34

Factor de ponderación (FP) uso vivienda y generación ACS + Calefacción: 0,8

Factor de corrección (FC) uso vivienda y generación ACS + Calefacción: 0,77

COMPROBACIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA:

	BOMBA DE CALOR (AEROTERMIA)	PANELES SOLARES + CALDERA GASOIL
Demanda ACS [Kwh/año]	3727,42	3727,42
Demanda cubierta por paneles solares	0 %	50 %
SPF	2,67	0,88
Fuente energía	Electricidad	Gasoil estándar
Consumo final energía [Kwh/año] (1)	2306,96/2,67 =864,02	2306,96x0,5/0,88=1310,77
Consumo energía primaria no renovable [Kwh](2)	864,02x2,937 = 2537,62	1310,77x1,179 = 1545,39

(1) El consumo de 2306,96 se obtiene del estudio realizado con wica baxi

(2) Coeficiente de paso de energía final a energía primaria no renovable para gas natural (1,190), gasoil (1,179) y electricidad (2,937) según el ministerio para la transición ecológica

Tabla 10. Comprobación de la energía consumida

Como podemos comprobar no se cumple dicha condición, por lo que hemos decidido colocar placas fotovoltaicas, que generan anualmente una energía de 2031 KWh, quedando la tabla de la siguiente forma:

	BOMBA DE CALOR (AEROTERMIA)	PANELES SOLARES + CALDERA GASOIL
Demanda ACS [Kwh/año]	3727,42	3727,42
Demanda cubierta por paneles solares	0 %	50 %
SPF	2,67	0,88
Fuente energía	electricidad	Gasoil estándar
Consumo final energía [Kwh/año]	$2306,96 - 2031 / 2,67 = 103,35$	$2306,96 \times 0,5 / 0,88 = 1310,77$
Consumo energía primaria no renovable [Kwh]	$103,35 \times 2,937 = \mathbf{303,53}$	$1310,77 \times 1,179 = \mathbf{1545,39}$

Tabla 11. Consumo de la energía consumida suponiendo placas fotovoltaicas

Finalmente se puede observar que la energía primaria no renovable consumida por la aerotermia, suponiendo el aporte de placas fotovoltaicas, es mucho menor que la consumida por una caldera estándar de gasoil.

COMPROBACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂:

	BOMBA DE CALOR (AEROTERMIA)	PANELES SOLARES + CALDERA GASOIL
Demanda ACS [Kwh/año]	3727,42	3727,42
Demanda cubierta por paneles solares	0 %	50 %
SPF	2,67	0,88
Fuente energía	electricidad	Gasoil estándar
Consumo final energía [Kwh/año]	$2306,96 - 2031 / 2,67 = 103,35$	$2306,96 \times 0,5 / 0,88 = 1310,77$
Emisiones de CO ₂ [Kg] (1)	$103,35 \times 0,833 = \mathbf{86,10}$	$1310,77 \times 0,311 = \mathbf{407,65}$

(1) Coeficiente de paso de emisiones de CO₂ de energía final a energía primaria no renovable para gas natural (0,252), gasoil (0,311) y electricidad extra peninsular (0,833), según CERMA.

Tabla 12. Emisiones de CO₂

Podemos observar que las emisiones producidas por la Aerotermia, juntamente con las placas fotovoltaicas, son menores que la producidas por una caldera de gasoil.

Con todo ello, podemos justificar que nuestro sistema cumple los requisitos del CTE DB - HE para substituir los paneles térmicos solares más un sistema de apoyo, por una bomba de calor combinado con placas fotovoltaicas.

2.4. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.4.1. AGENTES

- Promotor: Universidad de les Illes Balears (UIB)
- Proyectista: Joan Dols Crespí, DNI 43179147M.

2.4.2. ANTECEDENTES Y CONDICIONANTES DE PARTIDA

La normativa de aplicación es la revisión del plan general de ordenación de Lluçmajor aprobado el 15 de noviembre de 1984.

2.4.3. DATOS ESCRITURA SOLAR

Parcela ubicada en la calle Pizarro, 3, 07609, del T.M. de Lluçmajor, con referencia catastral 8945810DD7684N0001JH.

URBANA. Solar número 269 de la Urbanización Bahía Grande, término de Lluçmajor. Mide seiscientos diecisiete metros cuadrados. Linda: Norte o frente, con calle Picasso en recta de veinte metros; Sur o fondo, recta de veinte metros, solar 263; derecha, entrando, Este, en recta de treinta metros, solar 268; izquierda, entrando en recta de treinta metros, Oeste, solar 270. Su cuota es de 0,11865 por ciento. Referencia catastral: 8945810DD7684N0001JH. Código registral único: 07018000334127. Inscripción 1ª de fecha 2 de marzo de 1978. Tomo 4068 del libro 549 al folio 138.

2.4.4. EQUIPAMIENTO URBANO

Los servicios urbanísticos con los que cuenta la parcela son:

- Abastecimiento de agua potable
- Evacuación de aguas residuales a la red municipal
- Suministro de energía eléctrica
- Suministro de servicio de telecomunicaciones
- Acceso rodado desde vía pública

2.4.5. JUSTIFICACIÓN DE LA NORMATIVA URBANÍSTICA



PROYECTO	OBRA NUEVA VIVIENDA UNIFAMILIAR PAREADA CON PISCINA
EMPLAZAMIENTO	C/ Pizarro, 3, 07609, Bahía grande
MUNICIPIO	Llucmajor
PROMOTOR	Esperit Colonial S.L.
PROYECTISTA	JOAN DOLS CRESOÍ

ANEJO A LA MEMORIA URBANÍSTICA

Art. 152.2 de la Ley 12/2017 de urbanismo de les Illes Balears (BOIB núm. 160 de 29/12/2017)

Planeamiento vigente:	Municipal	Plan Ordenación Territorial Municipal de Llucmajor 1984
	Sobre parcela	Plan Ordenación Territorial Municipal de Llucmajor 1984

Reúne las condiciones de solar según el Art. 25 de la LUIB

Si No

CONCEPTO		PLANEAMIENTO	PROYECTO	
Clasificación del suelo		Urbano	Urbano	
Calificación		Residencial Extensiva agrupada 7	Residencial Extensiva agrupada 7	
Parcela	Fachada mínima	15 m	>15 m	
	Parcela mínima	600 m ²	>600 m ²	
Ocupación o Profundidad edificable		25%	<25%	
Volumen (m ³ /m ²)				
Edificabilidad (m ² /m ²)		0,5	<0,5	
Uso		Residencial Unifamiliar	Residencial Unifamiliar	
Situación edificio en parcela/ Tipología		Adosado	Adosado	
Separación a medianeras	Entre edificios	-	-	
	Fachada	4 m	4 m	
	Fondo	3 m	3 m	
	Derecha	3 m	3 m	
	Izquierda	3 m	3 m	
Altura	Metros	Reguladora	7,5 m	< 7,5 m
		Total	-	-
	Núm. de plantas	PB+PP1	PB+PP1	
Índex d' intensidad de uso		1viv/300 m ²	1 viv/300 m ²	
Observaciones:				

2.4.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Casa A:

ESTANCIA	SUP. ÚTIL (m ²)	SUP. CONSTRUIDA (m ²)
HALL	5,17	
COCINA	8,82	
ESCALERA	4,57	
ESTAR- COMEDOR	24,43	
HAB. AUX.	11,35	
BAÑO 1	5,13	
DISTRIB.	5,51	
DORMITORIO 1	10,80	
DORMITORIO 2	9,41	
MASTER BEDROOM	17,73	
BAÑO 2	5,83	
BAÑO SUITE	4,20	
COLADURIA	2,34	
TRASTERO	2,94	
BALCÓN	3,58	
TOTAL	121,83	149,16

Tabla 13. Resumen superficies casa A

Casa B:

ESTANCIA	SUP. ÚTIL (m ²)	SUP. CONSTRUIDA (m ²)
HALL	7,62	
COCINA	7,18	
ESCALERA	5,27	
ESTAR - COMEDOR	22,88	
HABIT. AUX.	11,02	
BAÑO 1	4,85	
DISTRIBUID.	8,30	
DORMITORIO 1	10,98	
DORMITORIO 2	9,63	
MASTER BEDROOM	13,57	
BAÑO 2	4,91	
BAÑO SUITE	4,89	
COLADURIA	2,12	
TRASTERO	3,08	
BALCÓN	1,41	
TOTAL	117,72	150,42

Tabla 14. Resumen superficies casa B

SUPERFICIE SOLAR	EDIFICABILIDAD	OCUPACIÓN
617,10 m ²	299,60 m ²	153,60 m ²
	48,55%	24,90 %

Tabla 15. Resumen parámetros urbanísticos

2.4.7. SOLUCIÓN ADOPTADA

Dos viviendas unifamiliares pareadas, no simétricas, distribuidas de la siguiente manera:

Planta baja: formada por hall, un baño completo, un dormitorio doble de invitados, una cocina abierta al salón comedor y un trastero exterior.

Planta piso: formada por un distribuidor, un baño completo, una coladuría, un dormitorio doble, un dormitorio simple y una master bedroom, con vestidor, baño en suite y balcón privado.

La vivienda cuenta además con un pequeño cuarto de instalaciones situado bajo tierra, zona ajardinada, terrazas y una piscina en la parte sur del solar.

2.5. MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.5.1. SISTEMA ESTRUCTURAL

- **Movimiento de tierras:** se realizarán excavaciones a cielo abierto en el solar, para ubicar la cimentación del edificio, la piscina, el sótano y las diferentes instalaciones. Se utilizará maquina pesada para llegar hasta la cota de cimentación que es de -1,5 m. Después se realizarán las zanjas para ubicar los conductos de las diferentes instalaciones de la vivienda.
- **Cimentación y contención:** la cimentación será superficial mediante zapatas aisladas de hormigón armado bajo pilares y zapatas corridas o riostras bajo muretes de forjado sanitario. La piscina dispondrá de muros de contención ya que será enterrada. Se realizarán mediante hormigón proyectado. El sótano enterrado también tendrá muros de contención pero realizados con bloques prefabricados de hormigón, armados y rellenos de hormigón y con zunchos de refuerzo. También disponemos de soleras de hormigón armado sobre encachados de gravas en las terrazas.
- **Estructura:** la estructura principal de la vivienda será de pórticos de hormigón armado mediante vigas y pilares. Los forjados serán unidireccionales, mediante semiviguetas armadas y bovedillas cerámicas curvas, a excepción del forjado sanitario que se realizará con viguetas autoportantes y bovedillas prefabricadas de hormigón tipo *hourdis*. Se realizarán muretes que servirán de encofrado perdido para el forjado sanitario, a base de bloque prefabricado de hormigón tipo italiano.

2.5.2. SISTEMA ENVOLVENTE

- **Cubierta:** La cubierta será plana tradicional no transitable con acabado de gravas. Se compone de formación de pendientes con hormigón aligerado, aislamiento a base de corcho natural 10 cm, capa separadora de geotextil, impermeabilizante a base de lámina EPDM, y capa antipunzonamiento y drenante y acabado de gravas de granulometría específica. En la cubierta se colocará la maquina exterior de Aerotermia, situada sobre una bancada o solerilla de hormigón en masa, correctamente aislada e impermeabilizada, las placas fotovoltaicas, las salidas de humos de la vivienda y las ventilaciones necesarias. Para realizar las operaciones de mantenimiento, se accederá a ella mediante una escalera de mano, y en los petos de cubierta se dejan instalados puntos de anclaje para enganchar líneas de vida. La cubierta de los balcones será muy similar, pero con acabado de baldosas. (véase detalle en planos anexos).
- **Fachadas:** las fachadas estarán realizadas con ladrillo cerámico tipo Panal de 14 tomado con mortero de cemento portland y arena, acabado exterior mediante un sistema de aislamiento por el exterior (SATE) con aislamiento de corcho natural de 8 cm y acabado interior mediante guarnecido y enlucido de yeso o trasdosado auto portante de placa de yeso laminado.
- **Carpinterías:** Las carpinterías se realizarán con madera, serán estancas, y se les dotará de un tratamiento para exteriores. No dispondrán de aireadores ni micro ventilaciones. Los pre marcos también serán de madera y los vidrios serán tipo *climalit* bajo emisivos que cumplen los requisitos del DB-SU. Las persianas también serán de madera, mientras que la pérgola será de acero. Las puertas de entrada y de paso serán de madera, mientras que la puerta de entrada al solar, será de forja de hierro.

- **Suelos en contacto con el terreno:** En la vivienda no dispondremos de suelos en contacto con el terreno, ya que tenemos forjado sanitario, aunque se impermeabilizarán los muretes de dicho forjado para evitar humedades por capilaridad. En los exteriores, dispondremos de solera en las terrazas y en la piscina, la cual dispondrá de un enchado de gravas como base.

2.5.3. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

Las divisiones interiores serán tabiques a base perfilera metálica auto portante con placas de yeso laminado. La pared que cierra la escalera será de ladrillo cerámico hueco tipo doble castellano H-6 o similar. La medianera se realizará con ladrillo cerámico tipo Panal 14.

2.5.4. SISTEMA DE ACABADOS

- **Interiores:** los acabados interiores de fachada serán a base de guarnecido y enlucido de yeso o trasdosado de placa de yeso laminado, las medianeras tendrán un trasdosado de placa de yeso laminado por cada cara, con perfilera auto portante metálica, en baños, coladurías y cocinas se alicatará con piezas de gres tomadas con cemento cola y en algunas estancias se trasdosará con paneles de madera. Los pavimentos de planta baja serán un acabado continuo de hormigón pulido y en locales húmedos con acabados que cumplan requisitos de resbalicidad, mientras que en planta piso se colocarán baldosas de gres tomadas con cemento cola. En techos dispondremos de estructura vista y falso techo de placas de yeso laminado en algunas estancias. El revestimiento de los peldaños de la escalera se realizará con un revestimiento de microcemento, similar al hormigón pulido de la planta baja.
- **Exteriores:** en los muros exteriores de fachada, dispondremos del SATE, formado por aislante de corcho natural 8 cm con acabado final acrílico color blanco, los muros de medianera del solar, tendrán un enfoscado y revoco de mortero fino color blanco. Los pavimentos exteriores, tendremos solera con acabado impreso y tarima de madera tratada sobre rastreles. La piscina tendrá un revestimiento mediante baldosas cerámicas tomadas con cemento cola.

2.5.5. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES

INSTALACION DE AGUA FRIA

Instalación completa para el interior y exterior de la vivienda. La conexión de entrada será enterrada, por la calle, junto a la arqueta de suministro. La llave general de paso y el contador se colocará en el muro de cerramiento del solar que linda con la vía pública, en una arqueta o nicho accesible desde el exterior con una llave homologada. Se dispondrá de un depósito de unos 500 l de capacidad como mínimo, con un grupo de presión y un bypass para asegurar el suministro en caso de avería o indisposición de la red pública. Además, dispondremos de un sistema de riego automático, mediante aspersores para las zonas ajardinadas.

INSTALACION DE ACS

El ACS es generado por una bomba de calor mediante su acumulación en un depósito de inercia.

No se dispone de retorno de ACS ya que el punto de consumo más lejano está situado a menos de 15 m del punto de generación. La contribución de energías renovables del sistema es superior al 50% de la energía que precisa para generar el ACS, cumpliendo con los requisitos del DB-HE 4.

INSTALACION DE SANEAMIENTO

La red de saneamiento se realizará con conductos de PVC y diámetro según se especifica en los planos. Los colectores horizontales irán suspendidos y enterrados bajo solera o forjado sanitario, hasta conectarse con la arqueta general de la vivienda. Se ha intentado que la mayor parte de la red sea registrable, colocando registros. Se trata de un sistema separativo donde al no existir red pública para pluviales, se juntarán con las residuales fuera de la vivienda, antes de conectarse con el alcantarillado público.

CALEFACCION

Se ha decidido instalar un sistema de calefacción por radiación, mediante un sistema de bomba de calor con radiadores de bajo consumo en las diferentes estancias. La máquina exterior de la bomba se colocará en la cubierta del edificio, mientras que el modulo interior se colocará en el trastero juntamente con el depósito de inercia.

La bomba seleccionada es el modelo *Platinum BC iplus* de 8 kW de potencia, con un acumulador AS 200 – 2E todo de la marca *Baxi*. Además, se han colocado radiadores en todas las estancias, excepto en los trasteros, con una potencia total de 5934,47 W superior a la demanda obtenida mediante la aplicación BAXI WICA.

A continuación se resumen las demandas térmicas medias:

- i) Global: 27,64 W/m³
- ii) Comedor-salón: 34,47 W/m³
- iii) Dormitorio-vestidor: 31,03 W/m³
- iv) Cocina – coladuría: 24,13 W/m³
- v) Baños: 29,3 W/m³
- vi) Pasillos – hall: 19,27 W/m³

Cabe mencionar que las demandas de calefacción obtenidas mediante esta aplicación son bastante superiores a las obtenidas mediante el programa de cálculo de CERMA, pero se ha decidido proyectar el sistema de calefacción mediante dichos valores, sabiendo que la instalación estará un poco sobredimensionada.

ELECTRICIDAD

La instalación eléctrica se adapta a lo establecido en el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión de 2002. Se trata de una instalación completa interior y exterior de la vivienda. La conexión de entrada será enterrada, por la calle, hasta la caja de protección y mando (CGPM), colocada sobre la pared de cerramiento del solar que linda con la vía pública, dentro de un armario encastrado accesible desde el exterior de la calle (nicho).

De la caja saldrá la derivación individual de la vivienda. En el interior se situarán varios cuadros de protección con un interruptor diferencial, un magneto térmico de control de potencia y un interruptor automático para cada línea interior. El grado de electrificación previsto para la vivienda es de Elevado I (9200W). El conjunto dispondrá de red de protección de toma tierra a base de piquetas e hilo conductor situada al nivel de la cimentación.

INSTALACION DE TELECOMUNICACIONES

Se ha previsto la instalación de una red de conductos para dotar de los servicios de telecomunicaciones. Dicha red irá en paralelo a la electricidad, y se adecuará a la normativa sobre instalaciones de telecomunicación. También se dotará a cada vivienda de un portero automático con pulsador exterior situado junto a la puerta de acceso a la vivienda. Se dotará a la vivienda de una antena situada en la cubierta del edificio.

INSTALACION DE VENTILACION

Se colocará una extracción mecánica de humos individual en la cocina hasta la cubierta mediante un conducto metálico. El resto de estancias también dispondrá de ventilación mecánica dirigida hacia un recuperador de calor situado en el trastero. Dicho recuperador de calor dispondrá de una salida hasta la cubierta y dos entradas de aire exteriores: una procedente del aire exterior, mientras que la otra procederá de los conductos del pozo canadiense, donde se podrá seleccionar mediante un sistema by-pass. Se garantizará una correcta ventilación y renovación de aire mediante el aporte que garantiza el recuperador de calor que conducirá el aire hasta las diferentes estancias mediante un conducto metálico.

SUMINISTRO DE COMBUSTIBLES

No se prevén.

2.5.6. PISCINA

Cada vivienda cuenta con una piscina privativa. La casa A dispone de una piscina de 7,20 x 4 m de superficie de espejo de agua con una profundidad de 1,5 m mientras que la casa B dispone de una piscina de 7,05 x 4 m de superficie de espejo de agua con la misma profundidad.

El vaso se ha construido de tal forma que se asegure su estabilidad, resistencia y estanqueidad. Se empleará un hormigón proyectado HA-30/B/20/IIa para los muros y para suelos, de 15 cm en los muros laterales y de 20 en el muro medianera y de 20 cm en los suelos.

El fondo, redondeado en las esquinas perimetrales, y las paredes estarán revestidos de materiales lisos, antideslizantes, impermeables y resistentes a los agentes químicos, de color claro y fácil limpieza y desinfección. En nuestro caso, una capa de mortero impermeabilizante tipo Mapelastic + Mapetex sel, y un alicatado de baldosas de gres tomadas con cemento cola C2 y rejuntado con CG2 apto para piscina. En su coronación perimetral se dispondrá de la tarima de madera para exteriores con los rastreles que taparán los huecos existentes entre la tarima y la solera.

Existe un sistema de desagüe, que permite la eliminación rápida del agua y sedimentos. El vaciado se hará a la red de alcantarillado. De no existir dicha red, estas aguas serán tratadas adecuadamente y evacuadas, cumpliendo para ello las normativas vigentes. El desagüe del fondo del vaso se realizará a través de una salida adecuadamente protegida mediante dispositivos de seguridad para prevenir accidentes. No existirán obstáculos que puedan retener al usuario debajo del agua.

La escalera de acceso está realizada con ladrillo cerámico y relleno, la cual dispondrá de un banco para sentarse dentro de la piscina. La escalera tendrá un ancho de 1,20 m y la huella y la contrahuella serán de unos 30 cm.

Estará pavimentado con material antideslizante, cumpliendo las limitaciones de resbalicidad fijadas en el CTE, que exigen pavimento de clase 3.

Se instalará un foco subacuático de 12 V, se dispondrán 3 boquillas de impulsión, una de ellas en cascada, dos skimmers y un circuito de aspiración para conectar el limpia fondos. La depuradora estará colocada mediante un kit prefabricado de kit de depuradora situado próximo a la piscina y semi-enterrado. Las instalaciones eléctricas cumplirán con el vigente reglamento electrotécnico de baja tensión y las prescripciones especiales establecidas en las Instrucciones técnicas complementarias que regulan las instalaciones eléctricas para piscinas.

Dimensionado de las armaduras:

El armado se ha dimensionado mediante las directrices del programa CYPECAD, se ha considerado una sobrecarga aproximada de unos 10 KN/m³. El armado inferior se constituye por 1Ø8/20 cm y el superior por 1Ø10/20 cm. Para los muros disponemos del mismo armado que en la solera. Las zapatas corridas bajo el muro serán de 40 x 40 cm y dispondrán de un armado superior e inferior con 2 Ø12 y un estribo Ø6/20 cm mientras que la zapata del muro de medianera será de 60 por 60 cm y dispondrá de un armado superior e inferior con 3 Ø12/20 cm y un estribo de Ø6/20 cm, descansarán sobre una capa de hormigón de limpieza de 10 cm. Además, dispondremos de un zuncho de coronación de los muros realizado con un armado superior e inferior a base de 2 Ø12 y unos estribos de Ø6/20 cm y el zuncho del muro medianero dispondrá de un armado superior e inferior de 4 Ø12/20 cm y unos estribos de Ø6/20 cm.

Todas las armaduras superan las cuantías mínimas que establece la EHE-08. Para más información consultar el plano 00.09.07 sobre piscinas

La ejecución de la piscina se realizará mediante la formación de muros de bloque de hormigón aligerado tipo italiano que servirán como encofrado perdido.

2.6. CUMPLIMIENTO DEL CTE

2.6.1. JUSTIFICACIÓN DEL DB-SE.

El DB-SE constituye la base para los Documentos Básicos siguientes y se utilizará conjuntamente con ellos:

- DB-SE-AE Acciones en la edificación
- DB-SE-C Cimientos
- DB-SE-A Acero
- DB-SE-F Fábrica
- DB-SE-M Madera

Deberán tenerse en cuenta, además, las especificaciones de la normativa siguiente:

- NCSE Norma de construcción sismo resistente: parte general y edificación
- EHE Instrucción de hormigón estructural

CONTEXTO:

En los siguientes apartados se expone el cálculo así como la justificación de la solución adoptada. En nuestro caso se trata de dos viviendas unifamiliares pareadas.

JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA:

- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Se trata de dos viviendas unifamiliares pareadas situadas en la c/ Pizarro, 3, zonificación Bahía Grande del T.M. de Lluçmajor. Las viviendas están formadas por planta baja, planta y piso y cubierta. Existe una piscina situada a nivel de planta baja en el solar. Se caracteriza por dejar la estructura vista en la mayoría de las estancias.

- ESTRUCTURA VERTICAL

La estructura vertical está formada por pilares de hormigón armado de sección cuadrada (30x30 cm) hasta la cubierta. Además, disponemos de muretes de fábrica de bloque de hormigón para formar el forjado sanitario.

- ESTRUCTURA HORIZONTAL

La estructura horizontal está formada por forjados unidireccionales: el forjado sanitario está formado por viguetas pretensadas autoresistentes, mientras que el resto de los forjados disponemos de semiviguetas armadas en celosía. En cuanto a las bovedillas utilizadas, en forjado sanitario se utilizará la bovedilla prefabricada de hormigón ligero

tipo *hourdis*, mientras que en el resto de forjado se utilizarán bovedilla cerámica curva. Las jácenas descuelgan 5 cm bajo los forjados de planta piso y de cubierta.

- CIMENTACIÓN

La cimentación para los pilares se ha realizado mediante zapatas aisladas, además disponemos de cimentación corrida para soportar los muretes que sustentan el forjado sanitario. La tensión admisible considerada según datos disponibles es de unos 10kg/cm².

- ACCIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO

A continuación, se resumen las cargas utilizadas en los cálculos:

Cargas gravitatorias:

Planta	S.C.U. (KN/m ²)	Cargas muertas (KN/m ²)
Cubierta	1.5	3
Planta piso	2	2.5
Planta baja	2	2.5

Tabla 16. Resumen cargas gravitatorias

DESCRIPCIÓN	Peso Propio (KN/m ²)
Forjado sanitario	3.11
Forjado planta piso	4.00
Forjado cubierta	4.00

Tabla 17. Resumen pesos propios

- ACCIONES DEL VIENTO

Al ser una construcción con una altura por debajo de los 7 m, se ha decidido simplificar el cálculo y no tener en cuenta las acciones del viento.

- ACCIONES SÍSMICAS

Al ser una construcción de importancia normal, en una zona de aceleración sísmica básica a_b muy ligeramente por encima de 0,04g, se ha decidido no evaluar las acciones sísmicas.

- COMBINACIONES DE ACCIONES CONSIDERARAS

E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE – 08/CTE

- Situaciones no sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08/CTE

- Situaciones no sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- ACCIONES CARACTERÍSTICAS

Tensiones sobre el terreno:

Para comprobar tensiones en zapatas y riostras

Desplazamientos:

- Situaciones no sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- DEFORMACIONES Y ASIENTOS:

Distorsión angular admisible en la cimentación: según la norma CTE-SE-C, artículo 2.4.3, y en función del tipo de estructura, se considera aceptable un asiento máximo admisible de: 2 cm

Límites de deformación de la estructura: según lo dispuesto en el artículo 4.3.3. del CTE-SE, se han verificado en la estructura las flechas de los distintos elementos.

Hormigón armado: para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, vigas y forjados, se tendrán en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la norma.

Para el cálculo de las flechas se ha tenido en cuenta tanto el proceso constructivo, como las condiciones ambientales, edad de puesta en carga, de acuerdo a unas condiciones habituales de la construcción en la edificación convencional. Por tanto, a partir de estos supuestos se estiman los coeficientes de fluencia pertinentes para la determinación de la

flecha activa, suma de las flechas instantáneas más las diferidas producidas con posterioridad a la construcción de las tabiquerías.

