

AUDITORÍA Y REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN INMUEBLE SITUADO EN RIVEIRA PARA SU CONVERSIÓN EN UN EDIFICIO DE CONSUMO CASI NULO

Calle Diego Delicado nº3, Riveira (A Coruña)

I-MEMORIA

Autor: Lorena Maroño Vila

Tutor: José Antonio Álvarez Díaz

Junio 2019, Riveira (A Coruña)

RESUMEN

En el presente Trabajo de Fin de Grado se realiza la auditoria y rehabilitación energética de un inmueble situado en Riveira, concretamente en la Calle Diego Delicado nº3, con año de construcción 1965, para su conversión en un edificio de consumo casi nulo, constituido por un total de cuatro plantas; donde se implantará uso residencial vivienda en las plantas superiores y pública concurrencia en planta baja.

El objetivo del proyecto es evaluar la eficiencia energética del inmueble y realizar el estudio y definición de las medidas de mejora energética tanto activas como pasivas implantadas, tras las cuales se consigue una edificación de consumo casi nulo.

En primer lugar, se describe el estado actual de la vivienda, realizando un estudio patológico sobre la misma y definiendo todos sus elementos, tanto estructurales como no estructurales. Por último se realizará la certificación energética en su estado actual.

En segundo lugar, se describen las medidas de mejora implantadas en el inmueble, centrándose en la envolvente térmica, la eficiencia de las instalaciones y la implantación de energías renovables (dos paneles fotovoltaicos y un aerogenerador), y su certificación energética final.

Por último, se efectuará una comparación entre ambos casos y se realiza un estudio de viabilidad económica de las medidas de mejora energética implantadas, donde se indica el periodo de retorno de la inversión.

El proyecto se estructura de la siguiente forma:

- I. MEMORIA
 1. INTRODUCCIÓN
 2. MEMORIA ESTADO ACTUAL
 3. MEMORIA ESTADO REFORMADO
 4. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA TÉCNICA
- II. ANEJOS A LA MEMORIA
- III. PLANOS
- IV. PLIEGO DE CONDICIONES
- V. MEDICIONES
- VI. PRESUPUESTO
- CONCLUSIONES FINALES
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
- CONTENIDO DEL CD

PALABRAS CLAVE

Consumo casi nulo

Eficiencia energética

Ahorro de energía

SUMMARY

In the present End of Degree Project the energy audit and rehabilitation of a building located in Riveira, specifically in Calle Diego Delicado, nº3, with year of construction 1965, is carried out, for conversion into a building of almost zero consumption, constituted by a total of four plants; where residential use will be implemented housing in the upper floors and public concurrence in the ground floor.

The objective of the project is to evaluate the energy efficiency of the property and carry out the study and definition of the energy improvement measures, both active and passive implemented, after which a nearly zero consumption building is achieved.

First, the current state of the home is described, carrying out a pathological study on it and defining all its elements, both structural and non-structural. Finally, the energy certification will be carried out in its current state.

Second, the improvement measures implemented in the building are described, focusing on the thermal envelope, the efficiency of the facilities and the implementation of renewable energies (two photovoltaic panels and a wind turbine), and its final energy certification.

Finally, a comparison between both cases will be made and an economic viability study of the implemented energy improvement measures will be carried out, indicating the return period of the investment.

The project is structured as follows:

I. MEMORY

1. INTRODUCTION
2. CURRENT STATE MEMORY
3. REFORMED STATE MEMORY
4. JUSTIFICATION OF COMPLIANCE WITH TECHNICAL REGULATIONS

II. ANNEXES TO MEMORY

- III. BLUEPRINTS
- IV. SPECIFICATION OF CONDITIONS
- V. MEASUREMENTS
- VI. BUDGET
- LAST CONCLUSIONS
- BIBLIOGRAPHIC REFERENCES
- CD CONTENT

KEYWORDS

Almost zero consumption

Energy efficiency

Energy saving

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO	16
1.2. ANTECEDENTES NORMATIVOS SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	17
1.3. CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SECTOR RESIDENCIAL	21
1.4. CONCEPTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	24
1.5. DOCUMENTOS RECONOCIDOS PARA LA REALIZACIÓN DE CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS	24
1.6. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	25
1.7. AGENTES INTERVINIENTES	26
2. MEMORIA ESTADO ACTUAL	27
2.1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	27
2.1.1. DESCRIPCIÓN VIVIENDA	27
2.1.2. MEMORIA URBANÍSTICA.....	29
2.1.3. SUPERFICIES.....	30
2.1.4. ACCESOS.....	32
2.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	33
2.2.1. MUROS.....	33
2.2.2. CUBIERTA	35
2.2.3. FORJADOS.....	36
2.2.4. CARPINTERÍA	37
2.2.5. SOLERA.....	38
2.2.6. OTROS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	38
2.3. INSTALACIONES EXISTENTES	39
2.4. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	40
2.4.1. CE3X.....	40
2.5. ESTUDIO PATOLÓGICO	42
2.6. CONCLUSIÓN.....	59
3. MEMORIA ESTADO REFORMADO	60
3.1. OBJETO DE LA REHABILITACIÓN.....	60
3.2. CRITERIOS PARA LOS ESTÁNDARES DE CASA PASIVA, EDIFICACIÓN CON BAJA DEMANDA TÉRMICA	61
3.2.1. INTRODUCCIÓN.....	61
3.2.2. OBJETIVO ESTÁNDAR PASSIVHAUS	61
3.3. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	62

3.3.1.	ANTECEDENTES	62
3.3.2.	GENERALIDADES	62
3.3.3.	INTRODUCCIÓN AL CUMPLIMIENTO DEL PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN MUNICIPAL DEL AYUNTAMIENTO DE SANTA EUGENIA DE RIVEIRA	63
3.3.4.	DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	65
3.3.5.	RELACIÓN CON EL ENTORNO	66
3.3.6.	SUPERFICIES.....	67
3.4.	MEMORIA CONSTRUCTIVA	69
3.4.1.	MEDIDAS DE MEJORA REALIZADAS	69
3.4.1.1.	ACTUACIONES PREVIAS	69
3.4.1.1.1.	LEVANTAMIENTO DE CARPINTERÍA INTERIOR	69
3.4.1.1.2.	DEMOLICIÓN TABIQUERÍA INTERIOR	69
3.4.1.1.3.	APEO DE LOS MUROS DE CARGA DE MAMPOSTERÍA.....	70
3.4.1.1.4.	AMPLIACIÓN DE HUECO DE FACHADA.....	70
3.4.1.1.5.	TAPIADO DE HUECO EN FACHADA	71
3.4.1.2.	SOLERAS.....	72
3.4.1.2.1.	SOLERA VENTILADA	72
3.4.1.2.2.	SOLERA PATIO	74
3.4.1.3.	MUROS	74
3.4.1.3.1.	CIMENTACIÓN	74
3.4.1.3.2.	ESTRUCTURA PORTANTE	75
3.4.1.3.2.1.	ELIMINACIÓN DE LAS HUMEDADES POR CAPILARIDAD.....	75
3.4.1.3.2.2.	DRENAJE PERIMETRAL	76
3.4.1.3.2.3.	REHABILITACIÓN DEL MURO DE CARGA POR EL INTERIOR	77
3.4.1.3.2.4.	AUMENTO DEL MURO DE FACHADA EN 1,00 METRO.....	78
3.4.1.3.2.5.	GALERÍA.....	79
3.4.1.3.2.6.	ACTUACIÓN EN EL MURO DE CARGA POR EL EXTERIOR	79
3.4.1.4.	FORJADO.....	80
3.4.1.4.1.	SUSTITUCIÓN DE PIEZAS AFECTADAS	80
3.4.1.4.2.	REPARACIÓN DE CABEZA DE VIGA	81
3.4.1.4.3.	FORJADO MIXTO MADERA-HORMIGÓN	81
3.4.1.5.	CUBIERTA.....	85
3.4.1.6.	CARPINTERÍA.....	86
3.4.1.6.1.	CARPINTERÍA INTERIOR.....	86
3.4.1.6.2.	CARPINTERÍA EXTERIOR.....	87

3.4.1.7.	SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN VERTICAL.....	88
3.4.1.8.	ACABADOS Y RESUMEN DE LAS CAPAS QUE CONFORMAN CADA ELEMENTO CONSTRUCTIVO.....	89
3.4.1.8.1.	ACABADOS PARAMENTOS INTERIORES.....	89
3.4.1.8.1.1.	FORJADO ENTRE PISOS.....	89
3.4.1.8.1.2.	SOLERAS.....	90
3.4.1.8.1.3.	PARAMENTOS VERTICALES.....	90
3.4.1.8.1.4.	ESCALERAS.....	90
3.4.1.8.2.	ACABADO PARAMENTOS EXTERIORES.....	90
3.4.1.8.2.1.	MUROS.....	90
3.4.1.8.2.2.	SOLERA PATIO.....	91
3.4.1.8.2.3.	CUBIERTA.....	91
3.5.	INSTALACIONES PARA LA MEJORA ENERGÉTICA.....	91
3.5.1.	VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	91
3.5.1.1.	BOMBA DE CALOR PARA CALEFACCIÓN Y ACS.....	91
3.5.1.2.	PLACAS SOLARES (ENERGÍA SOLAR TÉRMICA).....	92
3.5.1.3.	SUELO RADIANTE.....	94
3.5.1.4.	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS.....	95
3.5.1.5.	RECUPERADOR DE CALOR.....	96
3.5.1.6.	AEROGENERADOR (ENERGÍA MINIEÓLICA).....	97
3.5.1.7.	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE APOORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE PANELES SOLARES Y MINIEÓLICO.....	99
3.5.1.8.	EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.....	100
3.5.2.	LOCAL COMERCIAL (TIENDA DE VENTA DE ZAPATOS).....	100
3.5.2.1.	CALDERA DE PELLETS POR AIRE (CALEFACCIÓN).....	100
3.5.2.2.	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN CALEFACCIÓN.....	101
3.5.2.3.	VENTILACIÓN MECÁNICA.....	102
3.5.2.4.	PANEL FOTOVOLTAICO (ENERGÍA ELÉCTRICA).....	103
3.5.2.5.	EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.....	105
3.6.	RESUMEN MEDIDAS DE AHORRO ACTIVAS Y PASIVAS.....	106
3.6.1.	MEDIDAS PASIVAS.....	106
3.6.2.	MEDIDAS ACTIVAS.....	107
3.6.3.	CONCLUSIONES SOBRE LA ELECCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	108
3.6.3.1.	VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	108
3.6.3.2.	LOCAL COMERCIAL.....	109
3.7.	CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	110

3.7.1.	CE3X.....	110
3.7.1.1.	LOCAL COMERCIAL	110
3.7.1.2.	VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	111
3.8.	GUÍA DE ARQUITECTURA PASIVA PARA VIVIENDAS EN GALICIA.....	112
3.9.	RESUMEN TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN.....	114
3.10.	APLICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS DEL CTE	115
4.	JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA TÉCNICA	116
4.1.	DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA	116
4.1.1.	DB HE 0 LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	116
4.1.1.1.	RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO	117
4.1.1.1.1.	Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable	117
4.1.1.1.2.	Resultados mensuales.....	117
4.1.1.1.2.1.	Consumo energético anual del edificio.	117
4.1.1.2.	MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.	119
4.1.1.2.1.	Zonificación climática	119
4.1.1.2.2.	Demanda energética del edificio.	119
4.1.1.2.2.1.	Demanda energética de calefacción y refrigeración.....	119
4.1.1.2.2.2.	Demanda energética de ACS.	120
4.1.1.2.3.	Descripción de los sistemas de aporte del edificio.	121
4.1.1.2.4.	Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.	122
4.1.1.2.5.	Procedimiento de cálculo del consumo energético.....	122
4.1.2.	DB HE 1 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	124
4.1.2.1.	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	125
4.1.2.1.1.	Demanda energética anual por superficie útil.....	125
4.1.2.1.2.	Resumen del cálculo de la demanda energética.	125
4.1.2.1.3.	Resultados mensuales.....	126
4.1.2.1.3.1.	Balance energético anual del edificio.....	126
4.1.2.1.3.2.	Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.	128
4.1.2.1.3.3.	Evolución de la temperatura.	129
4.1.2.1.3.4.	Resultados numéricos del balance energético por zona y mes.....	129
4.1.2.2.	MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO	131
4.1.2.2.1.	Zonificación climática	131
4.1.2.2.2.	Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.	131
4.1.2.2.2.1.	Agrupaciones de recintos.	131

4.1.2.2.2.	Perfiles de uso utilizados.....	133
4.1.2.2.3.	Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.....	134
4.1.2.2.3.1.	Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.	134
4.1.2.2.3.2.	Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.....	136
4.1.2.2.3.3.	Composición constructiva. Puentes térmicos.....	139
4.1.2.2.3.4.	Procedimiento de cálculo de la demanda energética.....	140
4.1.3.	DB HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS.....	141
4.1.3.1.	EXIGENCIA BÁSICA HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS.....	142
4.1.3.2.	ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	142
4.1.3.3.	JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS TÉCNICAS DEL RITE.....	142
4.1.4.	DB HE 4 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	143
4.1.4.1.	OBJETO DEL PROYECTO.....	144
4.1.4.2.	EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	144
4.1.4.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DONDE SE INSTALARÁN LOS CAPTADORES. ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS.....	144
4.1.4.4.	TIPO DE INSTALACIÓN.....	145
4.1.4.5.	CAPTADORES. CURVAS DE RENDIMIENTO.....	145
4.1.4.6.	DISPOSICIÓN DE LOS CAPTADORES.....	145
4.1.4.7.	FLUIDO CALOPORTADOR.....	146
4.1.4.8.	DEPÓSITO ACUMULADOR.....	147
4.1.4.8.1.	Volumen de acumulación.....	147
4.1.4.8.2.	Conjuntos de captación.....	147
4.1.4.9.	ENERGÍA AUXILIAR.....	147
4.1.4.10.	CIRCUITO HIDRÁULICO.....	148
4.1.4.10.1.	Bombas de circulación.....	148
4.1.4.10.2.	Tuberías.....	148
4.1.4.10.3.	Vaso de expansión.....	148
4.1.4.10.4.	Purgadores.....	148
4.1.4.10.5.	Sistema de llenado.....	148
4.1.4.10.6.	Sistema de control.....	149
4.1.4.11.	DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	149
4.1.4.11.1.	Montaje de los captadores.....	149
4.1.4.11.2.	Tuberías.....	149
4.1.4.11.3.	Válvulas.....	149

4.1.4.11.4.	Vaso de expansión.....	150
4.1.4.11.5.	Aislamientos.....	151
4.1.4.11.6.	Purga de aire	151
4.1.4.11.7.	Sistema de llenado.....	151
4.1.4.11.8.	Sistema eléctrico y de control.....	152
4.1.4.11.9.	Sistemas de protección.....	152
4.1.4.11.9.1.	Protección contra sobrecalentamientos	152
4.1.4.11.9.2.	Protección contra quemaduras	153
4.1.4.11.9.3.	Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas 153	
4.1.4.11.9.4.	Resistencia a presión	153
4.1.4.11.9.5.	Prevención de flujo inverso.....	153
4.1.4.12.	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN	153
4.1.4.12.1.	Condiciones climáticas.....	153
4.1.4.12.2.	Condiciones de uso.....	154
4.1.4.13.	CÁLCULOS Y DIMENSIONADO	155
4.1.4.13.1.	Diseño del sistema de captación.....	155
4.1.4.13.1.1.	Captadores. Curvas de rendimiento	155
4.1.4.13.1.2.	Conjuntos de captación	156
4.1.4.13.1.3.	Determinación de la radiación	156
4.1.4.13.1.4.	Dimensionamiento de la superficie de captación	157
4.1.4.13.1.5.	Cálculo de la cobertura solar	157
4.1.4.13.1.6.	Diseño del sistema intercambiador-acumulador	157
4.1.4.13.2.	Diseño del circuito hidráulico.....	158
4.1.4.13.2.1.	Cálculo del diámetro de las tuberías.....	158
4.1.4.13.2.2.	Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación	158
4.1.4.13.2.3.	Bomba de circulación	159
4.1.4.13.2.4.	Vaso de expansión	160
4.2.	DOCUMENTO BÁSICO DE SALUBRIDAD	162
4.2.3.	DB HS-3 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.....	162
4.2.3.1.	ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	163
4.2.3.2.	CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS.....	163
4.2.3.3.	DISEÑO.....	164
4.2.3.3.1.	Condiciones generales del sistema de ventilación	164
4.2.3.3.1.1.	Viviendas.....	164
4.2.3.3.2.	Condiciones particulares de los elementos	165

4.2.3.3.2.1.	Aberturas y bocas de ventilación	165
4.2.3.3.2.2.	Conductos de admisión	166
4.2.3.3.2.3.	Conductos de extracción para ventilación mecánica	166
4.2.3.3.2.4.	Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores	167
4.2.3.3.2.5.	Ventanas y puertas exteriores	167
4.2.3.4.	DIMENSIONADO	167
4.2.3.4.1.	Aberturas de ventilación.....	167
4.2.3.4.2.	Conductos de extracción.....	168
4.2.3.4.2.1.	Conductos de extracción para ventilación mecánica	168
4.2.3.4.2.2.	Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores	168
4.2.3.4.2.3.	Ventanas y puertas exteriores	169
4.2.3.5.	RESULTADO DEL CÁLCULO DE CAUDAL NECESARIO EN CADA ESTANCIA	169
4.3.	REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS.....	172
4.3.1.	EXIGENCIAS TÉCNICAS.....	173
4.3.1.1.	EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE	173
4.3.1.1.1.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1	173
4.3.1.1.2.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2.....	174
4.3.1.1.2.1.	Categorías de calidad del aire interior	174
4.3.1.1.2.2.	Caudal mínimo de aire exterior.....	174
4.3.1.1.2.3.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3	175
4.3.1.1.2.4.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4	175
4.3.1.2.	EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	175
4.3.1.2.1.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1	175
4.3.1.2.1.1.	Generalidades	175
4.3.1.2.1.2.	Cargas térmicas	175
4.3.1.2.1.2.1.	Cargas máximas simultáneas.....	175
4.3.1.2.1.2.2.	Resumen de los resultados para conjuntos de recintos	185
4.3.1.2.1.2.3.	Cargas parciales y mínimas.....	185
4.3.1.2.2.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2	186
4.3.1.2.2.1.	Aislamiento térmico en redes de tuberías	186

4.3.1.2.2.1.1.	Introducción	186
4.3.1.2.2.1.2.	Tuberías en contacto con el ambiente exterior	186
4.3.1.2.2.1.3.	Tuberías en contacto con el ambiente interior	187
4.3.1.2.2.1.4.	Pérdida de calor en tuberías.....	188
4.3.1.2.2.2.	Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos	189
4.3.1.2.2.3.	Eficiencia energética de los motores eléctricos.....	191
4.3.1.2.2.4.	Redes de tuberías	191
4.3.1.2.3.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3.....	191
4.3.1.2.3.1.	Generalidades	191
4.3.1.2.3.2.	Control de las condiciones termohigrométricas.....	191
4.3.1.2.3.3.	Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización	192
4.3.1.2.4.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5	192
4.3.1.2.4.1.	Recuperación del aire exterior	192
4.3.1.2.4.2.	Zonificación	194
4.3.1.2.5.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6	194
4.3.1.2.6.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7	195
4.3.1.2.7.	Lista de los equipos consumidores de energía.....	195
4.3.1.3.	EXIGENCIA DE SEGURIDAD	197
4.3.1.3.1.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.....	197
4.3.1.3.1.1.	Condiciones generales	197
4.3.1.3.1.2.	Salas de máquinas.....	197
4.3.1.3.1.3.	Chimeneas	197
4.3.1.3.2.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.....	197
4.3.1.3.2.1.	Alimentación.....	197
4.3.1.3.2.2.	Vaciado y purga.....	198
4.3.1.3.2.3.	Expansión y circuito cerrado.....	198
4.3.1.3.2.4.	Dilatación, golpe de ariete, filtración	198
4.3.1.3.2.5.	Conductos de aire	198
4.3.1.3.3.	Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.	199

4.3.1.3.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.....	199
4.4. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE	200
4.4.1. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE. CONDUCTOS	201
4.4.2. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE. DIFUSORES Y REJILLAS.....	202
4.4.3. SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA. TUBERÍAS.....	203
4.4.4. EMISORES DE CALEFACCIÓN.....	204
4.4.5. SISTEMAS DE SUELO RADIANTE	204
4.4.5.1. Bases de cálculo	204
4.4.5.1.1. Cálculo de la carga térmica de los recintos	204
4.4.5.1.2. Localización de los colectores.....	206
4.4.5.1.3. Diseño de circuitos. Cálculo de longitudes	206
4.4.5.1.4. Cálculo de la temperatura de impulsión del agua.....	207
4.4.5.1.5. Cálculo del caudal de agua de los circuitos.....	209
4.4.5.2. Dimensionado.....	209
4.4.5.2.1. Dimensionado del circuito hidráulico	209
4.4.5.2.2. Selección de la caldera o bomba de calor	210
4.4.6. ANEXO A: NORMA UNE-EN 1264.....	211

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: Estructura de consumo medio de los hogares emplazados en el atlántico norte según usos energéticos (Fuente: Proyecto Sech-Spahousec, Análisis del consumo energético del sector residencial en España, Informe final. IDAE).

IMAGEN 2: Estructura de consumos según fuentes de energía (Fuente: Proyecto Sech-Spahousec. Análisis del consumo energético del sector residencial en España, Informe final. IDAE)

IMAGEN 3: Consumo energético España – Unión Europea (Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2016)

IMAGEN 4: Localización de la vivienda (Fuente: Google Maps)

IMAGEN 5: Fachada principal (Este), (Fuente: elaboración propia)

IMAGEN 6: Fachada Sur, Calle diego Delicado. (Fuente: elaboración propia)

IMAGEN 7: Referencia catastral de la vivienda (Fuente: Sede electrónica del catastro)

IMAGEN 8: Vista en planta de la vivienda (Fuente: elaboración propia)

IMAGEN 9: Encuentro de muro de mampostería de granito y ventana con contra de madera, planta baja (Fuente: elaboración propia)

IMAGEN 10: Estructura de madera de cubierta (Fuente: elaboración propia)

IMAGEN 11: Cubierta de teja cerámica plana a tres aguas. (Fuente: Elaboración propia)

IMAGEN 12: Ventana abocinada, formada por carpintería metálica fachada Sur. (Fuente: Elaboración propia)

IMAGEN 13: Escalera de madera que da acceso a la planta bajo cubierta (Fuente: elaboración propia)

IMAGEN 14: Caja General de Protección, ubicada sobre la puerta de la fachada Sur (Fuente: elaboración propia)

IMAGEN 15: Contadores eléctricos (Fuente: Elaboración propia)

IMAGEN 16: Cuadros eléctricos (Fuente: Elaboración propia)

IMAGEN 17: Calificación energética (Fuente: Programa informático CE3X)

IMAGEN 18: Transmitancia de los diferentes elementos que forman la envolvente. (Fuente: programa informático CE3X)

IMAGEN 19: Altura máxima de la edificación B+2P (III) según PXOM (Fuente: Recorte plano 3.9 PXOM de Riveira)

IMAGEN 20: Estabilización de fachada mediante sistema Soldier (Fuente: <http://www.alquiansa.es>)

IMAGEN 21: Forjado sanitario (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

IMAGEN 22: Forjado sanitario (Fuente: DAU, documento de adecuación al uso 14/086 A)

IMAGEN 23: Método de electroósmosis activa (Fuente: <http://humeingenieria.es/blog/soluciones-electrofisicasa-la-humedad-capilar/>)

IMAGEN 24: Muro mampostería + trasdosado autoportante libre en planta baja (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

IMAGEN 25: Cerramiento bajo cubierta (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

IMAGEN 26: Reparación de cabeza de viga mediante el método BETA (Fuente: Manual para rehabilitar en Galicia)

IMAGEN 27: Detalle de forjado mixto madera-hormigón (Fuente: Tecnalía bloques en CAD y elaboración propia).

IMAGEN 28: Detalle de arriostamiento del forjado al muro de mampostería (Fuente: Tecnalía bloques en CAD y elaboración propia).

IMAGEN 29: Forjado 1ª Planta (Vivienda-Local comercial) (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

IMAGEN 30: Forjado de cubierta (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

IMAGEN 31: Características del marco de ventana madera-aluminio modelo UNI_ONE TERMOESCUDO (Fuente: Catálogo UNI_ONE, la ventana contemporánea).

IMAGEN 32: Características técnicas vidrio CLIMALIT PLUS, (Fuente: catálogo SAINT-GOBAIN BUILDING GLASS, CLIMALIT PLUS).

IMAGEN 33: Tabiques divisorios interior vivienda (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

IMAGEN 34: Bomba de calor modelo Genia Air 8, características técnicas (Fuente: Ficha técnica Genia Air, Saunier Duval)

IMAGEN 35: Placa solar auro-THERM VFK, marca Vaillant (Fuente: Catálogo Vaillant, energía solar térmica)

IMAGEN 36: Geometría y características de los captadores solares (Fuente: Hoja Excel, Autor: Oscar Redondo Rivera)

IMAGEN 37: Características suelo radiante (Fuente: Ficha técnica suelo radiante Saunier Duval).