Flechas activas máximas relativas y absolutas para elementos de Hormigón Armado y Acero		
	Estructura solidaria con otros elementos	
	Tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas	Tabiques frágiles o pavimentos rígidos sin juntas
VIGAS Y LOSAS Relativa: $\delta /L < 1/300$	Relativa: $\delta /L < 1/400$	Relativa: $\delta /L < 1/500$
FORJADOS UNIDIRECCIONALES Relativa: $\delta /L < 1/300$	Relativa: $\delta /L < 1/500$ $\delta /L < 1/1000 + 0.5\text{cm}$	Relativa: $\delta /L < 1/500$ $\delta /L < 1/1000 + 0.5\text{cm}$

Tabla 18. Resumen flechas admisibles

Desplazamientos horizontales	
Local	Total
Desplome relativo a la altura entre plantas: $\delta /h < 1/250$	Desplome relativo a la altura total del edificio: $\delta /H < 1/500$

Tabla 19. Resumen desplazamientos admisibles

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR:

Los materiales a utilizar, así como las características de los mismos, niveles de control previstos, así como los coeficientes de seguridad se indican en los siguientes apartados:

HORMIGONES:

Elemento	Hormigón	f_{ck} (MPa)	γ_c	Tamaño máximo del árido (mm)	E_c (MPa)
Todos	HA-25, Control Estadístico	25	1.50	15	27264

Tabla 20. Características del hormigón

ACEROS EN BARRAS:

Elemento	Acero	f_{yk} (MPa)	γ_s
Todos	B 500 S, Control Normal	500	1.15

Tabla 21. Características del acero en barras

ACEROS EN PERFILES:

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Acero conformado	S235	235	210
Acero laminado	S275	275	210

Tabla 22. Características del acero en perfiles

Además se adjunta un resumen para facilitar el trabajo de desencofrado y descimbrado:

Periodos mínimos de desencofrado y descimbrado de elementos de hormigón armado*				
	Temperatura superficial del hormigón [°C]			
Tipo de elemento	≥ 24	16	8	2
Encofrado vertical	9 horas	12 horas	18 horas	30 horas
Losas. Fondos de encofrado	2 días	3 días	5 días	8 días
Losas. Puntales	7 días	9 días	13 días	20 días
Vigas. Fondos de encofrados	7 días	9 días	13 días	20 días
Vigas. Puntales	10 días	13 días	18 días	28 días

Tabla 23. Resumen periodos de desencofrado

- METODOS DE CÁLCULO:

El método de cálculo aplicado consta de los Estados límites, en los que se pretende limitar que el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes de mayoración, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando la resistencia de los materiales.

En los estados límites últimos se comprueban los correspondientes a: equilibrio, agotamiento o rotura, adherencia, anclaje y fatiga (si procede)

Las verificaciones de los estados límite últimos que aseguran la capacidad portante de la estructura, establecidas en el DB-SE 4.2, son las siguientes:

Se ha comprobado que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de todos los elementos estructurales, secciones, puntos y uniones entre elementos, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$$Ed \leq Rd$$

siendo: Ed valor de cálculo del efecto de las acciones
 Rd valor de cálculo de la resistencia correspondiente

Se ha comprobado que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio y de todas las partes independientes del mismo, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$$Ed,dst \leq Ed,stab$$

siendo: Ed,dst valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras
 $Ed,stab$ valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

Además, la estructura se ha calculado frente a los estados límite de servicio, que son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción.

Los estados límite de servicio pueden ser reversibles e irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que excedan los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido. En general se han considerado los siguientes:

- a) las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones;
- b) las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra;
- c) los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

Las verificaciones de los estados límite de servicio, que aseguran la aptitud al servicio de la estructura, han comprobado su comportamiento adecuado en relación con las deformaciones, las vibraciones y el deterioro, porque se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto en el DB-SE 4.3.

CONCEPTO	ELEMENTOS	COMBINACIÓN DE ELS	W	FLECHA RELATIVA
Daños en elementos secundarios	Tabiques frágiles y pavimentos	Característica	w_{act}	1/500
	Tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas	Característica	w_{act}	1/400
	Resto de casos	Característica	w_{act}	1/300
Confort usuario	Estructura horizontal	Frecuente (Corta duración)	w_3	1/350
Apariencia	Estructura horizontal	Casi Permanente (Larga duración)	w_T	1/300

Tabla 24. Flechas admisibles utilizadas

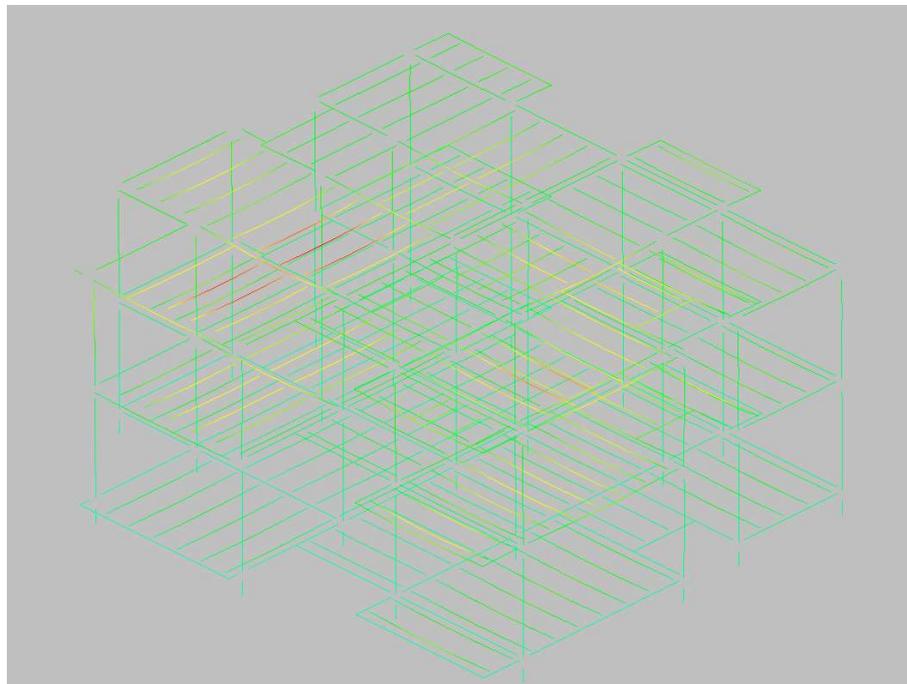


Figura 45. Modelizado de la estructura mediante Cypecad

- SOFTWARE DE CÁLCULO

Para la obtención de las solicitaciones y dimensionado de los elementos estructurales se ha hecho uso del programa informático Cypecad ver 2018, versión educativa facilitada por la UIB.

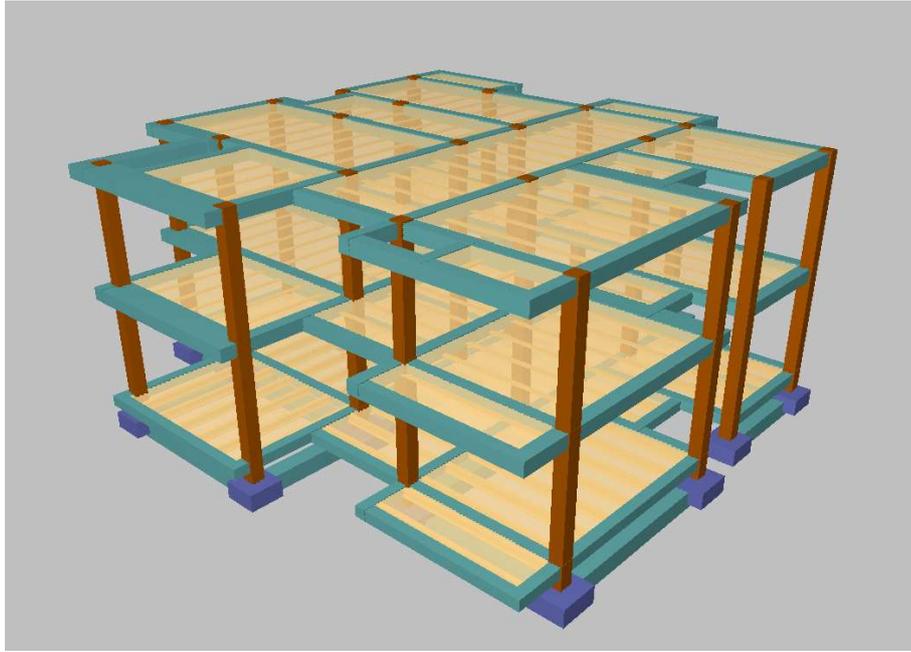


Figura 46. Modelizado de la estructura mediante Cypecad.

Se adjuntan anejos, generados por Cypecad, para la comprensión y justificación de la solución adoptada.

- Listado de datos de la obra
- Combinaciones usadas

2.6.2. JUSTIFICACIÓN DEL DB-SI

Para garantizar los objetivos del Documento Básico (DB-SI) se deben cumplir determinadas secciones. "La correcta aplicación de cada Sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Seguridad en caso de incendio".

SECCIÓN 1 – PROPAGACIÓN INTERIOR

COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO

Los edificios deben compartimentarse en sectores de incendios según la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Condiciones de compartimentación en sectores de incendio

Uso previsto del edificio o establecimiento	Condiciones
En general	<ul style="list-style-type: none">- Todo establecimiento debe constituir sector de incendio diferenciado del resto del edificio excepto, en edificios cuyo uso principal sea <i>Residencial Vivienda</i>, los establecimientos cuya superficie construida no exceda de 500 m² y cuyo uso sea <i>Docente, Administrativo o Residencial Público</i>.- Toda zona cuyo uso previsto sea diferente y subsidiario del principal del edificio o del establecimiento en el que esté integrada debe constituir un sector de incendio diferente cuando supere los siguientes límites:<ul style="list-style-type: none">Zona de uso <i>Residencial Vivienda</i>, en todo caso.Zona de alojamiento⁽¹⁾ o de uso <i>Administrativo, Comercial o Docente</i> cuya superficie construida exceda de 500 m².Zona de uso <i>Pública Concurrencia</i> cuya ocupación exceda de 500 personas.Zona de uso <i>Aparcamiento</i> cuya superficie construida exceda de 100 m².⁽²⁾ Cualquier comunicación con zonas de otro uso se debe hacer a través de vestíbulos de independencia.- Un espacio diáfano puede constituir un único sector de incendio que supere los límites de superficie construida que se establecen, siempre que al menos el 90% de ésta se desarrolle en una planta, sus salidas comuniquen directamente con el espacio libre exterior, al menos el 75% de su perímetro sea fachada y no exista sobre dicho recinto ninguna zona habitable.- No se establece límite de superficie para los sectores de riesgo mínimo.
<i>Residencial Vivienda</i>	<ul style="list-style-type: none">- La superficie construida de todo sector de incendio no debe exceder de 2.500 m².- Los elementos que separan viviendas entre sí deben ser al menos EI 60.

Figura 47. Tabla 1.1 del CTE DB-SI sección 1

En la tabla 1.2 se determina la resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan el sector de incendio.

Tabla 1.2 Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio^{(1) (2)}

Elemento	Plantas bajo rasante	Resistencia al fuego		
		Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos ⁽³⁾ que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto: ⁽⁴⁾				
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	EI 120 ⁽⁵⁾	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcamiento ⁽⁶⁾	EI 120 ⁽⁷⁾	EI 120	EI 120	EI 120
Puertas de paso entre sectores de incendio	EI ₂ t-C5 siendo t la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre, o bien la cuarta parte cuando el paso se realice a través de un vestíbulo de independencia y de dos puertas.			

Elementos sectorizadores en viviendas unifamiliares

Una vivienda unifamiliar nunca precisa tener sectores de incendio en su interior. Los locales de riesgo especial que pueda contener se deben compartimentar conforme a lo que se indica en SI 1, tabla 2.2.

Dado que las viviendas unifamiliares de un mismo proyecto se consideran un mismo "edificio", las separaciones entre ellas no se consideran medianería ni precisan separar sectores de incendio diferentes, por lo que no es preciso aplicarles las condiciones de fachadas y cubiertas que se establecen en SI 2, sino únicamente la separación EI 60 exigible entre viviendas de un mismo edificio. Entre viviendas de edificios diferentes sí son aplicables las condiciones de SI 2.

La separación entre una vivienda y una zona de uso Aparcamiento requiere EI 60 desde el lado de la vivienda y EI 120 desde el lado del aparcamiento. Si se trata de un aparcamiento propio de la vivienda (zona de riesgo especial bajo) dicha separación debe ser EI 60 y EI 90, respectivamente.

Figura 48. Tabla 1.2 del CTE DB-SI sección 1

En nuestro proyecto, al disponer de una vivienda unifamiliar adosada, la resistencia al fuego de las paredes de cerramiento, techos y medianeras, será de EI 60. No dispondremos de diferentes sectores, puesto que la vivienda se considera un único sector y no tendremos puertas de paso entre sectores de incendio.

LOCALES Y ZONAS DE RIESGO ESPECIAL

Los locales y zonas de riesgo especial se clasifican conforme a los grados de riesgo alto bajo o medio en la tabla 2.1, y las condiciones que deberán cumplirse se establecen en la tabla 2.2.

En nuestro proyecto, no disponemos de ningún local o zona de riesgo especial.

ESPACIOS OCULTOS. PASO DE INSTALACIONES A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACIÓN DE INCENDIOS.

No es de aplicación a nuestro proyecto, puesto que solo disponemos de un sector de incendio.

REACCIÓN AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, DECORATIVOS Y DE MOBILIARIO

Los elementos constructivos cumplen las condiciones que dictamina éste apartado en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

Situación del elemento	Revestimientos ⁽¹⁾	
	De techos y paredes ⁽²⁾⁽³⁾	De suelos ⁽²⁾
Zonas ocupables ⁽⁴⁾	C-s2,d0	E _{FL}
<i>Pasillos y escaleras protegidos</i>	B-s1,d0	C _{FL} -s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial ⁽⁵⁾	B-s1,d0	B _{FL} -s1
Espacios ocultos no estancos, tales como patinillos, falsos techos y suelos elevados (excepto los existentes dentro de las viviendas) etc. o que siendo estancos, contengan instalaciones susceptibles de iniciar o de propagar un incendio.	B-s3,d0	B _{FL} -s2 ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Siempre que superen el 5% de las superficies totales del conjunto de las paredes, del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado.

⁽²⁾ Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. Cuando se trate de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica, pero incorporando el subíndice L.

⁽³⁾ Incluye a aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea EI 30 como mínimo.

⁽⁴⁾ Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. Excluye el interior de viviendas. En *uso Hospitalario* se aplicarán las mismas condiciones que en *pasillos y escaleras protegidos*.

⁽⁵⁾ Véase el capítulo 2 de esta Sección.

⁽⁶⁾ Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Por ejemplo, en la cámara de los falsos techos se refiere al material situado en la cara superior de la membrana. En espacios con clara configuración vertical (por ejemplo, patinillos) así como cuando el falso techo esté constituido por una celosía, retícula o entramado abierto, con una función acústica, decorativa, etc., esta condición no es aplicable.

Figura 49. Tabla 4.1 del CTE DB-SI sección 1

Las condiciones de reacción al fuego de componentes eléctricos se regulan según su reglamentación.

SECCIÓN SI 2 – PROPAGACIÓN EXTERIOR

Según la nota adjuntada a continuación, las viviendas unifamiliares de un mismo proyecto se consideran un mismo “edificio”, las separaciones entre ellas no se consideran medianería ni precisan separar sectores de incendio diferentes, por lo que no es preciso aplicarles las condiciones de fachadas y cubiertas que se establecen en SI 2, sino únicamente la separación EI 60 exigible entre viviendas de un mismo edificio.

Elementos sectorizadores en viviendas unifamiliares

Una vivienda unifamiliar nunca precisa tener sectores de incendio en su interior. Los locales de riesgo especial que pueda contener se deben compartimentar conforme a lo que se indica en SI 1, tabla 2.2.

Dado que las viviendas unifamiliares de un mismo proyecto se consideran un mismo "edificio", las separaciones entre ellas no se consideran medianería ni precisan separar sectores de incendio diferentes, por lo que no es preciso aplicarles las condiciones de fachadas y cubiertas que se establecen en SI 2, sino únicamente la separación EI 60 exigible entre viviendas de un mismo edificio. Entre viviendas de edificios diferentes sí son aplicables las condiciones de SI 2.

La separación entre una vivienda y una zona de uso Aparcamiento requiere EI 60 desde el lado de la vivienda y EI 120 desde el lado del aparcamiento. Si se trata de un aparcamiento propio de la vivienda (zona de riesgo especial bajo) dicha separación debe ser EI 60 y EI 90, respectivamente.

Figura 50. Comentarios del CTE DB-SI sección 2

SECCIÓN SI 3- EVACUACIÓN DE OCUPANTES

COMPATIBILIDAD DE LOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN

No es de aplicación en nuestro proyecto.

CALCULO DE LA OCUPACIÓN

Se han tomado los valores que se indican en la tabla 2.1

Tabla 2.1. Densidades de ocupación⁽¹⁾

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m ² /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc.	Ocupación nula
	Aseos de planta	3
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20

Figura 51. Tabla 2.1 del CTE DB-SI sección 3

Por lo que queda resumido en la siguiente tabla:

Uso previsto	Zona	(m ² /persona)	Superficie	Densidad de ocupación
Residencial vivienda	Unifamiliar	20	299,40 m ²	15

Tabla 25. Resumen densidades de ocupación

NUMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Se dispondrá como mínimo de una salida de planta, cuyo recorrido deberán cumplir las condiciones que dictamina la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación⁽¹⁾

Número de salidas existentes	Condiciones
Plantas o recintos que disponen de una única salida de planta o salida de recinto respectivamente	<p>No se admite en <i>uso Hospitalario</i>, en las plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo, así como en salas o unidades para pacientes hospitalizados cuya superficie construida exceda de 90 m².</p> <hr/> <p>La ocupación no excede de 100 personas, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 500 personas en el conjunto del edificio, en el caso de <i>salida de un edificio de viviendas</i>; - 50 personas en zonas desde las que la evacuación hasta una <i>salida de planta</i> deba salvar una altura mayor que 2 m en sentido ascendente; - 50 alumnos en escuelas infantiles, o de enseñanza primaria o secundaria. <hr/> <p>La longitud de los <i>recorridos de evacuación</i> hasta una <i>salida de planta</i> no excede de 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en <i>uso Aparcamiento</i>; - 50 m si se trata de una planta, incluso de <i>uso Aparcamiento</i>, que tiene una salida directa al <i>espacio exterior seguro</i> y la ocupación no excede de 25 personas, o bien de un espacio al aire libre en el que el riesgo de incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc. <hr/> <p>La <i>altura de evacuación</i> descendente de la planta considerada no excede de 28 m, excepto en <i>uso Residencial Público</i>, en cuyo caso es, como máximo, la segunda planta por encima de la de <i>salida de edificio</i>⁽²⁾, o de 10 m cuando la evacuación sea ascendente.</p>
Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente ⁽³⁾	<p>La longitud de los <i>recorridos de evacuación</i> hasta alguna <i>salida de planta</i> no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en zonas en las que se prevea la presencia de ocupantes que duermen, o en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en <i>uso Hospitalario</i> y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria. - 75 m en espacios al aire libre en los que el riesgo de declaración de un incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc. <hr/> <p>La longitud de los <i>recorridos de evacuación</i> desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos <i>recorridos alternativos</i> no excede de 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en <i>uso Hospitalario</i> o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.</p> <hr/> <p>Si la <i>altura de evacuación</i> descendente de la planta obliga a que exista más de una <i>salida de planta</i> o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una <i>altura de evacuación</i> mayor que 2 m, al menos dos <i>salidas de planta</i> conducen a dos escaleras diferentes.</p>

Figura 52. Tabla 3.1 del CTE DB-SI sección 3

DIMENSIONADO DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

Todos los elementos de evacuación de nuestro proyecto cumplen con las condiciones que dictamina la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Dimensionado de los elementos de la evacuación

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200^{(1)} \geq 0,80 \text{ m}^{(2)}$ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00 \text{ m}^{(3)(4)(5)}$
Pasos entre filas de asientos fijos en salas para público tales como cines, teatros, auditorios, etc. ⁽⁶⁾	En filas con salida a pasillo únicamente por uno de sus extremos, $A \geq 30 \text{ cm}$ cuando tengan 7 asientos y 2,5 cm más por cada asiento adicional, hasta un máximo admisible de 12 asientos. En filas con salida a pasillo por sus dos extremos, $A \geq 30 \text{ cm}$ en filas de 14 asientos como máximo y 1,25 cm más por cada asiento adicional. Para 30 asientos o más: $A \geq 50 \text{ cm}^{(7)}$ Cada 25 filas, como máximo, se dispondrá un paso entre filas cuya anchura sea 1,20 m, como mínimo.
Escaleras no protegidas ⁽⁸⁾	
para evacuación descendente	$A \geq P / 160^{(9)}$
para evacuación ascendente	$A \geq P / (160-10h)^{(9)}$
Escaleras protegidas	$E \leq 3 S + 160 A_s^{(9)}$
Pasillos protegidos	$P \leq 3 S + 200 A^{(9)}$
En zonas al aire libre:	
Pasos, pasillos y rampas	$A \geq P / 600^{(10)}$
Escaleras	$A \geq P / 480^{(10)}$

A= Anchura del elemento, [m]
A_s= Anchura de la *escalera protegida* en su desembarco en la planta de *salida del edificio*, [m]
h= *Altura de evacuación* ascendente, [m]
P= Número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.
E= Suma de los ocupantes asignados a la escalera en la planta considerada más los de las plantas situadas por debajo o por encima de ella hasta la planta de salida del edificio, según se trate de una escalera para evacuación descendente o ascendente, respectivamente. Para dicha asignación solo será necesario aplicar la hipótesis de bloqueo de salidas de planta indicada en el punto 4.1 en una de las plantas, bajo la hipótesis más desfavorable;
S= *Superficie útil* del recinto, o bien de la *escalera protegida* en el conjunto de las plantas de las que provienen las P personas, incluyendo la superficie de los tramos, de los rellanos y de las mesetas intermedias o bien del pasillo protegido.

Figura 53. Tabla 4.1 del CTE DB-SI sección 3

PROTECCIÓN DE LAS ESCALERAS

No es de aplicación en nuestro proyecto.

PUERTAS SITUADAS EN RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

No es de aplicación en nuestro proyecto.

SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

No es de aplicación en nuestro proyecto

CONTRO DEL HUMO DE INCENDIO

No es de aplicación en nuestro proyecto

EVACUACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN CASO DE INCENDIO

No es de aplicación en nuestro proyecto

SECCIÓN SI 4 – INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

No es de aplicación en nuestro proyecto.

SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES MANUALES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

No es de aplicación en nuestro proyecto.

SECCIÓN SI 5 – INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS

CONDICIONES DE APROXIMACIÓN Y ENTORNO

No es de aplicación en nuestro proyecto

ACCESIBILIDAD POR FACHADA

No es de aplicación en nuestro proyecto

SECCIÓN SI 6 – RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

En dicho apartado, se indican métodos simplificados de cálculo suficientemente aproximados para la mayoría de las situaciones habituales.

Se considera que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio. El valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t , no supera el valor de la resistencia de dicho elemento. Además, no se considera la capacidad portante de la estructura tras el incendio.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento como forjados, vigas y pilares es suficiente si:

- Alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2.
- Soporta dicha acción durante el tiempo de exposición al fuego indicado en el anejo B

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

⁽¹⁾ La *resistencia al fuego* suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa *sectores de incendio* es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un *sector de incendios*, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la *resistencia al fuego* suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la *resistencia al fuego* exigible a edificios de *uso Residencial Vivienda*.

⁽³⁾ R 180 si la *altura de evacuación* del edificio excede de 28 m.

⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de *aparcamientos robotizados*.

Figura 54. Tabla 3.1 del CTE DB-SI sección 6

Las cubiertas ligeras, al no estar previstas para utilizarse en la evacuación y tiene una altura menor que 28 m respecto a la rasante, podrán ser R30, ya que su fallo no puede ocasionar daños graves a los edificios próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores. Se considera cubierta ligera cuya carga permanente del cerramiento no supere 1 kN/m².

ELEMENTOS ESTRUCTURALES SECUNDARIOS

No disponemos de elementos estructurales secundarios, puesto que la pérgola no puede considerarse como tal.

DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES DURANTE EL INCENDIO

Se cumplirán las condiciones que dictamina dicho apartado

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO

Se ha escogido algunas de las formas que se contemplan en dicho apartado para conocer la resistencia al fuego, concretamente el anejo F.

Tabla F.1. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o silico-calcáreo

Tipo de revestimiento	Espesor e de de la fábrica en mm							
	Con ladrillo hueco			Con ladrillo macizo o perforado		Con bloques de arcilla aligerada		
	40Se<80	80Se<110	e≥110	110Se<200	e≥200	140Se<240	e≥240	
Sin revestir	(1)	(1)	(1)	REI-120	REI-240	(1)	(1)	
Enfoscado	Por la cara expuesta	(1)	EI-60	EI-90	EI-180	REI-240	EI-180	EI-240
	Por las dos caras	EI-30	EI-90	EI-120	REI-180	REI-240	REI-180	REI-240
	Por la cara expuesta	EI-60	EI-120	EI-180	EI-240	REI-240	EI-240	EI-240
Guarnecido	Por las dos caras	EI-90	EI-180	EI-240	EI-240	REI-240	EI-240	REI-240
							RE-240	REI-240
REI-180								

(1) No es usual

Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o silico-calcáreo

Puede considerarse que, a igualdad de espesor, un muro de ladrillo macizo o perforado tiene al menos la misma resistencia al fuego EI que un muro de ladrillo hueco, al tratarse de una solución con más masa

Tabla F.2. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de bloques de hormigón

Tipo de cámara	Tipo de árido	Tipo de revestimiento	Espesor nominal en mm	Resistencia al fuego
Simple	Silíceo	Sin revestir	100	EI-15
			150	REI-60
			200	REI-120
	Calizo	Sin revestir	100	EI-60
			150	REI-90
			200	REI-180
Volcánico	Sin revestir	120	EI-120	
		200	REI-180	
		Guarnecido por las dos caras	90	EI-180
		Guarnecido por la cara expuesta (enfoscado por la cara exterior)	120	EI-180
			200	REI-240
Doble	Arcilla expandida	Sin revestir	150	EI-180
		Guarnecido por las dos caras	150	RE-240 / REI-80

Figura 55. Tabla F.1 y F.2 del CTE DB-SI anejo F

2.6.3. JUSTIFICACIÓN DEL DB-SUA

El objetivo es reducir a límites aceptables el riesgo de los usuarios a sufrir daños en el uso del edificio como consecuencia del proyecto, su construcción, uso y mantenimiento, así como facilitar el acceso y utilización a las personas con discapacidad.

Para satisfacer dicho objetivo, se cumplirán las exigencias básicas de cada uno de los apartados a continuación:

SUA 1 –SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE CAIDAS

RESBALICIDAD DE LOS SUELOS: No es de aplicación, puesto que el ámbito no contempla residencial NO público.

DISCONTINUIDAD EN EL PAVIMENTO: Al tratarse de uso residencial con menos de 10 ocupantes, disponemos de zonas de uso restringido, por lo que no es de aplicación.

DESNIVELES:

Se protegen todos los desniveles con cota mayor de 55 cm para limitar el riesgo de caída, colocando barreras de protección en huecos, aberturas, balcones... En nuestro proyecto dispondremos de barreras de protección en la escalera que da acceso a la planta piso, y en las ventanas tipo balconeras de la planta piso.

Dichas barreras de protección deberán cumplir una serie de características:

- Tendrán como mínimo una altura de 1 m cuando la diferencia de cota sea menor que 6 m y de 1,1 m en el resto de los casos.
- Resistencia y rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal que dictamina el apartado 3.2.1 del DB-SE-AE.
- Deberán diseñarse de forma que no puedan ser fácilmente escaladas por los niños, que no tengan aberturas mayores que un diámetro de 10 cm, excepto las aberturas triangulares que forman la huella, la contrahuella y la parte inferior de la barandilla.

ESCALERAS Y RAMPAS:

En nuestra vivienda, al tratarse de residencial, disponemos de una escalera de uso restringido. Está formada por 2 tramos y un rellano de anchura 83 cm constante, dispone de 15 escalones que cumplen las condiciones que dictamina el documento, que consisten en una contrahuella de 20 cm como máximo, y la huella de 22 cm como mínimo. La huella no tendrá voladizo respecto a la contrahuella y la escalera estará revestida de micro cemento. Dispondrá de pasamanos en un lado, y un tabique en la zona central que servirá de barrera de protección. En nuestro proyecto no disponemos de rampas.

LIMPIEZA DE LOS ACRISTALAMIENTOS EXTERIORES:

No disponemos de acristalamientos que se encuentra a una altura de más de 6 cm sobre la rasante exterior, por lo que no es de aplicación en nuestro proyecto.