IMAGEN 38: Esquema simplificado de la instalación para calefacción y ACS (Aerotermia + Suelo radiante + Captador solar (Fuente: Elaboración propia)

IMAGEN 39: Esquema simplificado de las componentes del sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor (Fuente: Catálogo S&P)

IMAGEN 40: Características técnicas recuperador de calor marca S&P, modelo IDEO2 325 ECOWAT (Fuente: Catálogo S&P)

IMAGEN 41: Energía producida por aerogenerador Bornay 600 y alzado del aerogenerador (Fuente: Catálogo aerogeneradores Bornay)

IMAGEN 42: Esquema simplificado de la instalación de aporte de energía mediante paneles fotovoltaicos y minieólico (Fuente: Elaboración propia)

IMAGEN 43: Caldera de pellets por aire, modelo PELLETS AIRE INSERT 11 (Fuente: Catálogo MET MANN Estufas de pellets)

IMAGEN 44: Esquema simplificado de la instalación de calefacción mediante estufa de pellets por aire (Fuente: Elaboración propia).

IMAGEN 45: Esquema simplificado de la instalación de climatización con recuperador de calor(Fuente: Elaboración propia).

IMAGEN 46: Producción de electricidad media de un panel de 335 kWp (Fuente: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>)

IMAGEN 47: Panel fotovoltaico para aporte de energía eléctrica de 335 W (Fuente: Ficha técnica SunPower® P-Series: P19-335-BLK)

IMAGEN 48: Calificación energética local comercial (Fuente: Programa CE3X).

IMAGEN 49: Calificación energética vivienda unifamiliar (Fuente: Programa CE3X).

IMAGEN 50: Cuadro comparativo entre la eficiencia energética del estado actual y del reformado (Fuente: Programa CE3X).

IMAGEN 51: Resumen de resultados del estudio de arquitectura pasiva para viviendas en Galicia (Fuente: Aplicación informática PASIVGAL, <http://igvs.xunta.gal>).

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Agentes intervinientes

TABLA 2: Superficie planta baja

TABLA 3: Superficies primera planta.

TABLA 4: Superficies segunda planta.

TABLA 5: Superficies planta bajo cubierta.

TABLA 6: Superficies total edificación

TABLA 7: Resumen de patologías y su localización

TABLA 8: Parámetros de la edificación

TABLA 9: Superficies zapatería.

TABLA 10: Superficies vivienda unifamiliar, planta baja.

TABLA 11: Superficies vivienda unifamiliar, primera planta.

TABLA 12: Superficies vivienda unifamiliar, segunda planta.

TABLA 13: Superficies vivienda unifamiliar, planta bajo cubierta

TABLA 14: Superficies edificación.

TABLA 15: Consumos eléctricos de la vivienda

TABLA 16: Consumos eléctricos del local comercial

TABLA 17: Resumen técnicas de intervención

TABLA 18: Aplicación de los Documentos Básicos de CTE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO

El técnico que suscribe redacta lo siguiente:

El presente Proyecto Básico y Proyecto de Ejecución tiene por objeto la rehabilitación energética de una edificación para su conversión en un edificio de consumo casi nulo, con el fin de dotarla para la funcionalidad de vivienda unifamiliar en plantas superiores y local comercial en la planta baja, situada en Rúa Diego Delicado, nº3, Santa Eugenia de Riveira-A Coruña.

Se proyecta, por tanto, el acondicionamiento de la edificación, con sus accesos, división de espacios, instalaciones, medidas de seguridad y obras a efectuar, con el fin de contrastar todo ello, con las distintas normativas actuales y, solicitar los correspondientes permisos de obra y apertura del establecimiento al Ayuntamiento de Riveira.

TÍTULO DEL PROYECTO: AUDITORIA Y REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN INMUEBLE SITUADO EN RIVEIRA PARA SU CONVERSIÓN EN UN EDIFICIO DE CONSUMO CASI NULO.

Como el propio nombre del proyecto indica, se trata de una rehabilitación energética, por tanto, no solo se pretende mejorar la vivienda en cuanto a su habitabilidad, sus condiciones estéticas, sus instalaciones o constructivamente, sino que tiene una finalidad sostenible, en la cual trataré de reducir el consumo de energía de la vivienda, disminuyendo de esta forma las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En definitiva, una **rehabilitación energética** es el proceso por el que se realizan reformas en una edificación o vivienda para la reducción del consumo energético con relación al que tenía antes de las obras y así conseguir una disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera, intentando sobre la vivienda en estudio disminuir estas emisiones lo máximo posible y por consiguiente obtener un **edificio de consumo de energía casi nulo**; el cual se define como un “edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, [...]”. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”¹.

Para lograr estos objetivos nos centraremos en la mejora de la envolvente de la edificación, pues como es obvio, la energía se va perdiendo a través de ella. Por otra parte se estudiará de manera detallada las instalaciones a implantar, siendo estas la segunda pieza fundamental para alcanzar el confort energético. Tras dichas mejoras

¹ Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios, pág. L 153/18

se reducirá la demanda energética consiguiendo una edificación más sostenible y con un consumo bajo de energía.

1.2. ANTECEDENTES NORMATIVOS SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La dependencia energética europea del exterior para la generación de energía ha llevado a tomar medidas, estableciendo un control de la energía en Europa y mejorando la eficiencia energética.

Para lograr comprender la normativa actual debemos hacer mención a la evolución histórica que ésta ha sufrido en cuanto a eficiencia energética en edificios.

La primera normativa española nace en el año 1979 y obliga a la colocación de un aislamiento térmico en las obras de nueva construcción, ésta fue la NBE CT-79, una norma básica de condiciones térmicas en los edificios. Esta normativa está basada en una norma Alemana.

En el año 1980 apareció RICCA, un reglamento sobre instalaciones de calefacción, climatización y ACS. Este reglamento define las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para poder obtener un uso adecuado de la misma y conseguir proteger el Medio Ambiente. Es la primera normativa en la historia que regula las instalaciones térmicas en los edificios.

La primera Directiva europea es la Directiva 93/76/CEE (SAVE), la cual se crea en el año 1993; ésta obliga a los estados miembros a tomar medidas respecto al consumo energético y propone realizar la certificación de viviendas para informar a los usuarios.

En el año 1998 nace en España una normativa muy importante que regula las instalaciones tanto eléctricas como térmicas de los edificios, el RITE, Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios. Deroga al anterior reglamento RICCA. Nace el CALENER, primer software informático para realizar la calificación energética de una vivienda, basada en la directiva SAVE.

En el año 2002 se crea la Directiva 2002/91/CE, DEEE, de eficiencia energética en edificios, y como plazo máximo debe de estar adaptada en países miembro cuatro años después, cuando España en Enero del 2006 transpone la directiva a través del Documento Básico de Ahorro de Energía (HE) del Código Técnico de la Edificación, y el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE). Este documento establece unas exigencias en la disminución de la demanda de energía, mejoras en la eficiencia energética de las instalaciones térmicas e iluminación, así como la aportación de un mínimo de energías renovables, para la producción de agua caliente sanitaria y eléctrica. Este documento introduce unas mejoras de entre el 25% y el 30% en la demanda de energía.

La Directiva 2004/8/CE relativa al fomento de la cogeneración, por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE, se adoptó en febrero de 2004 para apoyar el desarrollo y el uso de la cogeneración o producción combinada de calor y electricidad (PCCE) en la UE.

La Directiva 2006/32/CE sobre servicios energéticos (DSE), por la que se deroga la Directiva 93/76/CEE del Consejo, alienta a los Estados miembros a mejorar la eficiencia del uso final de la energía y a explotar el potencial de ahorro energético rentable de una manera económicamente viable.

En el año 2006 aparece el Real Decreto 314/2006, que da lugar al Código Técnico de la Edificación supuso un intento de unificar las normativas sobre la eficiencia energética en edificios consecuencia de la aplicación de la LOE. Provocó la derogación de las NBE y ha introducido numerosos aspectos para el ahorro y la eficiencia en la edificación. Consta de distintos documentos básicos o DB, siendo los más representativos para la eficiencia energética:

- DB HE: Documento Básico de Ahorro de Energía.
- DB HS: Documento Básico de Salubridad.

Durante este año nace el software que cumple con los requisitos establecidos por el CTE, el LIDER, Limitación de Demanda Energética. Utilizado para analizar el aislamiento, la inercia térmica y la radiación que incide en los huecos, verificando que se cumplen los parámetros mínimos.

En el año 2007 se crea el nuevo RITE, aprobado por el Real Decreto 1027/1997, derogando al anterior RITE aprobado por el Real Decreto 1751/1998.

También en el año 2007 se aprueba el Real Decreto 47/2007 sobre la Certificación energética de los edificios, estableciendo una etiqueta que explica la calificación energética de los edificios y el proceso para obtenerla. Esta obliga a certificar los edificios de nueva planta y los edificios a los que se le aplican grandes reformas.

En el año 2010 aparece una nueva Directiva 2010/31/UE, sobre eficiencia energética en los edificios. Pretende establecer un método de cálculo de eficiencia energética en edificios de nueva construcción y aquellos con reformas profundas; introduce el concepto de edificios de consumo energético casi nulo y establece unas fechas para su aplicación (31 de Diciembre de 2020) a todos los nuevos edificios. Por otra parte, desarrolla el Certificado de Eficiencia Energética y se establecen unas inspecciones para calderas y aire acondicionado. Derogada en parte a la Directiva 2002/91/CE.

En 2012 se publica Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética establece un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión Europea para asegurar el objetivo principal de eficiencia energética de un 20 % de ahorro para 2020. La directiva establece unas medidas mínimas que cada Estado miembro desarrollará según sus propias circunstancias y leyes. Es muy importante la inclusión de los proveedores de servicios energéticos que prestarán servicios para mejorar la eficiencia energética de una instalación o inmueble.

El 5 de abril de 2013 se publica el Real Decreto 235/2013, el cual deroga al Real Decreto 47/2007; por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios o viviendas tanto para su alquiler, venta o nueva construcción, cuyo objetivo es fomentar el ahorro y la eficiencia, así como que

se pueda valorar y comparar los edificios, con el fin de favorecer la promoción de aquellos que tengan alta eficiencia y las inversiones en ahorro de energía.

En marzo 2014 entra en vigor el nuevo DB-HE del Código Técnico de la Edificación, que establece unos valores más exigentes en la transmitancia térmica de la fachada.

Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. Tiene por objeto el establecimiento de un marco normativo que desarrolle e impulse actuaciones dirigidas a la mejora de la eficiencia energética de una organización, a la promoción del ahorro energético y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, que permitan contribuir a los objetivos de la Unión Europea en materia de eficiencia energética.

En lo referente a la comunidad Autónoma de Galicia, entra en vigor el 25 de Agosto de 2016 el Decreto 128/2016 por el que se regula la certificación energética de edificios en la Comunidad Autónoma de Galicia. A través de la aprobación de este Decreto se pretende el desarrollo por parte de la Comunidad Autónoma de Galicia del Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, el cual, a su vez, transponía al ordenamiento español la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Como novedad la nueva normativa, tanto estatal como autonómica, regula la eficiencia energética tanto de edificios de nueva construcción como de los existentes.

Real Decreto 564/2017, de 2 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Las modificaciones se centran en las exclusiones del ámbito de aplicación y en los edificios de consumo de energía casi nulo, remitiendo al CTE para la determinación de los requisitos mínimos. El Real Decreto 235/2013 por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, deroga al RD 47/2007 y obliga a los propietarios de edificios existentes a certificarlo en algunas ocasiones. Tiene régimen sancionador si no se certifica al venderlo o arrendarlo, o si se realizan certificaciones al alza.

Actualización de la estrategia de eficiencia energética en España (ERESEE 2017). En cumplimiento de lo establecido por el artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE, sobre Eficiencia Energética, el Ministerio de Fomento ha remitido a la Comisión Europea la actualización de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España elaborada por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. El documento realiza nuevas propuestas respecto a la estrategia presentada en 2014 y son la mejora de la coordinación entre ministerios con competencias en la materia, el fomento de las campañas de comunicación e información sobre eficiencia energética edificatoria y la colaboración público-privada. El documento confirma que se ha reducido el consumo de energía en el sector de la edificación y que la evolución del número de edificios y viviendas rehabilitadas es

también positiva, presentando datos que permiten afirmar que el sector de la rehabilitación ha experimentado un crecimiento sostenido durante los años 2014, 2015 y 2016.

En junio de 2017 existe una actualización del DB-HE y del DB-HS a partir de la Orden FOM/588/2017. Esta modificación viene derivada de la necesidad de dar respuesta al Dictamen motivado abierto por la Comisión Europea por una incorrecta trasposición de España de la Directiva 2010/31/UE, y tiene los siguientes objetivos concretos:

- Adaptar su contenido a lo establecido en la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 de eficiencia energética de los edificios.
- Converger con el procedimiento para la certificación energética de edificios definido en el Documento Reconocido de “Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios”.

En 2018 se publica la última y actual Directiva (UE) 2018/844, la cual modifica las Directivas 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, y la 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética. El objetivo principal de esta nueva Directiva es acelerar la renovación rentable de los edificios existentes, más específicamente, introduce sistemas de control y automatización de edificios como alternativa a las inspecciones físicas, e introduce un indicador de inteligencia para evaluar la preparación tecnológica del edificio. Por tanto, establece un sistema energético, sostenible, competitivo y descarbonizado de aquí a 2050, facilitando la transformación económicamente rentable de los edificios existentes en edificios de consumo de energía casi nulo.

Por último cabe destacar, que el pasado 22 de Febrero de 2019 se aprobó el borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC). Este documento lo han de entregar todos los Estados miembro para que la UE pueda planificar el cumplimiento de sus objetivos y metas en materia de cambio climático en coherencia con el Acuerdo de París, define los objetivos nacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la incorporación de energías renovables y medidas de eficiencia energética, entre otras cuestiones. Los principales resultados que alcanza el PNIEC son:

- 21% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 42% de renovables sobre el consumo total de energía final, para toda la UE.
- 39,6% de mejora de la eficiencia energética.
- 74% renovable en la generación eléctrica

1.3. CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SECTOR RESIDENCIAL

La concentración de CO₂ de origen antropogénico está aumentando por la utilización intensiva de combustibles fósiles y como consecuencia se está produciendo un aumento de la temperatura media terrestre, lo que se conoce como Calentamiento Global. La energía es el motor que hace funcionar al mundo. Ésta se obtiene de diferentes elementos de la naturaleza, que reciben el nombre de fuentes de energía. Según las distintas fuentes de energía ésta se divide en dos tipos:

- Energías renovables: son las que se obtienen de los recursos limpios e inagotables de la naturaleza y son por ejemplo la energía solar, hidráulica, eólica, biomasa, mareomotriz y geotérmica.
- Energías no renovables: son las que sus reservas son limitadas y disminuyen conforme se consumen, sin posibilidad de poder producir más reservas y son el carbón, petróleo, gas natural y uranio.

El sector residencial es un sector clave en el contexto energético actual, tanto nacional como comunitario, debido a la importancia que reviste su necesidades energéticas, que en España las necesidades energéticas, en términos de energía final, significan el 17% del consumo final total y el 25% de la demanda de energía eléctrica, y al 25% y 29% a nivel de la UE27. Todo ello debido a diversos factores como el incremento del número de hogares, el mayor confort requerido por los mismos y, en consecuencia, el aumento de equipamiento. [...] El consumo medio de un hogar español es de 10.521 kWh al año (0,038TJ), siendo predominantes, en términos de energía final, el consumo de combustibles, 1,8 veces superior al consumo eléctrico. El 62% del consumo eléctrico se corresponde con los electrodomésticos, y en menor medida a la iluminación, cocina y los servicios de calefacción y agua caliente. [...] Cabe mencionar que las viviendas unifamiliares son las más consumidoras, consumen 2 veces más que los pisos.²

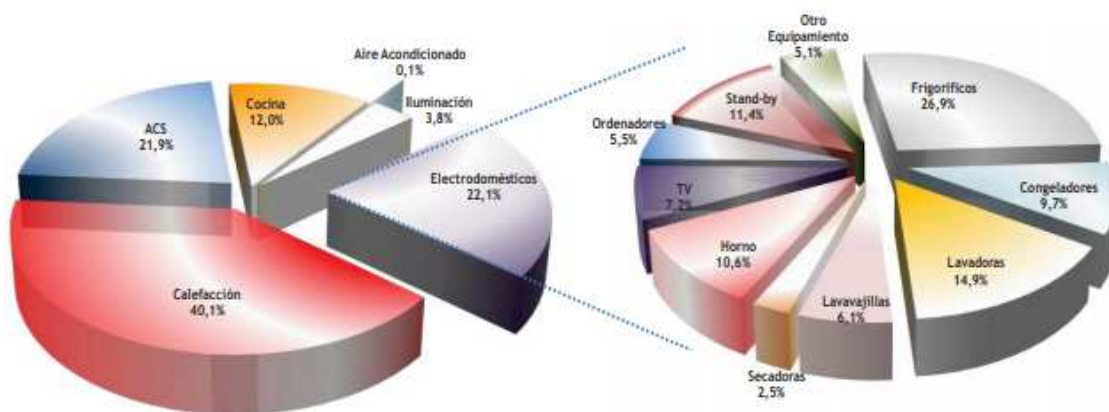


IMAGEN 1: Estructura de consumo medio de los hogares emplazados en el atlántico norte según usos energéticos (Fuente: Proyecto Sech-Spahousec, Análisis del consumo energético del sector residencial en España, Informe final. IDAE).

El consumo energético en España depende de la zona climática donde se situó la vivienda, dividiéndose en tres zonas, Atlántico Norte, Continental y Mediterráneo, así

² Proyecto Sech-Spahousec, Análisis del consumo energético del sector residencial en España, Informe final. IDEA, 16 de julio de 2011, pág 3 y 55.

como de su tipología edificatoria, vivienda unifamiliar o bloque de viviendas, en el caso en estudio del presente proyecto la vivienda se encuentra en Galicia, por tanto le corresponde la zona climática del Atlántico Norte, siendo esta la de menor consumo energético.

El consumo medio de los hogares emplazados en la zona Atlántico norte es de 10.331 kWh al año (0,037 TJ), presentando una estructura por servicios/ usos similar a la nacional, con pequeñas diferencias en la calefacción y del aire acondicionado, derivado de una mayor suavidad de las temperaturas, y con consumos en cocina y en agua caliente sanitaria son ligeramente superiores.

La estructura de abastecimiento energético presenta también similitudes con la media nacional, aunque se constata una menor contribución de las energías renovables, que se encuentran básicamente basadas en la biomasa.

El consumo del sector residencial está basado en dos terceras partes en combustible, mayoritariamente productos petrolíferos, gas natural y energías renovables. La presencia de carbón en la estructura de abastecimiento es prácticamente testimonial y las energías renovables adquieren cada vez más peso, con una aportación a la demanda térmica próxima a la de los productos petrolíferos.³

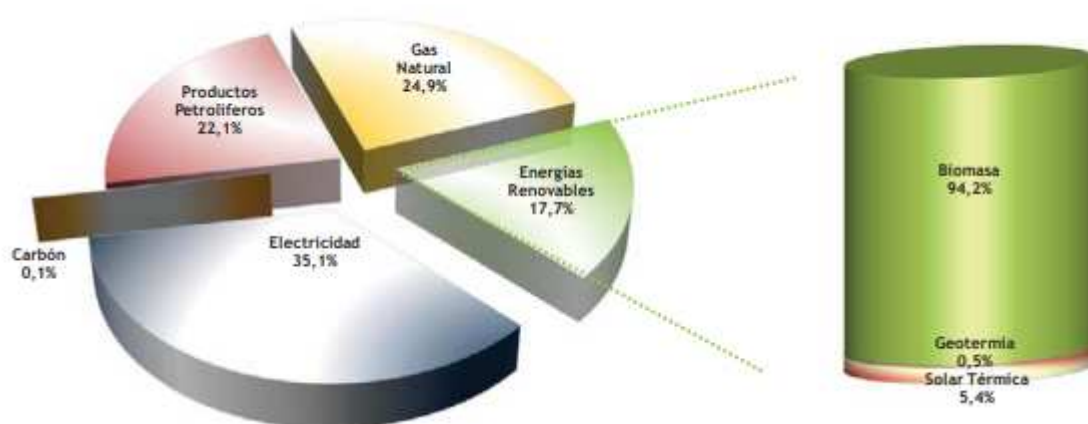


IMAGEN 2: Estructura de consumos según fuentes de energía (Fuente: Proyecto Sech-Spahousec, Análisis del consumo energético del sector residencial en España, Informe final. IDAE)

Por tanto, el sector residencial es un sector clave para la reducción del consumo energético. Para ello, se debe hacer hincapié en implantar medidas para obtener mayor eficiencia energética en los edificios y viviendas, intentando conseguir al mismo tiempo un consumo lo más próximo posible a cero.

Se debe tener consciencia de la necesidad de utilización de las energías renovables, pues éstas, son una fuente inagotable; pueden solucionar los problemas causados en el mundo y los problemas de autogeneración de las energías no renovables, ya que utilizando éstas últimas se contribuye a eliminar los problemas sobre la capa de ozono

³ Proyecto Sech-Spahousec, Análisis del consumo energético del sector residencial en España, Informe final. IDAE, 16 de julio de 2011, pág. 57-60.

y la exposición al ser humano y naturaleza a peligros para la salud y gran generación de residuos tóxicos.

Cabe destacar que en España el 21% de las edificaciones tienen más de 50 años y un 55% tienen una antigüedad superior a 1979, año en el que entró en vigor la NBE CT-79, la primera normativa en regular el consumo energético en los edificios, obligando a la colocación de aislante térmico en la envolvente de la edificación, por tanto más de la mitad de las viviendas en España tienen un altísimo porcentaje de pérdidas energéticas.

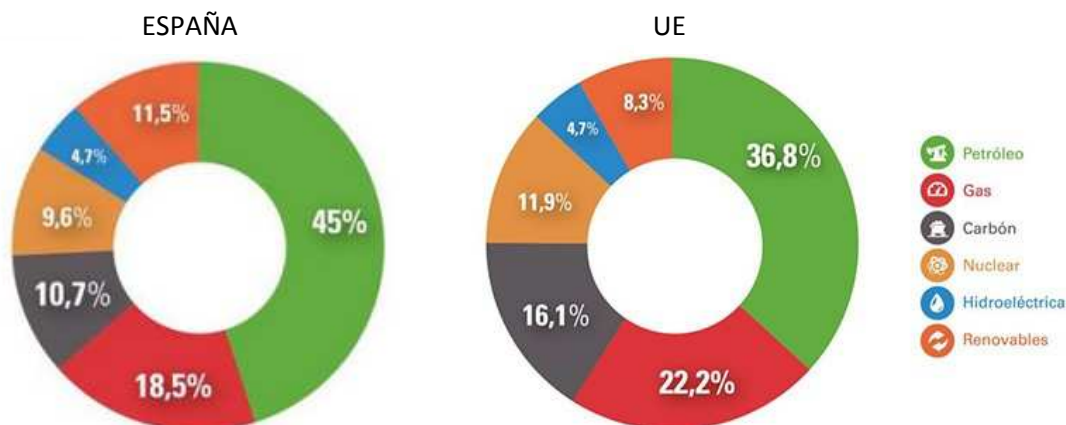


IMAGEN 3: Consumo energético España – Unión Europea (Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2016)

En junio de 2013 entró en vigor la nueva normativa sobre certificación de la eficiencia energética de viviendas. El certificado determina la calidad de la vivienda desde un punto de vista de ahorro energético, desde la A (Favorable) a G (Desfavorable). Es obligatorio para vender o alquilar viviendas y se debe poner a disposición de los compradores o arrendadores de edificios o de parte de los mismos. Su validez es de 10 años.

Cuando han pasado cinco años desde su implantación, alrededor de un 80% de las edificaciones presentan una certificación energética negativa, es decir su calificación es de D o G en consumo y emisiones.

Por todo ello la unión europea ha adquirido una serie de objetivos para el 2020, en la Estrategia Europea de Desarrollo sostenible (objetivo 20/20/20) que se enfocan en la reducción de gases y un incremento del uso de las energías renovables, que presentan los siguientes objetivos:

- 20% de energía a partir de fuentes renovables
- 20% de mejora de eficiencia energética
- 20% de reducción de emisiones de CO₂

Todo este derroche de energía ha provocado que organismos públicos quieran fomentar la reducción del consumo en este sector; y a raíz de ello comienzan a realizarse las Directivas y normativas europeas y españolas comentadas en el apartado anterior.

1.4. CONCEPTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Según la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, define en su artículo 2, apartado 4 la eficiencia energética como:

«**eficiencia energética** del edificio»: cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación⁴.