SUA 2 – SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE IMPACTO O ATRAPAMIENTO

IMPACTO

- Con elementos fijos: La altura libre de paso en zonas de circulación es de mínimo 2,10 m y en umbrales de puertas la altura libre será mínimo de 2 m. Los elementos que sobresalen de la fachada están a 2,20 m de altura, las paredes carecerán de elementos salientes y se limita el riesgo de impacto con elementos volados, restringiendo el acceso hasta ellos.
- Elementos practicables: No disponemos de ningún caso en nuestro proyecto.
- Elementos frágiles: Los vidrios que estén en las áreas con riesgo de impacto, que no dispongan de barrera de protección deberán tener una clasificación de prestaciones que determina la norma UNE-EN 12600:2003. Además, las mamparas de duchas deberán estar formadas por vidrios laminados o templados que resistan sin rotura un impacto de nivel 3, según dicta dicha norma.
- Elementos insuficientemente perceptibles: no disponemos de ningún caso en nuestro proyecto.

ATRAPAMIENTO: no disponemos de ningún caso en nuestro proyecto.

SUA 3 – SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE APRISIONAMIENTO EN RECINTOS

APRISIONAMIENTO

- En puerta que dispongan de un dispositivo para su bloqueo desde el interior, y las personas puedan quedar atrapadas accidentalmente, tendrán un dispositivo de desbloqueo desde el exterior del recinto, excepto en el caso de baños o aseos que tan solo dispondrán de iluminación controlada desde su interior.
- La fuerza de apertura de puertas de salida será de 140 N como máximo.
- Se empleará el método de ensayo especificado en la norma UNE-EN 12046-2:2000 para determinar la fuerza de maniobra de apertura y cierre de las puertas.

SUA 4 – SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA

ALUMBRADO NORMAL EN ZONAS DE CIRCULACIÓN

- En cada zona se dispondrá de alumbrado capaz de proporcionar una iluminancia mínima de 20 lux en zonas exteriores y de 100 lux en interiores. El factor de uniformidad media será del 40 % como mínimo.

ALUMBRADO DE EMERGENCIA

No es de aplicación en nuestro proyecto

SUA 5 – SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR SITUACIONES DE ALTA OCUPACIÓN

No es de aplicación en nuestro proyecto

SUA 6 – SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE AHOGAMIENTO

No es de aplicación en nuestro proyecto.

SUA 7 – SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO

No es de aplicación en nuestro proyecto

SUA 8 – SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR LA ACCIÓN DEL RAYO

Es necesario la instalación de un sistema de protección contra el rayo, cuando según el apartado 2 del documento, la frecuencia de impacto N_e sea mayor que el riesgo admisible N_a .

N_e se puede determinar con la siguiente formula:

$$N_e = N_g A_e C_1 10^{-6} \text{ [nº impactos/año]}$$

Donde

N_g : densidad de impactos sobre el terreno (2.00)

A_e : Superficie de captura equivalente del edificio aislado en m^2 , que es la delimitada por una línea trazada a una distancia $3H$ de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado. ($3058 m^2$)

C_1 : coeficiente relacionado con el entorno, según la tabla 1.1 (0,5)

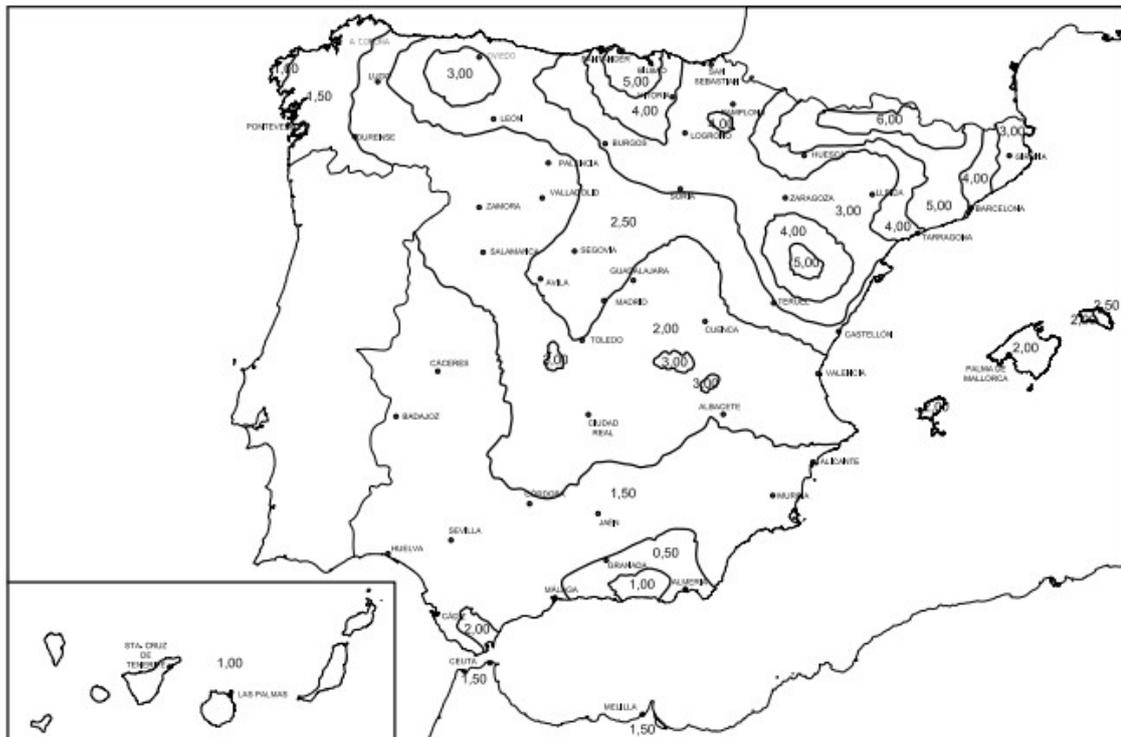


Figura 56. Mapa de densidad de impactos del CTE DB-SUA apartado 8

Tabla 1.1 Coeficiente C₁

Situación del edificio	C ₁
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

Figura 57. Tabla 1.1 del CTE DB-SUA apartado 8

N_e = 0.00306 [nº impactos/año]

Por otro lado, el riesgo admisible se determina mediante la siguiente formula:

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

Donde

- C2: coeficiente en función del tipo de construcción de la tabla 1.2. (1)
- C3: coeficiente en función del contenido del edificio de la tabla 1.3. (1)
- C4: coeficiente en función del uso del edificio de la tabla 1.4. (1)
- C5: coeficiente en función de la necesidad de continuidad de las actividades del edificio de la tabla 1.5. (1)

Tabla 1.2 Coeficiente C₂

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

Tabla 1.3 Coeficiente C₃

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Tabla 1.4 Coeficiente C₄

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

Tabla 1.5 Coeficiente C₅

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

Figura 58. Tabla 1.2 del CTE DB-SUA apartado 8

$N_a=0.0055$ [nº impactos/año]

Como N_e es menor que N_a , no necesitamos una instalación de protección contra el rayo.

SUA 9 –ACCESIBILIDAD

No es de aplicación en nuestro proyecto, puesto que nuestra vivienda no debe ser accesible.

Se adjunta ficha resumen a continuación:

SUA

JUSTIFICACIÓN DE LAS PRESTACIONES DEL EDIFICIO EN RELACIÓN CON EL REQUISITO BÁSICO DE SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

SUA 1		SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE CAIDAS					
		1	2	3	4	5	6
SUA 1.1	Resbalicidad de los suelos	X					
SUA 1.2	Discontinuidades en los pavimentos	X					
SUA 1.3	Desniveles		X				
SUA 1.4	Escaleras y rampas		X				
SUA 1.5	Limpieza de los acristalamientos exteriores	X					

SUA 2		SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE IMPACTO O DE ATRAPAMIENTO					
		1	2	3	4	5	6
SUA 2.1	Impacto		X				
SUA 2.2	Atrapamiento	X					

SUA 3		SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE APRISIONAMIENTO EN RECINTOS					
		1	2	3	4	5	6
SUA 3.1	Aprisionamiento		X				

SUA 4		SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA					
		1	2	3	4	5	6
SUA 4.1	Alumbrado normal en zonas de circulación		X				
SUA 4.2	Alumbrado de emergencia	X					

SUA 5		SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR SITUACIONES DE ALTA OCUPACIÓN					
		1	2	3	4	5	6
SUA 5.2	Condiciones de los graderíos para espectadores de pie	X					

SUA 6		SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE AHOOGAMIENTO					
		1	2	3	4	5	6
SUA 6.1	Piscinas	X					
SUA 6.2	Pozos y depósitos	X					

SUA 7		SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO					
		1	2	3	4	5	6
SUA 7.2	Características constructivas	X					
SUA 7.3	Protección de recorridos peatonales	X					
SUA 7.4	Señalización	X					

SUA 8		SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR LA ACCIÓN DEL RAYO					
		1	2	3	4	5	6
SUA 8	Procedimiento de verificación y tipo de instalación exigido		X				
Cálculo de la Eficiencia requerida y el Nivel de protección correspondiente							
$N_G = 2,00$	$A_e = 3058$	$C_1 = 0,5$			$N_e = 0,00306$	Eficiencia requerida:	
$C_2 = 1$	$C_3 = 1$	$C_4 =$	$C_5 = 1$		$N_a = 0,0055$	Nivel de protección:	

SUA 9		ACCESIBILIDAD					
		1	2	3	4	5	6
SUA 9	Accesibilidad		X				

CLAVES

- 1 Esta exigencia no es aplicable al proyecto, debido a las características del edificio.
- 2 Las soluciones adoptadas en el proyecto respecto a esta exigencia se ajustan a lo establecido en el DB SUA.
- 3 Las prestaciones del edificio respecto a esta exigencia mejoran los niveles establecidos en el DB SUA.
- 4 Se aporta documentación justificativa de la mejora de las prestaciones del edificio en relación con esta exigencia.
- 5 Las soluciones adoptadas en el proyecto respecto a esta exigencia son alternativas a lo establecido en el DB SUA.
- 6 Se aporta documentación justificativa de las prestaciones proporcionadas por las soluciones alternativas adoptadas.

2.6.4. JUSTIFICACIÓN DEL DB-HS

2.6.4.1. JUSTIFICACIÓN HS 1 PROTECCION FRENTE A LA HUMEDAD

Dicho apartado se aplica a los muros y suelos que están en contacto con el terreno y los cerramientos que están en contacto con el aire exterior, fachadas y cubiertas.

MUROS: Dicho punto hace referencia a los muros en contacto con el terreno, en nuestra vivienda tan solo disponemos de los muretes de bloque de hormigón que sirven para poder realizar el forjado sanitario. Teniendo en cuenta que estamos muy por encima del nivel freático en nuestro solar, podemos considerar que tenemos una BAJA presencia de agua, por lo que el grado de impermeabilidad mínimo de los muros, según la tabla 2.1. de documento básico, es de 1.

Tabla 2.1 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno		
	$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	5	4
Media	3	2	2
Baja	1	1	1

Figura 59. Tabla 2.1 del CTE DB HS 1

Los muretes realizados con bloque de hormigón, tendrán un comportamiento muy parecido a un muro flexorresistente, y realizando una impermeabilización por el exterior, obtenemos una solución constructiva según la tabla 2.2. del documento.

Tabla 2.2 Condiciones de las soluciones de muro

	Muro de gravedad			Muro flexorresistente			Muro pantalla		
	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco
≤ 1	I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C1+I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C2+I2+D1+D5	C2+I2+D1+D5	
≤ 2	C3+I1+D1+D3 ⁽²⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤ 3	C3+I1+D1+D3 ⁽³⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3 ⁽²⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤ 4		I1+I3+D1+D3	D4+V1		I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤ 5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1 ⁽¹⁾		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1

a. ⁽¹⁾ Solución no aceptable para más de un sótano.
b. ⁽²⁾ Solución no aceptable para más de dos sótanos.
c. ⁽³⁾ Solución no aceptable para más de tres sótanos.

Figura 60. Tabla 2.2 del CTE DB HS 1

Nuestra solución obtenida es la siguiente: I2+I3+D1+D5 donde I2 bastaría con una pintura impermeabilizante, I3 no es de aplicación puesto que el muro se realiza con bloques de hormigón, D1 dicta la necesidad de colocar una capa drenante y filtrante entre el muro y el terreno y finalmente D5 nos indica la necesidad de disponer de una red de evacuación de agua de lluvia en las partes de la cubierta y del terreno que puedan afectar al muro.

Por otro lado, debemos tener en cuenta algunos aspectos:

- Los encuentros del muro con las fachadas, el impermeabilizante debe prolongarse más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior y el remate superior de éste se realizará retranqueando la lámina y protegiéndola mediante zócalo. Se respetarán las condiciones de bandas de refuerzo y de terminación para limitar el riesgo de que el agua del terreno o que pueda estar presente en el muro suba por capilaridad a la fachada.
- En los encuentros con cubiertas enterradas se unirán las dos impermeabilizaciones.
- En las esquinas se colocarán bandas de refuerzo del mismo material entre dos planos impermeabilizantes con una anchura mínima de 15 cm centrada en la arista.
- Se sellarán las juntas con masilla elástica.

SUELOS: En nuestro caso no disponemos de suelos en contacto con el terreno, porque disponemos de un forjado sanitario con cámara de aire ventilada. Las ventilaciones deberán realizarse hacia el exterior mediante aberturas de ventilación repartidas al 50% entre dos paredes enfrentadas. Y además, se debe cumplir la siguiente condición:

$$30 > \frac{S_s}{A_s} > 10$$

Dónde:

S_s es el área de ventilación (cm²)

A_s es el área del suelo elevado (m²)

En nuestro caso A_s tiene una superficie de unos 145 m², por lo que S_s tendrá que ser mayor que 1450 cm². Disponemos de 4 tubos de diámetro 250 mm, con un total de 1962 cm².

FACHADAS: Nuestro solar se encuentra en la zona pluviométrica IV, según la tabla 2.4 del documento, y un grado de exposición al viento V3, según la tabla 2.6 del documento, obtendremos un grado de impermeabilización de 2 según la tabla 2.5. del documento.

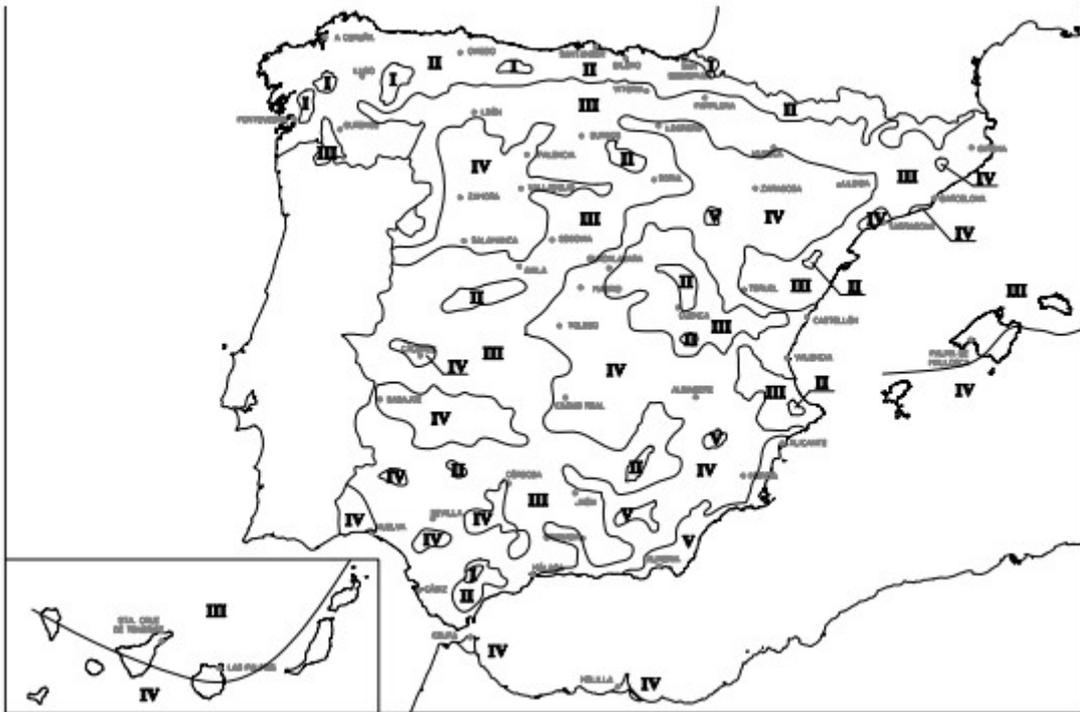


Figura 61. Figura 2.4. del CTE DB HS 1

Tabla 2.6 Grado de exposición al viento

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
		A	B	C	A	B	C
Altura del edificio en m	≤15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41 - 100 ⁽¹⁾	V2	V2	V2	V1	V1	V1

⁽¹⁾ Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en el DB-SE-AE.

Figura 62. Tabla 2.6. del CTE DB HS 1

Tabla 2.5 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

Figura 63. Tabla 2.5. del CTE DB HS 1

Además, según la tabla 2.7. obtendremos una solución constructiva de la fachada, considerando que tenemos revestimiento exterior, de R1 + C1.

Tabla 2.7 Condiciones de las soluciones de fachada

		Con revestimiento exterior				Sin revestimiento exterior			
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾				C1 ⁽¹⁾ +J1+N1			
	≤2								
	≤3	R1+B1+C1		R1+C2		B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 ⁽¹⁾		B2+C2+H1+J1+N1		B2+C2+J2+N2	B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1			

d. ⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Figura 64. Tabla 2.7. del CTE DB HS 1

Donde R1 hace referencia a los revestimientos exteriores, que deberán cumplir las siguientes características:

- espesor comprendido entre 10-15 mm, salvo los acabados con una capa plástica delgada.
- adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad.
- permeabilidad al vapor suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal.
- adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento aceptable frente a la fisuración.
- cuando se dispone en fachadas con el aislante por el exterior de la hoja principal, compatibilidad química con el aislante y disposición de una armadura constituida por una malla de fibra de vidrio o de poliéster.

Y C1 hace referencia a la hoja principal, que deberá ser de espesor medio, es decir, o bien ½ pida de ladrillo cerámico perforado o macizo, o bien, 12 cm, de bloque cerámico o de hormigón o piedra natural.

Por otro lado, debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cuidado con las juntas de dilatación (no dispondremos)
- En revestimientos exteriores, se dispone una junta de dilatación en paños de 25 m2 con un ancho superior a 5 mm selladas con elementos elásticos e impermeables.
- En los arranques de la fachada se dispondrá el impermeabilizante de los muros como se ha explicado en el apartado de muros y se protegerá con un zócalo ≥30 cm.

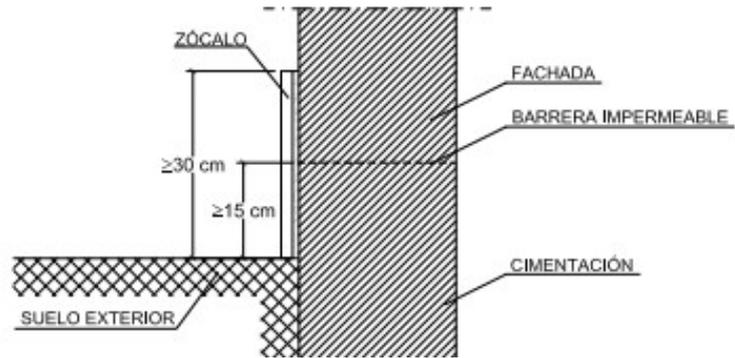


Figura 65. Figura 2.7. del CTE DB HS 1

- En los encuentros de fachadas con frentes de forjados, colocaremos una armadura con mallas dispuestas a lo largo del forjado de tal forma que sobrepasen el elemento hasta 15 cm por encima y por debajo del forjado de la primera hilada fábrica.

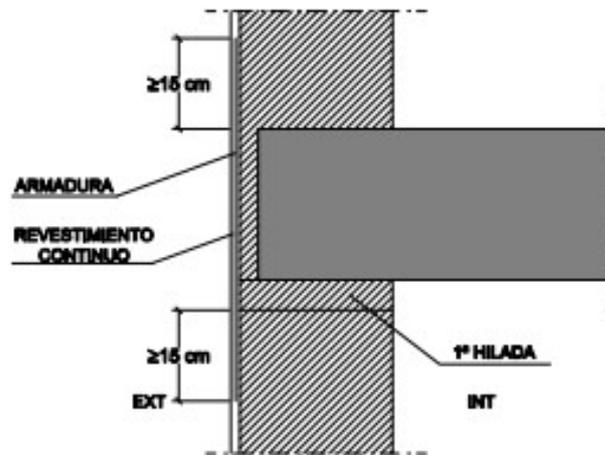


Figura 66. Figura 2.8. del CTE DB HS 1

- En los encuentros de fachadas con los pilares deberemos colocar una armadura dispuesta a lo largo del pilar que sobrepase 15 cm por ambos lados. Se pretende así limitar el riesgo de que se produzcan grietas en la hoja exterior como consecuencia de los movimientos del pilar, por lo que pudiera penetrar el agua.

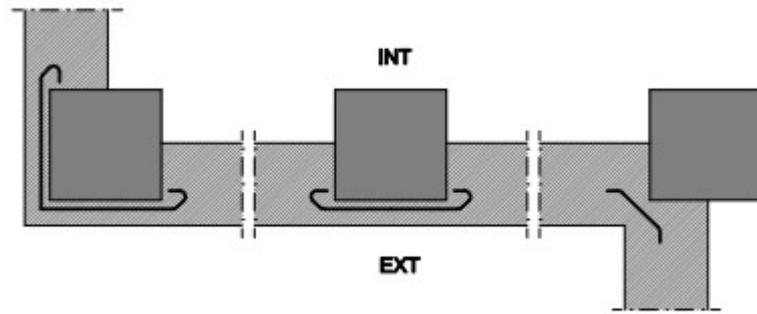


Figura 67. Figura 2.9. del CTE DB HS 1

- En los encuentros de fachada con la carpintería retranqueada respecto del paramento exterior, deberemos rematar el alfeizar con un vierteaguas que disponga de pendiente >10% hacia el exterior y de un goterón separado 2 cm del paramento, además de colocar un goterón en el dintel.

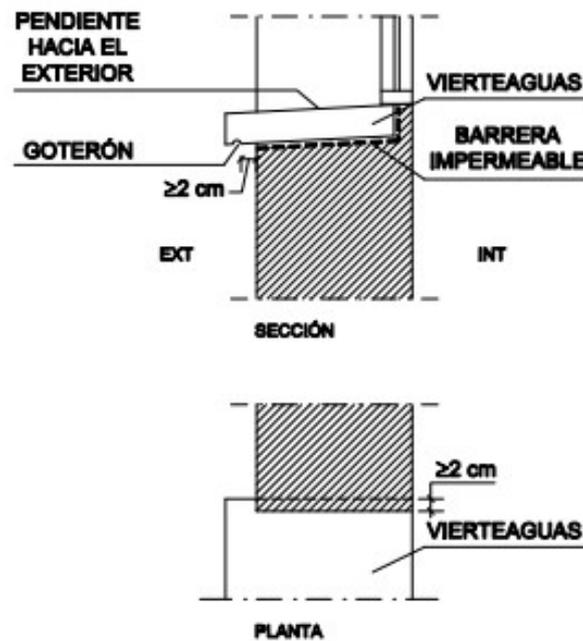


Figura 68. Figura 2.2. del CTE DB HS 1

- Los remates superiores de la fachada se realizarán colocando una albardilla con inclinación > 10°, disposición de goterones en la cara inferior de los salientes hacia los que discurre el agua, separados 2 cm del paramento.

CUBIERTAS:

El grado de impermeabilidad para todas las cubiertas es único e independiente para todas las soluciones, siempre y cuando las cubiertas dispongan los elementos siguientes y cumplan las siguientes condiciones:

- Formación de pendientes
- Barrera contra el vapor por debajo del aislante térmico cuando se prevea que vayan a producirse condensaciones según el HE1.
- Capa separadora bajo aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales incompatibles
- Aislante térmico según HE1
- Capa separadora bajo impermeabilización, cuando deba evitarse el contacto entre materiales incompatibles
- Impermeabilización cuando sea necesario (recomendable colocar siempre)
- Capa separadora entre la protección y la impermeabilización cuando deba evitarse el contacto entre materiales incompatibles o deba evitarse la adherencia entre ambas capas
- Una capa de protección cuando la cubierta sea plana, salvo que la impermeabilización sea auto protegida
- Un sistema de evacuación de aguas según HS5.

Además, debemos tener en cuenta que los componentes cumplan una serie de condiciones:

FORMACIÓN DE PENDIENTES:

Dispondrá un sistema de formación de pendientes cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y su soporte resistente no tenga la pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar.

Las cubiertas planas, tanto las transitables de peatones, como para no transitables de gravas, tendrán una pendiente del 1-5 %.

AISLANTE TERMICO:

Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.

Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

IMPERMEABILIZACIÓN:

Existe capa de impermeabilización consistente en Lámina de EPDM (etileno propileno dieno monómero).

CAPA DE PROTECCIÓN:

El material que forma la capa debe ser resistente a la intemperie en función de las

condiciones ambientales previstas y debe tener un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento.

Se dispondrá un solado fijo en las cubiertas planas transitables para peatones. Las piezas no se colocarán a hueso. Y se colocarán gravas en las planas no transitables. La capa de grava se colocará suelta sin mortero, con un tamaño entre 16-32 mm, limpia y que forme una capa de 5 cm como mínimo

Por otro lado, debemos cumplir una serie de condiciones:

Cubiertas Planas:

JUNTAS DE DILATACIÓN: Se dispondrán juntas de dilatación con una distancia entre contiguas de 15 m máximo. Se dispondrá junta también coincidiendo con el encuentro con paramento vertical o junta estructural. Los bordes de las juntas serán romos con ángulo de 45° y con una anchura mayor a 3 cm. Se colocará un sellante sobre un relleno introducido en el interior de las juntas, este quedará enrasado con la capa de protección de la cubierta.

ENCUENTRO CON PARAMENTO VERTICAL: La impermeabilización se prolonga por el paramento hasta 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta, redondeándose con un radio de curvatura de 5 cm aproximadamente. Para evitar filtraciones de agua por el remate superior de la impermeabilización, se realizará dicho remate de las siguientes maneras: -Mediante un retranqueo mayor a 5 cm de profundidad y altura mayor a 20 cm. -Mediante un perfil metálico inoxidable, que sirva de base a un cordón sellado entre el perfil y el muro. – Mediante una roza de 3 x 3 cm para recibir la lámina con mortero en bisel.

ENCUENTRO CON BORDE LATERAL: Se realizará prolongando la impermeabilización 5 cm como mínimo sobre el frente del alero o el paramento.

ENCUENTRO CON SUMIDERO O CANALÓN: Será una pieza prefabricada, de un material compatible con la impermeabilización y con un ala de 10 cm de ancho mínimo en el borde superior. Estará provisto de un elemento para retener los sólidos que puedan obturar la bajante, enrasado con la capa de protección en transitables. El elemento soporte de la impermeabilización se rebajará alrededor de los sumideros. La impermeabilización se prolongará 10 cm mínimo por encima de las alas y su unión con el sumidero será estanca. Debe situarse el sumidero separado 50 cm mínimo de los encuentros con paramentos verticales. El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.

REBOSADEROS: Dispondremos de rebosadero en cubiertas planas con paramento vertical que delimite todo su perímetro. Su suma de áreas de secciones debe ser igual o mayor a la suma de las bajantes que evacuan el agua de la cubierta o parte superior de la cubierta a la que sirvan. Se dispondrá a una altura intermedia entre el punto más y el más alto de la entrega de la impermeabilización al paramento vertical. Sobresaldrá 5 cm mínimo de la cara exterior del paramento vertical y se dispondrá de una pendiente favorable a la evacuación.

ENCUENTRO CON ELEMENTOS PASANTES: Los elementos pasantes se situarán separados 50 cm mínimo de los encuentros con paramentos verticales y los elementos que salgan de la cubierta. Ascenderán 20 cm mínimo por encima de la protección de la cubierta los elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

ANCLAJE DE ELEMENTOS: Se realizarán sobre un paramento vertical por encima del remate de la impermeabilización o bien sobre la parte horizontal de la cubierta de forma análoga a los encuentros con elementos pasantes.