Por tanto la finalidad de la eficiencia energética es reducir el consumo de energía, aprovechando los recursos naturales. De esta manera nace el concepto de **certificación energética** que es el proceso por el cual se calcula el consumo de energía necesario para satisfacer una edificación en condiciones normales de funcionamiento y ocupación, en dicho proceso se asigna una letra desde la A hasta la G, siendo la A la calificación más favorable; esta viene dada por el consumo de energía y las emisiones de CO₂, las cuales se obtienen por comparativa con unos requisitos mínimos. La Directiva 2010/31/UE la define como:

«**certificado de eficiencia energética**»: certificado reconocido por un Estado miembro, o por una persona jurídica designada por este, en el que se indica la eficiencia energética de un edificio o unidad de este, calculada con arreglo a una metodología [...]»⁵.

Una vez realizada la certificación se obtiene la **etiqueta energética** que es el distintivo que indica el nivel de certificación obtenido por la edificación.

La finalidad de lo expuesto anteriormente es conseguir en la edificación en estudio del presente proyecto la mejor calificación energética posible y así obtener una edificación en la que futuros compradores o arrendatarios sepan cuanto consume su vivienda y lo que se pueden ahorrar con respecto a otras edificaciones; así como su sostenibilidad respecto al medio ambiente reduciendo las emisiones de CO₂ a la atmosfera.

1.5. DOCUMENTOS RECONOCIDOS PARA LA REALIZACIÓN DE CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS

Como se ha comentado en apartados anteriores, la Directiva sobre eficiencia energética de los edificios en vigor es la 2010/31/UE, de 19 de mayo, esta obliga a la

⁴ Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios, pág. L 153/18.

⁵ *Ibíd.*, pág. L 153/18.

realización de un certificado de eficiencia energética para los edificios o unidades de estos, que se construyan, vendan o alquilen. El Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, obliga a la certificación tanto de edificios nuevos como existentes; por consiguiente, en el presente proyecto es obligatorio realizar dicha certificación, la cual se realizará con un programa informático reconocido por los Ministerios de Industria, Energía y turismo y de Fomento, los cuales han encargado al IDAE poner a disposición del público los programas informáticos.

Los documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética de edificios en sus diferentes tipologías de edificios de viviendas unifamiliares, edificios de viviendas en bloque, viviendas individuales pertenecientes a edificios en bloque y edificios terciarios, son los siguientes:

- Procedimiento general con el programa informático de referencia Herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC), de iniciativa pública.
- Procedimiento general con el programa informático CYPETHERM HE plus y SV SAVE, de iniciativa privada.
- Procedimiento simplificado con el programa informático CE3 o CE3X, de iniciativa pública. Existe un complemento al programa CE3X, de iniciativa privada para calificación de eficiencia energética de edificios residenciales de nueva construcción y edificios pequeño y mediano terciarios nueva construcción.
- Procedimiento simplificado con el programa CERMA, de iniciativa privada. Este programa informático no realiza la certificación de edificios terciarios.

Para la certificación energética de la vivienda en estudio se utilizará el procedimiento simplificado con el programa informático CE3X, en su última versión CE3X V – 2.3.

1.6. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

La ubicación y la zona climática son dos factores esenciales para el cálculo del consumo energético.

Según el CTE, el Ayuntamiento de Santa Eugenia de Riveira se encuentra en la **zona climática C1**, este dato es necesario puesto que el consumo energético viene limitado según la zona; y este no debe superar un consumo de energía primaria no renovable respecto un valor límite establecido.

Riveira cuenta con un clima templado, siendo sus temperaturas y precipitaciones medias las siguientes:

- Temperatura media anual 14,8° C
- Mes más cálido es Agosto con un promedio de 19,7 ° C
- Mes más frío es Enero con un promedio de 10,4° C

- Precipitaciones en un total de 1146 mm (siendo Diciembre el mes más lluvioso con un total de 161 mm)

1.7. AGENTES INTERVINIENTES

TABLA 1: Agentes intervinientes

PROMOTOR:	Se redacta el presente proyecto a petición de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, situada en Rúa de Fraga nº27, A Coruña.
PROYECTISTA:	La autora del proyecto es Lorena Maroño Vila, futura Arquitecta Técnica, con D.N.I.: 53487153 D y domicilio en Rúa Galicia nº 30, 3ªA, Santa Eugenia de Riveira (A Coruña), C.P.: 15960.
DIRECTOR DE OBRA:	Se desconoce en el momento de redacción del presente proyecto.
DIRECTOR DE EJECUCIÓN DE OBRA:	Lorena Maroño Vila, futura Arquitecta Técnica, con D.N.I.: 53487153 D y domicilio en Rúa Galicia nº 30, 3ªA, Santa Eugenia de Riveira (A Coruña), C.P.: 15960.
COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD	Lorena Maroño Vila, futura Arquitecta Técnica, con D.N.I.: 53487153 D y domicilio en Rúa Galicia nº 30, 3ªA, Santa Eugenia de Riveira (A Coruña), C.P.: 15960.

2. MEMORIA ESTADO ACTUAL

2.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1.1. DESCRIPCIÓN VIVIENDA

La edificación en estudio de este proyecto es una vivienda unifamiliar tradicional de muros de mampostería granítica, la cual fue construida en el año 1965, en el Ayuntamiento de Santa Eugenia de Riveira (A Coruña), en una zona céntrica, próxima al Ayuntamiento y muy cercana a la Iglesia; a 80 metros de la costa. Ubicada concretamente en Rúa Diego Delicado nº3.

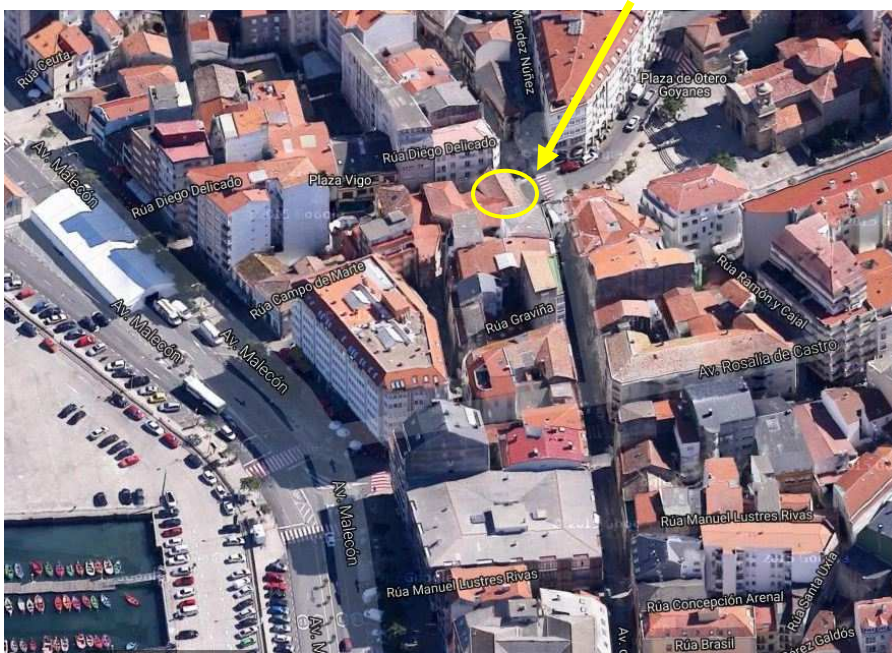


IMAGEN 4: Localización de la vivienda (Fuente: Google Maps)

La geometría de la edificación es rectangular encontrándose orientada al Este. Se trata de una vivienda de cuatro plantas; constituida por planta baja, primera planta, segunda planta y bajo cubierta. La edificación ocupa casi en su totalidad la parcela de 67,96 m², ocupando el inmueble una superficie de 60,13 m² y dejando un pequeño patio de 7,84 m² a la derecha de la misma; el cual da acceso a la vivienda unifamiliar.



IMAGEN 5: Fachada principal (Este), (Fuente: elaboración propia)

La vivienda cuenta en su fachada principal con una galería que transcurre de la primera a la segunda planta, sobresaliendo en la zona central del plano de fachada; cómo podemos apreciar en la imagen. Esta tipología es poco común en la zona donde nos encontramos.

Cuenta con un único balcón, situado en la primera planta de la fachada Sur.



IMAGEN 6: Fachada Sur, Calle Diego Delicado. (Fuente: elaboración propia)

La vivienda está distribuida, como vivienda unifamiliar en las plantas superiores, donde cuenta con una cocina, un baño, un salón, cinco habitaciones y un bajo cubierta destinado a trastero. La planta baja se utilizaba como local comercial, concretamente un café-bar; se puede observar con mayor detalle su distribución en la documentación gráfica adjunta.

Tanto la vivienda como el local comercial se encuentran en desuso desde hace alrededor de 10 años.

De forma genérica, tanto los elementos estructurales como los no estructurales que conforman la edificación en estudio son: muros de carga de mampostería granítica, forjados de madera y todo ello coronado por una cubierta inclinada a tres aguas con estructura de madera y cuyo material de cobertura es de teja cerámica plana. Particiones interiores de ladrillo cerámico sencillo y galería formada por ladrillo cerámico doble.

Debido al abandono por parte de la propiedad del inmueble, nos encontramos con multitud de patologías en los distintos elementos que conforman esta edificación, las cuales se estudiarán con detalle en el apartado correspondiente.

2.1.2. MEMORIA URBANÍSTICA

Según los planos del Plan General de Ordenación Municipal del Ayuntamiento de Riveira, aprobado de forma definitiva el 14 de Enero de 2003, esta parcela situada en Rúa Diego Delicado, nº3, se clasifica como **SUELO URBANO** y se regula a través del artículo 150: Ordenanza 1ª, el cual la clasifica como zonificación **RESIDENCIAL INTENSIVA COLECTIVA EN MANZANA**.

“Art. 150: Ordenanza 1ª.-Residencial intensiva colectiva en manzana.

1. Definición y ámbito:

Comprende esta ordenanza las áreas de suelo con densidad de población alta, destinadas para el uso residencial con plantas bajas destinadas al uso terciario y sótanos a aparcamientos.

Su diseño se apoya sobre la red viaria existente y la que se ha diseñado o completado mediante el presente planeamiento.

Es una ordenanza que se basa principalmente en una única alineación exterior o de manzana, a la que se le adjudica una o varias alturas máximas de cornisa en atención a la diferencia de cotas del viario.”

En dicho artículo nos menciona las obras admisibles en dicha zonificación, entre las cuales se incluyen las necesarias para la realización del presente proyecto, que son las siguientes:

“1.1. Son admisibles todo tipo de obra de:

- Demolición
- Reforma
- Ampliación
- Nueva planta”

- REFERENCIA CATASTRAL: **0815404NH0101N0001EF**

En la siguiente imagen se pueden ver los datos de la vivienda según el catastro.

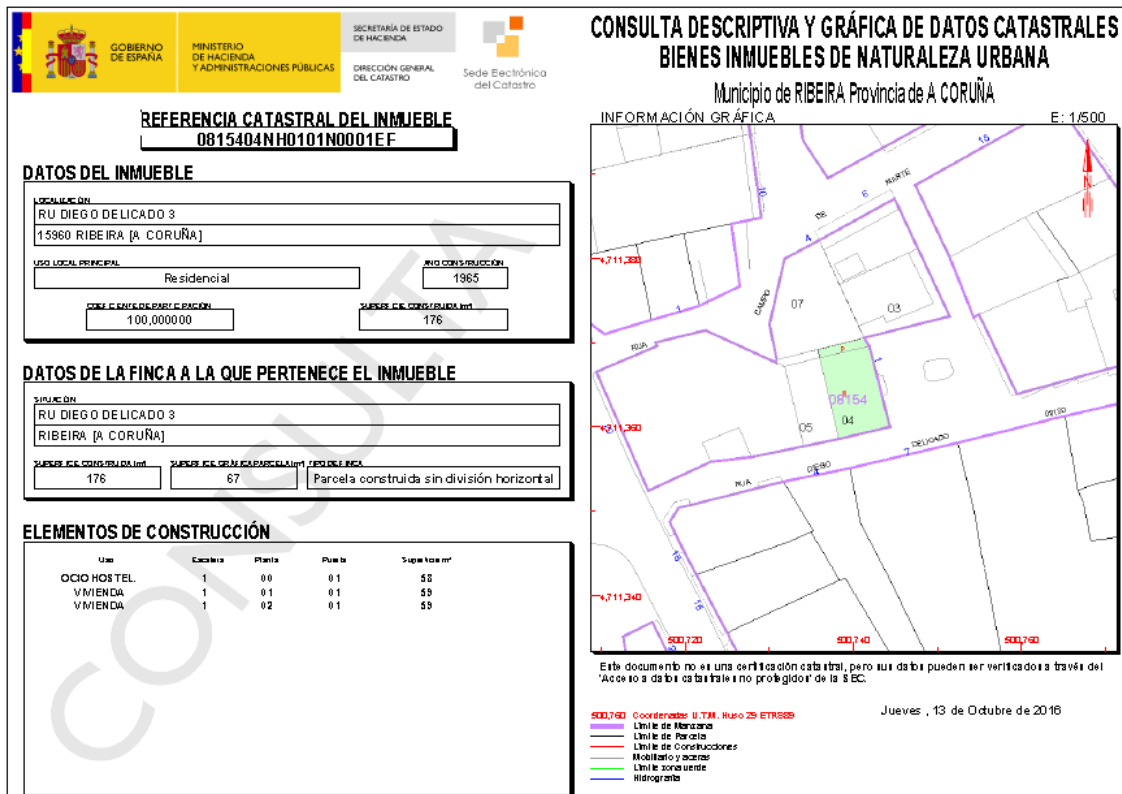


IMAGEN 7: Referencia catastral de la vivienda (Fuente: Sede electrónica del catastro)

Se puede observar con mayor detalle la referencia catastral en los anexos de ésta memoria.

2.1.3. SUPERFICIES

A continuación se describen las superficies por planta de la vivienda, así como las superficies totales:

TABLA 2: Superficies plata baja

SUPERFICIES PLANTA BAJA	
Estancia 1	35,07 m ²
Aseo	1,55 m ²
Estancia 2	1,50 m ²
Entrada	1,96 m ²
Escalera	3,05 m ²
Patio entrada*	7,84 m ²
SUPERFICIE ÚTIL	43,13 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	60,12 m ²

*La superficie del patio no se contabiliza ni como superficie útil ni como construida, pues se trata de un patio descubierto.

TABLA 3: Superficies primera planta.

SUPERFICIES PRIMERA PLANTA	
Pasillo	6,38 m ²
Baño	5,02 m ²
Habitación 1	11,56 m ²
Salón	9,13 m ²
Cocina	8,73 m ²
Escalera PB-P1^a	1,91 m ²
Escalera P1^a-P2^a	4,03 m ²
Galería	2,36 m ²
Balcón	0,73 m ²
SUPERFICIE ÚTIL *	48,31 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	63,13 m ²

*En la superficie útil se ha contabilizado el 50% de la superficie del balcón y de la galería, como así lo estipula la Ley 8/2012, de 9 de junio, de vivienda de Galicia, en su artículo 4. Glosario, donde se define como "superficie útil de la vivienda la superficie del suelo de la vivienda, delimitada por la cara interna de los elementos de cierre con el exterior o de separación con otras viviendas o locales colindantes, de acuerdo con las siguientes reglas:

– Se incluirá en la superficie útil la mitad de la que corresponda a espacios exteriores como balcones, terrazas, galerías o tendaderos que sean de propiedad o de uso privativo de las personas titulares de la vivienda, hasta un máximo del 10 % de la superficie útil cerrada."

TABLA 4: Superficies segunda planta.

SUPERFICIES SEGUNDA PLANTA	
Pasillo	4,03 m ²
Habitación 2	6,72 m ²
Habitación 3	9,43 m ²
Vestíbulo	11,36 m ²
Habitación 4	6,30 m ²
Habitación 5	6,06 m ²
Escalera P1^a-P2^a	1,37 m ²
Escalera P2^a-PBC	1,96 m ²
Galería	2,36 m ²
SUPERFICIE ÚTIL *	48,41 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	62,29 m ²

*En la superficie útil se ha contabilizado el 50% de la galería, como así lo estipula la Ley 8/2012, de 9 de junio, de vivienda de Galicia, en su artículo 4. Glosario.

TABLA 5: Superficies planta bajo cubierta.

SUPERFICIES PLANTA BAJO CUBIERTA	
Desván	8,87 m ²
Escaleras	1,64 m ²
SUPERFICIE ÚTIL *	10,51 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	60,13 m ²

*En la planta bajo cubierta, se ha tomado como superficie útil los metros cuadrados en los cuales la altura es mayor de 1,80 m, como así lo estipula la Ley 8/2012, de 9 de junio, de vivienda de Galicia, en su artículo 4. Glosario, donde dice:
 “Quedan excluidas de la superficie útil las zonas en las que la altura libre de construcción no alcance 1,80 metros.”

TABLA 6: Superficies total edificación

SUPERFICIES TOTAL EDIFICACIÓN		
PLANTA	SUPERFICIE ÚTIL	SUPERFICIE CONSTRUIDA*
BAJA	43,13 m²	60,12 m²
PRIMERA	48,31 m²	63,13 m²
SEGUNDA	48,41 m²	62,29 m²
BAJO CUBIERTA	10,51 m²	60,13 m²
TOTAL	150,36 m²	245,67 m²

*Para la superficie construida se tendrá en cuenta lo definido en el PXOM como edificabilidad, el cual define en su artículo 90. Condiciones de la parcela como:

“Superficie de ocupación: Es la superficie comprendida dentro de los límites definidos por la proyección vertical sobre un plano horizontal de las líneas exteriores de toda la construcción, incluso la subterránea y los vuelos.”

“Planta de volumen edificado: Es la proyección vertical del mismo sobre el terreno en el que se asienta.”

“Índice de edificabilidad: Relación de la superficie cubierta y cerrada construida que autoriza la normativa por cada metro cuadrado de superficie de la parcela que tenga asignado un aprovechamiento. La superficie cubierta y no cerrada computará un 50%.”

Por tanto, computará como superficie construida toda la superficie que abarca el cerramiento exterior de fachada, incluido el balcón (computará un 50%) y la galería. Como no especifica la superficie de ocupación para las plantas bajo cubierta, y atendiendo a la definición del índice de edificabilidad; se tomará como superficie construida la totalidad de la planta, independientemente de la altura de esta.

2.1.4. ACCESOS

La vivienda está ubicada en una plaza peatonal y las calles que discurren hacia ella también son peatonales. La edificación linda con las siguientes parcelas:

- Fachada Sur, vía de dominio público, Calle Diego Delicado
- Fachada Norte, parcela con referencia catastral 0815407NH0101N0001UF
- Fachada Este, vía de dominio público, Plaza de Vigo
- Fachada Oeste, parcela con referencia catastral 0815405NH0101N0001SF

En la plaza donde se encuentra la edificación no existe circulación de vehículos, puesto que no existen garajes en la misma, aunque si en las calles peatonales aledañas. Se trata de una plaza con alta ocupación en hostelería, por lo que la mayor parte de la misma está ocupada por las terrazas de los locales comerciales, imposibilitando la entrada de vehículos.

El acceso a la vivienda solamente se puede realizar a pie, pues es una zona peatonal, bien por cualquiera de los extremos de la Calle Diego Delicado o bien por la Plaza de Vigo.

La edificación cuenta con un total de tres entradas. Para acceder a la vivienda unifamiliar existen dos opciones: a través de la fachada norte, a la cual se accede desde el patio y desde cualquier entrada del antiguo local comercial; pues cuenta con una puerta de paso entre dicho local y la zona residencial.

Para el acceso a la planta baja (antiguo local comercial) nos encontramos con dos entradas: una en la fachada Este (Fachada principal) y otra en la fachada Sur, pudiéndose acceder también desde la fachada Norte (entrada vivienda), Se pueden observar con mayor detalle en la siguiente imagen (imagen 8).

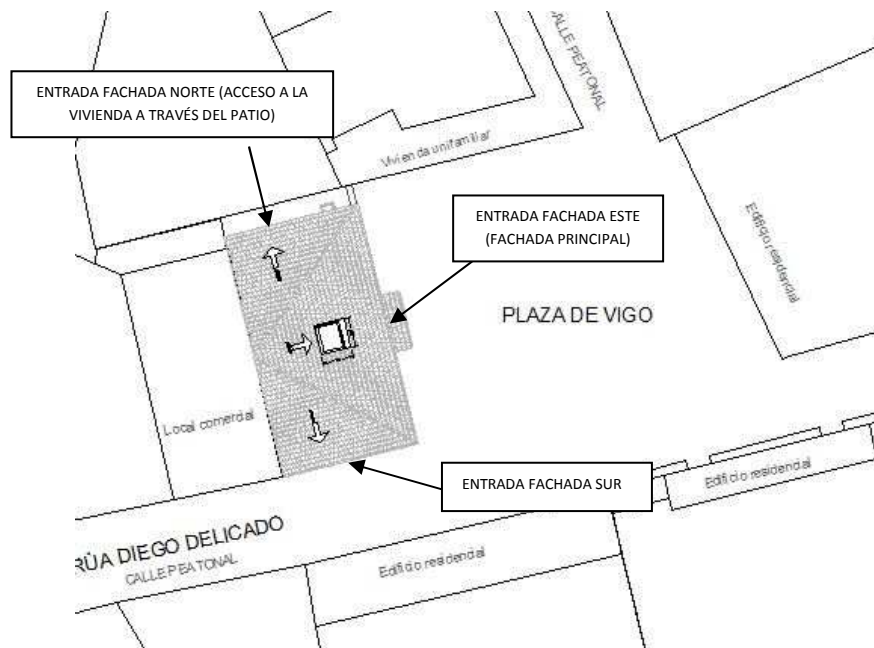


IMAGEN 8: Vista en planta de la vivienda (Fuente: elaboración propia)

2.2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

A continuación se explican de manera detallada las características de los distintos elementos que componen la edificación.

2.2.1. MUROS

Se trata de una construcción de carácter tradicional, realizada con muros de carga de mampostería granítica, con un espesor de 60 cm en planta baja, reduciéndose a 30 cm en las dos plantas superiores, dicho muro enfoscado y pintado de amarillo y blanco por la parte exterior, e interior en las plantas superiores, dejando el interior de la planta baja, el muro de mampostería visto.

Se presupone que la cimentación está realizada mediante los muros de carga hincados en el terreno, debido a que se trata de una construcción tradicional.

Se adjunta en los anexos de esta memoria un estudio geotécnico de una propiedad muy próxima a la edificación, para poder conocer la resistencia del terreno, el nivel freático y otras características necesarias.



IMAGEN 9: Encuentro de muro de mampostería de granito y ventana con contra de madera, local comercial, planta baja (Fuente: elaboración propia)

A continuación se realiza un resumen de las características geotécnicas que precisamos saber para la realización del proyecto. Estas características se han tomado de un estudio geotécnico de una propiedad muy próxima a la vivienda en estudio.

Tras la valoración del estudio geotécnico se observa que los suelos se clasifican como arenas limosas (SM), o bien, como limos arenociliosos (ML) de mediana plasticidad. Se trata en general de suelos limosos con intercalaciones donde domina la fracción arenosa, la cual aumenta con la profundidad pasando a dominar a partir de los 6,00 m.

Parámetros geotécnicos estimados:

- Densidad aparente	1,85 – 2,14
- Cohesión	0,5 – 1,0 Kg/cm ²
- Ángulo de rozamiento	35 – 30°
- Coeficiente de balasto –K30	1,5 – 4,5 Kp/cm ³
- Permeabilidad	10-5 – 10-9 m/s
- Nivel freático	5 m

La tensión admisible para las distintas tipologías de cimentación son las siguientes:

- Tensión de trabajo, para zapata cuadrada (ancho<3m) 1,65 Kp/cm²
- Tensión de trabajo, para zapata corrida (ancho<1,50m) 1,50 Kp/cm²
- Tensión de trabajo, para losa 1,50 Kp/cm²

Con lo anterior expuesto concluyo que la capacidad portante del terreno es suficiente para llevar a cabo la rehabilitación energética prevista, pues el terreno soportará perfectamente las cargas a realizar durante las obras, así como las cargas transmitidas por la edificación una vez ésta se encuentre en funcionamiento.

2.2.2. CUBIERTA

Se trata de una cubierta inclinada a tres aguas, soportada por una estructura de madera, constituida por vigas y correas, sobre las que se apoya un entramado y un panel sándwich; todo ello cubierto por teja cerámica plana, con una pendiente del 30%.



IMAGEN 10: Estructura de madera de cubierta (Fuente: elaboración propia)

La cubierta ha sido reformada hace cuatro años debido a filtraciones de agua que comenzaban a poner en peligro la integridad de la misma, así como la del forjado de la planta bajo cubierta. El exceso de agua degradaba la madera y aceleraba su envejecimiento, provocando en algunas zonas la rotura de las piezas del entramado de madera.

En la reforma se ha reforzado la estructura, colocando correas de madera de dimensiones similares junto a las correas existentes, separadas por tacos de madera, para así aumentar el canto de las mismas y ganar resistencia. También se ha colocado un entramado de madera nuevo y como carecía de aislamiento, se ha completado con un panel sándwich.

Durante la reforma se ha sustituido la ventana de cubierta, pues se encontraba muy degradada, permitiendo el paso de agua al interior de la vivienda.

La planta bajo cubierta no es habitable, debido a que las vigas y la resolución de la estructura de madera imposibilitan la libre circulación a través de ella, encontrándonos con varios puntales en el centro de la planta que sustentan la estructura.



IMAGEN 11: Cubierta de teja cerámica plana a tres aguas. (Fuente: Elaboración propia)

2.2.3. FORJADOS

Como elemento estructural horizontal nos encontramos con forjados de madera; formados por vigas apoyadas sobre mechinales en las plantas superiores y sobre el propio muro de mampostería, aprovechando el cambio de espesor del mismo de la primera a la segunda planta. Sobre las vigas se apoyan las viguetas y como acabado final del forjado nos encontramos con una tarima de madera clavada a las viguetas.

En la primera y en la segunda planta existe un falso techo de escayola, en cambio, en la planta baja nos encontramos con un falso techo registrable colgado con perfilería metálica y aislamiento de lana de roca.

Como se puede observar en la imagen 10, la planta bajo cubierta deja totalmente a la vista las vigas y correas de madera.

2.2.4. CARPINTERÍA

La carpintería exterior de la planta baja, en cuanto a puertas y ventanas tanto en la fachada Sur como en la Este, son de madera con un acabado en verde oscuro; las ventanas cuentan con contras, también de madera y el mismo acabado, en cambio en la fachada Norte, la carpintería de puertas y ventanas es de aluminio color gris, sin rotura de puente térmico y cristal monolítico.

En las plantas superiores en todas las fachadas la carpintería es metálica sin rotura de puente térmico y con cristal monolítico, a excepción del bajo cubierta, en el que debido a la reforma ya comentada se ha colocado una ventana de madera, tipo “velux”.

En el interior de la edificación, las puertas de paso son de madera.

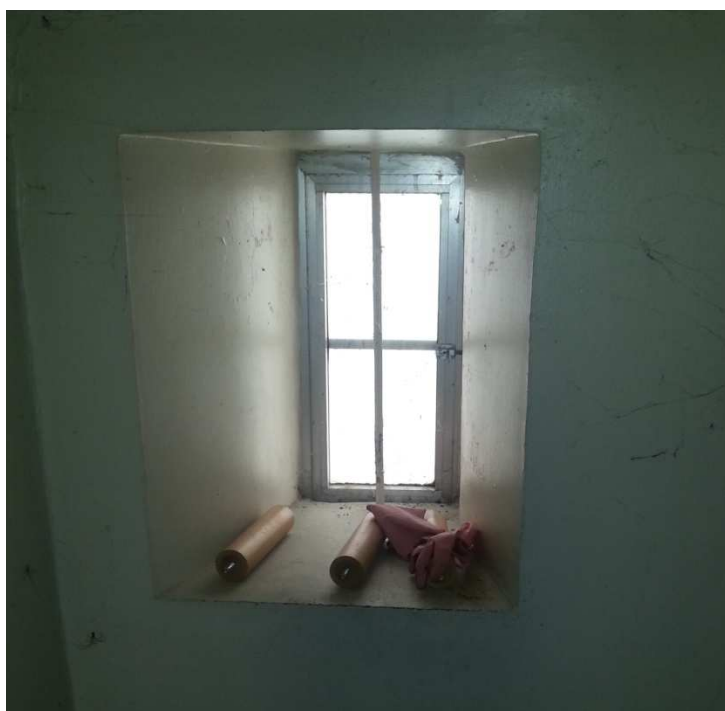


IMAGEN 12: Ventana abocinada, formada por carpintería metálica fachada Sur (Fuente: elaboración propia)

La ventana de la fotografía está situada en la planta baja con orientación Norte, en el pequeño patio de acceso a la vivienda unifamiliar e ilumina el comienzo de las escaleras de entrada a la vivienda unifamiliar.

Se trata de una ventana abocinada hacia el interior, siendo ésta la única existente en la edificación; este tipo de ventanas se utilizaban para aumentar la cantidad de luz que entra al interior de la vivienda. Es propia del románico y del gótico.

2.2.5. SOLERA

Como envolvente inferior cuenta con una solera de hormigón armado en contacto con el terreno.

2.2.6. OTROS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Particiones.- La tabiquería interior está realizada con ladrillo hueco simple, con distintos acabados dependiendo de la estancia. Se distinguen principalmente tres: revocada y pintada con acabado en pintura blanca, revestimiento plástico y alicatado.

Las particiones se encuentran íntegras, aunque nos encontrándonos con multitud de patologías, apreciables sobre todo en los acabados.

Se puede observar con mayor detalle en la documentación gráfica adjunta y en el estudio patológico del apartado 2.5 de la presente memoria.

Escaleras.- De madera, revestidas por una lámina plástica color verde, excepto en el acceso a la planta bajo cubierta donde no existente tal revestimiento, dejando la escalera vista.



IMAGEN 13: Escalera de madera que da acceso a la planta bajo cubierta (Fuente: elaboración propia)

Galería.- En la primera y segunda planta podemos apreciar en la fachada principal una galería, formada por ladrillo cerámico y forjado en voladizo de madera. Cuenta con amplios ventanales de carpintería metálica en sus tres planos verticales. Se trata de una pequeña galería pues su ocupación en planta es de 2,36 m².

2.3. INSTALACIONES EXISTENTES

Fontanería.-La edificación cuenta con agua potable, proveniente de la red general de abastecimiento.

Saneamiento.- Trazado de tuberías existente para el saneamiento de los aparatos sanitarios y los fregaderos de la edificación. También cuenta con instalación para la evacuación de las aguas de cubierta.

Eléctrica.-La edificación dispone de suministro eléctrico, formado con dos cuadros eléctricos y dos contadores, uno para las plantas superiores y el otro para la planta baja, donde éstos encuentran ubicados.

La Caja General de Protección se encuentra en la fachada Sur, ubicada encima de la puerta; se trata de una instalación mediante acometida aérea de montaje superficial.

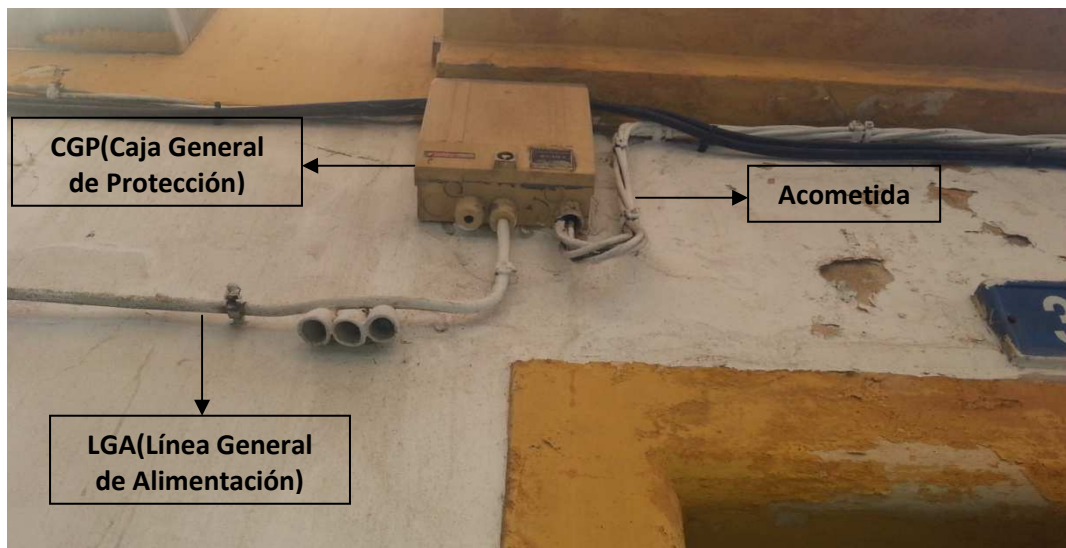


IMAGEN 14: Caja General de Protección, ubicada sobre la puerta de la fachada Sur (Fuente: elaboración propia)



IMAGEN 15: Contadores eléctricos



IMAGEN 16: Cuadros eléctricos (Fuente: elaboración propia)

(Fuente: elaboración propia)

Otros.- Para la producción de ACS contaba con una caldera convencional a gas alimentada por gas butano.

Al encontrarse en una zona urbana muy céntrica cuenta con otras instalaciones a las que se podría conectar, como son las instalaciones de telecomunicaciones (televisión por cable, etc.) y toma de gas natural.

2.4. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Uno de los principales objetivos de este proyecto es reducir lo máximo posible las emisiones de CO₂ para la mejora de la eficiencia energética de la vivienda y por consiguiente conseguir una edificación de consumo de energía casi nulo, y así poder disfrutar de una edificación sana y sostenible.

Para esta calificación energética se ha utilizado el programa CE3X, en el cual podemos obtener cualquier calificación desde “A hasta G”, donde la A serían las edificaciones más eficientes y G los menos eficientes; dichos valores vienen dados por el consumo de energía, que conlleva a la cantidad de carbono emitido por la edificación.

2.4.1. CE3X

En el programa se han introducido los distintos materiales que conforman la envolvente de la vivienda existente, para ello se han tomado valores estimados de cada material, con el catálogo del CTE.

También se han introducido las sombras que proyectan las edificaciones cercanas sobre cada fachada, realizando un patrón de sombra para cada una de ellas y así poder tener una valoración lo más acertada posible.

Una vez introducidos todos los datos, el resultado del estado actual de la edificación es la letra “G”, la certificación más negativa, dándonos una emisión de 116,51KgCO₂/m²año.

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES		
		CALEFACCIÓN	ACS	
		G	F	
	<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>		
	108.88	7.64		
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN		
	<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>	<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>		
	0.00	-		
<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i>				
116.51				

IMAGEN 17: Calificación energética (Fuente: Programa informático CE3X)

Para poder corregir la deficiente calificación energética es importante conocer las transmitancias de los diferentes elementos que forman la envolvente de la vivienda, y así aplicar las medidas correctoras oportunas a cada uno de ellos.

Las transmitancias de los elementos de la envolvente son:

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² .K]	Modo de obtención
Cubierta	Cubierta	34.44	1.55	Conocido
Fachada Norte	Fachada	38.89	3.46	Conocido
Fachada Sur	Fachada	38.89	3.46	Conocido
Fachada Oeste	Fachada	39.24	3.46	Conocido
Fachada Este	Fachada	50.71	3.46	Conocido
Medianera	Fachada	60.07	0.00	Por defecto
Fachada Norte P.B.	Fachada	18	2.60	Conocido
Fachada Sur P.B.	Fachada	18	2.60	Conocido
Fachada Este P.B.	Fachada	31.97	2.60	Conocido
Partición Planta 1 ^º con bajo comercial	Partición Interior	45.40	2.17	Por defecto
partición-Bajo cubierta	Partición Interior	39.87	0.40	Estimado
Partición vertical galería	Partición Interior	9.25	2.43	Estimado
Suelo con terreno	Suelo	39.87	1.78	Estimado

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² .K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V-1	Hueco	5.52	5.70	0.85	Conocido	Conocido
V-2	Hueco	2.42	5.70	0.85	Conocido	Conocido
V-3	Hueco	1.84	5.70	0.85	Conocido	Conocido
V-4	Hueco	1.21	5.70	0.85	Conocido	Conocido
V-5	Hueco	7.36	5.70	0.85	Conocido	Conocido
V-6	Lucernario	0.9	3.30	0.75	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² .K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1-N	Hueco	0.12	5.70	0.85	Conocido	Conocido
V2-N	Hueco	0.3	5.70	0.85	Conocido	Conocido
P-N	Hueco	1.89	5.70	0.85	Conocido	Conocido
V1-S	Hueco	1.84	5.70	0.85	Conocido	Conocido
P-S	Hueco	2.97	0.00	0.00	Conocido	Conocido
V1-E	Hueco	3.68	5.70	0.85	Conocido	Conocido
P-E	Hueco	2.97	0.00	0.00	Conocido	Conocido

IMAGEN 18: Transmitancias de los diferentes elementos que forman la envolvente. (Fuente: programa informático CE3X)

Como nos muestran éstas imágenes, las transmitancias de los diferentes elementos que forman la envolvente son muy elevadas, a excepción de la cubierta, por la reforma ya comentada; esto es debido a que no cuenta con aislamiento en ninguna de sus fachadas y la carpintería en las plantas superiores es metálica sin rotura de puente térmico, además de encontrarnos en la planta baja una pequeña solera directamente apoyada sobre el terreno, todo ello conlleva a la pésima calificación energética.

Las medidas de mejora, se estudiarán de forma detallada en la memoria del estado reformado.

Se puede observar con mayor detalle el informe completo de la calificación energética realizado con el programa CE3X en los anexos de éste proyecto.

2.5. ESTUDIO PATOLÓGICO

En el presente informe, desglosado por fichas técnicas, muestra el diagnóstico tomado sobre las patologías existentes en la edificación en estudio, con motivo del proyecto de rehabilitación energética, para su adaptación a, bajo comercial en planta baja y vivienda privada en planta superiores.

El objetivo de este informe es valorar el estado de conservación en el que se encuentra el inmueble y así poder determinar la gravedad de las patologías existentes para realizar las mejoras oportunas.

Se ha realizado una inspección visual a la vivienda, detectando multitud de lesiones, de diferentes grados; no llegando éstas a provocar el derrumbe de ningún elemento constructivo, aunque si dañarlo considerablemente.

Al encontrarse en desuso y sin ningún tipo de mantenimiento, la edificación ha originado, en los últimos años, que muchas de las lesiones existentes se agraven.

A continuación se estudia de manera detallada cada patología, donde se detalla el tipo de lesión, elemento afectado y grado de afectación, causa por la que se ha originado la lesión y solución para la reparación de la misma.

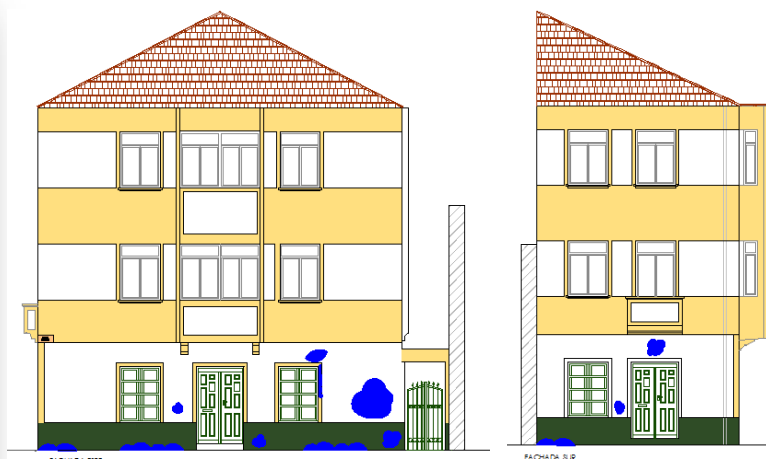
Se empezarán estudiando las lesiones que afectan a los elementos estructurales que forman la edificación, siendo éstas las de mayor importancia, y terminando con pequeñas lesiones que afectan a los elementos no estructurales.

Nº Ficha: **1****HUMEDAD POR CAPILARIDAD EN FACHADA****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Humedad en fachada
- Elemento afectado: Muro de carga
- Tipo de lesión: Química
- Situación: Fachada Este y Sur
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Leve

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

En diferentes partes de las fachadas podemos apreciar grandes manchas provocadas por humedades, que degradan la pintura y el enfoscado, originando en algunas zonas su desprendimiento, dando una imagen deteriorada a la edificación.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SITUACIÓN DE LA LESIÓN****CAUSA**

Humedad por capilaridad en fachada formada por muros de carga de mampostería, hincados en el terreno y por lo tanto en contacto directo con el mismo.

La existencia de un nivel freático alto, debido a la cercanía a la costa y que está situada en zona lluviosa; provoca el ascenso de agua a través del muro, con su posterior evaporación, originando éstas manchas de humedad y desmoronamientos del enfoscado.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

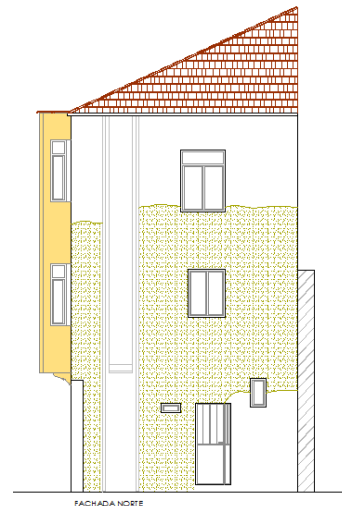
Sistema de electroósmosis activa. Se basa en un principio físico-eléctrico, donde se instalan unos electrodos en el muro, normalmente hasta la mitad del mismo, y otros hincados en el terreno, con una profundidad cerca de 1,30 metros. A continuación con un aparato electrónico, se aplican impulsos eléctricos que generan los diferenciales de potencial buscados, invirtiendo así el sentido del agua.

Nº Ficha: **2****MOHOS EN FACHADA****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Mohos
- Elemento afectado: Muro de carga
- Tipo de lesión: Química
- Situación: Fachada Norte
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Leve

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

La totalidad de la fachada se encuentra impregnada de verdín y mohos.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SITUACIÓN DE LA LESIÓN****CAUSA**

Formación de manchas debido acciones climatológicas y a la ausencia de mantenimiento de las instalaciones de evacuación de agua de la cubierta, lo que provoca que el agua discurra directamente por la fachada originando este tipo de lesión. También hay que tener en cuenta que se trata de la fachada Norte, donde da el sol únicamente en la parte superior encontrándose ésta en mejor estado; y provocando su agravamiento en el resto.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Se picará toda la pintura y el enfoscado, puesto que en la rehabilitación prevista quedara el muro de mampostería visto. Se limpiará tanto el muro como las justas, se rejuntarán con mortero y se cepillarán, por último se le aplicarán tratamientos químicos y fungicidas para prevenir posibles apariciones posteriores. El canalón se sustituirá para la correcta evacuación del agua de cubierta.

Nº Ficha: **3****SUCIEDAD EN FACHADA****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Suciedad
- Elemento afectado: Acabado de fachada
- Tipo de lesión: Física
- Situación: Fachada
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Leve

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Ennegrecimiento que afecta al acabado en distintas zonas de la fachada.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SITUACIÓN DE LA LESIÓN****CAUSA**

Las acciones climatológicas y la polución urbana se depositan en los diferentes relieves de la fachada, acumulándose y provocando su ennegrecimiento por lavado del agua de lluvia.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Se extraerá la totalidad del enfoscado, se limpiará el paramento y todas sus juntas, se procederá al rejuntado y cepillado de las mismas y por último se le aplicarán los productos químicos y fungicidas para evitar la aparición de organismos vivos.

Nº Ficha: 4 HUMEDAD EN EL BALCÓN

DATOS GENERALES

- Síntoma de la lesión: Humedades y manchas
- Elemento afectado: Ambos paramentos del balcón
- Tipo de lesión: Física
- Situación: Balcón fachada sur, primera planta
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Moderado

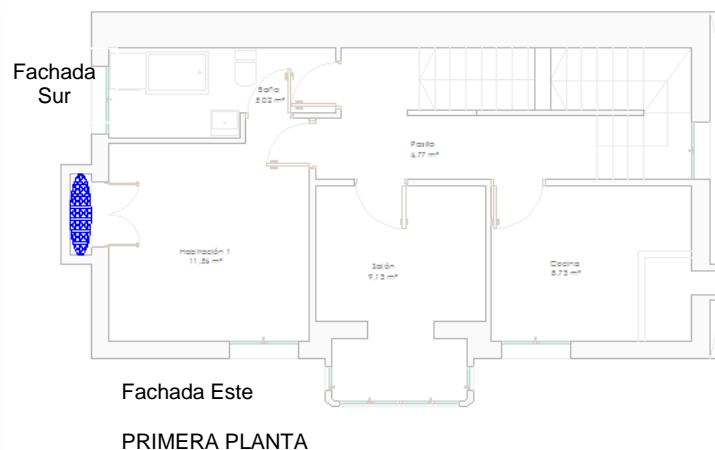
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Grandes manchas y desprendimientos del enfoscado en el interior del balcón.

FOTOGRAFÍA LESIÓN



SITUACIÓN DE LA LESIÓN



CAUSA

Debido a las acciones climatológicas y polución urbana, se producen estas manchas y desmoronamientos.

El balcón carece de sumidero, para la evacuación de agua, por lo que, en época de lluvias el agua queda estancada; humedeciendo el paramento, ascendiendo a través de él y degradándolo.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Se extraerá la totalidad del enfoscado, se limpiará el paramento mediante productos químicos y fungicidas para evitar la aparición de organismos vivos y una vez preparado se enfoscará y pintará.

Realización de dos perforaciones en la parte baja del balcón para la correcta evacuación del agua.

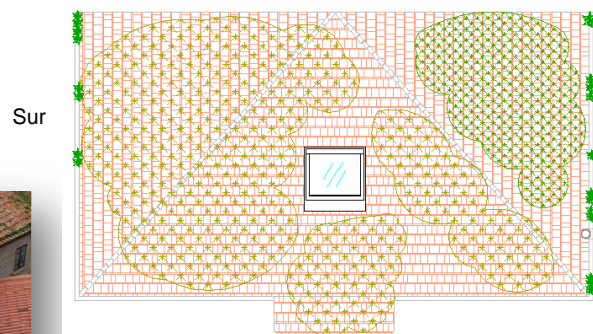
Nº Ficha: **5****VEGETACIÓN EN CUBIERTA****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Aparición de organismos vegetales
- Elemento afectado: Material de cobertura
- Tipo de lesión: Química
- Situación: Cubierta
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Leve

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

En la teja cerámica plana que cubre la cubierta, existen abundantes organismos vegetales y multitud de manchas, encontrándonos, como es lógico, mayor proporción en el faldón norte.

Existencia de vegetación de mayor tamaño en los canalones.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SITUACIÓN DE LA LESIÓN****CAUSA**

Las acciones climatológicas, presencia de humedad (debido a filtraciones y acumulaciones de agua) y la falta de mantenimiento, provocan la aparición de organismos vegetales en la cubierta.

En los canalones ocurre lo mismo, la acumulación de hojas y la falta de mantenimiento, los hace el recipiente perfecto para la aparición de plantas.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Limpieza de todo el material de cobertura acompañándolo de la utilización de sellantes o fungicidas que eviten la aparición de posibles colonias y, sustitución en su caso, por rotura de alguna de las piezas.

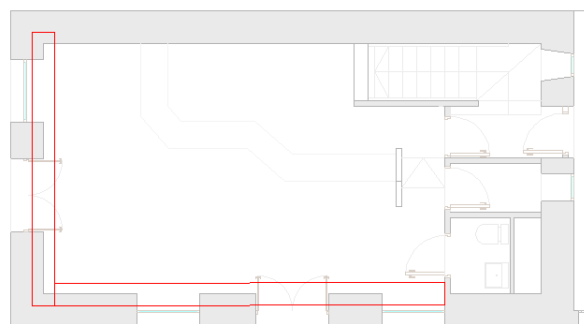
Los canalones se sustituirán debido al deterioro en el que se encuentran.

Nº Ficha: **6****EFLORESCENCIAS EN MURO DE CARGA****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Eflorescencias
- Elemento afectado: Muro de carga
- Tipo de lesión: Química
- Situación: Perímetro interior en planta baja
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Moderado

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Pequeños cristales blanquecinos en todo el perímetro de la planta baja, hasta una altura de 1 metro aproximadamente.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SITUACIÓN DE LA LESIÓN**

PLANTA BAJA

CAUSA

Al igual que en la ficha 1, estas eflorescencias vienen dadas por el ascenso del agua existente en el terreno, por capilaridad a través del muro de carga de mampostería, la cual se evapora hacia el interior, apareciendo estos pequeños cristales blanquecinos.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

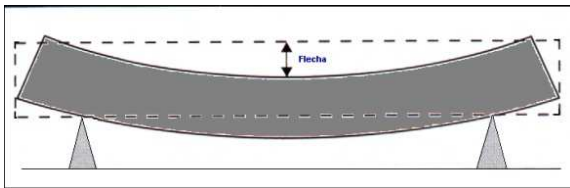
Sistema de electroósmosis activa. Se instalará un aparato inalámbrico el cual su funcionamiento se basa en el principio físico-químico, donde este dispositivo emite una señal que invierte la polaridad entre el suelo y la pared, consiguiendo que la humedad cambie de dirección y descienda por el muro en lugar de ascender. Se realizarán para ello perforaciones en el muro cada 2 metros, solo por la cara interior.