RINCONES Y ESQUINAS: Aquí deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ hasta una distancia de 10 cm como mínima desde el vértice formado por los dos planos de conforman el rincón o la esquina y el plano cubierta.

ACCESOS Y APERTURAS: Los accesos y aperturas situados en paramento vertical se realizarán disponiendo un desnivel de 20 cm de altura como mínimo por encima de la protección de la cubierta, protegido con un impermeabilizante y que ascienda por los laterales del hueco 15 cm mínimo.

2.6.4.2. JUSTIFICACIÓN HS 2 RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS

El presente proyecto no dispone de sistema de recogida de puerta a puerta dado que en la zona donde se halla ubicado, dispone de recogida centralizada con contenedores, por tanto, teniendo en cuenta la sección HS del CTE en el apartado 1.2, no es de aplicación la reserva de espacio y las condiciones de diseño y dimensionado del sistema de almacenamiento y traslado de residuos en el edificio. Pero al disponer de un sistema de recogida centralizada con contenedores, se da la necesidad de realizar un espacio de reserva según la siguiente tabla:

CTE	Fitxa justificativa del compliment de HS 2. Evacuació de residus	Habitatge Unifamiliar	HS 2														
Ref. del projecte TFG- BAHIA GRANDE																	
AMBIT D'APLICACIÓ																	
habitatge unifamiliar		espai d'emmagatzematge immediat (dins l'habitatge)	X														
1	INTERIOR DELS HABITATGES (espai d'emmagatzematge immediat)		Contemplat en projecte														
Espai per magatzem de residus dins l'habitatge	HS 2	<p>► SITUACIÓ:</p> <p>- Els espais destinats a matèria orgànica i envasos lleugers es disposen a:</p> <table border="1"> <tr> <td>la cuina</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>zones annexes auxiliars</td> <td></td> </tr> </table> <p>- El punt més alt és a una alçada del terra $\leq 1,20$ m</p>	la cuina	X	zones annexes auxiliars												
		la cuina	X														
		zones annexes auxiliars															
		<p>► CONFIGURACIÓ</p> <p>- L'accés als espais d'emmagatzematge, no necessita d'elements auxiliars (escaletes, tamborets, ..)</p> <p>- L'acabat de la superfície de qualsevol element situat a menys de 30 cm dels límits de l'espai d'emmagatzematge és impermeable i fàcilment rentable</p>															
		<p>► CAPACITAT</p> <p>P_v ocupants de l'habitatge (suma de dormitoris senzills i el doble de número de dormitoris dobles)</p> <table border="1"> <tr> <td>habitatge</td> <td>habitacions dobles</td> <td>habitacions senzills</td> <td>P_v ocupants</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>1</td> <td>7</td> </tr> </table> <p>ocupants de l'habitatge 7</p>	habitatge	habitacions dobles	habitacions senzills	P_v ocupants		3	1	7							
		habitatge	habitacions dobles	habitacions senzills	P_v ocupants												
			3	1	7												
		<p>C Capacitat dins de l'habitatge per fracció en dm^3 . $C = CA \cdot P_v$</p>															
		<p>CA coeficient d'emmagatzematge per persona i fracció (dm^3/persona).</p>															
		<p>Contenedors mínims per tipus d'habitatge i fracció (en dm^3) (dimensions en planta $\geq 30 \times 30$ cm i volum ≥ 45 dm^3)</p>															
<table border="1"> <tr> <td>habitatge</td> <td>matèria orgànica</td> <td>paper/ cartró</td> <td>envasos lleugers</td> <td>vidre</td> <td>varis</td> <td>total</td> </tr> <tr> <td></td> <td>45</td> <td>75,95</td> <td>54,6</td> <td>45</td> <td>73,5</td> <td>294,1</td> </tr> </table>			habitatge	matèria orgànica	paper/ cartró	envasos lleugers	vidre	varis	total		45	75,95	54,6	45	73,5	294,1	
habitatge	matèria orgànica	paper/ cartró	envasos lleugers	vidre	varis	total											
	45	75,95	54,6	45	73,5	294,1											
<p>Decret d'ecoeficiència D.21/2006</p> <p>El projecte garanteix un espai fàcilment accessible de $150 dm^3$ que permet la separació en les fraccions de matèria orgànica, paper/cartró, envasos lleugers, vidre i varis</p>			si														

Tabla 26. Tabla resumen HS2

2.6.4.3. JUSTIFICACIÓN DEL DB-HS 3

Se procede a justificar el cumplimiento de las condiciones que reúne este DB.

La vivienda debe disponer de los siguientes caudales mínimos:

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

Figura 69. Tabla 2.1 del CTE DB HS 3

En las cocinas disponemos de un sistema que permite extraer los contaminantes que se producen durante su uso, de forma independiente a la ventilación, del resto de la vivienda. (Campana extractora mecánica)

Los trasteros tendrán ventilación natural, ya que disponen de orificios en los muros que los forman.

Para nuestras viviendas se han elegido un sistema de ventilación mecánica, donde el aire circula desde los locales secos a los locales húmedos, ya que hemos dispuesto entradas de aire en salones, comedores y dormitorios, mientras que en cocinas y baños disponemos extractores de aire, además de aberturas de paso entre diferentes estancias.

También, se ha colocado un recuperador de calor ubicado en el falso techo de los trasteros, el cual tiene dos entradas de aire exterior, una procedente del conducto del pozo canadiense, mientras que la otra procede directamente del exterior. Las admisiones de aires en los locales secos, para ventilación, se realizarán mediante conductos ubicados en falsos techos, que irán desde el recuperador de calor hasta la estancia. La rejilla se colocará en el falso techo, ya bien sea horizontal o en vertical sobre la tabica, para asegurar una correcta distribución del aire. Las carpinterías, por consiguiente, no dispondrán de aireadores ni sistemas de micro ventilación, puesto que deberán ser estancias para asegurar un eficiente rendimiento del sistema de pretratamiento del aire por pozo canadiense.

Las aberturas de paso serán los propios huecos de paso o en su defecto se dejará holgura entre la carpintería y el suelo acabado (aprox. 1 cm).

Las aberturas de extracción, se realizan con rejillas ubicadas en los falsos techos de los locales húmedos, dirigiéndose hacia el recuperador de calor mediante conductos metálicos.

Todo esto se complementa con ventilación natural, en todas las estancias, donde se ha intentado proyectar una ventilación cruzada para que se asegure un correcto movimiento del aire.

En la cocina, disponemos de una campana extractora mecánica, que tiene un conducto individual que va hasta la cubierta, independiente del resto de la vivienda. También se ha

proyectado una ventilación mecánica individual que va hasta cubierta para el recuperador de calor.

Los conductos de extracción, dispondrán en su parte más alta (cubierta) de aspiradores mecánicos, que serán accesibles para poder realizar un correcto mantenimiento.

A continuación, se adjunta las tablas para justificar los cálculos:

LOCALES	ESTANCIAS	Caudal mín [l/s]	Admisión [cm²]	Extracción [cm²]
	Dormitorio invit.	8		
	Salón	10		
	Dormitorio indiv. PP	4		
SECOS	Master Bedroom	10		
	Dormitorio doble PP	8		
TOTAL LOC. SECOS		40		
LOCALES	Baño PB	8		
	Cocina	8		
	Baño PP	8		
HUMEDOS	Baño PP en suite	8		
	Coladuría PP	8		
	TOTAL LOC. HÚMED.			

Tabla 27. Tabla resumen admisiones y extracciones

ESTANCIAS	Caudal mín [l/s]	Area admisión [cm²]	Area extracción [cm²]	Area de paso [cm²]
Dormitorio invit.	8	32	32	70
Salón	10	40	40	70
Dormitorio indiv. PP	4	16	16	70
Master Bedroom	10	40	40	70
Dormitorio doble PP	8	32	32	70
Baño PB	8	32	32	70
Cocina	8	32	32	70
Baño PP	8	32	32	70
Baño PP en suite	8	32	32	70
Coladuría PP	8	32	32	70

Tabla 28. Tabla resumen justif. HS 3

2.6.4.4. JUSTIFICACIÓN HS4 – SUMINISTRO

Se procede a justificar las verificaciones que dictamina dicho DB.

Se han facilitado los datos de caudal y presión por parte de la compañía suministradora, que servirán de base para el dimensionado de las instalaciones. Se ha dado un caudal de 0,9 l/s y una presión de 30 m.c.a.

Se colocarán sistemas anti retorno, combinados con grifos de vaciado, para evitar la inversión del sentido del flujo y dar la posibilidad de vaciar cualquier tramo, en los puntos donde sea necesario como después de contadores, montantes, equipos de tratamiento de agua....

La instalación suministra a los aparatos los caudales que figuran en la siguiente tabla

Aparato	Caudal inst. mín. agua fría [l/s]	Caudal inst. mín. ACS [l/s]
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Inodoro	0,10	--
Fregadero	0,20	0,10
Lavavajillas	0,15	--
Lavadora	0,20	--
Grifo	0,15	--

Tabla 29. Tabla 2.1. del CTE DB HS 4

En los puntos de consumo de debe cumplir que la presión mínima es de 100 kPa para los grifos comunes y 500 kPa como máximo. En nuestra vivienda disponemos de un esquema con contador general único, compuesto por acometida, instalación general con un nicho o armario para el contador, un tubo de alimentación y un distribuidor principal, además de las derivaciones colectivas. Además, disponemos de un depósito de agua potable de mínimo 500 l, ubicado en el sótano de instalaciones junto con un grupo de presión, conectado a la acometida mediante un bypass, para asegurar el suministro en caso de avería en la red pública tal y como indica la normativa municipal.

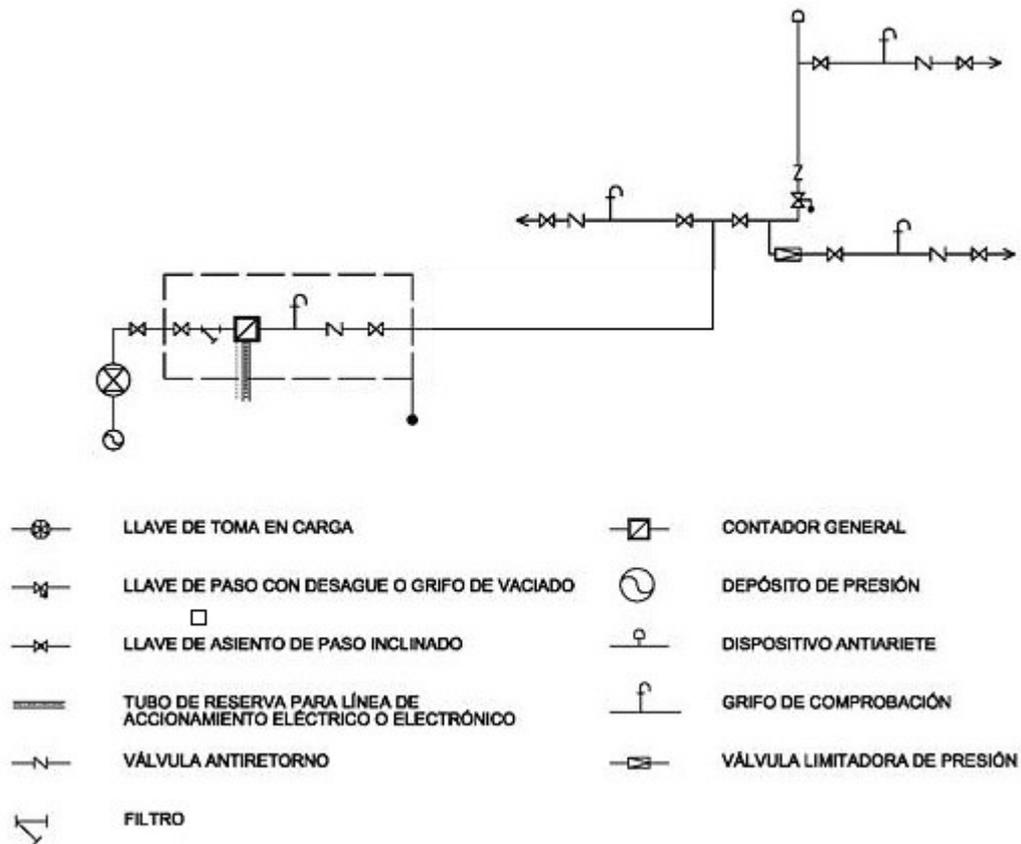


Figura 70. Esquema fontanería con caudal suficiente del CTE DB HS 4

En la instalación de la vivienda, disponemos de una llave de corte general por vivienda y una llave de corte en el exterior de la propiedad. También disponemos de un filtro general para retener los residuos del agua en el nicho de contador. En dicho nicho, dispondremos de una llave de corte general, el filtro, el contador, una llave, grifo de prueba, válvula de retención y llave de salida, estrictamente en este orden. El tubo de alimentación irá enterrado, las distribuciones se ubicarán en los falsos techos de las viviendas. Se colocarán los montantes en patinillos destinados al paso de instalaciones, que serán registrables. Las instalaciones particulares se componen de una llave de paso, situada dentro de la estancia, derivaciones particulares independientes por falso techo que bajan por regatas o dentro de los perfiles metálicos de la tabiquería hasta los puntos de consumo, que, además, disponen de una llave de corte individual. No tendremos red de retorno de ACS, puesto que el punto más alejado no supera los 15 m de longitud. Las tuberías de ACS dispondrán de aislamiento que cumpla lo dispuesto en RITE. Las tuberías de AF y ACS deben discurrir cercanas, separadas un mínimo de 4 cm si están en el mismo plano vertical, y siempre la tubería de ACS discurre por encima de la de AF.

Para generar el ACS, disponemos de una bomba de calor conectada a un depósito de inercia que abastece conjuntamente la demanda de ACS para consumo y la demanda de calefacción de la vivienda.

Para realizar el dimensionado se ha calculado de forma análoga para el agua fría como para el agua caliente, eligiendo el tramo más desfavorable:

Agua fría:

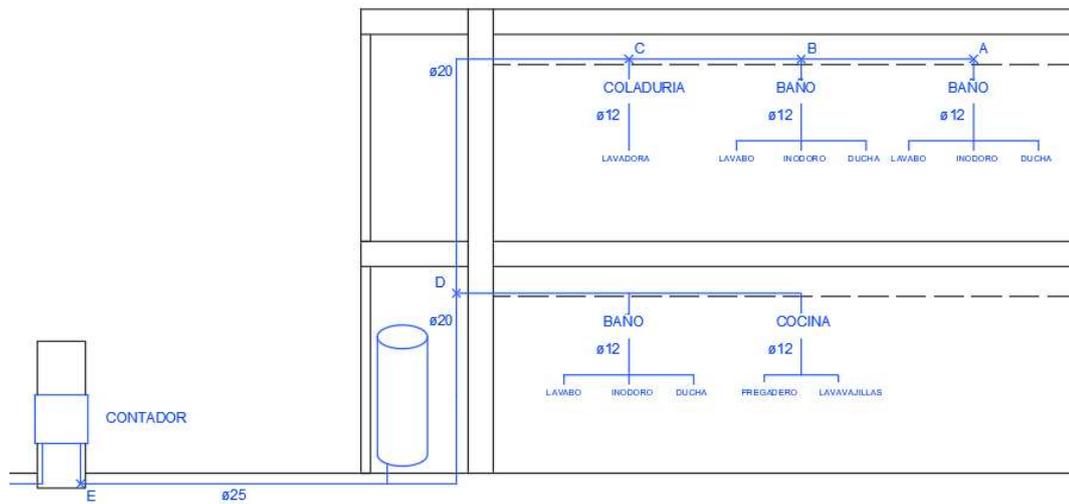


Figura 71. Esquema instalación agua fría

TRAMO	Q	D. ext.	D. int.	V	j	L. geom.	L. equiv.	L. tot.	J	Pi	Pi-J	Pf
AB	0,28	22	20	0,8	0,08	7,3	2,5	9,8	0,784	14,17	13,39	13,39
BC	0,36	22	20	1	0,13	1,45	1,26	2,71	0,35	13,39	13,04	13,04
CD	0,4	22	20	1	0,14	5	1,26	6,26	0,88	13,04	12,16	12,16
DE	0,53	27	25	1,2	0,18	9,5	2,5	12	2,16	12,16	10	10

Tabla 30. Resumen justificación cálculos agua fría

- Q: Caudal en l/s
- V: velocidad en m/s
- L equi: Longitud equivalente
- Pi: presión inicial
- D. ext: Diam. Exterior en mm
- j: pérdidas en m.c.a/m
- Ltot: longitud total
- Pf: presión final
- D.int: Diam. Interior en mm
- Lgeom: longitud geométrica en m
- J: pérdidas totales en m.c.a.

Como podemos observar en los cálculos, con nuestra instalación necesitaríamos una presión inicial de 14,17 m.c.a, al que debemos sumar unos 10 m.c.a por pérdidas en el contador, dando un total aproximado de 25 m.c.a, y un caudal de 0,6 l/s, por lo que la presión y caudal inicial procedente de la vía pública son suficientes para satisfacer nuestra demanda y no necesitamos colocar un grupo de presión, aunque disponemos de uno para suministrar el agua del depósito auxiliar.

Agua caliente sanitaria:

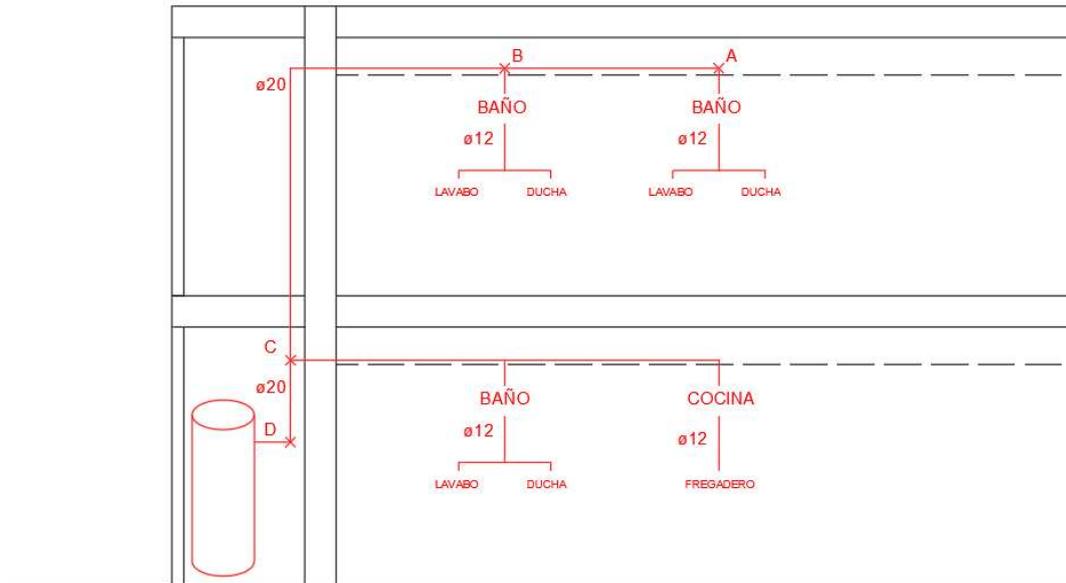


Figura 72. Esquema instalación agua caliente sanitaria

TRAMO	Q	D. ext.	D. int.	V	j	L. geom.	L. equiv.	L. tot.	J	Pi	Pi-J	Pf
AB	0,165	22	20	0,4	0,025	7,3	2,5	9,8	0,245	10,77	10,52	10,52
BC	0,19	22	20	0,5	0,038	1,45	1,26	2,71	0,10	10,52	10,42	10,42
CD	0,3	22	20	0,8	0,08	4	1,26	5,26	0,42	10,42	10,00	10,00

Tabla 31. Resumen justificación cálculos agua caliente

- Q: Caudal en l/s
- D. ext: Diam. Exterior en mm
- D.int: Diam. Interior en mm
- V: velocidad en m/s
- j: pérdidas en m.c.a/m
- Lgeom: longitud geométrica en m
- L equi: Longitud equivalente
- Ltot: longitud total
- J: pérdidas totales en m.c.a.
- Pi: presión inicial
- Pf: presión final

La longitud del punto de consumo más alejado de ACS, está a una distancia, del depósito de inercia donde se genera, de 14,00 m por lo que hemos decidido no instalar una línea de retorno para el ACS.

Para calcular la demanda de ACS se han seguido los siguientes pasos:

- Número de ocupantes de la vivienda (caso más desfavorable): 7 usuarios
- Demanda por usuario 28 l/día.
- Demanda total = 28 x 7= 197 l/día.

Por lo que debemos seleccionar un acumulador con capacidad > a 200 l.

Calculo potencia necesaria aproximada:

$$D_{ACS} = Q_{cons} \cdot Cp \cdot (T_{cons} - T_{red}) \cdot n$$

$D_{acs} = 200 \times 1 \times (60-45) \times 1 = 3000 \text{ Kcal/dia.}$

Suponiendo un tiempo de espera conservador de 30 min (0,5 h):

Potencia= $3000/0,5 = 6000 \text{ Kcal/h}$ que es lo mismo que decir 6,6 kW.

Por lo que el generador de ACS debe disponer de una potencia $>6,6 \text{ KW.}$

2.6.4.5. JUSTIFICACION HS 5

Se procede a justificar las condiciones que dictamina es DB.

Se ha tenido en cuenta que la red de evacuación debe tener el trazado más sencillo posible, para evitar las retenciones de agua en su interior, además de ser autolimpiables y que faciliten la evacuación de los residuos.

DISEÑO:

Los colectores de la vivienda desaguan por gravedad en la arqueta general, que sirve de conexión entre el saneamiento de nuestra vivienda y el alcantarillado público, a través de la acometida. La arqueta general pública recibe tanto aguas residuales como pluviales, puesto que en el municipio donde nos encontramos, debemos escoger un sistema separativo con una conexión final de las aguas pluviales y residuales, porque solo disponemos de una única red de alcantarillado público.

En el interior de la vivienda, se han colocado sifones individuales en todos los aparatos que precisan de saneamiento, y las redes de pequeña evacuación se han diseñado para conseguir una circulación natural por gravedad, están conectadas a las bajantes a una distancia menor de 2 m y tendrán una pendiente del 3%. Además, se ha dispuesto de un modelo de lavabo y fregadero que disponen de rebosadero.

Las bajantes se han intentado diseñar sin que dispongan de retranqueos o desviaciones, salvo para obstáculos insalvables, no disminuyendo de diámetro en el sentido de la corriente.

Los colectores se dispondrán colgados en el forjado sanitario o enterrados en el terreno mediante zanjas, tendrán una pendiente de del 2% como mínimo. Además, dispondrán de registros constituidos por piezas especiales.

Los colectores se conectarán a una arqueta dispuesta sobre cimiento de hormigón con tapa practicable que servirá para realizar las funciones de mantenimiento y limpieza.

Existe la particularidad que dispone de dos puntos de recogida que estarán por debajo de la cota del punto de acometida, por lo que necesitaremos colocar un sistema de bombeo y elevación.

En primer lugar, esto sucede en el sótano de instalaciones que dispone la vivienda, donde existe un depósito de agua potable, el cual podría darse la necesidad de vaciarse para operaciones de mantenimiento, por lo que necesitamos una red de evacuación. Se ha decidido colocar un equipo de bombeo sumergido en una arqueta para asegurar la correcta evacuación.

Y en segundo lugar disponemos del depósito de condensados que forma parte de la instalación del pozo canadiense, por lo que dispondremos de otro equipo de bombeo sumergido que se conectará con el resto de la red de pluviales.

Además, dispondremos de un bucle antirreflujo de las aguas en su conexión con el sistema exterior de alcantarillado.

Para la evacuación de las aguas pluviales de la cubierta principal de la vivienda, se ha diseñado un sistema de recogida mediante sumideros formado por cazoletas. Se han colocado además de bajantes, rebosaderos para asegurar la correcta evacuación en caso de fallo u obstrucción de la bajante y así evitar daños muy graves.

Para el desagüe de la piscina, dispondremos de un kit de depuradora colocada en una arqueta prefabricada semienterrada, la cual dispone de una función de desagüe, por lo que se incorporado un punto de conexión de desagüe a la red de aguas pluviales de la vivienda.

En cuanto a los sistemas de ventilación de las bajantes, tanto de pluviales como de fecales, se ha optado por un sistema de ventilación primaria, ya que disponemos de una vivienda de PB+PP y los ramales de desagües tienen menos de 5 m. Las bajantes de aguas residuales se prolongarán al menos 1,3m por encima de la cubierta del edificio, ya que no será transitable. Se ha previsto que la salida de la ventilación primaria no este situada a menos de 6 m de cualquier toma de aire del exterior para climatización o ventilación.

DIMENSIONADO:

Se ha realizado un dimensionado de las aguas residuales mediante la adjudicación de UD para cada tipo de aparato y seleccionando los diámetros teniendo en cuenta que superen el mínimo y unificando diámetros para simplificar su instalación.

Nº DE BAJANTE	APARATOS CONECTADOS	UD	Ø [mm]
1	w.c (PP)	4	
	ducha (PP)	2	
	lavabo (PP)	1	
	Lavadora (PP)	3	
	w.c (PB)	4	
	ducha (PB)	2	
	Lavabo (PB)	1	
TOTAL	17	110	

Nº DE BAJANTE	APARATOS CONECTADOS	UD	Ø [mm]
2	w.c (PP)	4	
	ducha (PP)	2	
	lavabo (PP)	1	
	w.c (PB)	4	
	ducha (PB)	2	
	Lavabo (PB)	1	
TOTAL	14	110	

Nº DE BAJANTE	APARATOS CONECTADOS	UD	Ø [mm]
3	w.c (PP)	4	
	ducha (PP)	2	
	lavabo (PP)	1	
	lavavajillas (PB)	3	
	fregadero (PB)	3	
TOTAL	13	110	

Nº DE BAJANTE	APARATOS CONECTADOS	UD	Ø [mm]
4	w.c (PP)	4	
	ducha (PP)	2	
	lavabo (PP)	1	
	lavavajillas (PB)	3	
	fregadero (PB)	3	
TOTAL	13	110	

Nº DE BAJANTE	APARATOS CONECTADOS	UD	Ø [mm]
5	lavadora (PP)	4	
	TOTAL	4	

Tabla 32. Resumen justificación bajantes aguas residuales

Nº DE COLECTOR	PDTE	UD	Ø [mm]
1	2%	17	110
2	2%	2	40
3	2%	13	110
4	2%	--	110
5	2%	13	110
6	2%	32	110
7	2%	14	110
8	2%	13	110
9	2%	5	40
10	2%	--	110
11	2%	6	110
12	2%	19	110
13	2%	32	110

Tabla 33. Resumen justificación colectores aguas residuales

Se ha realizado un dimensionado de las aguas pluviales, mediante el nº de sumideros teniendo en cuenta las superficies de cubierta a evacuar y disponiendo más de un sumidero para asegurar la correcta evacuación en caso de fallo de uno de ellos. Las bajantes están sobredimensionadas, ya que el diámetro obtenido según las tablas es de 50 mm, pero se ha decidido colocar un diámetro 90 mm para evitar problemas de evacuación.

Nº BAJANTE:	superf. [m ²]	Ø [mm]
1	26,6	90

Nº BAJANTE:	superf. [m ²]	Ø [mm]
2	39,46	90

Nº BAJANTE:	superf. [m ²]	Ø [mm]
3	26,1	90

Nº BAJANTE:	superf. [m ²]	Ø [mm]
4	38,38	90

Nº BAJANTE:	superf. [m ²]	Ø [mm]
5	3,6	90

Nº BAJANTE:	superf. [m ²]	Ø [mm]
6	1,4	90

Nº BAJANTE:	superf. [m ²]	Ø [mm]
7	3	90

Nº BAJANTE:	superf. [m ²]	Ø [mm]
8	3	90

Tabla 34. Resumen justificación cálculos aguas pluviales

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
1	3,6	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
2	39,46	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
3	43,06	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
4	69,66	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
5	3	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
6	72,66	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
7	1,4	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
8	38,38	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
9	27,5	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
10	3	2%	90

Nº COLECTOR	superf. [m ²]	PENDT.	Ø [mm]
11	68,88	2%	90

Tabla 35. Resumen justificación colectores aguas pluviales

Para el dimensionado de la ventilación, al disponer de un sistema de ventilación primaria, se ha colocado en mismo diámetro que la bajante de la que es prolongación.