Nº Ficha: **7****FLECHA EN FORJADO DE MADERA****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Fisuras, grietas y desprendimientos
- Elemento afectado: Forjado de madera
- Tipo de lesión: Mecánica
- Situación: Forjado de cada una de las plantas (1ª, 2ª y BC)
- Tipo de patología: Estructural
- Nivel de deterioro: Elevado

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Aparición de grietas y fisuras en las particiones interiores de fábrica y desprendimientos del falso techo desmontable en la planta baja, originado por la flecha de los diferentes forjados que conforman la edificación.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SÍNTOMA DE LA LESIÓN****CAUSA**

El exceso de carga aplicado sobre el forjado debido a las sobrecargas (muebles, enseres, circulación de personas, almacenaje,...) y el estado de las vigas (pudrición de cabeza de viga en apoyo) y viguetas, que se encuentran dañadas por agentes abióticos, causando pérdidas de sección del material y afectando a su resistencia. Todo ello provoca la aparición de la flecha.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Una vez quitada toda la sobrecarga existente, retirado el falso techo y el acabado superior del forjado, se procederá a la evaluación de los daños.

Se reforzarán las vigas y viguetas de madera con piezas de características similares o con piezas metálicas, y se realizará la sustitución en caso de deterioro excesivo o pérdida de la capacidad portante de la pieza.

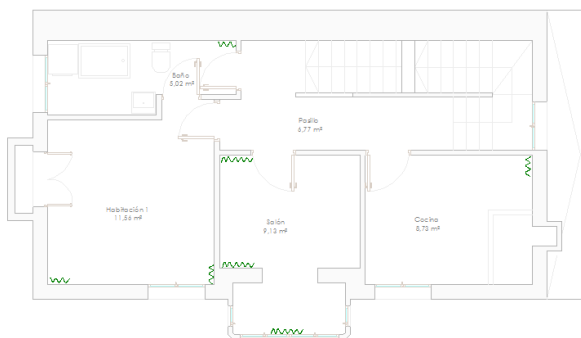
Nº Ficha: **8****FISURAS EN ELEMENTOS VERTICALES****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Fracturas en el paramento vertical
- Elemento afectado: Tabiques de fábrica y falso techo de escayola
- Tipo de lesión: Mecánica
- Situación: Paramentos verticales interiores y exteriores
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Medio

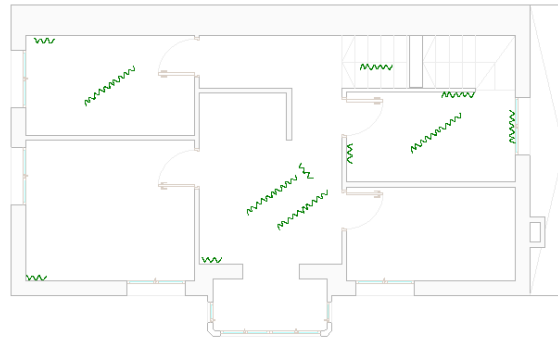
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Aberturas superficiales tanto en la tabiquería interior, como en el falso techo de escayola, así como en la fachada.

Daño no estructural con causa estructural.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SITUACIÓN DE LA LESIÓN**

PRIMERA PLANTA



SEGUNDA PLANTA

CAUSA

Los movimientos o deformaciones en el forjado de madera y el exceso de carga sobre la estructura provocan la inestabilidad de los elementos constructivos, provocando que el acabado no sea capaz de soportar estas deformaciones y sobrecargas, originando la aparición de pequeñas aberturas superficiales. Otra causa es la existencia de materiales con distintos coeficientes de expansión y contracción, encontramos fisuras en sus encuentros.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

A causa de la rehabilitación de los forjados de madera, se demolerá toda la tabiquería interior y el falso techo.

En el caso de los paramentos exteriores se picará el acabado y enfoscado con el posterior tratamiento químico y fungicida.

Nº Ficha: **9****GRIETA EN TABIQUERÍA INTERIOR****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Grieta
- Elemento afectado: Tabique baño
- Tipo de lesión: Mecánica
- Situación: Tabique en 1ª planta
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Medio

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Abertura longitudinal en todo el espesor del tabique, con pequeños desprendimientos, dañando su integridad.

Daño no estructural con causa estructural.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SITUACIÓN DE LA LESIÓN****CAUSA**

Las deformaciones en el forjado de madera; más destacables en esta zona debido a que es donde se encuentra el cuarto de baño de la vivienda, por lo tanto una zona más húmeda, afectando en mayor medida a éstas deformaciones. Sí a esto le sumamos el exceso de carga y presencia de agentes abióticos en la estructura de madera, tenemos como resultado la aparición de grietas.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

A causa de la rehabilitación de los forjados de madera, se demolerá toda la tabiquería interior.

Nº Ficha: **10****INSECTOS XILÓFAGOS Y ENVEJECIMIENTO DE LA MADERA****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Manchas y pérdida de sección
- Elemento afectado: Estructura de madera
- Tipo de lesión: Química
- Situación: Estructura de la cubierta y forjados
- Tipo de patología: Estructural
- Nivel de deterioro: Moderada

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Presencia de manchas de color grisáceo y pérdida de sección en la estructura de madera.

Existencia de orificios en algunas de las piezas y notable cambio de su geometría.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**CAUSA**

La humedad, los cambios de temperatura y en ocasiones la presencia de agua originan manchas que oscurecen la madera.

Los insectos xilófagos existentes se alimentan de las piezas causando la pérdida de su sección.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Debido a la reforma llevada cabo en la cubierta años atrás, muchas de las piezas afectadas ya se encuentran reforzadas por piezas de características similares, aumentando así su sección. Por lo que tan sólo se le aplicarán productos fungicidas.

En los forjados que conforman las diferentes plantas se eliminará el falso techo para una mejor valoración de los daños y se realizará el refuerzo de las piezas afectadas o la sustitución en su caso, con posterior tratamiento fungicida.

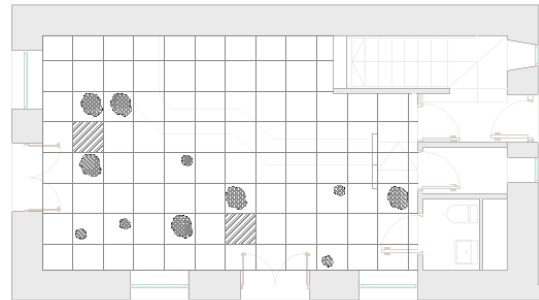
Nº Ficha: **11****ROTURA DEL FALSO TECHO DESMONTABLE****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Rotura y manchas
- Elemento afectado: Falso techo
- Tipo de lesión: Mecánica
- Situación: Falso techo planta baja
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Leve

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Caída y rotura de algunas de las placas que forman el falso techo desmontable, así como desprendimientos del aislante acústico.

Presencia de manchas en diferentes zonas de las placas desmontables.

FOTOGRAFÍA LESIÓN**SITUACIÓN DE LA LESIÓN**

PLANTA BAJA

CAUSA

El exceso de humedad por condensación y por filtración de agua, originan las grandes manchas en las piezas del falso techo; y si a esto le sumamos las deformaciones del forjado de madera o movimientos causados por sobrecargas (muebles, enseres, circulación de personas, almacenaje,...), tenemos la causa que provoca el desprendimiento y rotura del falso techo desmontable.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Debido a la imposibilidad de reparación, por el mal estado apreciable a simple vista, se demolerá la totalidad del falso techo, así como la extracción del aislante térmico, para su posterior sustitución.

Nº Ficha: **12** HUMEDADES INTERIORES

DATOS GENERALES

- Síntoma de la lesión: Manchas
- Elemento afectado: Paramentos verticales y horizontales
- Tipo de lesión: Física
- Situación: Tabiquería y falso techo
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Moderado

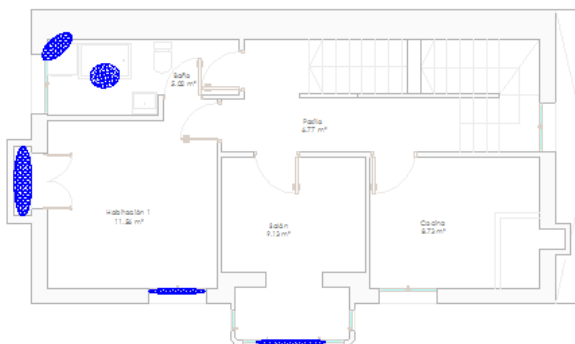
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Manchas de diferentes tonalidades en los paramentos tanto vertical como horizontal (tabiquería y falso techo) de la edificación, encontrándonos con manchas de mayor tamaño y color oscuro en las zonas del paramento donde se puede apreciar la pérdida del revestimiento plástico.

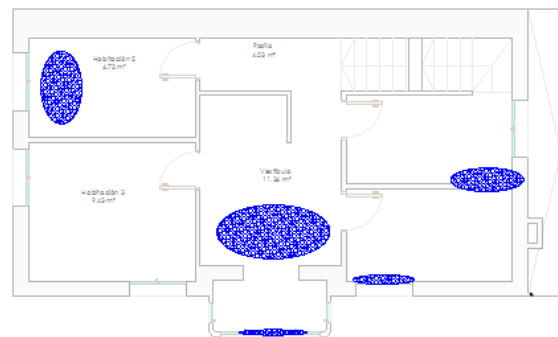
FOTOGRAFÍA LESIÓN



SITUACIÓN DE LA LESIÓN



PRIMERA PLANTA



SEGUNDA PLANTA

CAUSA

Humedad por condensación originadas por falta de ventilación en la vivienda y filtración de agua (contorno de ventanas), a través del cerramiento, originando la aparición incontrolada de manchas.

En las zonas donde se ha desprendido el acabado plástico de los paramentos, la mancha es mayor, debido a que este material no es transpirable quedando el agua entre ambos paramentos y dificultando su evaporación o secado.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Como se ha comentado con anterioridad la tabiquería interior se demolerá debido a la rehabilitación.

En cuanto a los paramentos interiores de fachada, se picará el acabado y enfoscado, se añadirán productos fungicidas y posteriormente se realizará un trasdosado.

Nº Ficha: **13** DESPRENDIMIENTOS

DATOS GENERALES

- Síntoma de la lesión: Desprendimientos
- Elemento afectado: Revoco y acabado
- Tipo de lesión: Mecánica
- Situación: Cuarto de baño
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Leve

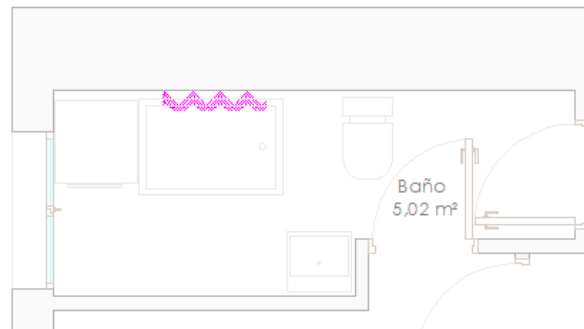
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Desprendimiento y abombamiento del acabado continuo del paramento vertical del cuarto de baño donde se encuentra situada la bañera.

FOTOGRAFÍA LESIÓN



SITUACIÓN DE LA LESIÓN



PRIMERA PLANTA

CAUSA

La humedad por condensación originada por la falta de ventilación, provoca la pérdida de adherencia entre soporte y el acabado.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Debido a que este paramento se corresponde con el muro medianero, se picara el enfoscado y acabado, se añadirán productos fungicidas y como acabado final se realizará un trasdosado.

Nº Ficha: **14****ROTURA Y MANCHAS EN EL ACABADO DEL FORJADO****DATOS GENERALES**

- Síntoma de la lesión: Desprendimientos y manchas
- Elemento afectado: Tarima flotante
- Tipo de lesión: Mecánica
- Situación: Acabado del forjado
- Tipo de patología: No estructural
- Nivel de deterioro: Grave

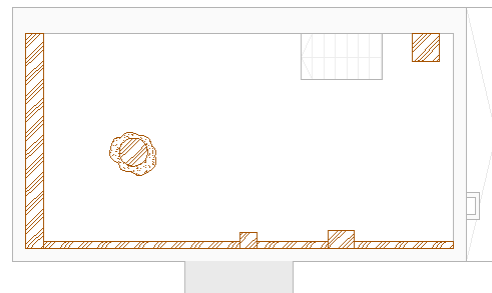
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Falta de material de acabado en varias zonas del forjado en la planta bajo cubierta, encontrándonos con su inexistencia en algunos puntos del mismo.

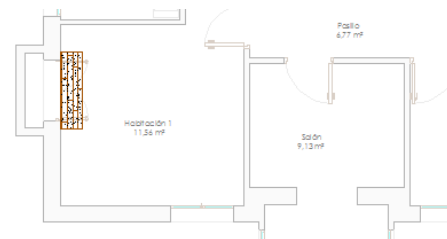
Grandes manchas en las tablas que conforman la tarima de las distintas plantas.

FOTOGRAFÍA LESIÓN

PRIMERA PLANTA

SITUACIÓN DE LA LESIÓN

PLANTA BAJO CUBIERTA

**CAUSA**

La filtración excesiva de agua en algunos puntos de la cubierta (de ahí la reforma realizada) y a través de la carpintería exterior de fachada; provoca la humedad excesiva en el material sobre el cual se deposita, originando la rotura de las tablas del acabado.

SOLUCIÓN-REPARACIÓN

Debido al acabado plástico de la tarima en la gran mayoría de las estancias, no se puede comprobar el estado del mismo. Donde este acabado es inexistente se encuentran grandes manchas y rotura del entarimado, por lo tanto se procederá a su sustitución total en todas las plantas.

2.6. CONCLUSIÓN

Por todo lo anterior expuesto se concluye la imposibilidad de utilización de la edificación tanto para vivienda como para cualquier otro uso, debido al gran número de patologías encontradas y la pésima calificación energética; siendo necesaria su rehabilitación.

TABLA 7: Resumen de patologías y su localización

PATOLOGÍA	LOCALIZACIÓN
Humedades por capilaridad	Muro de carga, fachada Este y Sur
Mohos	Muro de carga, fachada Norte
Suciedad en fachadas	Todas las fachadas
Humedad en balcón	Balcón fachada Sur, primera planta
Vegetación en cubierta	Cubierta
Eflorescencias en muro de carga	Perímetro interior del muro de carga en planta baja hasta un metro de altura
Flecha en forjado madera	Forjado de cada una de las plantas (1ª, 2ª y BC)
Fisuras en particiones interiores	Paramentos verticales interiores y exteriores
Grieta en tabiquería interior	Tabique divisorio baño-pasillo, en primera planta
Insectos xilófagos y envejecimiento de la madera	Forjado primera, segunda, planta bajo cubierta y estructura de cubierta
Rotura falso techo desmontable	Planta baja (zona local comercial)
Humedades interiores	Tabiquería y falso techo
Desprendimiento de revoco y acabados	Cuarto de baño, primera planta
Rotura y manchas en tarima flotante	Planta primera, segunda y bajo cubierta.

A continuación se realiza el estudio detallado de la rehabilitación energética, analizando cada uno de sus puntos.

3. MEMORIA ESTADO REFORMADO

3.1. OBJETO DE LA REHABILITACIÓN

La finalidad de esta rehabilitación energética es conseguir una edificación de calidad. Con la palabra calidad me refiero a una edificación sostenible energéticamente, económicamente, ambientalmente y en lo referente al bienestar de las personas en cuanto a, seguridad, salud y bienestar.

Tanto las obras necesarias para llevar a cabo esta rehabilitación, como los materiales a utilizar seguirán una línea paralela al respeto con el medioambiente, pues se trata de conseguir una edificación lo más ecológica posible, que respete el entorno en el que se encuentra.

Se implantarán tanto en el caso de los materiales utilizados como en las instalaciones, aquellos con las características adecuadas para lograr un uso racional de la energía, reduciendo a límites sostenibles el consumo de la edificación y consiguiendo el bienestar de las personas que en ella habiten.

Las instalaciones a implantar serán de alto rendimiento y su consumo en gran parte procederá de energías renovables. Se instalará la maquinaria apropiada para conseguir la renovación de aire en el interior de la vivienda y así garantizar la extracción y expulsión del aire viciado contaminado, así como, evitar la posible aparición de humedades. La renovación del aire interior es un aspecto muy importante y un gran objetivo a conseguir, pues durante los últimos años es un problema que afecta a la gran mayoría de las viviendas, provocando grandes patologías en el interior de las mismas y dañando la salud de las personas.

En el caso de los materiales se tendrá en cuenta el clima de la localidad y el uso del edificio, para que la elección de los mismos en la envolvente limite la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar en su interior y conseguir una edificación eficiente energéticamente y con un alto nivel de confort.

Por tanto, al mejorar las condiciones de la envolvente y sus instalaciones, incrementamos su eficiencia, la cual es fundamental contra la lucha del cambio climático, para así conseguir grandes ahorros energéticos y beneficios medioambientales derivados de la reducción del consumo de energía. Generando estos ahorros se contribuye a amortizar la inversión realizada.

Tras un estudio exhaustivo de la edificación y su localización, se describen a continuación las obras a llevar a cabo, así como los materiales e instalaciones a implantar para lograr una **EDIFICACIÓN DE CALIDAD CON UN CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO**.

3.2. CRITERIOS PARA LOS ESTÁNDARES DE CASA PASIVA, EDIFICACIÓN CON BAJA DEMANDA TÉRMICA

3.2.1. INTRODUCCIÓN

Este concepto de vivienda pasiva llega a raíz de la necesidad de ahorrar energía y de realizar un uso eficiente de la misma. Con este objetivo nace la Directiva Europea 2010/31/UE, según la cual todos los estados miembros deberán de tomar medidas para que a partir del 2020 todas las edificaciones de nueva construcción sean de consumo de energía casi nulo.

Passivhaus

El estándar Passivhaus cuenta con más de 20 años de desarrollo continuo y más de veinte mil unidades construidas. El estándar más conocido internacionamente, puede considerarse la base de trabajo para los edificios de “energía casi nula” impuesto por la Unión Europea para finales de la década 2010. Muchos otros estándares –como el francés Effinergie o el italiano CasaClima—se basan en la experiencia del passivhaus.

Su enfoque sobre la demanda de calefacción y refrigeración es de especial importancia para los arquitectos, pues intenta conseguir un control energético mediante el desarrollo de los componentes pasivos de la arquitectura, por un lado, y con el apoyo de sistemas activos energéticamente eficientes, por otro.

[...]

El interés del estándar Passivhaus reside en poder simplificar significativamente los sistemas activos de calor y frío, pues este tipo de edificios requieren muy poca energía para mantener buenas condiciones de confort climático en su interior. Cabe subrayar que un punto fundamental de la filosofía del Passivhaus Institut desde sus inicios es proyectar y construir edificios de bajo consumo a costes asequibles.

[...]

Edificio de energía neta casi nula

En su última directiva sobre la construcción de edificios, Directiva 2010/31/UE, el Parlamento Europeo ha introducido el concepto de edificio “energía neta casi nula” (NZEB). Según esta directiva “La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”.¹²

3.2.2. OBJETIVO ESTÁNDAR PASSIVHAUS

El objetivo del estándar Passivhaus es:

- Limitar tanto la demanda de energía para calefacción como para refrigeración a 15,00 kWh/m² al año.¹³

¹² Wassouf, Micheel. *De la casa pasiva al estándar Passivhaus, la arquitectura pasiva en climas cálidos*. 1ª Edición, 3ª tirada 2016. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL, 2014. ISBN: 978-84-252-2452-2

- Estanqueidad al aire no superior a 0,6 renovaciones por hora con una presión/depresión de 50 Pa.
- La energía primaria total demandada por el edificio no debe superar los 120 KWh/m² al año.

3.3. MEMORIA DESCRIPTIVA

3.3.1. ANTECEDENTES

Hace alrededor de 10 años que la vivienda se encuentra en desuso, debido a que diversas patologías que no se solucionaban comenzaban a hacerla inhabitable. Actualmente se encuentra en estado de abandono, la propiedad la utiliza como almacén de toda clase de enseres, lo que agrava aún más todas las deficiencias encontradas y que se ha expuesto en el estudio patológico en el apartado 2. MEMORIA DEL ESTADO ACTUAL.

3.3.2. GENERALIDADES

Se pretende realizar en la edificación en estudio una rehabilitación para su conversión en un edificio de consumo casi nulo, con la finalidad de conseguir la mejor calificación energética, lo que conlleva a bajas emisiones a la atmósfera.

La edificación consta de cuatro plantas: planta baja, primera planta, segunda planta y planta bajo cubierta.

Se trata de una edificación que cuenta con una geometría rectangular, con una superficie de planta tipo de 62,00 m². La fachada principal (Este) da a una plaza peatonal con un frente de 10,41 metros y un fondo de 5,81 metros.

Se busca utilizar materiales de la zona con un alto estándar pero aplicando soluciones constructivas disponibles en la actualidad, en la búsqueda de la eficiencia energética y constructiva.

Se ha estudiado cuidadosamente el medio en el que se encuentra situada la edificación y se van a utilizar soluciones pasivas de mejora energética.

La rehabilitación la dotará de vivienda unifamiliar privada en las plantas superiores y local comercial en la planta baja; el local estará destinado a tienda de venta de zapatos.

Por tanto, se realizarán las actuaciones necesarias cumpliendo con la normativa vigente para dotar a la edificación de **USO RESIDENCIAL PRIVADO EN PLANTAS SUPERIORES Y PÚBLICA CONCURRENCIA EN PLANTA BAJA.**

3.3.3. INTRODUCCIÓN AL CUMPLIMIENTO DEL PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN MUNICIPAL DEL AYUNTAMIENTO DE SANTA EUGENIA DE RIVEIRA

El Plan General de Ordenación Municipal del Ayuntamiento de Riveira, aprobado de forma definitiva el 14 de Enero de 2003, nos informa en su artículo 93, el límite de la altura de las edificaciones, remitiéndose a lo representado en los planos de ordenación, que en el caso que nos ocupa, sería de tres plantas (B + 2P), como se puede observar en la imagen 19, donde sobre la edificación aparece el número romano III, que hace referencia a un máximo de tres plantas.

De igual forma nos dice que, en la planta entre el último forjado y la cubierta se permitirá el uso vividero respecto a unas condiciones, que la vivienda en estudio cumple, pudiendo aumentar un metro los paramentos verticales.

Para un mayor aprovechamiento del bajo cubierta, se realizará el aumento que nos permite la normativa, así mejoramos la funcionalidad de esta planta; pues como se puede observar en los planos del estado actual, cuenta con una gran superficie de altura menor a 1,80 m.



IMAGEN 19: Altura máxima de la edificación B+2P (III) según PXOM (Fuente: Recorte plano 3.9 PXOM de Riveira)

ARTÍCULO 93: ALTURA DE LA EDIFICACIÓN

Es la distancia existente entre la rasante del terreno o de la cara en contacto con la edificación y la parte inferior del forjado del techo de la planta más alta, medido verticalmente en el punto medio de la fachada.

Las alturas máximas de la edificación para las ordenanzas o normas que obliguen a la alineación son las definidas en los planos de ordenación.

Plantas ático:

Es la parte de la edificación existente entre el forjado que sirve de techo a la última planta de piso y la cubierta.

Se permitirá el uso vividero según las siguientes condiciones:

b) Edificios con altura superior a dos plantas

1. Pendiente máxima 40°.

2. Altura máxima de cumbrera 4 metros desde el último forjado. No pudiendo sobresalir ningún tipo de volumen (excepto chimeneas, antenas,...), de la línea de máxima pendiente.

3. Se autoriza la elevación de los parámetros verticales frente a viales con un máximo de 1 metro sobre la cota superior del último forjado. En la fachada posterior se limitará a 1 metro, excepto aquellas construcciones entre medianeras que no agoten el fondo máximo edificable, en cuyo caso podrán presentar una mayor altura siempre que no se sobrepase el perfil correspondiente al fondo máximo.

4. Sólo se permitirán los siguientes elementos de ventilación y aireación:

- Ventanas practicables cenitales sobre el plano de cubierta.

- Terrazas interiores, sin que rompa la línea de la pendiente de la cubierta

Artículo 94. Elementos arquitectónicos. Las viviendas cumplirán lo establecido en el Anexo del Decreto 311/1992, que establece las condiciones mínimas de habitabilidad, que deberán reunir las viviendas.¹³

La edificación en estudio se encuentra en **SUELO URBANO** y por tanto las obras admisibles para dicha tipología de suelo son las descritas en el artículo 150 del PXOM de Riveira, siendo admisible la de Rehabilitación.

Tabla 8: Parámetros de la edificación

	PXOM	PROYECTO
Usos permitidos	Vivienda, terciario de comercio, oficinas y hostelería, únicamente en planta baja y 1ª	Vivienda y terciario de comercio en planta baja
Tipología	Edificación cerrada entre medianeras	Edificación cerrada entre medianeras
Parcela mínima	100 m ² , exceptuando las existentes entre dos ya consolidadas	Edificación existente
Ocupación máxima de la parcela	100%	88,49%
Número de plantas	B+2P+Ático	B+2P+Ático
Altura de cornisa	3,50 m para planta baja y 3,00 m para las plantas alta. Total 9,50 m.	<9,50 m
Altura de coronación	4,00 m por encima del último forjado	<4,00 m

¹³ Plan General de Ordenación Municipal de Santa Eugenia de Riveira, aprobado de manera definitiva el 14 de enero de 2003, artículo 93 y 94.

3.3.4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El uso característico de la edificación es residencial, contando con un uso de pública concurrencia en planta baja.

La edificación proyectada se corresponde a la tipología de vivienda unifamiliar tradicional, adosada en uno de sus laterales, sobre la que se realizará una rehabilitación energética.

La edificación está constituida por muros de mampostería granítica trasdosado por el interior y visto por el exterior, con una galería acristalada en la fachada principal (en 1ª y 2ª planta) formada por carpintería de madera-aluminio con rotura de puente térmico, al igual que la carpintería exterior de toda la envolvente, a excepción de la puerta de entrada a la vivienda la cual es de madera maciza.

El acceso a la vivienda unifamiliar se realizará por el patio cerrado situado a la derecha de la edificación de 1,35 metros y que pertenece a la misma, accediendo a un pequeño hall de entrada o portal y desde este, a través de las escaleras accederemos a la primera planta de la vivienda. Al fondo de dicho patio se realizará una pequeña cubierta para albergar las instalaciones de la vivienda.

Se barajó la idea de la implantación de un ascensor exterior a la vivienda, que se situaría en el patio y daría acceso a la primera y segunda planta. Dado que nos encontramos en una zona muy céntrica y muy urbanizada, la edificación contigua por la fachada Norte y por tanto pegada al patio de acceso, cuenta con multitud de ventanas, por lo que imposibilita la colocación de un ascensor.

Para acceder al local comercial, contamos con dos entradas, una en la fachada Este (fachada principal) y otra en la fachada Sur.

La distribución de la edificación para satisfacer los requisitos señalados por el promotor incluye la disposición de los siguientes usos y estancias:

- Planta baja: Local comercial, zapatería. Se trata de un espacio abierto para la exposición de artículos y atención al público, un almacén y un aseo.
- Plantas superiores: Vivienda unifamiliar. La primera planta está destinada a la zona de día, donde encontramos un espacio abierto, salón-comedor-cocina, un pequeño cuarto de baño y un lavadero-tendedero en la zona de la cocina. La segunda planta y la planta bajo cubierta se destinan a la zona de noche, donde nos encontramos con un total de tres habitaciones (una de ellas en la totalidad de la planta bajo cubierta), dos cuartos de baño y una pequeña salita que da acceso al bajo cubierta.

En el patio exterior se realizará un pequeño galpón para albergar todas las instalaciones de la vivienda.

Para una mejor comprensión de la distribución véase la documentación gráfica adjunta en este proyecto.

Se ha proyectado la vivienda con un aislamiento muy alto, por ello se busca un sistema constructivo lo más estanco posible, tanto a nivel estructural como en

carpintería y acabados, con el objeto de conseguir una edificación lo más pasiva posible en cuanto al consumo de energía se refiere.

A grandes rasgos, las actuaciones a realizar sobre la edificación serán: la realización de una solera sanitaria para el aislamiento de la edificación con el terreno; actuación sobre el muro de carga de mampostería dejándolo visto por el exterior y realizando un trasdosado por el interior; se mantendrán tanto los forjados de madera, como la estructura de madera de la cubierta, reforzándola y sustituyendo las piezas degradadas según sea el caso; se limpiará el material de cobertura y se sustituirán las piezas dañadas; por último se instalarán nuevas instalaciones para dotar a la edificación de ACS, calefacción, ventilación y todo ello con aporte de energías renovables.

Todas las actuaciones llevadas a cabo sobre el inmueble se explican con mayor detalle en los apartados siguientes.

3.3.5. RELACIÓN CON EL ENTORNO

Como se ha comentado con anterioridad, nos encontramos en una zona muy céntrica del Concello de Riveira, por tanto las edificaciones cercanas en su gran mayoría son de uso residencial, tanto en la tipología de vivienda unifamiliar como plurifamiliar; predominando como es lógico ésta última.

Al ser una zona céntrica, también es una zona comercial. Concretamente en la plaza en la que nos ubicamos todas las edificaciones cuentan con un local comercial en su planta baja.

La estética de las edificaciones cercanas viene relacionada por el año de construcción de cada una, ya que nos encontramos en una zona con diferentes tipologías constructivas en las que podemos distinguir a grandes rasgos tres:

- Viviendas unifamiliares, con alturas variables; entre 2 y 4 alturas como máximo, realizadas con muros de carga de mampostería visto.
- Edificaciones de alrededor de 40 años, con estructuras de hormigón armado y diferentes alturas, entre 6 y 8 plantas, con distintos acabados; en plaqueta cerámica, árido proyectado, pintura, etc.
- Nuevas edificaciones, con estructura de hormigón armado y acabado en aplacado de piedra, las cuales cuentan con amplios ventanales. La altura de las nuevas construcciones está limitada por la Ordenanza Municipal del Ayuntamiento de Riveira, la cual para la zona que nos ocupa es de un máximo de tres plantas más ático, con las especificaciones explicadas anteriormente.

Por tanto, la estética de la edificación en estudio será dejando a la vista el muro de carga de mampostería con el fin de crear una armonía urbanística, debido a que la zona en la que nos localizamos, tanto las edificaciones de nueva construcción, como las reformas en fachadas se realizan con acabados de piedra.

Al tratarse de una casa construida en el año 1965 realizada con mampostería, la rehabilitación se enfoca hacia una estética más rural, para poder apreciar el casco viejo que nos encontramos en Riveira en la zona cercana a la Iglesia. Las tres edificaciones colindantes son viviendas unifamiliares formadas por muros de mampostería visto, por tanto se dejará el muro de mampostería visto por el exterior.

3.3.6. SUPERFICIES

A continuación se describen las diferentes superficies con las que contará la edificación una vez rehabilitada:

Tabla 8: Superficies planta baja, tienda de venta de zapatos.

SUPERFICIES PLANTA BAJA (LOCAL COMERCIAL)	
Zona de exposición de artículos y atención al público	24,69 m ²
Aseo	2,37 m ²
Almacén	5,94 m ²
Escaparate	0,50 m ²
SUPERFICIE ÚTIL	33,50 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	51,00 m ²

Tabla 9: Superficies planta baja, vivienda unifamiliar.

SUPERFICIES PLANTA BAJA (VIVIENDA)	
Entrada	2,33 m ²
Escaleras P.B.	1,73 m ²
Patio*	7,43 m ²
SUPERFICIE ÚTIL	4,06 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	9,13 m ²

*La superficie del patio no se contabiliza ni como superficie útil ni como construida, pues se trata de un patio privado descubierto, que da acceso a la vivienda.

Tabla 10: Superficies primera planta, vivienda unifamiliar

SUPERFICIES PRIMERA PLANTA (VIVIENDA)	
Escaleras P.1ª.	5,06 m ²
Salón-Comedor	20,08 m ²
Cocina	11,34 m ²
Lavandería-Despensa	3,23 m ²
Galería	3,17 m ²
Balcón	0,83 m ²
SUPERFICIE ÚTIL *	41,70 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	63,39 m ²

*En la superficie útil se ha contabilizado el 50% de la superficie del balcón y de la galería, como así lo estipula la Ley 8/2012, de 9 de junio, de vivienda de Galicia, en su artículo 4. Glosario, donde se define como "superficie útil de la vivienda la superficie del suelo de la vivienda, delimitada por la cara interna de los elementos de cierre con el exterior o de separación con otras viviendas o locales colindantes, de acuerdo con las siguientes reglas:

– Se incluirá en la superficie útil la mitad de la que corresponda a espacios exteriores como balcones, terrazas, galerías o tendederos que sean de propiedad o de uso privativo de las personas titulares de la vivienda, hasta un máximo del 10 % de la superficie útil cerrada."

Tabla 11: Superficies segunda planta, vivienda unifamiliar.

SUPERFICIES PLANTA SEGUNDA (VIVIENDA)	
Escaleras P.2ª	3,13 m ²
Pasillo	4,24 m ²
Cuarto de baño	5,00 m ²
Aseo	2,60 m ²
Habitación 1	14,18 m ²
Habitación 2	8,12 m ²
Vestíbulo	1,40 m ²
Galería	3,17 m ²
SUPERFICIE ÚTIL *	40,26 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	62,58 m ²

*En la superficie útil se ha contabilizado el 50% de la superficie de la galería, como así lo estipula la Ley 8/2012, de 9 de junio, de vivienda de Galicia, en su artículo 4. Glosario.

Tabla 12: Superficies vivienda unifamiliar, planta bajo cubierta

SUPERFICIES PLANTA BAJO CUBIERTA (VIVIENDA)	
Escaleras P.B.C.	2,93 m ²
Habitación 3	18,85 m ²
SUPERFICIE ÚTIL	21,78 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	60,13 m ²

*En la planta bajo cubierta, se ha tomado como superficie útil los metros cuadrados en los cuales la altura es mayor de 1,80 m, como así lo estipula la Ley 8/2012, de 9 de junio, de vivienda de Galicia, en su artículo 4. Glosario, donde dice:

"Quedan excluidas de la superficie útil las zonas en las que la altura libre de construcción no alcance 1,80 metros."

Tabla 13: Superficies edificación.

SUPERFICIES TOTAL EDIFICACIÓN		
PLANTA	SUPERFICIE ÚTIL	SUPERFICIE CONSTRUIDA*
BAJA	37,56 m ²	60,13 m ²
PRIMERA	41,70 m ²	63,39 m ²
SEGUNDA	40,26 m ²	62,58 m ²
BAJO CUBIERTA	21,78 m ²	60,13 m ²

LOCAL COMERCIAL	33,50 m²	51,00 m²
VIVIENDA UNIFAMILIAR	107,85 m²	197,08 m²
TOTAL	141,30 m²	246,23 m²

*Para la superficie construida se tendrá en cuenta lo definido en el PXOM como edificabilidad, el cual define en su artículo 90. Condiciones de la parcela como:

“Superficie de ocupación: Es la superficie comprendida dentro de los límites definidos por la proyección vertical sobre un plano horizontal de las líneas exteriores de toda la construcción, incluso la subterránea y los vuelos.”

“Planta de volumen edificado: Es la proyección vertical del mismo sobre el terreno en el que se asienta.”

“Índice de edificabilidad: Relación de la superficie cubierta y cerrada construida que autoriza la normativa por cada metro cuadrado de superficie de la parcela que tenga asignado un aprovechamiento. La superficie cubierta y no cerrada computará un 50%.”

Por tanto, computará como superficie construida toda la superficie que abarca el cerramiento exterior de fachada, incluido el balcón y la galería. Como no especifica la superficie de ocupación para las plantas bajo cubierta, y atendiendo a la definición del índice de edificabilidad; se tomará como superficie construida la totalidad de la planta, independientemente de la altura de esta.

3.4. MEMORIA CONSTRUCTIVA

A continuación se describen las obras a ejecutar y las medidas llevadas a cabo para la rehabilitación energética y para conseguir una edificación con un consumo de energía casi nulo.

3.4.1. MEDIDAS DE MEJORA REALIZADAS

Se trata de una edificación antigua, año de construcción 1965, en consecuencia no cuenta con aislamiento en la mayor parte de su envolvente, únicamente lo encontramos en la cubierta, donde con anterioridad se ha realizado una reforma. Contaba con una caldera a gas butano para la producción de agua caliente y no disponía de ningún tipo de calefacción.

Para el correcto aislamiento del inmueble con el exterior se llevarán a cabo una serie de mejoras que a continuación explico de manera detallada para cada elemento estructural y no estructural, con la finalidad de aislarla del exterior lo máximo posible y dotarla de los elementos apropiados para aprovechar la energía que incide sobre la misma, así como la implantación de instalaciones de alta eficiencia.

3.4.1.1. ACTUACIONES PREVIAS

3.4.1.1.1. LEVANTAMIENTO DE CARPINTERÍA INTERIOR

Se procederá al desmontaje de forma manual de la carpintería interior, no se prevé el aprovechamiento de ninguna de las unidades para su posterior reutilización.

3.4.1.1.2. DEMOLICIÓN TABIQUERÍA INTERIOR

Se procederá a la demolición total de la tabiquería, tomando las medidas de seguridad oportunas para evitar excesos de carga en zonas puntuales que puedan ocasionar un colapso del forjado.

Los escombros se retiran por medio de un conducto de evacuación de escombros situado en un lugar adecuado, desembarcando en un contenedor de obra.

3.4.1.1.3. APEO DE LOS MUROS DE CARGA DE MAMPOSTERÍA

Para la realización del forjado sanitario es necesaria la excavación y extracción de las tierras del interior de la edificación.

Los muros de carga de mampostería se sustentan mediante su hincapié en el terreno y al extraer gran cantidad de tierras pierden estabilidad frente a los diferentes empujes, pudiendo llegar a derrumbarse. Por precaución se realizará el apeo de la fachada para asegurar la estabilidad estructural del edificio.

Contamos con tres fachadas donde realizaremos un apeo con una estructura metálica y un contrapeso o lastre en su base, el cual se situará únicamente en la fachada principal y a través de vigas metálicas se atarán las fachadas laterales. El sistema a implantar se denomina "Sistema Soldier".

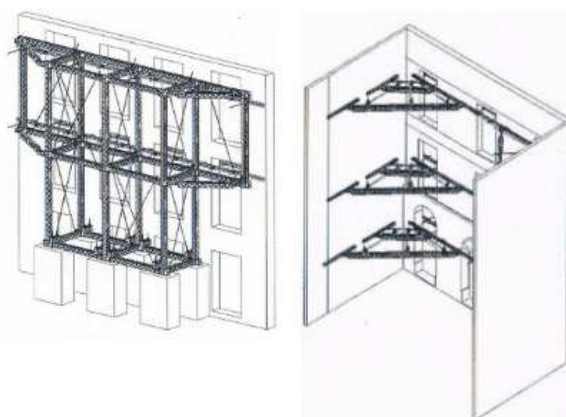


IMAGEN 20: Estabilización de fachada mediante sistema Soldier (Fuente: <http://www.alquiansa.es>)

Para la obtención de las dimensiones del contrapeso que constituye la base del estabilizador, se realizará un cálculo del peso del muro de mampostería y los empujes que inciden sobre el mismo.

3.4.1.1.4. AMPLIACIÓN DE HUECO DE FACHADA

Para cumplir con las exigencias mínimas establecidas en el DB SI 5: Intervención de los bomberos, es necesario realizar la ampliación del hueco de ventana abocinado situado en planta baja en la fachada norte, el cual proporciona iluminación a las escaleras de acceso a la vivienda.

Dicho hueco cuenta con unas dimensiones exteriores de 0,40 x 0,75 m, teniendo que ser de 0,80 x 1,20 m como mínimo; las dimensiones interiores al tratarse de un hueco abocinado son de 0,60 m x 0,75 m. Se actuará sobre la ventana para su ampliación de la siguiente forma:

En primer lugar estudiamos que perfil metálico es necesario para nuestra fábrica de mampostería, llegando a la conclusión que lo más acertado serían dos perfiles HEA 300, ya que el largo de sus alas es de 300 mm y utilizando dos completaremos en ancho de nuestro muro de mampostería de 600 mm de espesor.

A continuación realizamos un cálculo manual y otro mediante el programa CYPE para saber si los perfiles aguantan las diferentes cargas que le van a ser transmitidas y si los muros de carga de mampostería soportan el perfil a implantar, resultando un cálculo satisfactorio, pudiendo utilizar un perfil metálico menor. Se puede observar el cumplimiento en los anexos de cálculo de esta memoria.

Comenzamos realizando por encima de la línea del dintel del hueco, se realiza por una de las caras del muro, un cajeadado que sobresale 20 cm en plano de las jambas, con la profundidad y altura precisas a nuestro perfil, sobre las jambas se dispondrá previamente un mortero de nivelación. Primero lo realizaremos por un lado del muro hasta la mitad del espesor y posteriormente por el otro lado. A continuación se asienta uno de los cargaderos de acero laminado, se rellena con hormigón en masa hasta completar el cajeadado y dejamos que fragüe. Realizamos la misma operación en la cara opuesta.

Asentados y fraguados ambos cargaderos, se puede proceder a desmontar la mampostería, previo corte con sierra de disco en la línea de las jambas. Para completar el trabajo se soldarán presillas en las alas inferiores de los cargaderos metálicos para afianzarlos.¹⁴

3.4.1.1.5. TAPIADO DE HUECO EN FACHADA

Para el cumplimiento de la normativa de habitabilidad, Ley 8/2012, de 9 de junio, de vivienda de Galicia, y un buen aprovechamiento de la planta baja de la edificación, es necesario tapiar una de las ventanas de la fachada, la cual da al patio de acceso a la vivienda; pues para conseguir una buena distribución y el mejor aprovechamiento de las estancias, esta ventana nos quedaría mal situada entre un tabique que divide la vivienda unifamiliar y local comercial.

Se trata de un pequeño hueco de dimensiones 0,50 x 0,24 metros, estando situado en la fachada Norte. Resultando su tapiado beneficioso en cuanto a pérdidas térmicas, pues es la fachada con mayores pérdidas energéticas.

Este hueco de fachada tampoco nos permitía cumplir el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio, pues la distancia horizontal entre huecos de una misma fachada, pertenecientes a sectores de incendio diferentes debe ser $\geq 0,50$ m, siendo esta distancia de 0,29 m, lo que nos obligaría a colocar una carpintería con una resistencia mínima al fuego de EI 60.

Se tapiará con mampostería del mismo espesor que el muro existente, para conseguir continuidad térmica y acústica en la fachada, y al igual que en el resto del cerramiento se le realizará el trasdosado interior.

¹⁴ Manual de recomendaciones para la rehabilitación de viviendas en Galicia [en línea]. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Instituto Galego de Vivenda e Solo, 2014. [fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: http://igvs.xunta.gal/ipecos-opencms-portlet/export/sites/default/PortalVivenda/Biblioteca/Lexislacion/Eficiencia_enerxetica/20151210_MANUAL_DE_RECOMENDACIONES_PARA_REHABILITACION_DE_VIVIENDAS.pdf

3.4.1.2. SOLERAS

3.4.1.2.1. SOLERA VENTILADA

Para conseguir un correcto aislamiento entre el terreno y el suelo de nuestra edificación realizaremos un forjado sanitario tipo “cáviti”, para eliminar la humedad ascendente interponiendo una cámara de aire de suficiente altura entre esta y el terreno; creando así una solera ventilada.

Los parámetros técnicos condicionantes a la hora de la elección del sistema del forjado sanitario para evitar así el contacto con el terreno han sido la obtención de un sistema que garantizase el drenaje del agua del terreno y una correcta impermeabilización y ventilación y cumplir con las condiciones de salubridad exigidas en el Decreto 29/2010: Normas de Habitabilidad de Vivendas de Galicia.

En primer lugar, se realizará el picado de la solera existente y el vaciado de escombros y tierras para proceder a la construcción del forjado sanitario. Una vez realizado el vaciado se extenderá una capa de arena y grava, encachado de 20 cm y cama de arena de 5 cm, sobre la cual colocaremos una lámina de polietileno de alta densidad (HDPE); a continuación se verterá una capa de hormigón de limpieza HM-20 de 5 cm de espesor, cuya función es regular la superficie para proporcionar un buen apoyo a las piezas de polipropileno.

Comenzamos con el replanteo de las piezas de polipropileno, en el caso de que haya que cortar alguna pieza en el encuentro con el perímetro de la edificación se realizará dicho corte con una radial, y para que el suelo no trabaje en voladizo se realizará un zuncho perimetral. Las piezas serán de 40 cm de alto, de tipo C-40, y se utilizarán como encofrado perdido.

Para el paso de instalaciones, las soluciones a ejecutar deberán garantizar la estabilidad y estanquidad del encofrado durante el hormigonado, así como la estabilidad de la solera una vez fraguado el hormigón. El paso de las instalaciones a través de los módulos deberá sellarse con espuma de poliuretano o con poliestireno expandido antes de realizar el hormigonado.

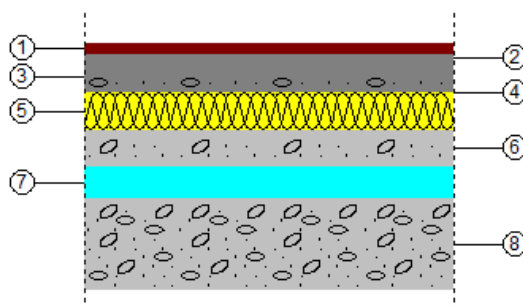
Una vez colocadas todas las piezas C-40 y resueltos todos los puntos singulares, se procede a la realización de la capa de compresión; se colocará una malla electrosoldada, B-500T, ME 20x20, Ø 6 mm; en toda la superficie de la solera, incluyendo la parte superior de los zunchos perimetrales, con el posterior hormigonado en una capa 6 cm de espesor.

Terminado el forjado sanitario comenzaremos a preparar el suelo para la colocación del acabado final. Se comenzará colocando una plancha de poliestireno extruido con hidrofluorcarbonos HFC (XPS) de 6 cm de espesor y un film impermeable de polietileno de 2 mm de espesor sobre este aislante; por último y para la colocación del pavimento, se extenderá una capa de mortero de cemento autonivelante de 5 cm de espesor y como acabo final, baldosa cerámica de gres esmaltado de 2 cm.

El espesor total del forjado sanitario que incluye desde la grava hasta el acabado final del pavimento es de 89,20 cm, con cota final de +0,05 m.

Dimensiones en planta de las piezas de polipropileno es de 750x500 mm y 400 mm de altura total.

Por último comentar la ventilación del forjado sanitario, la cual se realizará a través de cuatro conductos de PVC de diámetro 120 mm situados, dos de ellos en el lateral sur de la edificación (cara caliente) y los otros dos en el lateral norte, enfrentados a tresbolillo. Es por tanto necesaria la realización de cuatro perforaciones en el muro de mampostería para la salida de los tubos de ventilación; posterior a la perforación se dispondrán en dichos huecos dos perfiles metálicos cilíndricos, para asegurar la estabilidad del muro y la integridad de las tuberías. Estos orificios se realizarán a 30 cm de la cota de la acera.



Listado de capas:

1 - Solado de baldosas cerámicas de gres esmaltado	2 cm
2 - Mortero de cemento M-5	1 cm
3 - Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	5 cm
4 - Polietileno baja densidad [LDPE]	0.2 cm
5 - XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC [0.029 W/[mK]]	6 cm
6 - Hormigón armado $d > 2500$	6 cm
7 - Aire	5 cm
8 - Barrera impermeable de polietileno	
Arena y grava [$1700 < d < 2200$]	15 cm

Espesor total: 40.2 cm

Limitación de demanda energética $U_s: 0.16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 (Para una solera con longitud característica $B' = 3.7 \text{ m}$)
 Solera con banda de aislamiento perimetral
 (ancho 1 m y resistencia térmica: $0.88 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

IMAGEN 21: Forjado sanitario (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

En realidad la cámara de aire del suelo cáviti es de 40 cm aproximadamente (altura piezas de polipropileno), se ha introducido en el programa informático CYPE 5 cm; tal y como se puede ver en la imagen 21; porque el programa solamente cuenta con aire estanco, siendo esta cámara de aire ventilada, por tanto, se ha realizado el cálculo poniendo menor espesor para lograr un resultado más real, pues introduciendo los 40 cm la Limitación de demanda energética disminuía en gran cantidad, no siendo un valor real.

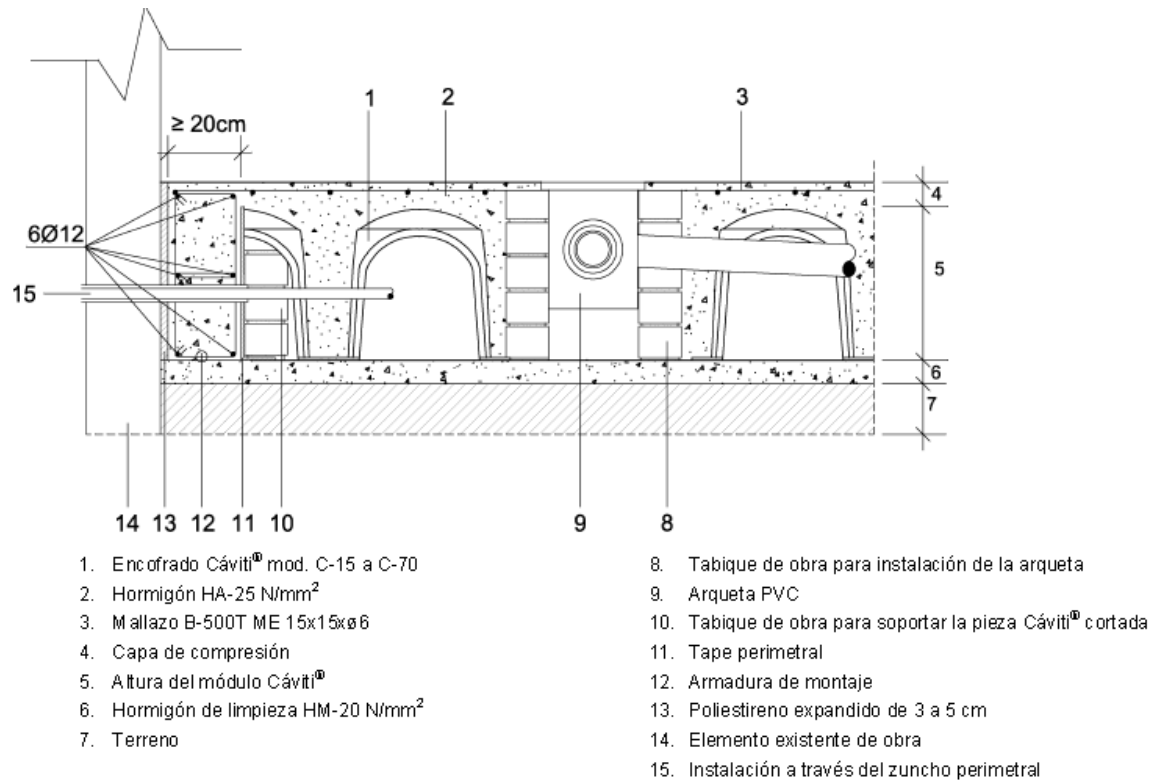


IMAGEN 22: Forjado sanitario (Fuente: DAU, documento de adecuación al uso 14/086 A)

3.4.1.2.2. SOLERA PATIO

Se comenzará con el picado de la solera existente, una vez demolida se procederá a la compactación del terreno, sobre el cual se extenderá una capa de grava de 20 cm, cama de arena de 5 cm, lámina de polietileno de alta densidad y por último solera de hormigón armado de 15 cm de espesor con malla electrosoldada, B-500T, ME 20x20, Ø 6 mm. El acabado final será mediante losas rectangulares de granito silvestre abujardado, de 4 cm de espesor, al igual que la plaza peatonal donde se encuentra la edificación.