Nº DE VENTILACIÓN	PROLONG	BAJANTE QUE VENTILA	Ø [mm]
1	1,4 m	B1	110

Nº DE VENTILACIÓN	PROLONG	BAJANTE QUE VENTILA	Ø [mm]
2	1,4 m	B4	110

Nº DE VENTILACIÓN	PROLONG	BAJANTE QUE VENTILA	Ø [mm]
3	1,4 m	B3	110

Nº DE VENTILACIÓN	PROLONG	BAJANTE QUE VENTILA	Ø [mm]
4	1,4 m	B2	110

Tabla 36. Resumen justificación cálculos de ventilación de bajantes

Para el dimensionado de las arquetas se han obtenido de la siguiente tabla:

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas									
L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Tabla 37. Tabla 4.13 del CTE DB HS 5

En nuestra vivienda los colectores tienen un diámetro de salida de 110 cm por lo que la arqueta tendrá una dimensión mínima de 50 x 50 cm.

Para el dimensionado del sistema de bombeo, se ha dimensionado una arqueta donde se ubicará la bomba de elevación. El caudal de dicha bomba supera el 125% del caudal de aportación. El otro sistema de bombeo viene definido por las características que determina el suministrador del pozo canadiense.

Los materiales utilizados cumplen con las disposiciones que se contemplan en el punto 5 Construcción y el punto 6 productos de construcción de éste DB.

Para nuestra vivienda se han seleccionados los siguientes materiales:

- Canalizaciones de PVC
- Arquetas prefabricadas de hormigón, con tapa registrable.
- Sumideros de cubiertas de fundición

2.6.5. JUSTIFICACIÓN DB- HR:

En nuestro proyecto satisfacemos las exigencias en referencia a la protección frente al ruido, mediante la opción simplificada, donde debemos:

- Alcanzar los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superar los valores de nivel de presión de ruido de impactos.

- En cuando a los valores de límite de tiempo de reverberación no son de aplicación en nuestro proyecto.

Antes de aplicar definiremos los sistemas constructivos que hemos seleccionado para nuestro proyecto:

- Para *tabiquería*: entramado auto portante, perfil de 48 cm incluido lana de roca de 4 cm, con placa de yeso laminado de 15 mm cada uno, con un espesor total de 8 cm.
- Para *fachada*: fachada formada por aislamiento por el exterior a base de corcho natural de 8 cm + ladrillo perforado panal 14 cm + trasdosado auto portante con montante de 48 mm con placa de yeso laminado de 15 mm con un espesor total de 6,5 cm o bien un guarnecido y enlucido de yeso con espesor total de 2 cm según la situación, o bien alicatado si procede.
- Para *medianera*: trasdosado auto portante con montante de 48 mm, aislamiento lana de roca 40 mm y placa de yeso laminado de 15 mm con un espesor total de 6,5 cm + ladrillo perforado panal 14 cm + otro trasdosado idéntico al anterior.
- Para *suelos*: forjado unidireccional de viguetas pretensada autoportante de 20 cm + 5 cm de capa de compresión + 5 cm de aislamiento de corcho natural + 10 cm de gravas + solera continua de hormigón armado de 7 cm, con un espesor total de unos 50 cm.
- Para *techos*: forjado unidireccional de semiviguetas, con bovedilla cerámica curva de 20 cm + 5 cm de capa de compresión + 10 cm de gravas + baldosa cerámica tomada con chapado de cemento, con un espesor total de 40 cm.
- Para *techos de la cubierta*: forjado unidireccional de semiviguetas, con bovedilla cerámica curva de 20 cm + 5 cm de capa de compresión + 10 cm de formación de pdtes + 1 cm de aislamiento de corcho natural + capa separadora, impermeabilizante y drenante + gravas con un espesor medio de 20 cm con un espesor total de 70cm.

VALORES LIMITE DE AISLAMIENTO

- Aislamiento acústico a ruido aéreo: los elementos constructivos interiores de separación, fachadas, cubiertas, medianeras y suelos que forman un recinto deben tener unas características que cumplan lo siguiente. En cuanto a los recintos protegidos (consideramos todos los recintos de nuestra vivienda, excepto los trasteros).

Protección frente al ruido generado en recintos con la misma unidad de uso: la tabiquería no será menor que 33 dBA.

Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso: entre un recinto protegido y una habitable, el aislamiento no será menor que 50 dBA.

Protección frente al ruido generado en recintos de instalaciones y en recintos de actividad: No es de aplicación en nuestro proyecto.

Protección frente al ruido procedente del exterior: El aislamiento acústico entre un recinto protegido y el exterior no será menor que 30 dBA según la tabla 2.1 (se ha supuesto un valor de índice de ruido $L_d=60$, debido a la inexistencia de mapas estratégicos de ruido).

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Figura 73. Tabla 2.1 del CTE DB HR

JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS

Aislamiento acústico a ruido aéreo:

Como apoyo hemos consultado el documento del área técnica del COAIB C10 *sobre convenio de colaboración entre el IBAVI-COAIB-LADRILLERÍAS MALLORQUINAS-AFACO-IGETEC, para el ensayo de soluciones constructivas que cumplan con el DB-HR* donde nos indica lo siguiente:

Para separaciones verticales entre vivienda (medianera):

- **Solución constructiva proyectada por los arquitectos en la promoción de *Capità Vila***
 Tabique cerámico formado por *Panal 14 cm* + trasdosado autoportante de perfilaría de 46 mm con lana mineral de 4 cm y placa de yeso laminado de 15 mm.
 Espesor total: **22 cm**
 Valor obtenido en el ensayo *in situ* de aislamiento a ruido aéreo: **60 dBA**.

Figura 74. Solución constructiva del documento del COAIB

Por lo que nuestra solución constructiva mejora las condiciones de la dispuesta en dicho documento, por lo que podemos afirmar que supera el valor obtenido a ruido aéreo de 60 dBA. La exigencia para este tipo de paramento es de 50 dBA, por lo que cumple con la normativa

Para fachadas, cubierta y tabiques hemos consultado el *catálogo de elementos constructivos del CTE*:

FACHADAS:

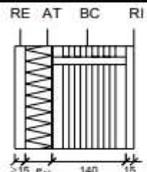
Código	Sección (mm)	Datos entrada		HE ⁽¹⁾	HR ⁽²⁾		
		RE	GI	U (W/m ² K)	R _A (dBA)	R _{Air} (dBA)	m (kg/m ²)
F 4.5		R1	4	$1/(0,52+R_{AT})$	42 [44]	39 [41]	148 [172]
		R3	5				

Figura 75. Tabla 4.2.4. del catálogo de elementos constructivos del CTE

Donde

RE: revestimiento exterior continuo

AT: Aislante no hidrófilo

BC: fábrica de bloque cerámico

RI: revestimiento interior formado por enlucido

Podemos deducir que nuestra solución constructiva obtiene un valor a ruido aéreo de 42 dBA, cuando la exigencia para este tipo de paramento es de 30 dBA. Por lo que podemos afirmar que cumple con la normativa

CUBIERTAS:

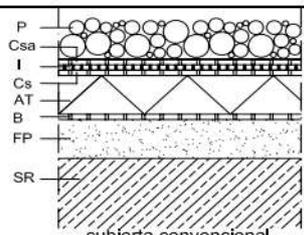
Código	Sección	Soporte resistente SR	HE ⁽³⁾	HR		
			U (W/m ² K)	m (kg/m ²)	R _A (dBA)	R _{Air} (dBA)
C 5.1		BP	$1/(1,05+R_{AT})$	(4)	(4)	(4)
C 5.2		FU	$1/(0,53+R_{AT})$	(4)	(4)	(4)
C 5.3		BH	$1/(0,44+R_{AT})$	(4)	(4)	(4)

Figura 76. Tabla 4.1.5. del catálogo de elementos constructivos del CTE

(4) Para obtener los valores de m, Ra y Ratr de cubierta, se utilizarán los valores de forjados y losas del apartado 3.18.

Donde

P: capa de protección de grava
 Csa: capa separadora antipunzonante
 I: capa de impermeabilización
 CS: capa separadora
 AT: Aislante
 B: barrera contra el vapor
 FP: formación de pendiente
 FU: forjado unidireccional
 BP: bovedilla de EPS
 BC: bovedilla cerámica
 BH: bovedilla hormigón

Forjados unidireccionales									
Descripción			HE				HR ^(b)		
Forjado con	canto mm	m ⁽¹⁾ kg/m ²	$\rho^{(1)}$ kg / m ³	R ⁽²⁾ m ² ·K/ W	C _p J / kg·K	μ	R _A dBA	R _{Atr} dBA	L _{n,w} dB
Piezas de entrevigado cerámicas	250	305	1220	0,28	1000	10	52	48	77
	300	333	1110	0,32	1000	10	53	48	76
	350	360	1030	0,35	1000	10	55	50	75

Figura 77. Tabla 3.18.1. del catálogo de elementos constructivos del CTE

Podemos deducir que nuestra solución constructiva obtiene un valor a ruido aéreo de 52 dBA, cuando la exigencia para este tipo de paramento es de 30 dBA. Por lo que podemos afirmar que cumple con la normativa

TABIQUERÍA:

Código	Sección	HE	HR	
		U (W/m ² K)	R _A (dBA)	m ⁽¹⁾ (kg/m ²)
P4.1		$1/(0,38+R_{AT})$	43 40 ⁽²⁾	26

Figura 78. Tabla 4.4.3. del catálogo de elementos constructivos del CTE

Donde

YL: placa de yeso laminado
 At: aislante de lana mineral

Podemos deducir que nuestra solución constructiva obtiene un valor a ruido aéreo de 43 dBa, cuando la exigencia para este tipo de paramento es de 33 dBa. Por lo que podemos afirmar que cumple con la normativa.

Aislamiento acústico a ruido de impactos:

No es de aplicación en nuestro proyecto

Valores límite de tiempo de reverberación:

No es de aplicación en nuestro proyecto

2.6.6. JUSTIFICACIÓN DEL CTE DB HE

2.6.6.1. SECCION HE 0 LIMITACION DEL CONSUMO ENERGÉTICO:

El consumo energético de los edificios se limita en función de la zona climática de su ubicación y su uso previsto. Teniendo en cuenta la siguiente expresión se limita el consumo energético de energía primaria no renovable de la vivienda:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup} / S$$

Donde:

	Zona climática de invierno					
	α	A*	B*	C*	D	E
$C_{ep,base}$ [kWh/m ² ·año]	40	40	45	50	60	70
$F_{ep,sup}$	1000	1000	1000	1500	3000	4000

* Los valores de $C_{ep,base}$ para las zonas climáticas de invierno A, B, C, D y E de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de $C_{ep,base}$ de esta tabla por 1,2.

Figura 79. Tabla 2.1 del CTE DB HE sección 0

Quedando la expresión de la siguiente manera:

$$C_{ep} = 1,2 \times 45 + 1000/115 = 62,7 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$

En nuestro caso, se ha justificado mediante el programa CERMA obteniendo los siguientes resultados:

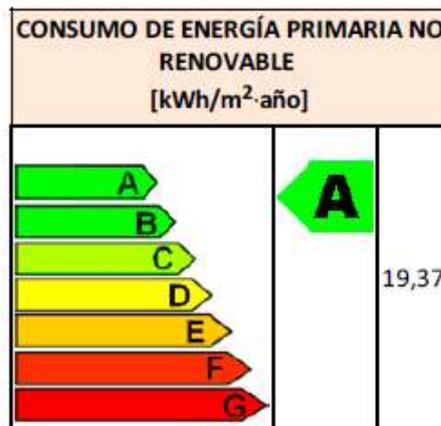


Figura 80. Certificado casa A

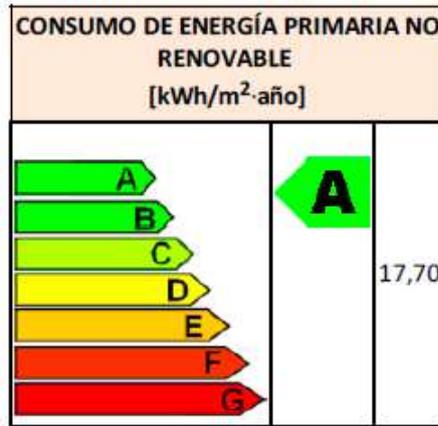


Figura 81. Certificado casa B

Podemos ver que estamos muy por debajo del límite establecido y cumplimos con las exigencias

2.6.6.2. SECCION HE 1 LIMITACION DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Se limita la demanda energética de los edificios se limita en función de la zona climática, de la localidad donde se ubican y su uso previsto. En uso residencial, los elementos de la envolvente térmica deben ser tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables.

Teniendo en cuenta la siguiente tabla, se puede observar que la demanda energética de calefacción/refrigeración del edificio no puede superar 15 kWh/m².h

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
$D_{cal,base}$ [kWh/m ² ·año]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

Figura 82. Tabla 2.1 del CTE DB HE sección 1

En nuestro caso se ha justificado mediante el programa CERMA obteniendo los siguientes resultados:

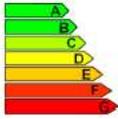
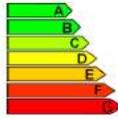
DEMANDA DE CALEFACCIÓN			DEMANDA DE REFRIGERACIÓN		
	B	10,65		B	12,81
Demanda global de calefacción [kWh/m ² año]			Demanda global de refrigeración [kWh/m ² año]		

Figura 83. Demandas casa A según CERMA

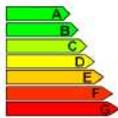
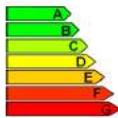
DEMANDA DE CALEFACCIÓN			DEMANDA DE REFRIGERACIÓN		
	A	7,99		B	11,81
Demanda global de calefacción [kWh/m ² año]			Demanda global de refrigeración [kWh/m ² año]		

Figura 84. Demandas casa B según CERMA

Podemos observar que estamos por debajo de la demanda establecida

También se limita la transmitancia térmica de la envolvente térmica, de las medianeras y particiones interiores según la tabla 2.3, 2.4 y 2.5 respectivamente.

En nuestro caso se ha justificado mediante el programa CERMA, donde se adjuntan los requisitos a continuación:

VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

Nueva construcción o ampliación, en edificios de uso residencial privado

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE VERIFICA:

Nombre del edificio	CA NA LIDIA (Casa A)		
Dirección	C/ PIZARRO, 3		
Municipio	Llucmajor	Código postal	07609
Provincia	Illes Balears	Comunidad Autónoma	Baleares
Zona climática	B3c	Año construcción	2020
Normativa vigente (construcción/rehabilitación)	PGOU LLUCMAJOR		
Referencia/s catastral/es	8945810DD7684N0001JH		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO VERIFICADOR:

Nombre y apellidos	JOAN DOLS CRESPI	NIF	43179147M
Razón social	ARQUITECTO TECNICO	CIF	43179147M
Domicilio	C/ GERMÁ BENILDE, 7		
Municipio	Marratxí	Código Postal	07003
Provincia	Illes Balears	Comunidad Autónoma	Baleares
E-mail:	joan.dols.crespi@gmail.com	Teléfono	606428831
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto técnico		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CERMA v_4.2		

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D_{cal}	10,65	$\text{kW/m}^2\text{año} \leq D_{cal,lim}$	15,00	$\text{kW/m}^2\text{año}$	Sí cumple
D_{ref}	12,81	$\text{kW/m}^2\text{año} \leq D_{ref,lim}$	15,00	$\text{kW/m}^2\text{año}$	Sí cumple

Consumo de energía primaria no renovable*

C_{ep}	19,37	$\text{kW/m}^2\text{año} \leq C_{ep,lim}$	62,70	$\text{kW/m}^2\text{año}$	Sí cumple
----------	---	---	---	---------------------------	---

D_{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D_{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
$D_{cal,lim}$	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
$D_{ref,lim}$	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
C_{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
$C_{ep,lim}$	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

***Esta aplicación únicamente permite, para el caso expuesto, la comprobación de las exigencias del apartado 2.2.1.1.1 de la sección DB-HE1 y del apartado 2.2.1 de la sección DB-HE0. Se recuerda que otras exigencias de las secciones DB-HE0 y DB-HE1 que resulten de aplicación deben asimismo verificarse, así como el resto de las secciones del DB-HE.**

El técnico verificador abajo firmante certifica que ha realizado la verificación del edificio o de la parte que se verifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 18/11/2019

Firma del técnico verificador:

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	115
---	-----

Imagen del edificio	Plano de situación

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/ m ² K]	Modo de obtención
FORJAT CUB. PLANA GRAVAS (20 CM)(SURO BONA)	Cubierta Hz Exterior	66	0,53	En función de su composición
MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + TRASDOSAT INT.(D)	Muro Exterior	27,9	0,39	En función de su composición
MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + GUARNECIDO YESO(D)	Muro Exterior	101,2	0,42	En función de su composición
MEDIANERA PANAL + TRASDOSADO DOBLE CARA	Muro adiabático	73,2	0,39	En función de su composición
FORJAT SANITARI(D)	Suelo a local no acond.	77	0,69	En función de su composición

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/ m ² K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Grupo 1	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	4,8	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 2	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	0,4225	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 3	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	0,38	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 4	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	0,72	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 5	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	4,8	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 6	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	2,4	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 7	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	4,8	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 8	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	2,4	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Energía	Modo de obtención
ACS+Calef	Bomba de Calor aire-agua	8	400	Electricidad	Definido por usuario

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Energía	Modo de obtención
--------	------	-----------------------	-----------------	---------	-------------------

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Energía	Modo de obtención
ACS+Calef	Bomba de Calor aire-agua	8	400	Electricidad	Definido por usuario

ANEXO

DESCRIPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS Y CÁLCULO DE CONDENSACIONES

Descripción de los cerramientos

Composición: FORJAT CUB. PLANA GRAVAS (20 CM)(SURO BONA)

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,000	2,00	1050,00	50,00	0,100	0,200
Subcapa fieltro	0,050	0,10	1300,00	15,00	0,400	0,020
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	0,732	0,100
Etileno propileno dieno monómero [EPDM]	0,250	1150,00	1000,00	6000,00	0,008	0,002
Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,410	2,50	1000,00	10,00	0,245	0,100
FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,937	1110,00	1000,00	10,00	0,267	0,250

Composición: MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + TRASDOSAT INT.(D)

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000	1,800	2100,00	1000,00	10,00	0,006	0,020
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	1,951	0,080
Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,435	920,00	1000,00	10,00	0,230	0,140
Cámara de aire sin ventilar	0,278	1,00	1000,00	1,00	0,180	0,050
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	4,00	0,060	0,015

Composición: MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + GUARNECIDO YESO(D)

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000	1,800	2100,00	1000,00	10,00	0,006	0,020
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	1,951	0,080
Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,435	920,00	1000,00	10,00	0,230	0,140
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	6,00	0,026	0,015

Composición: MEDIANERA PANAL + TRASDOSADO DOBLE CARA

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	4,00	0,060	0,015
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	0,976	0,040
Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,435	920,00	1000,00	10,00	0,230	0,140
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	0,976	0,040
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	4,00	0,060	0,015

Composición: FORJAT SANITARI(D)

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Hormigón en masa 2000<2300	1,650	1,40	1000,00	70,00	0,042	0,070
Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,000	2,60	1050,00	50,00	0,065	0,130
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	0,976	0,040
FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm	1,429	1240,00	1000,00	80,00	0,175	0,250

Tabla de cumplimiento de condensaciones en cerramientos

Tipo	Nombre	F1	F2	Capa0	Capa1	Capa2	Capa3	Capa4	Capa5	Capa6	Capa7	Capa8	Capa9	Capa10	Cumplimiento
MuroExt1	MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + TRASDOSAT INT.(D)	FRsi	0,90	970	1005	1019	1267	1276	1286						
		FRsi,min	0,39	1259	1263	1999	2151	2241	2271						
MuroExt2	MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + GUARNECIDO	FRsi	0,90	970	1006	1020	1270	1286							
		FRsi,min	0,39	1260	1264	2079	2251	2266							

	YESO(D)														
	FORJAT CUB.	FRsi	0,87	970	1092	1096	1097	1244	1256	1286					
TechoExt1	PLANA GRAVAS (20 CM)(SURO BONA)	FRsi,min	0,39	1256	1279	1375	2106	2109	2198	2300					Cumple

Tabla de cumplimiento de condensaciones en puentes térmicos

Condensaciones puentes térmicos	Subtipo	FRsi	FRsi,min	Cumplimiento
Encuentros horizontales fachada	Forjados	0,88	0,39	Cumple
Encuentros horizontales fachada	Cubiertas	0,82	0,39	Cumple
Encuentros horizontales fachada	Suelo Exterior	0,82	0,39	Cumple
Puentes verticales fachada	Esquina saliente	0,80	0,39	Cumple
Ventana		0,81	0,39	Cumple
Pilares		0,87	0,39	Cumple
Terreno		0,70	0,39	Cumple

Tabla de cumplimiento de conductividades en los elementos de la envolvente

CERRAMIENTO. Valores de transmitancia térmica (según CTE)	Umax,proy	Ulimite	Cumplimiento
Muros de fachada	0,42	1,00	Cumple
1m. de suelos apoyados sobre el terreno	---	1,00	Cumple
1m. de muros apoyados sobre el terreno	---	1,00	Cumple
Particiones interiores Hz. o Vert. (distinto uso)	0,39	1,10	Cumple
Suelos con el exterior	---	0,65	Cumple
Cubiertas con el exterior	0,53	0,65	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	2,63	4,20	Cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1,55	Cumple
Particiones interiores Vert. (mismo uso)	---	1,20	Cumple
Permeabilidad Huecos	27,00	50,00	Cumple

VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

Nueva construcción o ampliación, en edificios de uso residencial privado

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE VERIFICA:

Nombre del edificio	CA NA LIDIA (CASA B)		
Dirección	C/ PIZARRO, 3		
Municipio	Llucmajor	Código postal	07609
Provincia	Illes Balears	Comunidad Autónoma	Baleares
Zona climática	B3c	Año construcción	2020
Normativa vigente (construcción/rehabilitación)	PGOU LLUCMAJOR		
Referencia/s catastral/es	8945810DD7684N0001JH		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO VERIFICADOR:

Nombre y apellidos	JOAN DOLS CRESPI	NIF	43179147M
Razón social	ARQUITECTO TECNICO	CIF	43179147M
Domicilio	C/ GERMÀ BENILDE, 7		
Municipio	Marratxí	Código Postal	07003
Provincia	Illes Balears	Comunidad Autónoma	Baleares
E-mail:	joan.dols.crespi@gmail.com	Teléfono	606428831
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto técnico		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CERMA v_4.2		

Demandas energéticas de calefacción y de refrigeración*

D_{cal}	<input type="text" value="7,99"/>	$\text{kW/m}^2\text{año} \leq D_{cal,lim}$	<input type="text" value="15,00"/>	$\text{kW/m}^2\text{año}$	<input type="text" value="Sí cumple"/>
D_{ref}	<input type="text" value="11,81"/>	$\text{kW/m}^2\text{año} \leq D_{ref,lim}$	<input type="text" value="15,00"/>	$\text{kW/m}^2\text{año}$	<input type="text" value="Sí cumple"/>

Consumo de energía primaria no renovable*

C_{ep}	<input type="text" value="17,70"/>	$\text{kW/m}^2\text{año} \leq C_{ep,lim}$	<input type="text" value="62,77"/>	$\text{kW/m}^2\text{año}$	<input type="text" value="Sí cumple"/>
----------	------------------------------------	---	------------------------------------	---------------------------	--

D_{cal}	Demanda energética de calefacción del edificio objeto
D_{ref}	Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
$D_{cal,lim}$	Valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
$D_{ref,lim}$	Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1 de la sección HE1
C_{ep}	Consumo de energía primaria no renovable del edificio objeto
$C_{ep,lim}$	Valor límite para el consumo de energía primaria no renovable según el apartado 2.2.1 de la sección HE0

***Esta aplicación únicamente permite, para el caso expuesto, la comprobación de las exigencias del apartado 2.2.1.1.1 de la sección DB-HE1 y del apartado 2.2.1 de la sección DB-HE0. Se recuerda que otras exigencias de las secciones DB-HE0 y DB-HE1 que resulten de aplicación deben asimismo verificarse, así como el resto de las secciones del DB-HE.**

El técnico verificador abajo firmante certifica que ha realizado la verificación del edificio o de la parte que se verifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 18/11/2019

Firma del técnico verificador:

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	114
---	-----

Imagen del edificio	Plano de situación

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/ m ² K]	Modo de obtención
FORJAT CUB. PLANA GRAVAS (20 CM)(SURO BONA)	Cubierta Hz Exterior	65	0,52854	En función de su composición
MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + GUARNECIDO YESO(D)	Muro Exterior	139,5	0,42	En función de su composición
MEDIANERA PANAL + TRASDOSADO DOBLE CARA	Muro adiabático	75,1	0,39	En función de su composición
FORJAT SANITARI(D)	Suelo adiabático	76	0,69	En función de su composición

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/ m ² K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Grupo 1	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	4,8	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 2	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	0,72	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 3	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	2,4	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 4	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	0,4225	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 5	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	0,76	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 6	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	2,4	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 7	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	4,8	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 8	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	1,6	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 9	Ventanas Dob.bajo emisivo 0.1-0.2	2,4	2,63	0,64	Función de su composición	Definido por usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Energía	Modo de obtención
ACS+Calef	Bomba de Calor aire-agua	8	400	Electricidad	Definido por usuario

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Energía	Modo de obtención
--------	------	-----------------------	-----------------	---------	-------------------

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento [%]	Energía	Modo de obtención
ACS+Calef	Bomba de Calor aire-agua	8	400	Electricidad	Definido por usuario

ANEXO

DESCRIPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS Y CÁLCULO DE CONDENSACIONES

Descripción de los cerramientos

Composición: FORJAT CUB. PLANA GRAVAS (20 CM)(SURO BONA)

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,000	2,00	1050,00	50,00	0,100	0,200
Subcapa fieltro	0,050	0,10	1300,00	15,00	0,400	0,020
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	0,732	0,100
Etileno propileno dieno monómero [EPDM]	0,250	1150,00	1000,00	6000,00	0,008	0,002
Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,410	2,50	1000,00	10,00	0,245	0,100
FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,937	1110,00	1000,00	10,00	0,267	0,250

Composición: MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + GUARNECIDO YESO(D)

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000	1,800	2100,00	1000,00	10,00	0,006	0,020
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	1,951	0,080
Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,435	920,00	1000,00	10,00	0,230	0,140
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	6,00	0,026	0,015

Composición: MEDIANERA PANAL + TRASDOSADO DOBLE CARA

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	4,00	0,060	0,015
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	0,976	0,040
Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,435	920,00	1000,00	10,00	0,230	0,140
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	0,976	0,040
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	4,00	0,060	0,015

Composición: FORJAT SANITARI(D)

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Hormigón en masa 2000<2300	1,650	1,40	1000,00	70,00	0,042	0,070
Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,000	2,60	1050,00	50,00	0,065	0,130
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	1,00	0,976	0,040
FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm	1,429	1240,00	1000,00	80,00	0,175	0,250

Tabla de cumplimiento de condensaciones en cerramientos

Tipo	Nombre	F1	F2	Capa0	Capa1	Capa2	Capa3	Capa4	Capa5	Capa6	Capa7	Capa8	Capa9	Capa10	Cumplimiento
MuroExt1	MURS SATE (SURO BO) + PANAL 14 + GUARNECIDO YESO(D)	FRsi	0,90	970	1006	1020	1270	1286							
		FRsi,min	0,39	1260	1264	2079	2251	2266							
TechoExt1	FORJAT CUB. PLANA GRAVAS (20 CM)(SURO BONA)	FRsi	0,87	970	1092	1096	1097	1244	1256	1286					
		FRsi,min	0,39	1256	1279	1375	2106	2109	2198	2300					