Los parámetros básicos que se han tenido en cuenta a la hora de la elección de la solera han sido la zona climática, el grado de impermeabilidad y el drenaje del agua del terreno. Estos parámetros han sido determinados por el documento básico DB HS-1 Protección frente a la humedad.

3.4.1.3. MUROS

3.4.1.3.1. CIMENTACIÓN

El muro de carga de mampostería es quién sustenta la edificación, a través de la hincas del mismo en el terreno. No se actuará sobre la cimentación, pues es lo suficientemente estable como para soportar las cargas de la obra y las nuevas cargas

de la edificación una vez ésta esté rehabilitada (véase en los anexos el estudio topográfico).

Parámetros geotécnicos:

- Densidad aparente 1,85 – 2,14
- Cohesión 0,5 – 1,0 Kg/cm²
- Ángulo de rozamiento 35 – 30°
- Nivel freático 5 m
- Tensión admisible 1,50 Kp/cm²
- Permeabilidad 10⁻⁵ – 10⁻⁹ cm/s

3.4.1.3.2. ESTRUCTURA PORTANTE

El muro de carga de mampostería de granito de 60 cm de espesor en planta baja y 30 cm en las plantas superiores, se encuentra sin aislar por ambas caras, se comenzará a rehabilitar eliminando las humedades por capilaridad que presenta la pared, tanto en su cara interior como por el exterior hasta 1 metro de altura aproximadamente.

Se comenzará actuando en el interior, donde añadiremos un trasdosado autoportante con lana mineral de vidrio como aislante. Por último se operará en la parte exterior del muro, donde se realizará la extracción de la pintura, el picado del enfoscado y un posterior rejuntado de las llagas con mortero de arena y cemento hidrofugado, con un espesor mínimo de 15 mm.

Los parámetros técnicos condicionantes a la hora de la elección del sistema de fachada han sido el cumplimiento de la normativa acústica CTE-DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO y la limitación de la demanda energética del CTE-DB-HE-1.

A continuación se explican los procedimientos llevados a cabo para la rehabilitación del muro de carga de mampostería.

3.4.1.3.2.1. ELIMINACIÓN DE LAS HUMEDADES POR CAPILARIDAD.

Para la eliminación de estas humedades utilizaremos en método de electroósmosis activa, se trata de un tratamiento físico-eléctrico que busca invertir la polaridad del agua para que ésta descienda en lugar de ascender.

En la electroósmosis activa, para crear el campo eléctrico se recurre a la instalación de unos elementos que conducen la electricidad, llamados electrodos. Por un lado, se coloca una serie de electrodos en el muro afectado mediante perforaciones de la mitad de su espesor. La activación de estos electrodos proporcionará una carga eléctrica determinada a este muro. Por el otro lado, se coloca otra serie de electrodos enterrados a una profundidad de aproximadamente 1,30 metros, de forma que proporcionarán al terreno otra carga eléctrica propia.

Una vez instalados los electrodos tanto en el muro como en el terreno, con un aparato externo se activan las corrientes eléctricas, de forma que se crea una diferencia de

potencial entre las corrientes que circulan por el muro y las corrientes que circulan por el terreno. Esta diferencia de potencial es la causante de repeler las partículas de agua que provienen del terreno cargadas eléctricamente, de manera que nunca llegan a entrar en contacto con la pared.¹⁵

Cabe destacar que se instalarán los electrodos únicamente por una de las caras del muro, en nuestro caso por el interior y se le aplicará a la pared un mortero drenante que sirva como desecación del muro, de este modo la instalación quedaría lista y mediante un aparato electrónico se aplicarán impulso que generen los diferenciales de potencial buscados.

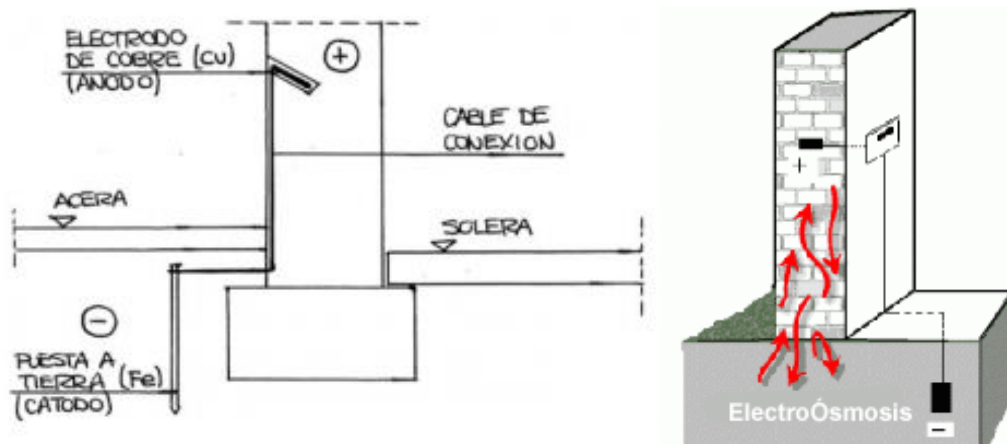


IMAGEN 23: Método de electroósmosis activa (Fuente: <http://humeingenieria.es/blog/soluciones-electrofisicas-a-la-humedad-capilar/>)

También hay que tener en cuenta que la realización del drenaje e impermeabilización que se va a realizar en el perímetro de la edificación (a excepción, como es lógico, de la medianera), ayudará a prevenir las humedades por capilaridad del muro de mampostería.

3.4.1.3.2.2. DRENAJE PERIMETRAL

El drenaje perimetral se compone de las siguientes capas: tubería de PVC ranurada flexible de \varnothing 160 mm, colocada sobre cama de arena; encachado de grava; adosada al muro de mampostería se colocará una lámina impermeabilizante bituminosa LBM de espesor 1,5 mm y por encima de esta y recubriendo la tubería drenante, se instalará un panel de nódulos de polietileno de alta densidad con geotextil incorporado al exterior y fijación mecánica.

La profundidad a la que se va a colocar el drenaje se determinará en el momento de su ejecución, pues no sabemos la profundidad a la que se encuentran hincados los muros de mampostería.

¹⁵ HUME INGENIERÍA. Soluciones electrofísicas a la humedad por capilaridad. Disponible en: <http://humeingenieria.es/blog/soluciones-electrofisicas-a-la-humedad-capilar/>

3.4.1.3.2.3. REHABILITACIÓN DEL MURO DE CARGA POR EL INTERIOR

Para mejorar las condiciones térmicas y acústicas de la envolvente de la edificación realizaremos un trasdosado autoportante libre.

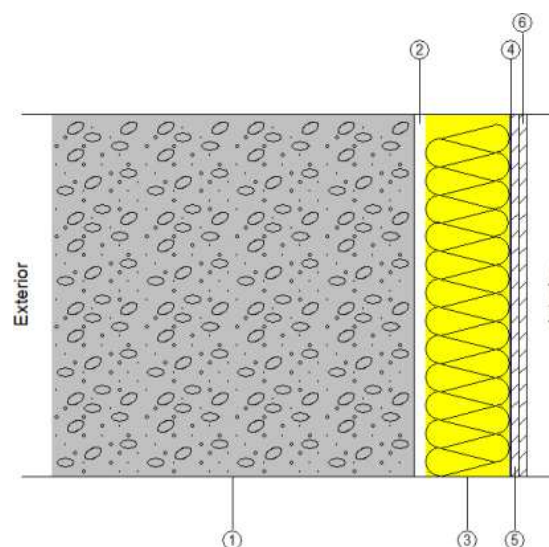
Comenzaremos aplicando un mortero de arena y cemento hidrofugado sobre el muro de mampostería, a continuación se instalará el trasdosado autoportante libre a base de montantes y canales de acero galvanizado con un espesor total de 140 mm; es necesario dejar una separación de 20 mm entre dicho muro y el trasdosado, realizando de este modo una cámara de aire no ventilada, de tal forma que el salto térmico se produzca en esta zona.

Una vez montada la estructura metálica, anclada a techo y pared, colocaremos en su interior el aislante térmico-acústico, lana mineral de vidrio de 140 mm de espesor, ECO 032(100 mm) y ECO 032 D(40 mm) de Isover, revestida con barrera de vapor en la cara caliente, para evitar problemas de condensación y cuya transmitancia térmica es de 0,032 W/(m·K). Se ha elegido un espesor considerable porque, aunque perdamos metros cuadrados en la vivienda, es necesaria la realización de una buena envolvente térmica, para conseguir aislar lo máximo posible la edificación y así reducir el consumo de energía por calefacción o refrigeración. En cuanto a la acústica, también es necesaria pues nos encontramos en una zona muy céntrica con multitud de comercios y bares a su alrededor.

Para aumentar las prestaciones del trasdosado, se colocarán dos placas de yeso laminado con las juntas contrapeadas. Selladas dichas juntas y pasteadas las cabezas de los tornillos, se le aplicará una imprimación a las placas de yeso laminado para el acabado final con pintura plástica.

El trasdosado tendrá un espesor total de 185 mm, que se desglosa en: cámara de aire sin ventilar de 20 mm, estructura metálica de acero galvanizado de 140 mm y dos placas de yeso laminado 12,5 mm.

Para la estimación del peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se ha seguido lo establecido en DB SE-AE.



Listado de capas:

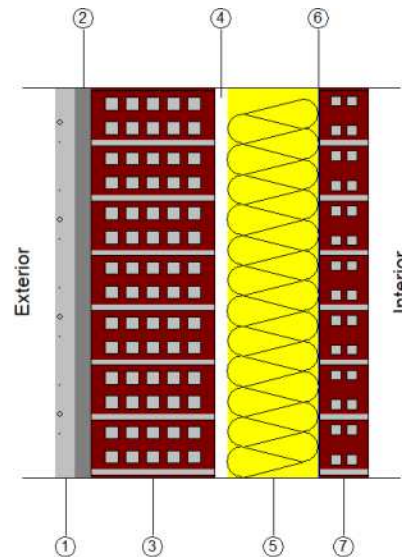
1 - Granito [2500 < d < 2700]	60 cm
2 - Cámara de aire sin ventilar	2 cm
3 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	14 cm
4 - Polietileno baja densidad [LDPE]	0.2 cm
5 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.25 cm
6 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.25 cm
7 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso o escayola	---
Espesor total:	78.7 cm
Limitación de demanda energética	Um: 0.19 W/(m ² ·K)

IMAGEN 24: Muro mampostería + trasdosado autoportante libre en planta baja (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

Los parámetros básicos que se han tenido en cuenta a la hora de la elección del sistema de fachada han sido la zona climática, el grado de impermeabilidad, la transmitancia térmica, las condiciones de propagación exterior y de resistencia al fuego. Estos parámetros han sido determinados por los documentos básicos DB HS-1 de Protección frente a la humedad, DB HE-1 de Limitación de la demanda energética, DB SI-2 de Propagación exterior y DB HR de Protección frente al ruido.

3.4.1.3.2.4. AUMENTO DEL MURO DE FACHADA EN 1,00 METRO

Para un mejor aprovechamiento de la planta bajo cubierta se ampliarán los muros de carga en un metro; límite que permite la normativa. Se realizará un viga de coronación sobre el muro y sobre la viga el nuevo cerramiento, el cual irá formado de exterior a interior por los siguientes elementos: chapado en piedra natural de granito envejecido, espesor 30 mm (imitación al muro de mampostería existente) sobre capa de mortero de 25 mm con mallazo, fabrica de termoarcilla de 190 mm y tomado con mortero de cemento en dosificación 1:6, cámara de aire sin ventilar de 20 mm, aislamiento térmico-acústico de lana mineral de vidrio de 140 mm de espesor, ladrillo hueco doble colocado a panderete recibido con mortero de cemento dosificación 1:6 y acabado en pintura plástica.



Listado de capas:

1 - Granito [2500 < d < 2700]	3 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	2.5 cm
3 - Bloque de termoarcilla	19 cm
4 - Cámara de aire sin ventilar	2 cm
5 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	14 cm
6 - Polietileno baja densidad [LDPE]	0.1 cm
7 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	7.5 cm
8 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso o escayola	---

Espesor total: 48.1 cm

Limitación de demanda energética Um: 0.18 W/(m²·K)

IMAGEN 25: Cerramiento bajo cubierta (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

3.4.1.3.2.5. GALERÍA

En la primera y segunda planta, sobresale del plano de fachada una galería acristalada. Se mantendrán las mismas dimensiones existentes y se realizará con carpintería de altas prestaciones, descritas en el apartado 3.3.1.6. CARPINTERÍA. Se puede observar con mayor detalle en los planos adjuntos a la presente memoria.

La galería funciona como efecto invernadero, pues es acristalada en el 85% de su cerramiento, acumulando calor en su interior y cediéndolo al interior de la vivienda.

3.4.1.3.2.6. ACTUACIÓN EN EL MURO DE CARGA POR EL EXTERIOR

Es necesaria la previa eliminación de las humedades de capilaridad. En el caso en estudio comenzaremos la rehabilitación por el interior y posteriormente se actuará sobre el exterior, por tanto, los problemas de humedades por capilaridad explicados en apartados anteriores se encontrarán resueltos.

Por medios manuales se comenzará picando la pintura y el enfoscado existente; una vez retirado en su totalidad, se comenzará el limpiado de las juntas y de las piedras, (en ningún caso se limpiará con agua a presión, ya que podría producir pérdida del material), posteriormente se mojarán las piedras para una mayor adherencia entre éstas y el mortero.

Acabados los primeros pasos y cerciorándonos que el paramento se encuentre limpio, se rejuntarán todas las piedras con mortero de cal hidrófugo. Pasadas 12 horas se cepillarán las juntas a fin de dejar la piedra limpia. El cepillado se realizará con cepillo de esparto o púas metálicas. Por último se aplicará un tratamiento fungicida y biocida para prevención de posibles ataques, quedando así el muro de mampostería visto.

3.4.1.4. FORJADO

Se procederá en primer lugar a la extracción del falso techo de escayola, para poder valorar el nivel deterioro de las vigas y viguetas de madera.

Se sustituirán las piezas que presenten degradación parcial o total a causa de insectos xilófagos, puesto que, pierden capacidad portante tras la pérdida de sección. También se sustituirán las piezas que presenten flecha, pues ésta pone en peligro la integridad del forjado y por último se examinarán las cabezas de las vigas, que probablemente en su gran mayoría se encuentren empodrecidas, por la falta de ventilación entre estas y el muro de mampostería.

Se retirarán parte de las piezas de madera, para su tratamiento o en su caso, sustitución por otras de características similares.

Se comenzará apeando y rehabilitando el forjado de la primera planta y así sucesivamente en los forjados superiores.

Los forjados serán rehabilitados “in situ” y se procederá como se explica a continuación.

3.4.1.4.1. SUSTITUCIÓN DE PIEZAS AFECTADAS

Las vigas y viguetas de madera, que hayan perdido su capacidad portante por pudrición, ataque de xilófagos, etc., se sustituirán por otras piezas de madera de características similares.

Se procede en primer lugar a apea el área de forjado afectado por la viga o vigueta dañada a sustituir. Debe tenerse en cuenta la posibilidad de hacer un apeo con puntales y durmientes que afecten a más de una planta, dependiendo del peso del área considerada.

Previa a la retirada de la pieza, es preciso desenclavar el resto de elementos que descansen sobre él (viguetas, zoquetes, entablados).

Una vez retirada la pieza se procede a eliminar la deformación (descenso generalizado, flecha excesiva, etc.). Esta deformación se produjo a lo largo de la vida

útil de las piezas y para su eliminación, nos ayudaremos de gatos hidráulicos; aunque nunca conseguiremos la planeidad total.

Por último se coloca la viga en los mechinales de los muros, dejando la cabeza de viga ventilada, o la nueva vigueta sobre las vigas. Finalizada la fijación de todos los elementos se procede a imprimir la pieza con la preceptiva protección antixilófagos.¹⁶

3.4.1.4.2. REPARACIÓN DE CABEZA DE VIGA

Emplearemos una técnica denominada BETA, por ser el nombre de la patente del sistema.

Este sistema consiste en restituir la cabeza de la viga con un aglomerante de resina y serrín de madera, al que previamente se le incluirá una prótesis con dos o más tendones, en función de la carga a resistir; los pasos a seguir son los siguientes:

- Retirada del pavimento existente, para dejar a la vista las vigas a reparar.
- Eliminar la parte de la viga que está deteriorada, hasta dejar la madera sana.
- Preparar unos tendones de resina de poliéster reforzados con fibra de vidrio, o bien, unos redondos de acero inoxidable, del diámetro y longitud adecuados.
- Con un taladro mecánico, se hacen unas perforaciones desde la zona sana de la viga, de forma que se crucen adecuadamente hacia la zona de apoyo.
- Una vez limpios los taladros, se rellenan con resina fluida y se introducen los tendones de forma que se solapen sobre la zona de apoyo y no asomen por la cara superior de la viga.
- Por último se prepara un sencillo molde lateral a ambos lados de la cabeza y se vierte una masa homogeneizada de resina fluida con serrín de madera, hasta restituir la geometría original de la viga.¹⁷

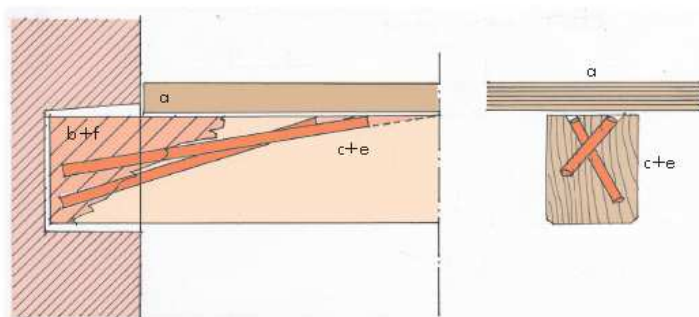


IMAGEN 26: Reparación de cabeza de viga mediante el método BETA (Fuente: Manual de recomendaciones para rehabilitación de viviendas en Galicia)

3.4.1.4.3. FORJADO MIXTO MADERA-HORMIGÓN

Para aumentar la resistencia a flexión, la resistencia al fuego, el aislamiento a ruido aéreo y de impacto, la inercia térmica y para mejorar la estabilidad global de la

¹⁶Manual de recomendaciones para la rehabilitación de viviendas en Galicia. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Instituto Galego de Vivenda e Solo, 2014. Disponible en: <http://igvs.xunta.gal> , pág. 43.

¹⁷ Ibíd., pág. 46.

estructura horizontal, realizaremos un forjado mixto de madera y hormigón, donde la madera trabajará las zonas de tracciones y el hormigón las zonas de compresiones.

Los parámetros básicos que se han tenido en cuenta a la hora de la elección de la estructura horizontal han sido la zona climática, la transmitancia térmica y las condiciones de aislamiento acústico determinados por los documentos básicos DB HE-1 de Limitación de la demanda energética, DB SI-1 de Propagación interior y DB HR de Protección frente al ruido.

Una vez realizada la rehabilitación de las vigas y viguetas de madera, tal y como se ha explicado en el apartado anterior, se procederá a la construcción del nuevo forjado colaborante. En primer lugar para la realización del forjado mixto, se comenzará apuntalando toda la estructura horizontal, este apuntalamiento se mantendrá en todas las plantas hasta que fragüe la capa de compresión del último forjado.

A continuación se procede con la construcción del forjado. Se comenzará colocando un entarimado de madera continuo de 20 mm de espesor sobre el doble entrevigado, para poder realizar la capa de compresión. Entre las viguetas también hay que colocar el entarimado para que este funcione como contención cuando vertamos el hormigón sobre la viga. Para evitar que la humedad del hormigón entre en contacto con la madera, colocaremos una lámina transpirable hidrófuga entre ellos, siendo esta impermeable al agua y traspirable para el vapor de agua.

Para que el forjado colabore entre sí, se colocan unos conectores de perno y crampones atornillados sobre las vigas principales y conectores omega sobre las viguetas; se fijarán a una distancia más próxima entre ellos en la zona cercana a las paredes ($Luz/4$) y mas separados en el centro ($Luz/2$). Sobre las vigas principales, se colocaran una armadura de cuatro redondos de $\varnothing 8$ mm, sujetos con estribos, para una mejor conexión del forjado. Es oportuno girar las placas base de los conectores para que los tornillos no estén alineados.

Para un mayor aislamiento térmico-acústico, se colocará un panel rígido de poliestireno expandido elastificado, de 20 mm de espesor, resistencia térmica $0,6 \text{ m}^2\text{K/W}$, conductividad térmica $0,033 \text{ W/(mK)}$.

A continuación se colocará una malla electrosoldada de 20×20 cm y redondos de $\varnothing 6$ mm; deberá solaparse la malla como mínimo 1,5 cm. Cada 20 cm se arriostrará el muro al forjado mediante redondos $\varnothing 16$ mm, entrando en el muro con un ángulo de 45° e introduciéndose en un hueco de 30 mm, el cual se rellenará con resina epoxi; para así conseguir arriostrar horizontalmente la edificación.

Una vez preparada la malla, los redondos y los arriostramientos, se hormigonará, con una capa de 6 cm, nivelando correctamente la capa de compresión.

Sobre la capa de compresión se colocará una barrera de vapor y sobre esta el suelo radiante formado por panel de tetones termoconformados de 8 mm, sobre los cuales se extenderá una capa de mortero confeccionado en obra de 5 cm.

Por último se colocará un pavimento según las estancias, acabado suelo flotante de madera de haya en cuartos secos y solado de baldosas cerámicas de gres esmaltado en cuartos húmedos.

El forjado no será visto desde la cara inferior, pues se instalará un falso techo suspendido continuo, que alberga un aislamiento de lana mineral con un espesor de 40 mm. Para el cumplimiento con el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio en la planta baja (local comercial), el techo continuo estará formado por dos placas de yeso laminado de 25 mm de espesor, de tipo MEGAPLAC PPF 25, del sistema PLACO.