Tabla de cumplimiento de condensaciones en puentes térmicos

Condensaciones puentes térmicos	Subtipo	FRsi	FRsi,min	Cumplimiento
Encuentros horizontales fachada	Forjados	0,88	0,39	Cumple
Encuentros horizontales fachada	Cubiertas	0,82	0,39	Cumple
Encuentros horizontales fachada	Suelo Exterior	0,82	0,39	Cumple
Puentes verticales fachada	Esquina saliente	0,80	0,39	Cumple
Ventana		0,81	0,39	Cumple
Pilares		0,87	0,39	Cumple

Terreno		0,70	0,39	Cumple
---------	--	------	------	--------

Tabla de cumplimiento de conductividades en los elementos de la envolvente

CERRAMIENTO. Valores de transmitancia térmica (según CTE)	U_{max,proy}	U_{limite}	Cumplimiento
Muros de fachada	0,42	1,00	Cumple
1m. de suelos apoyados sobre el terreno	---	1,00	Cumple
1m. de muros apoyados sobre el terreno	---	1,00	Cumple
Particiones interiores Hz. o Vert. (distinto uso)	0,69	1,10	Cumple
Suelos con el exterior	---	0,65	Cumple
Cubiertas con el exterior	0,53	0,65	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	2,63	4,20	Cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1,55	Cumple
Particiones interiores Vert. (mismo uso)	---	1,20	Cumple
Permeabilidad Huecos	27,00	50,00	Cumple

2.6.6.3. SECCIÓN HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Nuestra vivienda dispone de un sistema de calefacción y producción de ACS, por bomba de calor cuyo rendimiento aproximado es de un 400%. Además, disponemos del intercambiador tierra aire, cuyo rendimiento también es muy elevado, puesto que solo consume la energía necesaria de los ventiladores que dispone el recuperador de aire o el bypass

A continuación, se adjunta ficha resumen del COAC:

Ref. del projecte: **TFG - BAHIA GRANDE**

DADES DE L'EDIFICI O LOCAL

Ús previst (1)

Administratiu		Comercial		Docent		Pública concurrència		Residencial habitatge	✓	Residencial públic		Sanitari	
---------------	--	-----------	--	--------	--	----------------------	--	-----------------------	---	--------------------	--	----------	--

Tipus d'intervenció en l'edifici o local (2)

Nova construcció	✓	Canvi d'ús		Rehabilitació (2)		Altres intervencions en edifici o local existent	
------------------	---	------------	--	-------------------	--	--	--

Tipus d'intervenció en les instal·lacions

Nova instal·lació	✓	Reforma de la instal·lació	- Canvi del tipus d'energia	
			- Incorporació d'energies renovables (3)	✓
			- Altres: <ul style="list-style-type: none"> - Incorporació de nous subsistemes de climatització o de producció d'ACS o la modificació dels existents. - Substitució dels subsistemes de climatització o de producció d'ACS o l'ampliació del nombre d'equips de generadors de calor o fred. - El canvi d'ús previst de l'edifici. (4) 	

CARACTERÍSTIQUES GENERALS DE LES INSTAL·LACIONS TÈRMiques

Objecte

Climatització (5)		Calefacció (6)	✓	Refrigeració(7)		Ventilació (8)		Producció d'aigua calenta sanitària, (ACS) (9)	✓
-------------------	--	----------------	---	-----------------	--	----------------	--	--	---

Tipus d'instal·lació

Individual	Nombre d'individuals	Calor	1	Suma de Potències individuals previstes(11)	Calor	8,00 kW	Centralitzada	Calor	kW
		Fred			Fred	kW		Fred	kW

Centrals de producció de calor o fred

Caldera		Caldera mixta		Unitat autònoma compacta		Unitat autònoma partida		Bomba de calor	✓	Planta refredadora		Captadors solars		Altres (10)	
---------	--	---------------	--	--------------------------	--	-------------------------	--	----------------	---	--------------------	--	------------------	--	-------------	--

Previsió de potència tèrmica nominal total, P

Calor (11)	8,00 kW	Fred (11)		kW	Solar (12)	P equip recolzament	0,00 kW
						P equivalent (0,7 kW/m ² x S _{captadors})	0,00 kW

Fonts d'energia previstes

Electricitat	✓	Combustible gasós		Combustible líquid		Energia solar		Altres	
--------------	---	-------------------	--	--------------------	--	---------------	--	--------	--

CARACTERÍSTIQUES ESPECÍFIQUES DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR

Objecte

ACS		Calefacció		Climatització		Escalfament d'aigua del vas de les piscines	
-----	--	------------	--	---------------	--	---	--

Dades de la instal·lació

Demanda energètica anual estimada (13)	0 kWh	Cobertura anual estimada (13)	0 %	P tèrmica de l'equip de recolzament (12)	0,00 kW
--	-------	-------------------------------	-----	--	---------

Captació

Individual		Col·lectiva		Superfície de captació total prevista (13)	0,00 m ²	Potència tèrmica equivalent P = 0,7 kW/m ² x S _{captadors} (12)	0,00 kW
------------	--	-------------	--	--	---------------------	---	---------

Acumulació

Individual	✓	Col·lectiva		Volum d'acumulació total (13)	200 litres	Nombre de dipòsits	1 Ut.
------------	---	-------------	--	-------------------------------	------------	--------------------	-------

DOCUMENTACIÓ TÈCNICA per donar compliment al RITE i a la Instrucció 4/2008 (14)	No cal documentació	a) P calor i/o fred < 5 kW		
		b) Producció ACS –amb escalfadors instantanis, escalfadors acumuladors, termos elèctrics- amb P individual o suma de P ≤ 70 kW		
		c) Sistemes solars d'un únic element prefabricat		
		d) Reforma d'instal·lació per incorporar energia solar P < 5 kW (0,7 W/m ² x m ²)		
	MEMÒRIA TÈCNICA	✓	- 5 kW ≤ P calor i/o fred ≤ 70 kW Elaborada per l'empresa instal·ladora-mantenidora, sobre impresos oficials quan la instal·lació hagi estat executada.	✓
	PROJECTE (15)		- P calor i/o fred > 70 kW:	- Projecte de la instal·lació integrat en el projecte de l'edifici, o bé - Projecte específic de la instal·lació elaborat per altres tècnics: cal fer referència del contingut i l'autor

EXIGÈNCIES TÈCNiques DE LES INSTAL·LACIONS TÈRMiques

Projecte

General	En l'àmbit del CTE:	"Els edificis disposaran d'instal·lacions tèrmiques apropiades destinades a proporcionar el benestar tèrmic dels seus ocupants, regulant el rendiment de les mateixes i dels seus equips. Aquesta exigència es desenvolupa en el vigent Reglament d'instal·lacions tèrmiques, RITE, i la seva aplicació quedarà definida en el projecte de l'edifici".		CTE HE 2	✓
	En l'àmbit del RITE:	"Les instal·lacions tèrmiques s'han de dissenyar i calcular, executar, mantenir i utilitzar de manera que es compleixin les exigències de benestar i higiene, eficiència i seguretat que estableix el RITE i de qualsevol altra reglamentació o normativa que pugui ésser d'aplicació a la instal·lació projectada".		RITE	✓
				CTE HE 4, HS 3, HR D. 21/2006 Ecoeficiència Prevençió i control de la legionel·losi	✓
Benestar i Higiene	"Les instal·lacions tèrmiques s'han de dissenyar i calcular, executar, mantenir i utilitzar de manera que s'obtingui una qualitat tèrmica de l'ambient, una qualitat de l'aire interior i una qualitat de la dotació d'aigua calenta sanitària que siguin acceptables per als usuaris de l'edifici sense que es produeixi menyscabament de la qualitat acústica de l'ambient, complint els requisits següents:		RITE IT 1.1		✓
	Qualitat tèrmica de l'ambient	"Les instal·lacions tèrmiques permetran mantenir els paràmetres que defineixen l'ambient tèrmic dins d'un interval de valors determinats a fi de mantenir unes condicions ambientals confortables per als usuaris dels edificis."		RITE IT 1.1.4.1	✓
	Qualitat de l'aire interior	"Les instal·lacions tèrmiques permetran mantenir una qualitat de l'aire interior acceptable, en els locals ocupats per les persones, eliminant els contaminants que es produeixen de forma habitual durant l'ús habitual dels mateixos, aportant un cabal suficient d'aire exterior i garantint l'extracció i expulsió de l'aire viciat."		RITE IT 1.1.4.2	✓
		(*) En l'àmbit del CTE, cal disposar d'un sistema de ventilació que garanteixi l'exigència bàsica HS 3 "Qualitat de l'aire interior":	- Ventilació de l'interior dels habitatges →	CTE DB HS 3	✓
			- Ventilació en la resta d'edificis → s'aplicaran criteris anàlegs al CTE DB HS3	RITE IT 1.1.4.2	✓
	Higiene	"Les instal·lacions tèrmiques permetran proporcionar una dotació d'aigua calenta sanitària, en condicions adequades, per a la higiene de les persones."		RITE IT 1.1.4.3 Prevençió i control de la legionel·losi	✓
Qualitat de l'ambient acústic	"En condicions normals d'utilització, el risc de molèsties o malalties produïdes pel soroll i les vibracions de les instal·lacions tèrmiques estarà limitat."		RITE IT 1.1.4.4 CTE DB HR	✓	
Eficiència energètica	"Les instal·lacions tèrmiques s'han de dissenyar i calcular, executar, mantenir i utilitzar de manera que es redueixi el consum d'energia convencional de les instal·lacions tèrmiques i, com a conseqüència, de les emissions de gasos d'efecte hivernacle i altres contaminants atmosfèrics, mitjançant la utilització de sistemes eficients energèticament, de sistemes que permetin la recuperació d'energia i la utilització d'energies renovables i de les energies residuals, complint els requisits següents:		RITE IT 1.2		✓
	Rendiment energètic	"Els equips de generació de calor i fred, així com els destinats al moviment i transport de fluids, es seleccionaran en ordre a aconseguir que les seves prestacions, en qualsevol condició de funcionament, estiguin el més a prop possible al seu règim de rendiment màxim."		RITE IT 1.2.4.1	✓
	Distribució de calor i fred	"Els equips i les conduccions de les instal·lacions tèrmiques han de quedar aïllats tèrmicament, per aconseguir que els fluids portadors arribin a les unitats terminals amb temperatures pròximes a les de sortida dels equips de generació."		RITE IT 1.1.4.2	✓
	Regulació i control	"Les instal·lacions estaran dotades dels sistemes de regulació i control necessaris perquè es puguin mantenir les condicions de disseny previstes en els locals climatitzats, ajustant, al mateix temps, els consums d'energia a les variacions de la demanda tèrmica, així com interrompre el servei."		RITE IT 1.1.4.3	✓
	Comptabilització de consums	"Les instal·lacions tèrmiques han d'estar equipades amb sistemes de comptabilització perquè l'usuari conegui el seu consum d'energia, i per permetre el repartiment de despeses d'explotació en funció del consum, entre diferents usuaris, quan la instal·lació satisfaci la demanda de diferents usuaris."		RITE IT 1.1.4.4	✓
	Recuperació d'energia	"Les instal·lacions tèrmiques incorporaran subsistemes que permetin l'estalvi, la recuperació d'energia i l'aprofitament d'energies residuals."		RITE IT 1.1.4.5	✓
	Utilització d'energies renovables	"Les instal·lacions tèrmiques aprofitaran les energies renovables disponibles, amb l'objectiu de cobrir amb elles una part de les necessitats de l'edifici."		RITE IT 1.1.4.6	✓
	(*) En l'àmbit del CTE HE 4	Instal·lacions tèrmiques per a la producció d'ACS: - Si la demanda d'ACS és ≥ 50 l/dia a 60°C - Escalfament de l'aigua de piscines climatitzades	CTE DB HE 4 D. 21/2006 Ecoeficiència	✓	
Seguretat	"Les instal·lacions tèrmiques s'han de dissenyar i calcular, executar, mantenir i utilitzar de manera que es previngui i es redueixi a límits acceptables el risc de patir accidents i sinistres capaços de produir danys i perjudicis a les persones, flora, fauna, bens o el medi ambient, així com d'altres fets susceptibles de produir en els usuaris molèsties i malalties."		RITE IT 1.3	✓	

2.6.6.4. SECCION HE 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.

No es de aplicación a nuestro proyecto.

2.6.6.5. SECCIÓN HE 4 CONTRIBUCION SOLAR MINIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Según lo explicado en el punto 2.3.6 anteriormente, se puede justificar que la contribución mínima se puede obtener por fuentes de energía renovables que no sean exclusivamente energía solar, en nuestro caso hablamos de aerotermia con placas fotovoltaicas.

Además, teniendo en cuenta el consumo anual aproximado obtenido mediante la aplicación *BAXI WICA*, tiene un valor de 3727,42 kWh/año. Además, también obtenemos el valor de energía renovable del sistema con un valor de 3383,88 kWh/año, por lo que podemos afirmar que el sistema es capaz suministrar el 91% de la energía demandada mediante energías renovables.

2.6.6.6. SECCION HE 5 CONTRIBUCION FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

No es de aplicación en nuestro proyecto, pero se ha instalado un sistema de placas solares, cuyo aporte total es de 2031 kWh/año.

A continuación, se resumen los apartados más importantes obtenidos mediante la aplicación *BAXI WICA*:

- Modelo de la placa Solar Easy Pv264 – 1325 Wp, con 5 paneles en serie.
- Inclinación 25 °, orientación Sur
- Pérdidas aproximadas: 0,9 % inclinación-orientación + 1% por sombras + 8% por temperatura + 14% generales del sistema.
- Meses con mayor aporte: Julio con 229 kWh seguido de Junio y Agosto con 216 kWh.

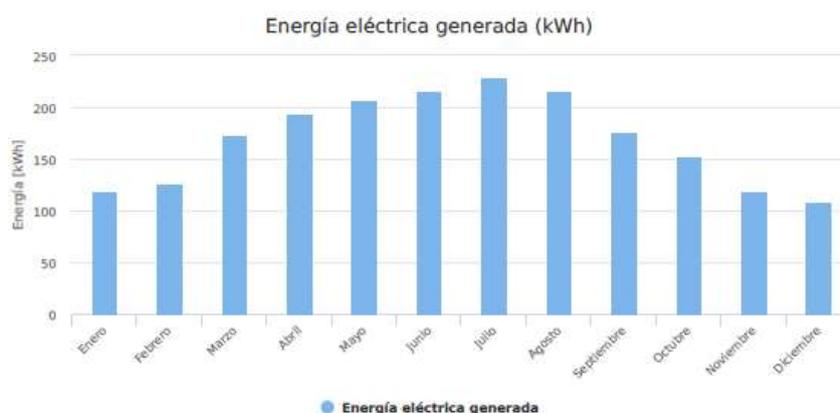


Figura 85. Resumen energía eléctrica generada

2.7. CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS

2.7.1. JUSTIFICACIÓN DEL DECRETO 145/1997 CONDICIONES DE HABITABILIDAD

El presente proyecto cumple con las prescripciones y características mencionadas en el Decreto de referencia. En función del artículo 4, el presente proyecto cumple con las condiciones del anexo I.

La capacidad de la vivienda es de 7 plazas, al disponer de 3 dormitorios dobles y 1 simple

Las características higiénicas y de habitabilidad del presente edificio, atendiendo a lo expuesto en el anexo I del Decreto 145/1997 de 21 de noviembre dictado por la Conselleria de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, son las siguientes:

CONDICIONES SUPERFICIALES Y DIMENSIONALES

a).- En el cuadro que se acompaña se especifican para cada dependencia sus condiciones superficiales y dimensionales mínimas. Las superficies útiles mínimas de las dependencias sufrirán los incrementos que, en su caso, se especifican en el apartado I de este anexo en función de la ocupación.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE ÚTIL MÍNIMA (m ²)	DIÁMETRO MÍNIMO INSCRIBIBLE (m)	ALTURA LIBRE MÍNIMA (m)
Estar (E)	12	2,40	2,50
Comedor (C)	6	2,40	2,50
Cocina (K)	5	1,30	2,20
Dormitorio doble (D2)	10	2,40	2,50
Dormitorio sencillo (D1)	6	1,80	2,50
Baño (B)	2	1,40	2,20
Aseo (A)	1	0,80	2,20
Distribuidor (Di)	-	0,80	2,20

b).- El ancho útil mínimo de hueco de paso será como mínimo el siguiente:

- Para puerta de acceso: 0,80 m

- Para puerta de paso entre dependencias: 0,72 m

c).- En las dependencias bajo techo horizontal o con una inclinación no superior a un 5% y donde la altura libre sea como mínimo de 2,50 m en el cuadro del punto a) de este apartado, se

admitirán descuelgues que reduzcan esta altura hasta 2,20 m, con una ocupación en planta de hasta el 20% de su superficie útil.

El proyecto se ha redactado conforme las condiciones Higiénicas y Normativa de Habitabilidad en edificios, viviendas y locales. Decreto 145/1997 de la Conselleria de obras públicas y ordenación del territorio, complementadas por el 20/2.007 con la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación.

Cuadro Resumen:

Casa A

ESTANCIA	SUP. ÚTIL (m ²)	DIAM. INSCR. (m)	H LIBRE (m)	SUP. ILUM. (m ²)	SUP. VENTIL. (m ²)
HALL	5,17	1,80	2,30	--	--
COCINA	8,82	2,80	2,30	2,40	2,40
ESCALERA	4,57	1,80	2,60	--	--
ESTAR-COMEDOR	24,43	4,00	2,60	4,80	4,80
HAB. AUX.	11,35	2,85	2,60	2,40	2,40
BAÑO 1	5,13	1,80	2,30	0,36	0,36
DISTRIB.	5,51	1,80	2,30	2,40	2,40
DORMITORIO 1	10,80	2,85	2,60	2,40	2,40
DORMITORIO 2	9,41	2,20	2,60	1,20	1,20
MASTER BEDROOM	17,73	3,00	2,60	3,60	3,60
BAÑO 2	5,83	1,80	2,30	0,36	0,36
BAÑO SUITE	4,20	1,70	2,30	--	--
COLADURIA	2,34	0,90	2,30	0,36	0,36
TRASTERO	2,94	0,90	2,30	--	--

Tabla 38. Superficies casa A

Casa B

ESTANCIA	SUP. ÚTIL (m ²)	DIAM. INSCR. (m)	H LIBRE (m)	SUP. ILUM. (m ²)	SUP. VENTIL. (m ²)
HALL	7,62	1,50	2,30	--	--
COCINA	7,18	1,95	2,30	7,20	7,20
ESCALERA	5,27	1,80	2,60	--	--
ESTAR - COMEDOR	22,88	3,60	2,60	7,20	7,20
HABIT. AUX.	11,02	2,60	2,60	2,40	2,40
BAÑO 1	4,85	1,75	2,30	0,36	0,36
DISTRIBUID.	8,30	1,50	2,30	2,40	2,40
DORMITORIO 1	10,98	2,60	2,60	2,40	2,40

DORMITORIO 2	9,63	2,55	2,60	1,20	1,20
MASTER BEDROOM	13,57	3,10	2,60	2,80	2,80
BAÑO 2	4,91	1,75	2,30	0,36	0,36
BAÑO SUITE	4,89	1,55	2,30	--	--
COLADURIA	2,12	0,90	2,30	0,36	0,36
TRASTERO	3,08	1,20	2,30	--	--

Tabla 39. Superficies casa B

CONDICIONES DE ILUMINACIÓN Y DE VENTILACIÓN

Toda dependencia con función de estar, comedor, estar-comedor, comedor-cocina, Estar-comedor- cocina y dormitorio deberá tener una superficie de iluminación natural no inferior a 1/10 de su superficie útil ni a 0,80 m², con un ancho mínimo no inferior a 0,50 m.

La superficie de ventilación al aire libre de las citadas dependencias, así como de la cocina no deberá ser inferior a 1/20 de su superficie útil.

En la cocina debe preverse extracción de humos y ventilación forzada, independiente de la anterior, con las dimensiones definidas en el documento Básico de HS salubridad sección 3 calidad del aire interior del CTE.

CONDICIONES DE SEGURIDAD

a).- Cuando la diferencia de cota no exceda de 6 m, los balcones y las terrazas, así como los huecos de ventana cuyo alféizar tiene una altura sobre el pavimento inferior de 1m, estarán protegidos por barandillas, paneles o vidrio hasta un altura de 1 m desde el pavimento. Si la diferencia de cota supera los 6m, la altura mínima será de 1,1, m desde el pavimento.

b).- Los balcones, terrazas, espacios con desniveles bruscos de altura superior a 0,55 m, escaleras, rampas, etc., estarán protegidos por barandillas según el criterio anterior.

CONDICIONES DE LOS SERVICIOS

Se consideran servicios mínimos y por consiguiente preceptivos en todo edificio los siguientes:

a).- Instalación de electricidad para alumbrado y usos domésticos.

b).- Instalación de agua fría y caliente en todos los aparatos excepto inodoro, urinario y vertedero donde solo se exige la llegada de agua fría. En caso de no existir red pública de suministro, debe preverse un depósito de 400 litros por habitante (previsión de dos días).

c).- Saneamiento, para aguas pluviales y aguas residuales, recogidas en redes independientes. La red interior de recogida de aguas residuales acometerá a los albañales que conducirán dichas aguas a su ulterior evacuación a la red pública o a su tratamiento. El sistema de recogida de aguas pluviales no deberá verter en caída libre sobre la vía pública ni sobre espacios ajenos.

d).- Infraestructura para telecomunicaciones.

Las instalaciones que tengan por objeto dotar a las viviendas de los citados servicios, deberán cumplir con lo establecido en las Normas Básicas y Reglamentos respectivos vigentes.

En cualquier caso, en aquellos servicios dependientes de empresas suministradoras, deberán tenerse en cuenta las especificaciones técnicas legales dictadas por las mismas.

2.7.2. JUSTIFICACIÓN REBT

ESQUEMA:

Primero definiremos el esquema para vivienda unifamiliar:

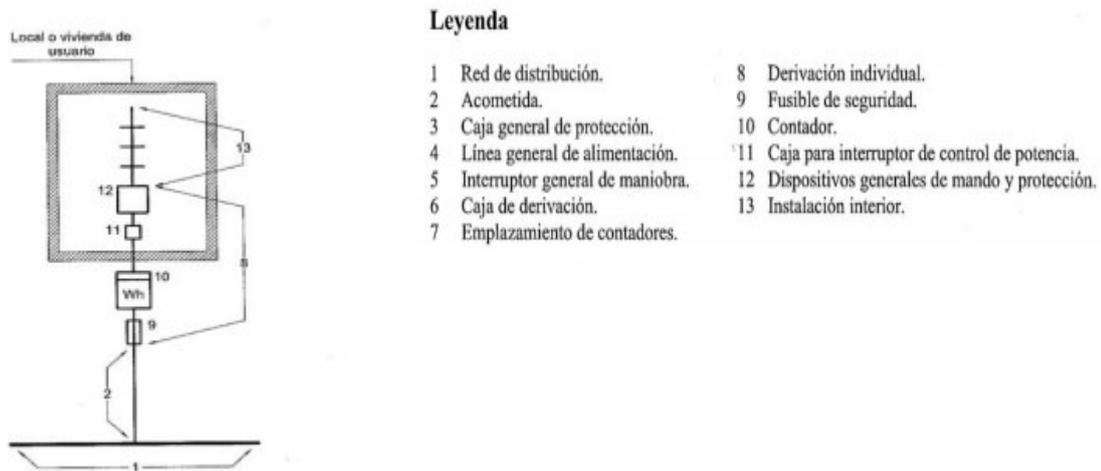


Figura 86. Esquema vivienda unifamiliar según ITC BT

PARTES:

ACOMETIDA: En nuestro proyecto disponemos de una acometida subterránea en derivación, que cumple con todo lo dicta en las ITC – BT – 07. Cabe destacar que los cables serán de cobre, tetrapolares y estarán aislados con XLPE, además tendrán una tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, la sección mínima del conductor será de 6 mm². La acometida discurre por debajo la acera a una profundidad de 0,7 m. Irá por encima de una capa de arena de 0,05 m y por encima del cable tendremos otra capa de arena de 0,1 m, una capa de protección mecánica de ladrillos y finalmente una cinta de señalización que advierte de la existencia del cable eléctrico.

En las cercanías tan solo está próximo las canalizaciones de agua y telecomunicaciones por lo que la separación mínima será de 0,2 m.

La tensión de trabajo serán 400 V, por lo que será trifásica, y la sección del tubo que nosotros hemos obtenido es de Ø 50 mm.

CGPM: Al ser una vivienda unifamiliar, no tendremos LGA por lo que se colocará una caja general de protección y mando, es decir la caja general de protección y el equipo de medida.

Estará colocada en la fachada principal que da a la calle situada, por lo que tiene libre acceso, a una altura de unos 0,8 m desde el nivel de acera. Se instalará en un nicho de pared, con puerta metálica, con grado de protección IK 10 y protegida de la corrosión, disponiendo de cerradura y de ventilación.

En la propia CGPM dispondremos de los fusibles generales de protección, el propio contador bidireccional y el dispositivo para discriminación horaria, coincidiendo los fusibles

de seguridad con los generales de protección. La CGPM cumple con todo lo indicado en las ITC-BT- del REBT.

DERIVACION INDIVIDUAL: parte de la CGPM y suministra energía eléctrica al usuario. Se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

En nuestro caso disponemos de conductores aislados en el interior de tubos empotrados. Además, el diámetro exterior nominal mínimos será de 32 mm.

En nuestro proyecto disponemos de cables multiconductores con tensión asignada de 0,6/1 kV, que serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Tendrán una sección mínima de 6 mm²

Nuestra instalación tendrá previsto un grado de electrificación elevada II, con un total de 11500W, de los cuales se divide en: 9200 W para vivienda, 1100 W para el equipo de bombeo y 1100 W para la depuradora. Será una instalación monofásica de tensión 230 V.

Los dispositivos generales de mando y protección estarán situados en la pared de la entrada a la vivienda. Tendremos el cuadro principal de la vivienda y dos subcuadros uno para equipos de presión y otro para la depuradora. Dispondremos de una caja para el interruptor de control de potencia antes de los dispositivos individuales de cada circuito. Estará a una altura de 1,7 m desde el nivel del suelo y en ellos dispondremos de:

-Interruptor general automático de corte omnipolar, que permite el accionamiento manual, que estará dotado de elementos de protección contra la sobrecarga y cortocircuitos. Tendrá un poder de corte para la intensidad de 4500 A como mínimo.

-Interruptor diferencial general, para la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos.

-Dispositivo de corte omnipolar destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.

-Dispositivo de protección contra sobretensiones.

Además, tendremos un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos.

PROTECCIONES:

-Contra sobre intensidades: colocaremos un magneto térmico.

-Contra sobretensiones: debidas a las descargas atmosféricas, defectos o conmutaciones de redes. Tendremos diferentes categorías según la tensión nominal de la instalación.

Categoría 1: ordenadores

Categoría 2: electrodomésticos

Categoría 3: motores

Categoría 4: contadores.

-Contra contactos directos e indirectos:

Contactos directos: protegemos las personas de los peligros del contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Usaremos los siguientes medios:

- a) protección con aislamientos
- b) protección con barreras o envolventes
- c) protección con obstáculos
- d) protección por puesta fuera de alcance
- e) protección por dispositivos de corriente diferencial residual.

Contactos indirectos:

a) Protección por corte automático de la alimentación: impide que la tensión de contacto se mantenga un tiempo tal que pueda dar un riesgo. Tendremos un esquema tipo TT, donde todas las masas de los equipos eléctricos estarán protegidos por un mismo dispositivo de protección, interconectadas y unidas por una misma toma tierra. Tendremos los siguientes dispositivos de protección:
 -Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual
 -Dispositivos de protección de máxima corriente, como fusibles e interruptores automáticos.

b) Protección en emplazamientos no conductores: impiden en caso de fallo de aislamiento el contacto simultaneo con parte que pueden ser puestas a tensiones diferentes. Se considera satisfecho porque tenemos un aislamiento de los elementos conductores.

c) Protección con conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra: los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores accesibles.

d) Protección por separación eléctrica: el circuito debe alimentar por un transformador de aislamiento. Como tenemos el caso de circuitos separados que alimentan varios aparatos debemos cumplir:

-Las masas del circuito separado deben conectarse entre sí, con conductores de equipotencialidad.

-Las bases de tomas de corriente tiene contacto de tierra y conexión al conductor de equipotencialidad.

-Los cables flexibles de equipos que no sean de clase II, deben tener un conductor de protección utilizado como conductor de equipotencialidad.

-Para fallos francos que afecten a dos masas y alimentador por dos conductores de polaridad diferente, tendremos un dispositivo de protección que garantice el corte de un tiempo de 0,4 s.

Circuitos interiores:

Protecciones Generales de éstos:

- 1- Interruptor general automático de corte omnipolar con accionamiento manual
- 2- Varios interruptores diferenciales para cada agrupación de circuitos.
- 3- Dispositivos de protección contra sobretensiones.

Los circuitos que dispondremos en nuestro proyecto estarán protegidos por un

interruptor automático de corte omnipolar y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

C1: Iluminación

C2: tomas de corriente de uso general

C3: Tomas de cocina y horno

C4: Tomas de lavadora, lavavajillas y termo.

C5: tomas de corriente de cuartos de baño y auxiliares de cocina

C6: adicional de puntos de luz (>30 puntos)

C7: adicional de c2

C10: secadora

C11: domótica

CÁLCULOS:

Comprobación sección del enchufe más alejado:

$$S = \frac{2PL}{\gamma e U}$$

Donde

P: potencia prevista en W

L: Longitud de suministro

γ : coef. Cobre (48)

e: voltaje(230) / cdt (3%)

U: voltaje (230)

$$S = (2 \times 3450 \times 20) / (48 \times 6,9 \times 20) = 1,81 \text{ mm}^2$$

Debemos seleccionar un cable con mayor sección, elegimos un cable de 2,5 mm².

Comprobación de la acometida:

La acometida la supondremos trifásica y tendrá 3F+1N.

Será subterránea y se realizará como se ha indicado en los apartados anteriores.

La intensidad máxima admisible del conductor será:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\text{Por lo que la } I = 11500W / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,9) = 18,45 \text{ A.}$$

Debemos conocer la I_{max} admisible según la siguiente tabla:

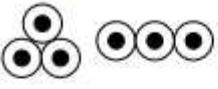
SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Figura 87. Tabla 5 sobre la intensidad admisible para cables conductores de las ITC BT

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Figura 88. Tabla 1 sobre la sección mínima del conductor neutro de las ITC BT

Al conocer la sección del conductor, debemos calcular la sección del tubo que irá enterrado, donde se ubicarán los 4 conductores (3F+1N), según la siguiente tabla:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	< 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

Figura 89. Tabla 9 sobre diámetros exteriores de los tubos de las ITC BT

Comprobación de la derivación individual:

Será monofásica y tendrá 2F+1N+1TT. El cálculo de la sección se realiza teniendo en cuenta que la *cdt* máxima es de 1,5 (ya que solo tenemos un único usuario y no disponemos de LGA). La tensión de trabajo será 230 V, por lo que tendremos una *cdt* de 3,45 V. Debemos calcular la *I_{max}* de nuevo porque ahora tenemos fase monofásica:

I_{max}: 11500/230 x 0,9= 55,55 A.

Según el anejo 2 del REBT, obtendremos la sección del conductor mediante la *cdt* en V/Akm.

Se define la caída de tensión unitaria (*e_u*) como la caída de tensión por unidad de longitud del cable y por unidad de intensidad que circula por el cable.

$$e_u = e / (L \cdot I) \quad [18]$$

Figura 90. Comentarios del anejo 2 del REBT

e_u= V/I*L= 3,45/55,55* 0,025km= 2,48 v/Akm.

Ahora debemos seleccionar una sección mirando la siguiente tabla:

S (mm ²)	Caída de tensión por A y km.											
	Cos φ = 0,8				Cos φ = 1				Cos φ = 0,9			
	40°C	60°C	80°C	90°C	40°C	60°C	70°C	90°C	40°C	60°C	70°C	90°C
1,5	18,255	19,573	20,891	21,550	22,604	24,252	25,899	26,723	20,469	21,951	23,434	24,175
2,5	11,216	12,023	12,830	13,234	13,843	14,852	15,860	16,365	12,562	13,469	14,377	14,831
4	7,024	7,526	8,028	8,279	8,612	9,240	9,867	10,181	7,848	8,413	8,978	9,261
6	4,732	5,068	5,403	5,571	5,754	6,173	6,592	6,802	5,272	5,650	6,027	6,216
10	2,846	3,045	3,244	3,344	3,419	3,668	3,917	4,042	3,157	3,382	3,606	3,718
16	1,820	1,945	2,070	2,133	2,148	2,305	2,461	2,540	2,007	2,148	2,289	2,359
25	1,184	1,263	1,342	1,382	1,358	1,457	1,556	1,606	1,293	1,382	1,471	1,516
35	0,878	0,935	0,992	1,020	0,979	1,050	1,122	1,157	0,950	1,014	1,078	1,110
50	0,672	0,714	0,757	0,778	0,723	0,776	0,828	0,855	0,719	0,766	0,814	0,837
70	0,491	0,520	0,549	0,564	0,501	0,537	0,574	0,592	0,516	0,549	0,582	0,598
95	0,378	0,399	0,420	0,431	0,361	0,387	0,413	0,426	0,390	0,413	0,437	0,449
120	0,315	0,332	0,349	0,357	0,286	0,307	0,327	0,338	0,320	0,339	0,358	0,367
150	0,271	0,284	0,298	0,304	0,232	0,249	0,265	0,274	0,271	0,286	0,301	0,309
185	0,234	0,244	0,255	0,261	0,185	0,199	0,212	0,219	0,229	0,241	0,253	0,259
240	0,197	0,205	0,213	0,217	0,141	0,151	0,161	0,167	0,188	0,197	0,206	0,211

Figura 91. Tabla 5 sobre caídas de tensión por A y km para cables de 0,6/1Kv de las ITC BT.

Finalmente obtenemos una sección de 16 mm² para los cables conductores, además, se debe comprobar que la temperatura del cable sea inferior al máximo, 90°C:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \left(\frac{I}{I_{max}} \right)^2$$

T = 25 + (90-25) x (55,55/100)² = 45°C. Por lo que podemos comprobar que no llegamos al máximo.

Para conocer la Intensidad máxima admisible de la fórmula anterior, se ha obtenido de la siguiente tabla:

Intensidad max. admisible (A) en el conductor de **cobre** (cable unipolar RZ1-K)
(en función de la sección del cable y del tipo de instalación)

tipo de instalación	Sección nominal del conductor (Cu), mm ²										
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
tubos empotrados en pared de obra ⁽¹⁾											
tubos en montaje superficial canal protectora	60	80	106	131	159	202	245	284	338	386	455
conductos cerrados de obra de fábrica											
tubos enterrados ⁽²⁾	77	100	128	152	184	224	268	304	340	384	440

Nota 1: Según tabla 1 de la ITC-19, método B, columna 8, temperatura ambiente 40 °C,
Nota 2: ITC-BT 07 Apto. 3.1.2.1 y factor de corrección 0,8 según aptdo. 3.1.3

Figura 92. Tabla A sobre la intensidad máxima admisible de las ITC BT.

Finalmente, debemos seleccionar el tubo por donde discurrirán.

Sección nominal conductor (mm ²)	Sección eficaz mínima canales protectoras (mm ²)			Diámetro exterior de los tubos (mm)							
				Montaje superficial			Empotrado			Enterrado	
	ES07Z1-K	RZ1-K		ES07Z1-K		RZ1-K		ES07Z1-K		RZ1-K	
	3U	3U	1T(*)	3U	3U	1T	3U	3U	1T	3U	1T
6	236	560	618	32	32	32	32	40	40	40	40
10	388	744	789	32	40	40	32	40	40	50	50
16	551	975	1.179	40	40	50	40	50	50	50	63
25	874	1.283	1.558	50	50	50	50	50	63	63	63
35	1.150	1.581	2.005	63	50	63	50	63	63	63	75

Nota: U: Cable unipolar
T: Cable 3 conductores
(*) Para este sistema particular de instalación, por coincidencia en su trazado se pueden colocar varias derivaciones individuales en el interior del mismo canal protector, en cuyo caso se multiplica la sección eficaz por el número de derivaciones individuales.

Figura 93. Tabla F sobre el diámetro de los tubos en suministro monofásico de las ITC BT.

Parte de la instalación	Sección calculada
Acometida	Tubo diámetro 50 mm
Derivación individual	Tubo diámetro 50 mm
Circuito enchufe (C2)	Cable de 2,5 mm ²

Tabla 40. Resumen secciones tubos y cables electricidad

RESTRICCIONES EN LOCALES HUMEDOS

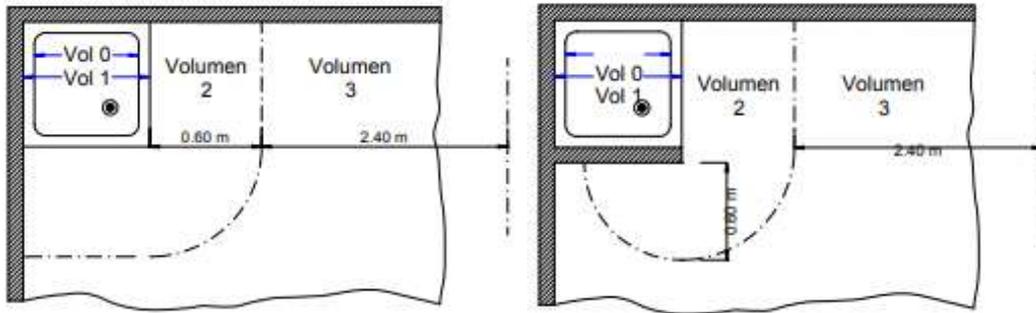


Figura 94. Esquemas sobre restricciones en locales húmedos de las ITC BT.

	Grado de Protección	Cableado	Mecanismos ⁽²⁾	Otros aparatos fijos ⁽³⁾
Volumen 0	IPX7	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en este volumen	No permitida	Aparatos que únicamente pueden ser instalados en el volumen 0 y deben ser adecuados a las condiciones de este volumen
Volumen 1	IPX4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en equipo eléctrico de bañeras de hidromasaje y en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos ⁽¹⁾ .	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0 y 1	No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos MBTS alimentados a una tensión nominal de 12V de valor eficaz en alterna o de 30V en continua, estando la fuente de alimentación instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.	Aparatos alimentados a MBTS no superior a 12 V ca ó 30 V cc Calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460 -4-41.
Volumen 2	IPX4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos ⁽¹⁾ .	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1 y 2, y la parte del volumen 3 situado por debajo de la bañera o ducha.	No permitida, con la excepción de interruptores o bases de circuitos MBTS cuya fuente de alimentación este instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2. Se permiten también la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE-EN 60.742 o UNE-EN 61558-2-5	Todos los permitidos para el volumen 1. Luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460 -4-41.
Volumen 3	IPX5, en los baños comunes, cuando se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1, 2 y 3.	Se permiten las bases sólo si están protegidas bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un interruptor automático de la alimentación con un dispositivo de protección por corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20.460 -4-41.	Se permiten los aparatos sólo si están protegidos bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20.460 -4-41.

Figura 95. Tabla 1 sobre la selección e instalación de materiales eléctricos de las ITC BT

TOMA TIERRA:

Establecemos la toma tierra para limitar la tensión que puede presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone una avería de los materiales eléctricos que utilizamos.

Para nuestro proyecto optaremos por colocar un conductor en la cimentación del edificio respetando la profundidad mínima de 0,5 m y colocando piquetas. El conductor tendrá una sección de 16 mm² y un terreno de suelo pedregoso suponiendo una resistividad de 500 Ω*m.

El objetivo de colocar la toma de tierra, consiste en no llegar a la zona 3.

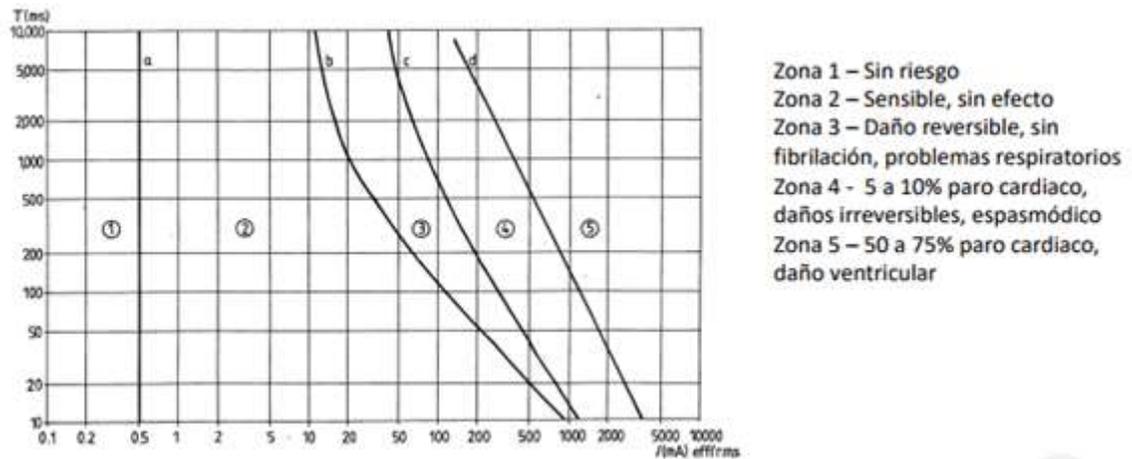


Figura 96. Figura 4 de las ITC BT

CALCULOS:

Lconductor= 30 m

Sección 16 mm²

Temperatura= 40°

Y= 52Ωm²/m

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM·M
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silicea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600

Figura 97. Tabla sobre la resistividad de los suelos

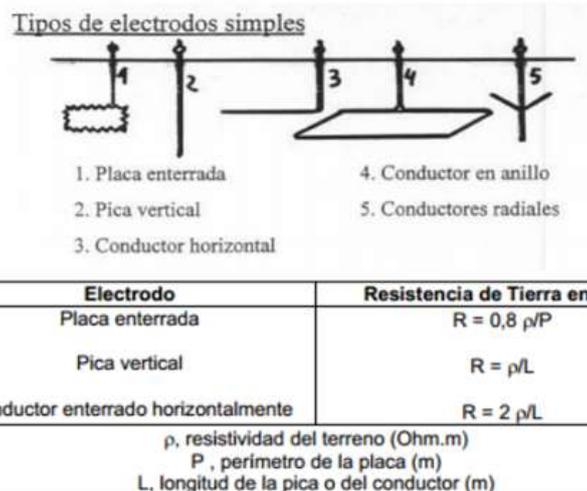


Figura 98. Tabla sobre tipos electrodos y su resistencia

$R_{pica} + R_{conductor} = 10 \Omega$ (límite debido a telecomunicaciones)

$R_{conductor} = L / (\gamma * S) = 60 / (52 * 16) = 0,072 \Omega$

Por tanto: $R_{pica} = 10 - 0,07 = 9,927 \Omega$

$R_{pica} = \rho / L$ despejamos la longitud (L)

$L = 500 / 9,927 = 50,36 \text{ m}$

A dicha longitud restamos la longitud horizontal (60 m) equivalente a un conductor vertical:

$$L_{\text{vertical}} = L_{\text{horizontal}}/2 = 60/2 = 30 \text{ m}$$

La longitud del conductor sería:

$$L = 50,36 - 30 = 20,36$$

Disponemos picas de 2,5 m de longitud:

$$n^{\circ} \text{ picas} = 20,36/2,5 = 8,14 \text{ por tanto instalaremos 8 picas.}$$

La separación (D) entre picas cumplirá la siguiente expresión:

$$D = \frac{\rho I_d}{2\pi U}$$

Donde

D: distancia entre electrodos

ρ : resistividad media del terreno

I_d : intensidad de defecto a tierra (facilitado por la empresa)

U: 250 V

2.7.3. JUSTIFICACIÓN DEL RD/98, RD 346/2011 ORDRE ITEC/1644/2011 SOBRE INFRAESTRUCTURAS COMUNES DE TELECOMUNICACIONES

Se establece un nuevo régimen jurídico que permite dotar a los edificios de instalaciones suficientes para atender los servicios de tv, telefonía y telecomunicaciones por cable y planifica otras infraestructuras para una implantación futura.

Infraestructura común de radio fusión sonora y televisión:

Elementos que forman las ICT de captación, adaptación y distribución de las señales de radiodifusión sonora y tv:

- Conjunto de elementos de captación de señales: se colocarán antenas mástiles, torretas.... Para la recepción de las señales de radio fusión sonora y de televisión, procedentes de emisiones terrenales o en su caso procedentes de satélite.
- Equipamiento de cabecera: dispositivos encargados de recibir las señales que provienen de los elementos captadores de señales y se encargara de entregar el conjunto de señales a la red de distribución.
- Red: elementos que aseguran la distribución de las señales desde el equipo de cabecera hasta las tomas de usuario. Se estructura en: red de distribución, red de dispersión y red interior, con dos puntos de referencia llamados punto de acceso al usuario y toma de usuario.
- PAU (punto acceso al usuario): es el elemento que comienza la red interior del domicilio del usuario, se encuentra en la entrada de la vivienda situado en una caja empotrada en pared, con tapa accesible.
- Toma de usuario: es el dispositivo que permite la conexión a la red de los equipos de usuario para acceder a los diferentes servicios que se proporcionan.

En viviendas unifamiliares con más de 4 estancias, colocaremos una toma en cada estancia de la vivienda, excluyendo baños y trasteros.

Las antenas y captadores, deberán ser de materiales resistentes a la corrosión o tratados a estos efectos, el diseño de los mástiles debe dificultar o impedir la entrada de agua en ellos y que se garantice la evacuación de las aguas que pudieran recoger. Dichos mástiles estarán conectados a la toma tierra del edificio con un cable de sección mínima 25 mm².

Infraestructura común de telefonía

La red interior del edificio es el conjunto de conductores, elementos de conexión y equipos activos que es necesarios instalar para establecer la conexión entre las bases de acceso de terminal (BAT) y la red exterior de alimentación. Se divide en los siguientes tramos:

- Red de alimentación: se produce en enlace mediante cable. Se introduce en la ICT del inmueble a través de una arqueta situada en la acera. Su diseño corre por parte de los operadores del servicio.
- Red distribución: conectara la red de alimentación hasta el RITU (si fuese necesario) o PAU. Los cables serán multipares, el diseño corre por parte de la propiedad del inmueble.
- Red interior de usuario: cables y elementos que trascurren por el interior del domicilio. Comienza en los puntos de acceso al usuario y finaliza en las bases de acceso de terminal situados en los registros de toma. Su diseño corre por parte de la propiedad de la vivienda.

- Elementos de conexión: puntos de interconexión, punto de distribución, punto de acceso al usuario, bases de acceso terminal.

En el caso de viviendas unifamiliares la red de alimentación llegará a través de la canalización necesaria, hasta el punto de interconexión situado en el PAU.

Los cables estarán formados por pares trenzados con conductores de cobre electrolítico puro de calibre no inferior a 0,5 mm de diámetro aislado con capa continua de plástico coloreada de polietileno. La red de distribución, estará cubierta por una cinta de aluminio-copo limero de etileno y una capa de polietileno colocada por extrusión para ser totalmente estanco. La red interior empleará cables de uno o dos pares con cubierta formada por plástico ignífugo. Todos los cables cumplirán los requisitos eléctricos, la compatibilidad electromagnética que dicta dicho RD.

Infraestructura común telecomunicaciones de banda ancha:

Servicios de telecomunicaciones por cable. La red se divide en:

- La red de alimentación: el enlace se produce mediante cable que enlaza las centrales con la ICT del inmueble a través de la arqueta de interconexión situada en la acera. El diseño corre por parte de los operadores del servicio.
- La red de distribución: enlaza la red de alimentación hasta los registros de toma donde están las tomas de los usuarios. EL diseño corre por parte de los operadores.
- Elementos de conexión: puntos de distribución final y punto de terminación de red (punto de acceso al usuario)

El número de tomas será de una por cada dos estancias, excluidos baños y trasteros, con un mínimo de dos. Cumplirán todos los requisitos técnicos que dicta dicho RD.

Especificaciones mínimas para telecomunicaciones:

El objeto será de dotar al usuario de los servicios de telefonía disponible al público y red de servicios integrados (TB+RDSI), telecomunicaciones de banda ancha (TLCA), televisión digital terrestre (TDT) y radio difusión y televisión (RTV).

El esquema a seguir será el cual las redes de alimentación de los distintos operadores se introduzcan en la ICT del usuario por la parte inferior a través de la arqueta de entrada hasta el registro principal donde se produce la interconexión con la red de distribución de la ICT. Después la red de distribución/dispersión se encarga de conectar hasta el PAU del usuario. Y finalmente, la red interior enlaza desde el PAU hasta las diferentes tomas de la vivienda.

En cuanto al dimensionado cumple con lo que dicta dicho RD.

Los tubos que tendremos en nuestra vivienda, serán TB+RDSI, RTV, TLCA y TDT y uno de reserva. La canalización interior de dichos servicios será con tubos con configuración de estrella, con tramos horizontales y verticales. Los tubos serán material plástico, corrugados, que discurrirán por falso techo y bajarán por rozas o dentro de los tabiques de placa de yeso laminado.

Cumplirán con las especificaciones de materiales, compatibilidad electromagnética, requisitos de seguridad entre las instalaciones.

Tomas mínimas:

TB+RDSI: 6 estancias x 1 toma/2 estancias= 3 tomas

TDT: 6 estancias x 1 toma /2 estancias= 3 tomas

RTV: 6 estancias x 1 tomas/2 estancias= 3 tomas

TLCA: 6 estancias x 1toma/2 estancias= 3 tomas.

Cabe destacar, que según el *RD 346/2011*, concretamente en el artículo 3 en su ámbito de aplicación se explica que cuando existan continuidad en la edificación, será necesaria la realización de un proyecto de telecomunicaciones. En nuestro caso al disponer de la continuidad de la estructura, se puede deducir que, al realizar dos viviendas pareadas, se necesitaría realizar proyecto de telecomunicaciones, pero al realizar una consulta con el técnico municipal del ayuntamiento de Lluçmajor, se llega a la conclusión de la no necesidad de proyecto.

A continuación, se adjunta ficha resumen del COAC:

Referència de projecte:

El RD 346/2011 “Reglamento Regulador de les Infraestructures comunes de telecomunicacions per a l'accés als serveis de telecomunicació a l'interior de les edificacions” (BOE 1/4/2011) regula, entre d'altres aspectes, la distribució interior dels habitatges establint un nombre mínim de preses per a l'interior de l'habitatge. Malgrat que l'àmbit d'aplicació del Reial Decret 346/2011 exclou indirectament els habitatges unifamiliars aïllats ⁽¹⁾ **es recomana que les prestacions a nivell de telecomunicacions d'aquests habitatges no siguin inferiors a les d'un habitatge que pertanyi a un edifici plurifamiliar** o a un conjunt d'habitatges unifamiliars en filera i per tant la distribució de preses interiors de l'habitatge que s'exposa a continuació es considera vàlida per a tot tipus d'habitatges.

registres d'acabament de xarxa (RTR) “Terminación de Red”

Ubicació:		Dimensions																					
<ul style="list-style-type: none"> - en l'interior de l'habitatge, local, o estança comuna de l'edificació. - alçada de col·locació respecte al terra ≥ 0,2m i ≤ 2,3m. 		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Registres segons col·locació</th> <th colspan="3">alçaria amplada fondària (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Encastats a envà</td> <td>en 1 envoltent</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>en 2 envolvents</td> <td>50</td> <td>30</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Encastat a un altre element constructiu</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>			Registres segons col·locació		alçaria amplada fondària (cm)			Encastats a envà	en 1 envoltent	50	60	8	en 2 envolvents	50	30	8	Encastat a un altre element constructiu		30	40	30
Registres segons col·locació		alçaria amplada fondària (cm)																					
Encastats a envà	en 1 envoltent	50	60	8																			
	en 2 envolvents	50	30	8																			
Encastat a un altre element constructiu		30	40	30																			
Tipus de registres:		Si s'opta per independitzar els serveis de STDP i TBA dels serveis RTV, en 2 envolvents:																					
<ul style="list-style-type: none"> - encastats o de superfície quan les canalitzacions siguin en canal 		<table border="1"> <tr> <td>STDP + TBA →</td> <td colspan="4">envoltent única d'acord a opcions anteriors</td> </tr> <tr> <td>RTV →</td> <td colspan="4">20 x 30 x 6</td> </tr> </table>			STDP + TBA →	envoltent única d'acord a opcions anteriors				RTV →	20 x 30 x 6												
STDP + TBA →	envoltent única d'acord a opcions anteriors																						
RTV →	20 x 30 x 6																						
Observacions:																							
<ul style="list-style-type: none"> - Disposaran dues preses de corrent 																							

canalització interior d'usuari

Característiques:		
<ul style="list-style-type: none"> - s'utilitzarà una configuració en forma d'estrella - s'hi intercalaran els registres de pas necessaris (veure 9) 		
Tubs	Canals	Safates
Independents, encastats i de Ø 20mm	En muntatge superficial o enrasats, amb 3 espais independents, com a mínim	Admeses en locals comercials

distribució a l'interior de l'habitatge (Real Decret 346/2011, annex III 5.13)

nombre mínim de preses:
<ul style="list-style-type: none"> - En cada una de les dues estances principals: <ul style="list-style-type: none"> - 2 registres per a preses de cables de parells trenats, - 1 registre per a presa de cables coaxials per a serveis de TBA, - 1 registre per a presa de cables coaxials per a serveis RTV. - A la resta d'estances (no inclosos banys i trasters): <ul style="list-style-type: none"> - 1 registres per a preses de cables de parells trenats, i - 1 registre per a presa de cables coaxials per a serveis RTV. - Proper als PAU: <ul style="list-style-type: none"> - 1 registre per a presa configurable.

aspectes generals

Compatibilitat electromagnètica
<ul style="list-style-type: none"> - El sistema general de terra de l'edificació ha de tenir un valor de resistència elèctrica ≤ 10Ω
Seguretat entre instal·lacions
<ul style="list-style-type: none"> - Cal procurar la màxima independència entre les instal·lacions de telecomunicacions i la resta de serveis. - Creuament amb altres serveis: preferentment les canalitzacions de telecomunicacions passaran per sobre de les dels altres serveis. Es garantirà una separació ≥ 10cm en traçat paral·lel i ≥ 3cm per a creuaments. (en el cas de la canalització interior serà suficient garantir ≥ 3cm en ambdós casos).

Nota:

⁽¹⁾ Àmbit d'aplicació: El RD 346/2011 s'aplica a:

1. A tots els edificis i conjunts immobiliaris en els que **existeixi continuïtat en la edificació**, d'ús residencial o no, i siguin o no de nova construcció, que estiguin acollits, o s'hagin d'acollir, al règim de propietat horitzontal regulat per la Llei 49/1960 de 21 de juliol, de Propietat Horitzontal.
2. Als edificis que, en tot o en part, hagin estat o siguin objecte d'arrendament per termini superior a 1any, excepte els que alberguin un únic habitatge.

equips de captació, adaptació i distribució de senyal de RTV i RTVSAT

Ubicació:

A la part superior de l'edifici. Es reservarà un espai físic lliure d'obstacles, accessible des de l'interior de l'edifici, per a la instal·lació d'elements de captació de senyals de radiodifusió sonora i televisió per satèl·lit.

Equips de captació i adaptació:

Pals d'antenes

- Materials resistents a la corrosió
- Alçària màxima $\leq 6\text{m}$ (per alçades superiors s'utilitzaran torretes)
- Distàncies de separació:
 - a línies elèctriques $\geq 1,5$ longitud del pal
 - a l'obstacle o pal més proper $\geq 5\text{m}$
- Suportaran una velocitat de vent, segons l'alçària d'ubicació del sistema respecte el terra $< 20\text{m}$: 130 km/h
- Es fixaran a elements resistents i accessibles i allunyats de xemeneies i altres obstacles
- Impedirán o dificultaran l'entrada d'aigua o, com a mínim, garantirán la seva evacuació

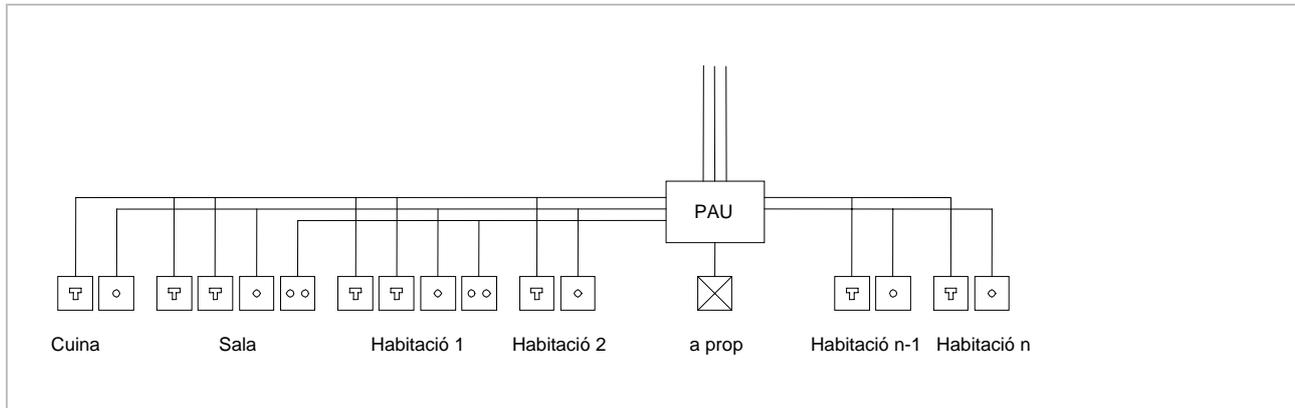
Antena Terrestre

- El pal d'antena es connecta a la presa de terra de l'edifici a través del camí més curt possible amb cable de secció $\geq 25\text{mm}^2$

Antena servei per satèl·lit

- Totes les parts accessibles que hagin de ser manipulades o aquelles en les quals el cos humà pugui establir contacte hauran d'estar a potencial de terra o adequadament aïllades.
- L'equipament de captació permetrà la connexió d'un conductor de coure de secció $\geq 25\text{mm}^2$ amb el sistema de protecció general de l'edifici.

esquema de la instal·lació



llegenda

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Registre de presa de parells trenats | | Registre de presa de cable coaxial RTV |
| | Registre de presa de cable coaxial TBA | | Registre configurable |

Presa de corrent (*) 16 A a 50 cm com a màxim del registre de presa. Aquesta presa de corrent no incrementa necessàriament el nombre d'endolls mínims per estança que estableix el REBT 2002.

2.8. PRESUPUESTO:

El presupuesto asciende a cuatrocientos sesenta y cuatro mil doscientos un euros, con ochenta y cinco céntimos. (464.201,85 €). A continuación, se resume por capítulos:

Acondicionamiento del terreno:	31014,94 €	(6,68 %)
Cimentaciones:	6818,05 €	(1,46 %)
Estructuras:	69808,70 €	(15,03 %)
Fachadas y particiones:	48462,43 €	(10,44 %)
Carpinterías:	44613,02 €	(9,61 %)
Remates y ayudas:	12833,56 €	(2,76 %)
Instalaciones:	72195,57 €	(15,55 %)
- Telecomunicaciones:	1378,36 €	(1,90 %)
- Audiovisuales:	3383,50 €	(4,68 %)
- Calefacción:	22827,37 €	(31,61 %)
- Electricidad:	11528,49 €	(15,96 %)
- Fontanería:	7407,34 €	(10,26 %)
- Evacuación de aguas:	4123,21 €	(5,71 %)
- Ventilación:	21547,30 €	(29,84 %)
Aislamientos e impermeabilizaciones:	47128,68 €	(10,15 %)
Cubiertas:	15903,14 €	(3,42 %)
Revestimientos y trasdosados:	37835,54 €	(5,85 %)
Señalización y equipamiento:	27000,54 €	(5,81 %)
Urbanización interior:	41182,25 €	(8,87 %)
Gestión de residuos:	5303,57 €	(1,14 %)
Control de calidad y ensayos:	4101,86 €	(0,88 %)
TOTAL:	464.201,85 €	

2.9. LISTADO DE PLANOS

A continuación, se resumen el listado de planos anexados:

- 00.01.01 – SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- 00.01.02 – TOPOGRÁFICO
- 00.01.03 – DISTRIBUCIÓN
- 00.01.04 – COTAS Y SUPERFICIES
- 00.02.01 – ALZADOS LATERALES
- 00.02.02 – ALZADOS FRONTALES
- 00.02.03 – SECCIONES I
- 00.02.04 – SECCIONES II
- 00.03.01 – NIVELES
- 00.04.01 – FÁBRICAS
- 00.05.01 – CIMENTACIÓN
- 00.05.02 – FORJADO SANITARIO
- 00.05.03 – FORJADO TECHO PB
- 00.05.04 – FORJADO TECHO PB PÓRTICOS
- 00.05.05 – FORJADO TECHO PP
- 00.05.06 – FORJADO TECHO PP PÓRTICOS
- 00.06.01 – REPLANTEO VIGUETAS Y HUECOS
- 00.06.02 – COTAS ESTRUCTURA
- 00.06.03 – VENTILACIONES Y SALA MAQUINAS
- 00.07.01 – PAVIMENTOS
- 00.07.02 – ACABADOS
- 00.07.03 – FALSOS TECHOS
- 00.08.01 – DETALLES I
- 00.08.02 – DETALLES II
- 00.08.03 – DETALLES III
- 00.09.01 – SANEAMIENTO
- 00.09.02 – SUMINISTRO
- 00.09.03 – CALEFACCIÓN
- 00.09.04 – RENOVACIÓN DE AIRES
- 00.09.05 – ELECTRICIDAD
- 00.09.06 – TELECOMUNICACIONES
- 00.09.07 – PISCINA
- 00.10.01 - CARPINTERIAS

3. RESULTADOS

Intercambiador de tierra – aire (pozo canadiense)

Primero hay que hacer hincapié en que los resultados recibidos por la empresa REHAU, no se pueden considerar con total veracidad, puesto que se desconoce el funcionamiento de su software de cálculo, además de que al tratarse de una empresa suministradora de dicho producto, por consiguiente, intenta dar la mejor imagen posible de él, pero, no obstante, se pueden considerar válidos para realizar una estimación próxima a la realidad. El sistema tiene un aporte total de energía de 1094,32 kWh/año en invierno y de 1178,99 kWh/año en verano y un ahorro de emisiones de CO₂ aproximado de 235,89 Kg/año en invierno y de 177,69 Kg/año en verano que se producirían para generar ese aporte por otro sistema de climatización.

Aunque los aportes que se aprovecharán son aproximadamente de unos 645 kWh/año durante la época de más frío y unos 760 kWh/año durante la época de más calor, ya que en épocas intermedias no se han considerado.

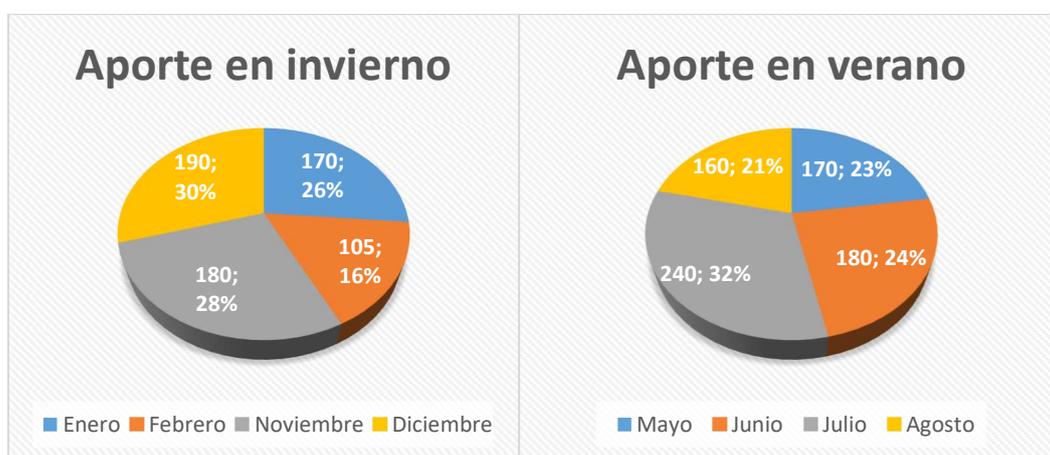


Figura 99. Aporte del pozo canadiense en invierno y en verano

Sistema de bomba de calor con placas fotovoltaicas:

Teniendo en cuenta los datos obtenidos mediante la aplicación de BAXI WICA, la bomba de calor es capaz de satisfacer las demandas de la energía necesaria para ACS, con un valor de unos 3727 kWh/año y la energía necesaria para calefacción, de unos 1963 kWh/año, haciendo un total de 5690 kWh/año. De los cuales 2307 kWh se obtienen mediante la electricidad y 3383 kWh mediante energía renovable. El sistema tiene un COP aproximado para calefacción de 4,3 mientras que para ACS es de 2,18.

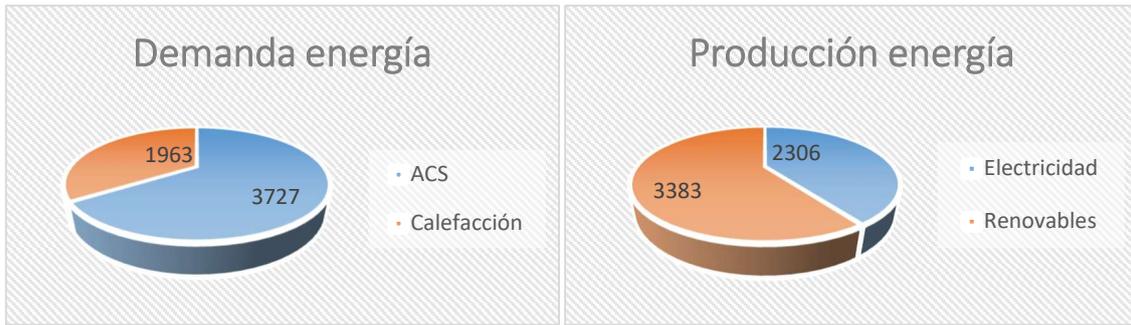


Figura 100. Resumen resultados de la bomba de calor

Por otro lado, el sistema de placas solares fotovoltaicas, es capaz de generar 2032 KWh/año, que se distribuyen de la siguiente manera:

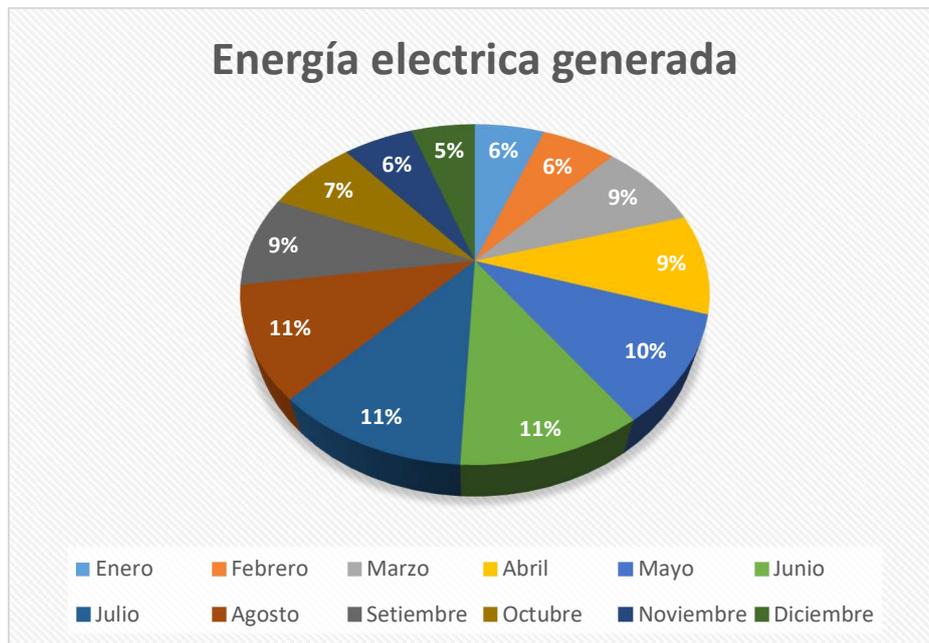


Figura 101. Resumen aporte mensual de energía eléctrica

A continuación, se resumen los datos obtenidos del conjunto bomba de calor y placas fotovoltaicas:

	Energía demandada [Kwh]	Energía neces. para ACS [Kwh]	Energía neces. para calefacción [Kwh]	Energía eléctrica consum. bomba de calor [Kwh]	Energía eléctrica generada placas [Kwh]	Energía eléctrica consum. suponiendo aporte de las placas [Kwh]	Energía renovable bomba de calor [Kwh]	Emisiones CO2 [Kg]
Anual	5690	3727	1963	2306	2031	275	3383	92

Tabla 41. Resumen prestaciones conjunto bomba de calor – placa fotovoltaica

Para calcular de forma aproximada el ahorro anual en la factura de electricidad, se tiene que tener en cuenta que lo ideal sería que el KWh vertido a la red tenga el mismo precio que el suministrado por la compañía. Mucho más lejos de la realidad, se puede establecer que la empresa compensará el 70% del valor de venta, quedándose un 30% en concepto de tasa.

Estableciendo que el KWh eléctrico en España cuesta unos 0,13 €, se puede aproximar que el pago del KWh suministrado sería de unos 0,09 €, por lo que estaríamos hablando de un ahorro de unos 200 € anuales si se vertiese toda la electricidad generada a la red, que no es nuestro caso.

Estudio de la demanda energética:

Primeramente, hay que mencionar que el programa CERMA, reconocido por el estado, tiene sus limitaciones y no se corresponde totalmente a la realidad, aunque es la herramienta que se puede emplear para realizar una estimación. La demanda obtenida para calefacción es de 10,65 Kwh/m² x año y teniendo en cuenta que tenemos unos 115 m² de superficie obtenemos una demanda de unos 1225 Kwh/año. Y evaluado que la demanda obtenida aproximada para refrigeración es de 12,81 Kwh/m² x año obtenemos una demanda de unos 1475 Kwh/año.

En cuanto a la demanda de calefacción, la bomba de calor satisface la demanda obtenida mediante CERMA puesto que es inferior a la obtenida mediante la aplicación *BAXI WIKA*, la cual se ha usado de referencia para dimensionarla.

En cuanto a la demanda de refrigeración, se ha decidido no implantar ningún sistema de climatización y en su lugar se han implementado sistemas de sombreado fijos, como son las celosías, las pérgolas, los aleros o los balcones y móviles como las persianas. Se ha colocado vegetación y se aprovecha el enfriamiento evaporativo mediante la piscina, todo ello para reducir considerablemente la demanda de refrigeración a valores confortables. Aunque con la implantación de todos estos sistemas, no es suficiente para satisfacer el confort del usuario. Para ello se proponen dos propuestas para mejorar la sensación de confort en verano: la primera se trata de hacer efectiva la ventilación cruzada abriendo todas las carpinterías de la vivienda, incluso puertas de paso, siendo más efectiva en planta baja que en planta piso, con el hándicap de que la ventilación cruzada en planta baja se realiza en gran parte desde el salón hasta la habitación de invitados, y en la planta piso se realiza en gran parte desde la habitación principal hasta otra habitación.

La segunda se trata de cerrar todas las carpinterías, y aprovechar el aporte térmico del sistema de ventilación de la vivienda, recordando que es un sistema de ventilación cuyo caudal no es suficiente para climatizar, pero que genera aportes térmicos considerables.

Presupuesto:

Otro tema importante es el aspecto económico, ya que inicialmente hemos supuesto un coste de la obra de aproximadamente 440.000 € y el presupuesto calculado es de unos 464.000 €. La diferencia es un poco mayor del 5% por lo que se considera aceptable y no se modifican mucho los márgenes de rentabilidad, por lo que considera que el proyecto sigue siendo rentable.

Implicación del uso de aislamientos de origen vegetal:

Considerando que el edificio dispone de unos 400 m² de aislamiento, vamos a proceder a obtener las emisiones de CO₂ que se liberan a la atmósfera con nuestro sistema y con un aislamiento de origen plástico como el EPS.

Considerando que la densidad del EPS se puede aproximar a unos 20 Kg/m³ y lo multiplicamos por 400 m² de aislamiento por 0,08 m de espesor, obtenemos unos 640 Kg. Estipulando que la liberación de CO₂ para el EPS es de unos 11,7 Kg CO₂/Kg se obtienen unos 7500 Kg CO₂.

Por otro lado, considerando que la densidad del corcho se puede aproximar a unos 120 Kg/m³ y lo multiplicamos por 400 m² de aislamiento por 0,08 m de espesor, obtenemos unos 3840 Kg. Estipulando que la liberación de CO₂ para el corcho es de 0,2 Kg Co₂/Kg se obtienen unos 770 Kg de CO₂.

Comparando ambos resultados, podemos observar que con la utilización de corcho natural como aislamiento se reducen del orden de 10 veces menos las emisiones de CO₂ comparando con aislamientos plásticos como el EPS.

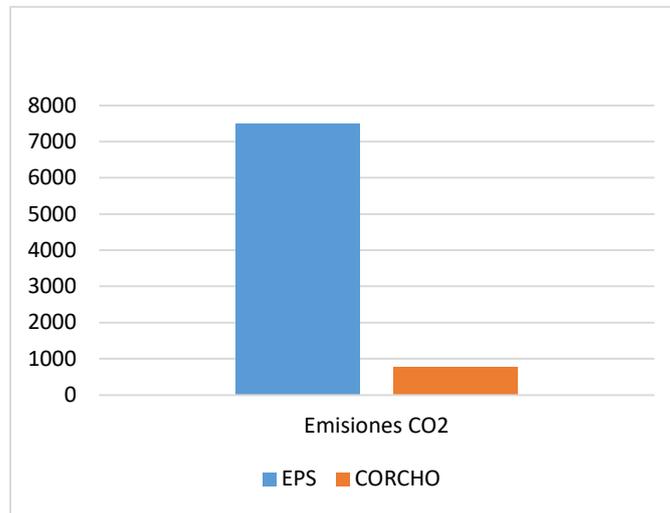


Figura 102. Datos sobre las reducciones de CO₂ mediante el uso de aislamiento natural

4. CONCLUSIONES:

Al principio de este trabajo se fija un objetivo principal que es realizar un proyecto de ejecución mediante un diseño de dos viviendas unifamiliares pareadas aplicando criterios de la arquitectura bioclimática e introduciendo energías renovables.

El aspecto más importante de este trabajo, es que servirá como base para el proyecto de ejecución de este caso real y que, además, ayudará a intentar concienciar al promotor de la importancia de la introducción de energías renovables en el proyecto y del buen rendimiento de éstas.

En cuanto al aspecto de colocar un aislamiento de origen vegetal mediante corcho de 8 cm, ayuda a reducir notablemente las emisiones de CO₂, con valores del orden de 10 veces menos que con aislamientos de origen plástico, aunque hay que recordar que el coste aumenta.

En cuanto al comportamiento de la vivienda en épocas de calor, los sistemas de sombreado, junto con las orientaciones de los huecos de fachada y el correcto aislamiento (eliminando puentes térmicos), juegan un papel muy importante en referencia a las demandas energéticas de refrigeración, de tal manera que consiguen reducir considerablemente dichos valores e incluso en nuestro caso, se ha decidido no implementar ningún sistema de climatización. Además, se debe tener en cuenta, que para mejorar la sensación de confort se puede utilizar la ventilación cruzada, así como, dar uso al aporte térmico del sistema de ventilación de la vivienda, cerrando las carpinterías.

En cuanto al comportamiento de la vivienda en épocas de frío, la introducción del sistema de pretratamiento del aire para ventilación, juntamente con el recuperador de calor, reducen las demandas energéticas hasta un 75 %. Otra vía de actuación que se ha contemplado, es aumentar el espesor del aislamiento, pero los resultados tan solo consiguen reducir las demandas menos de un 5%, por lo que se remarca la eficacia de actuar sobre las cargas derivadas de ventilación.

En cuanto al uso de la Geotermia mediante el sistema de pozos canadienses, cabe destacar que la normativa española en referencia a dicho sistema es insuficiente y poco específica debido al poco uso en uso residencial. En referencia al aspecto económico, el material utilizado tiene un precio elevado, aunque el factor más determinante es el tipo de terreno, puesto que la excavación puede suponer un coste realmente elevado. Además, hay que destacar que, si la vivienda dispone de sótano, el coste disminuye.

A todo ello, cabe recordar que el consumo de energía es prácticamente similar a una instalación de ventilación convencional, por lo que se recomienda su implantación para reducir el salto térmico entre la vivienda y el exterior que aparece con sistemas tradicionales de ventilación como son los aireadores o la micro ventilación. También se debe hacer hincapié en la necesidad de una gran superficie para colocar dicho sistema, por lo que no todas las tipologías de vivienda son adecuadas, porque en zonas urbanas con una densidad elevada, como puede ser el caso de Palma, dificulta o imposibilita la instalación del sistema, además de que la altura de la vivienda es un factor importante para la correcta entrada del aire. También hay que recordar la importancia de la zona climática, puesto que en climas templados como el de España, el relativamente sencillo que el aire pre tratado por los conductos con algún ligero aporte de energía alcanza fácilmente la temperatura de confort, tanto en invierno como en verano, en cambio, en climas más extremos, este sistema es claramente insuficiente.

Hay que remarcar, que la introducción de las placas fotovoltaicas, no reducen de manera muy determinante las facturas de electricidad, pero, no obstante, sí que se reducen considerablemente las emisiones de CO₂, de forma aproximada estamos hablando de unos 770 Kg CO₂, considerando que por cada KWh generado de electricidad, se liberan 0,385 Kg de CO₂.

De forma global, podemos resumir que la vivienda consigue reducir de manera muy determinante, las emisiones de CO₂, mediante varias líneas de actuación: como pueden ser la implantación de aislamientos de origen vegetal frente a los de origen plástico, el aprovechamiento de la Aerotermia para los sistemas de climatización, y la Geotermia, para los sistemas de ventilación y pretratamiento del aire, y el aprovechamiento de la energía solar mediante las placas fotovoltaicas.

En cuanto a las aplicaciones prácticas de éste trabajo, como hemos mencionado anteriormente, la principal es intentar implementar nuestros sistemas al proyecto real que se realizará próximamente, pero, además, también puede servir como documento guía para la selección del sistema de climatización o también podrá utilizarse como documento informativo sobre el funcionamiento y las prestaciones de la utilización del pozo canadiense como sistema de ventilación de la vivienda.

Llegados a este punto, debemos preguntarnos qué posibles líneas de mejora puede tener este trabajo, de las cuales destacamos las más importantes:

- Al no poder validar con total certeza los cálculos físicos del pozo canadiense, se podría mejorar el apartado de cálculos para obtener resultados más próximos a la realidad.
- También, se podría proyectar el pozo canadiense como un sistema de refrigeración, aumentando su caudal para que fuese suficiente para abastecer las demandas energéticas de la vivienda.
- Al realizar la demanda energética de la vivienda con programas que simplifican los cálculos, se obtienen resultados aproximados a la realidad, pero se podrían realizar de manera más detallada y manual para obtener resultados aún más próximos a la realidad.
- Realizar la estructura de la vivienda mediante materiales con menos emisiones de CO₂ que el hormigón, como la madera.

Finalmente, se puede concluir que se conocen los beneficios de la introducción de materiales sostenibles y la utilización de energías renovables para satisfacer las demandas de la vivienda, pero a pesar de conocerlos, el factor determinante en la construcción es el económico sin importar las consecuencias ambientales. Por lo que, bajo mi punto de vista y teniendo en cuenta los altos datos de contaminación y falta de recursos naturales, se debería priorizar el aspecto ambiental por encima del económico o de cualquier otro. Para ello, la herramienta que puede generar dicho cambio sería una legislación mucho más exigente tanto para uso público como para uso residencial, de ésta forma se iniciaría una revolución en la arquitectura que tuviese como premisa principal preservar el medio ambiente y ayudar a conservarlo.

Pero sin duda, el motivo más importante de implantar toda esta línea de actuación sostenible es la de conseguir preservar el planeta en las mejores condiciones posibles para las próximas generaciones.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Martín Díaz S., *El terreno como intercambiador*, trabajo de fin de grado de la universidad de Madrid, 2018.

[2] Knie C., Belmonte A., Berthomieu B. y Madrid S., *Diseño de un edificio autosuficiente y low cost para autoconstrucción*, master en energía para el desarrollo sostenible de la universidad politécnica de Cataluña, 2010.

[3] Montesinos Burgos I., *Estudio de la eficiencia energética de una vivienda unifamiliar*, desarrollo de proyectos de construcción en la Universidad politécnica de Valencia, 2013.

[4] Cabezas A.M., *Eficiencia energética a través de la utilización de pozos canadiense con el análisis de datos de un caso real casa Pomaret*, tesis final de master de la universidad politécnica de Cataluña, 2013.

[5] León Vázquez J.C., *Parámetros de diseño de la Chimenea Solar*, Tesis final de máster en arquitectura, energía y medio ambiente de la universidad politécnica de Cataluña, 2013.

[6] Neila González F., *El diseño del edificio de energía casi cero según el nuevo CTE HE con estrategias bioclimáticas*, curso impartido en la sede del COAIB de palma, 2018.

[7] Cruz Soria P. y Navarro Navarro E., *Soluciones bioclimáticas en edificación*, trabajo de fin de grado de la universidad politécnica de Valencia, 2012.

[8] De Juan Oliver C., *Temario de clase de la asignatura de Sostenibilidad*, de 3er de graduado en edificación de la Universidad de las Islas Baleares, 2016.

Libros, trabajos y tesis:

- Desconocido, *Principios fundamentales de paredes Trombe y chimeneas solares*, capítulo 2, de la escuela técnica superior de ingeniería industrial, sobre proyecto de fin de carrera, 2006.
- Cano Molina J., *Análisis comparativo de la técnica Greb y la implementación del Pozo canadiense como alternativas a sistema constructivos y climatización convencional*, trabajo de fin de carrera de la universidad de Murcia, 2013.

Artículos, guías y publicaciones:

- Soluciones energéticas s.l., *Instrucciones de montaje de una instalación solar fotovoltaica*, Madrid, 2002.

- IDAE, *Guía técnica sobre el diseño de sistema de intercambio geotérmico de circuito cerrado*, realizado por el ministerio de industria, energía y turismo, 2012.
- CETIAT, *Les puits canadiens/provençaux, guide d'information*, 2007.
- IDAE, *Guía técnica sobre el Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización*, realizado por el ministerio de industria, energía y turismo, 2012.
- Amitrano D., *Elements de dimensionnement d'un échangeur air/sol, dit puits canadien*, de la université J. Fourier, Francia, 2006.
- AEMET, *Valores climatológicos normales*, facilitados por el ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2019.
- COAIB, *Nota técnica sobre la substitución de paneles solares térmicos por bombas de calor de producción de ACS*, 2017.
- COAIB, *Nota técnica sobre coste de producción de calor de distintos sistemas de calefacción y ACS*, 2013

Normativa:

- Código técnico de la edificación.
- Reglamento de Instalaciones Térmica del edificio.
- Decreto 145/1997 y 20/2007 sobre las condiciones de habitabilidad.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- RD/98, RD 346/2011 ORDRE ITEC/1644/2011 sobre infraestructuras comunes de telecomunicación.