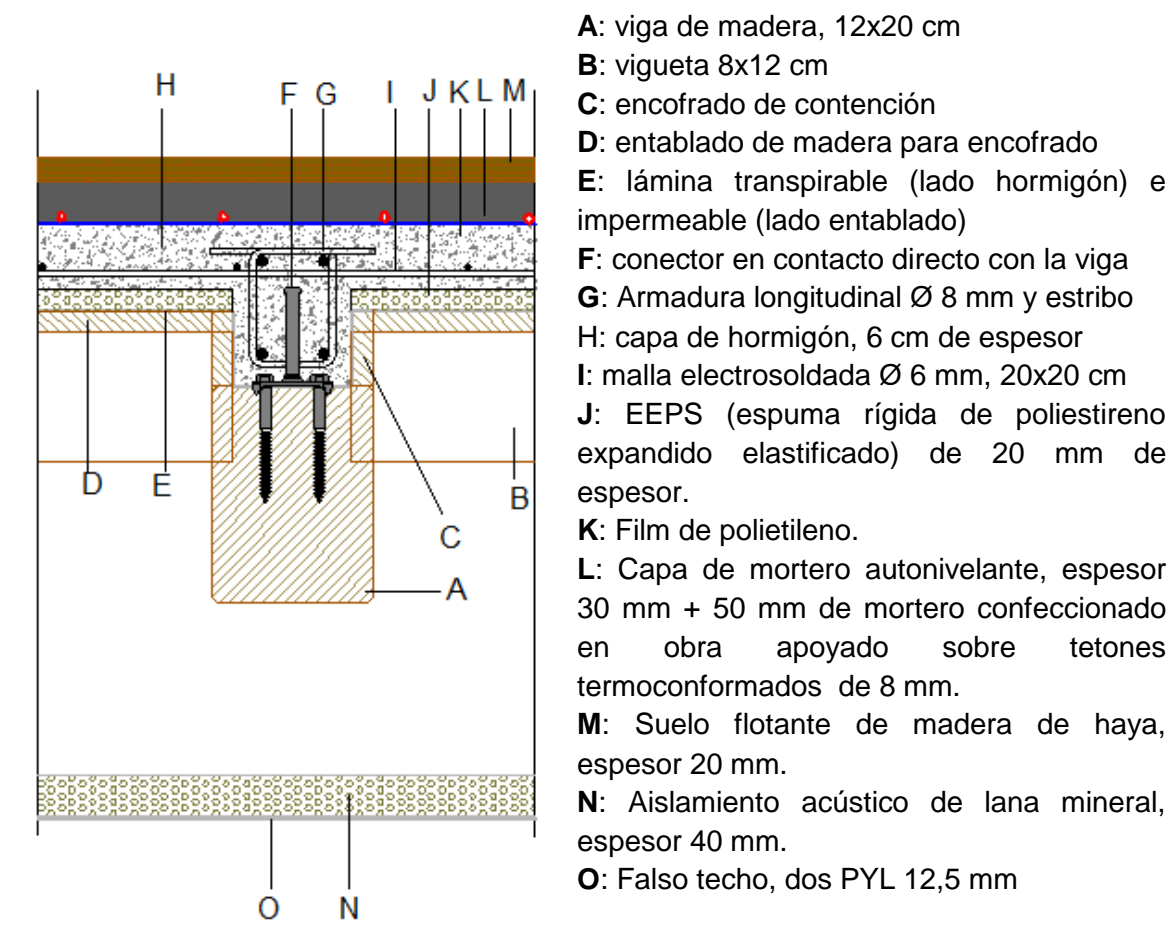
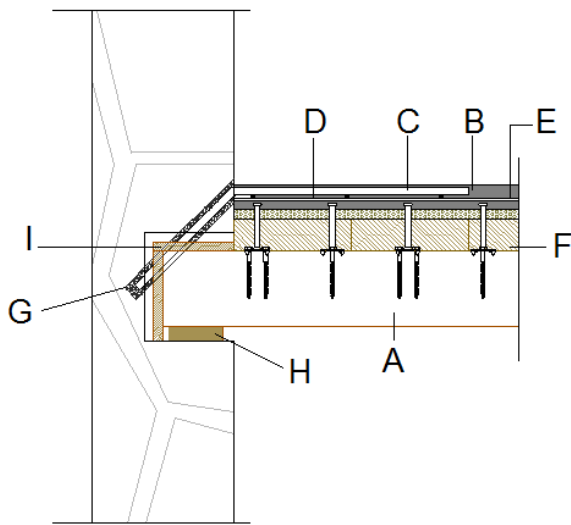
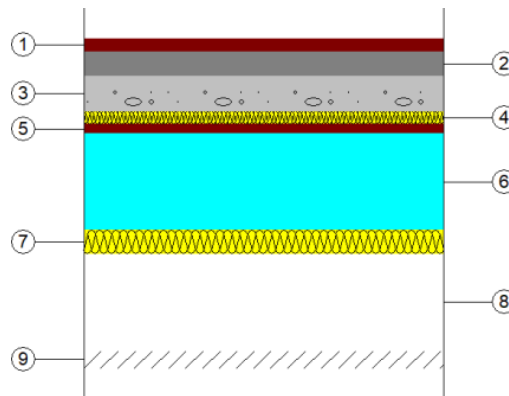


IMAGEN 27: Detalle de forjado mixto madera-hormigón (Fuente: Tecnalia bloques en CAD y elaboración propia).



- A:** viga de madera 20x12 cm
- B:** capa de compresión de 6 cm
- C:** conector
- D:** barra de acero corrugada encolada: barra Ø 16 mm, longitud 90 cm curvada a 45°, insertada 40 cm dentro de un agujero de 30 mm de diámetro en el muro
- E:** malla electrosoldada Ø6 mm 20x20
- F:** entablado y lámina transpirable e impermeable
- G:** resina epoxy
- H:** durmiente de madera
- I:** protección con aislante o corcho (en la parte superior y en los 3 lados de la viga de madera)

IMAGEN 28: Detalle de arriostramiento del forjado al muro de mampostería (Fuente: Tecnalia bloques en CAD y elaboración propia).



Listado de capas:

1 - Pavimento laminado	2 cm
Mortero de cemento M-5	3 cm
2 - Mortero confeccionado en obra, con 300 Kg/m ³ de cemento + Panel de tetones termoconformado con lámina superficial de poliestireno	5 cm
3 - Hormigón armado 2300 < d < 2500	6 cm
4 - EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	2 cm
5 - Tableros de fibras incluyendo MDF 550 < d < 750	1.6 cm
6 - Aire	16 cm
7 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4 cm
8 - Cámara de aire sin ventilar	16 cm
9 - Falso techo continuo liso "KNAUF" de placas de yeso laminado resistentes al fuego	3 cm
10 - Pintura al temple sobre paramento interior de yeso o escayola	---
Espesor total:	54.8 cm

Limitación de demanda energética

U_c refrigeración: 0.11 W/(m²·K)

U_c calefacción: 0.11 W/(m²·K)

IMAGEN 29: Forjado 1ª Planta (Vivienda-Local comercial) (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

3.4.1.5. CUBIERTA

Como se ha comentado con anterioridad la cubierta ha sido reformada pocos años atrás, por tanto reutilizaremos la mayoría de las piezas de madera que conforman la misma, ya que en dicha reforma retiraron las piezas en mal estado y las sustituyeron por otras de características similares.

El bajo cubierta en el momento de la reforma no es funcional, ya que en el centro de la planta se apoyan dos tornapuntas de madera que ayudan a la sustentación de la misma.

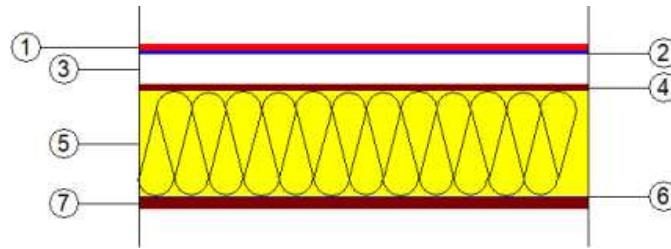
Se elevarán en un metro los muros de fachada, mediante fábrica de termoarcilla y ladrillo cerámico doble con cámara de aire y aislamiento en su interior, tal y como se describe en el apartado 3.3.1.3.2.4. AUMENTO DEL MURO DE FACHADA EN 1,00 METRO.

Se redistribuirá el forjado de cubierta para dejar una estancia diáfana y habitable.

En la cubierta se actuará de la siguiente manera:

- Se extraerán de exterior a interior las diferentes capas que conforman la cubierta.
- Una vez desmontada la cubierta se nivelará la coronación de los muros de carga para la realización de un zuncho perimetral de hormigón armado, para el correcto apoyo del nuevo tramo de fachada.
- Se redistribuirán las vigas y correas para y se añadirán las piezas necesarias para la correcta sustentación de la cubierta.
- Colocación de los rastreles a una distancia de 70 cm para la fijación del tablero.
- Distribución de los paneles de aislamiento térmico, formados por un panel de la marca thermochip, modelo TFH, compuesto por tres capas: capa interior de rechapado en madera natural de 9 mm, capa intermedia formada por alma de poliestireno extruido de 140 mm y capa exterior de aglomerado hidrófugo de 16 mm. Cuenta con barrera de vapor en su cara inferior.
- A continuación colocamos sobre el panel una lámina impermeabilizante y sobre esta las placas de onduline para la colocación de la teja. La colocación del onduline es para realizar una pequeña cámara de aire.
- Por último la fijación del material de cobertura, anclado a las placas de onduline, que constará de teja cerámica plana, el mismo material que la cubierta tuvo en su origen.

Se reutilizarán las piezas que se encuentren en buen estado.



Listado de capas:

1 - Teja de arcilla cocida	1 cm
2 - Cloruro de polivinilo [PVC]	0.5 cm
3 - Cámara de aire	4 cm
4 - Frondosa pesada $750 < d < 870$	0.9 cm
5 - EPS Poliestireno Expandido [$0.029 \text{ W}/[\text{mK}]$]	14 cm
6 - Polietileno baja densidad [LDPE]	0.2 cm
7 - Tableros de fibras incluyendo MDF $750 < d < 1000$	1.6 cm

Espesor total: 22.2 cm

Limitación de demanda energética U_c refrigeración: $0.19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 U_c calefacción: $0.19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

IMAGEN 30: Forjado de cubierta (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

Con la rehabilitación y los materiales utilizados en la nueva cubierta disminuimos en consumo de calefacción, el consumo energético total de la vivienda en combinación con el aislamiento en las fachadas y reducción de las emisiones de CO_2 producidas por el uso de combustibles fósiles.

Los parámetros técnicos condicionantes a la hora de la elección del sistema de cubierta han sido el cumplimiento de la normativa acústica DB HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO y la limitación de la demanda energética del DB HE-1, así como la obtención de un sistema que garantizase la recogida de aguas pluviales y una correcta impermeabilización. También se han tenido en cuenta la zona climática, las condiciones de propagación exterior según el DB SI-2 y de resistencia al fuego, y los documentos básicos DB HS-1 de Protección frente a la humedad y DB HS-5 de Evacuación de aguas.

3.4.1.6. CARPINTERÍA

3.4.1.6.1. CARPINTERÍA INTERIOR

La carpintería interior está formada por puertas de paso ciegas de una hoja batiente con un paso de 80 cm, de aglomerado de madera lacada en blanco con moldura y tapajuntas en el mismo material y con incrustación en acero inoxidable.

3.4.1.6.2. CARPINTERÍA EXTERIOR

La carpintería exterior estará compuesta por ventanas homologadas de altas prestaciones, formadas por perfiles de aluminio-madera, con un valor de aislamiento de $U_w = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, estando certificada por el PHI (Passive House Institute).

Las características de sus componentes son:

- Marco de aluminio-madera con una transmitancia térmica de $U_f = 0,82 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, modelo UNI_ONE TERMOESCUDO,
- Acristalamiento triple con vidrio de baja emisividad (vidrio con aislamiento térmico reforzado), formado por SGG CLIMALIT PLUS - composición: 6 / cámara de argón 90% 18mm / 4 / cámara de argón 90% 18mm / 44.2 Si, con una transmitancia térmica de $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ y un factor solar de $g = 0,53$, colocado sobre perfil de neopreno y doble sellado perimetral, se instalarán sobre premarco de madera, pues tienen una menor conductividad térmica.

El acabado de la carpintería metálica por el interior será de imitación a la madera. La mayoría de las ventanas serán de apertura oscilo-batiente, a excepción de la planta baja donde se encuentra el comercio; en este caso las ventanas serán fijas en las fachadas principales. Se puede observar con mayor detalle los despieces y aperturas indicados en el correspondiente plano de la documentación gráfica adjunta en este proyecto.

Se dispondrán de cajas de persiana situadas al exterior, de aluminio anodizado, inyectado con poliuretano en lamas de 30 mm de espesor, en el mismo color de las carpinterías. Se colocarán enrasadas con el aislamiento térmico para mejorar así el aislamiento de la envolvente y minimizar los puentes térmicos.

La puerta de acceso a la vivienda, será una puerta de seguridad de madera maciza y acabado en barniz especial para exteriores color madera, herrajes en acero inoxidable, mirilla, tres puntos de anclaje y cerradura de seguridad.

Las puertas de acceso al comercio serán de seguridad, de corte térmico, de alta resistencia, a prueba de viento y hermética, de aluminio-madera y acristaladas, con apertura abatible.

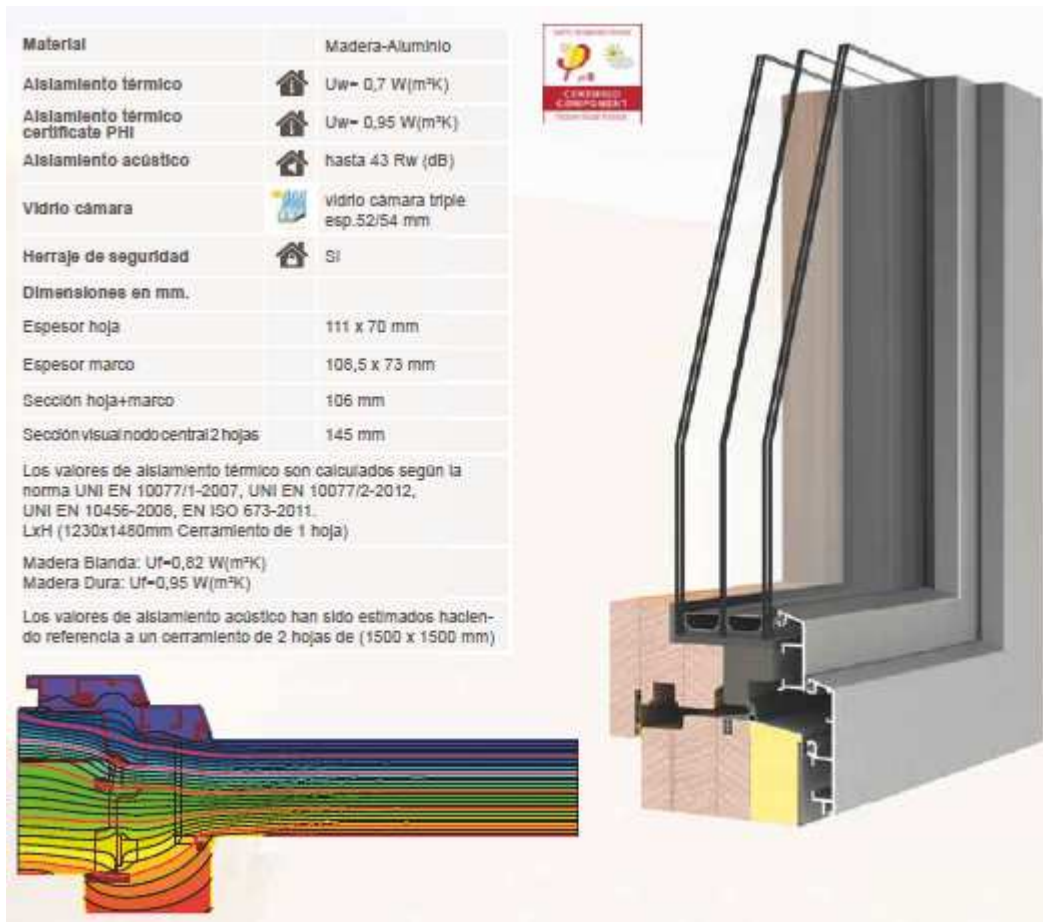


IMAGEN 31: Características del marco de ventana madera-aluminio modelo UNI_ONE TERMOESCUDO (Fuente: Catálogo UNI_ONE, la ventana contemporánea).

TRIPLE ACRISTALAMIENTO sgg CLIMALIT PLUS

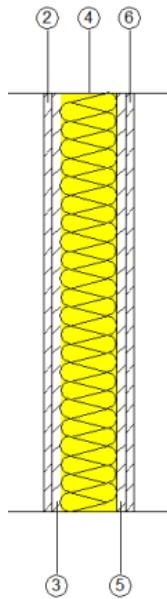
sgg CLIMALIT PLUS - COMPOSICIÓN: 6 / CÁMARA DE ARGÓN 90% 18MM / 4 / CÁMARA DE ARGÓN 90% 18MM / 44.2 SI

Vidrio Exterior (capa en cara 2)	Vidrio intermedio	Vidrio Interior (capa en cara 5)	Transmitancia térmica	Factor solar	Factores luminosos		
			Ug [W/m²K]	G	Ti(%)	Rext(%)	Rint(%)
sgg PLANISTAR ONE	sgg PLANICLEAR	SGG STADIP SILENCE PLANITHERM XN	0,5	0,35	64	16	17
sgg PLANITHERM 4S			0,5	0,39	58	29	24
sgg PLANITHERM XN			0,5	0,53	72	14	14

IMAGEN 32: Características técnicas vidrio CLIMALIT PLUS, (Fuente: catálogo SAINT-GOBAIN BUILDING GLASS, CLIMALIT PLUS).

3.4.1.7. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN VERTICAL

Tabique múltiple "PLACO" (12,5 + 12,5 + 80 + 12,5 + 12,5)/600 (90) realizado con dos placas iguales de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / 2800 / 12,5 / borde afinado y un aislante térmico-acústico de lana mineral de vidrio de 80 mm de espesor.

**Listado de capas:**

1 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso o escayola	---
2 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.25 cm
3 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.25 cm
4 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	8 cm
5 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.25 cm
6 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.25 cm
7 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso o escayola	---
Espesor total:	13 cm

Limitación de demanda energética

$$U_m: 0.33 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

IMAGEN 33: Tabiques divisorios interior vivienda (Fuente: Estudio térmico mediante programa de cálculo CYPE)

El tabique de separación de la vivienda y el local comercial en planta baja cuenta con las mismas dimensiones que el citado anteriormente, pero con la diferencia de que las placas de yeso laminado son de tipo PLACOFLAM (PPF), es decir que el sistema cuenta con una resistencia al fuego de EI 120.

Los parámetros básicos que se han tenido en cuenta a la hora de la elección de las particiones interiores han sido la zona climática, la transmitancia térmica y las condiciones de aislamiento acústico determinados por los documentos básicos DB HE-1 de Limitación de la demanda energética, DB SI-1 de Propagación interior y DB HR de Protección frente al ruido.

3.4.1.8. ACABADOS Y RESUMEN DE LAS CAPAS QUE CONFORMAN CADA ELEMENTO CONSTRUCTIVO

3.4.1.8.1. ACABADOS PARAMENTOS INTERIORES

3.4.1.8.1.1. FORJADO ENTRE PISOS

Falso techo continuo liso de placas de yeso laminado, suspendido con estructura metálica, con cámara de aire de 30 cm y aislamiento acústico de lana mineral de vidrio de 40 mm de espesor, con un acabado superficial de pintura plástica con textura lisa, color blanco acabado mate- Forjado colaborante- Suelo flotante compuesto por base autonivelante de 2 mm de espesor, poliestireno expandido elastificado de 20 mm de espesor cubierto con un film de polietileno de 0,2 mm y capa de regularización de 50 mm de espesor- Acabado de suelo flotante de madera maciza de haya de 20 mm de

espesor (en las estancias secas) y acabado de baldosas de gres esmaltado en los cuartos húmedos.

3.4.1.8.1.2. SOLERAS

Solera ventilada, tipo "cáviti"- Suelo compuesto por base autonivelante de 2 mm de espesor, poliestireno extruido con hidrofluorcarbonos HFC de 60 mm de espesor, cubierto con un film de polietileno de 0,2 mm y capa de regularización de 50 mm de espesor- Solado de baldosa cerámica esmaltada, color gris.

3.4.1.8.1.3. PARAMENTOS VERTICALES

1. Muro de mampostería de 60 cm de espesor en planta baja y 30 cm de espesor en plantas superiores- Cámara de aire- Trasdoso autoportante libre con placas de cartón yeso y acabado interior con pintura plástica de textura lisa y color blanco en la mayor parte de las estancias. Para las zonas húmedas (baños y cocina) el acabado interior será alicatado con gres porcelánico, color gris y blanco en baños de dimensiones 25x75 cm y 50x75 cm y en la cocina azulejo color blanco de dimensiones 25x75 cm.
2. Particiones interiores, tabique múltiple compuesto por dos placas de cartón yeso a ambos lados de 1,5 cm de espesor y alma aislante de lana de vidrio de 9 cm de espesor- Acabado con pintura plástica de textura lisa color blanco en la mayoría de las estancias, a excepción de las zonas húmedas donde llevará el mismo alicatado de gres porcelánico descrito anteriormente.

3.4.1.8.1.4. ESCALERAS

Todas las escaleras de la vivienda serán de madera maciza de haya.

La escalera que da acceso a la primera planta y por tanto el primer elemento estructural que se aprecia al entrar en la vivienda unifamiliar, se encuentra situado entre dos tabique. Llevará pasamanos solamente en uno de sus lados, dicha escalera contará con huella y contrahuella. Las escaleras de la segunda planta y de la planta bajo cubierta contarán con un recorrido en L.

3.4.1.8.2. ACABADO PARAMENTOS EXTERIORES

3.4.1.8.2.1. MUROS

El muro de mampostería quedará visto por el exterior, se rehabilitará para conferirle una mejor imagen, puesto que se encuentra degradado y en mal estado en algunas zonas, debido a las patologías mencionadas en el apartado correspondiente de la memoria del estado actual en el presente proyecto.

Se actuará sobre el muro tal y como se describe en el apartado 3.2.1.2 MUROS Estructura portante, en esta memoria.

3.4.1.8.2.2. SOLERA PATIO

Solera de hormigón armado de 15 cm de espesor - Acabado mediante losas rectangulares de granito silvestre abujardado, de 4 cm de espesor.

3.4.1.8.2.3. CUBIERTA

Vigas y correas de madera, rastrelado de madera- paneles de aislamiento térmico, formados por un panel sándwich de madera con alma de poliestireno extruido de 120 mm de espesor, acabado interior en madera y cara exterior de aglomerado hidrófugo, cuenta con barrera de vapor- material de cobertura de teja cerámica plana sobre rastrelado de madera.

3.5. INSTALACIONES PARA LA MEJORA ENERGÉTICA

3.5.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR

3.5.1.1. BOMBA DE CALOR PARA CALEFACCIÓN Y ACS

Para un mayor ahorro energético en la vivienda y menores emisiones de CO₂ a la atmósfera, se instalará una bomba de calor aire-agua, tratándose de un sistema que ofrece calefacción y agua caliente sanitaria, utilizando como generador principal la bomba de calor y como aporte de energía térmica una placas solar; obligatoria por en DB HE 4 de Contribución solar mínima de agua caliente.

Una bomba de calor es un aparato cuyo funcionamiento se basa en la termodinámica. Consiste en transportar energía en forma de calor de un ambiente (que puede ser aire, agua o suelo) a otro. Este proceso se genera a través del cambio de estado de gas a líquido de un fluido refrigerante por medio de la temperatura ambiente y con ayuda de un compresor.

La bomba de calor aire-agua consta de dos partes: el grupo bomba de calor y el depósito de acumulación. La bomba de calor está basada en el aprovechamiento de la energía que producen los cambios de estado del fluido refrigerante. Este fluido circula por el interior de un circuito cerrado que consta de:

- Compresor, cuyo trabajo permite el desarrollo del proceso y que requiere de electricidad para su funcionamiento.
- Condensador. Intercambiador de calor situado a lo largo del calderín y a través del cual el fluido refrigerante en forma de vapor cede toda su energía al agua del depósito. A medida que va cediendo la energía condensa y vuelve a estado líquido.
- Válvula de expansión. Componente del circuito por el que pasa el fluido refrigerante y que por medio de su cambio de sección, supone una reducción brusca de la presión y también un descenso notable de la temperatura.
- Evaporador. Otro intercambiador de calor situado en la parte superior, que a través de su superficie ampliada por un sistema de aletas, permite el intercambio entre el fluido refrigerante y el aire ambiente. En este intercambiador el fluido refrigerante pasa a estado vapor.

La bomba de calor tiene la capacidad de capturar energía de fuentes externas y gratuitas. Esta característica hace que sea un equipo que multiplica la potencia eléctrica de accionamiento del compresor, transportando calor útil de forma altamente eficiente.¹⁸

La bomba de calor a instalar es una Genia Air 8, marca Saunier Duval, con un COP de 4,6. Se instalará también un interacumulador de 200 litros, siendo este para el aporte solar y para ACS. La normativa indica que el mismo depósito no se puede ser utilizado por una energía renovable y otra no renovable; en Galicia la bomba de calor está considerada energía renovable.

También se instalará un depósito de inercia de 150 litros. El depósito de inercia se instala para evitar arranques - paros seguidos de la bomba de calor y así contar con el mínimo volumen y caudal que requiere la bomba para funcionar.

Genia Air	8
Pack MiPro inalámbrico	0010023079
Pack MiPro cableado	0010023075
Eficiencia impulsión 35 °C	A++
Eficiencia impulsión 55 °C	A++
Alimentación	230 V / 50 Hz
Límite de func. mín / max (en calefacción)	-20 / 28
Límite de func. mín / max (en refrigeración)	10 / 46
Ida 35 °C, retorno 30 °C, temp. seca 7 °C	
Potencia de calefacción nominal / máx.	7,7 / 9,5
COP nominal / carga parcial	4,6 / 4,8
Intensidad eléctrica nominal	7,72
Otras características técnicas	
Intensidad máxima absorbida	16
Temperatura máxima de ACS	63
Máximo caudal de aire	2.700
Presión acústica A7W35*	46
Dimensiones (Alto/Ancho/Profundo)	942 / 1103 / 415
Peso neto	102
Conexiones circuito hidráulico	1,25

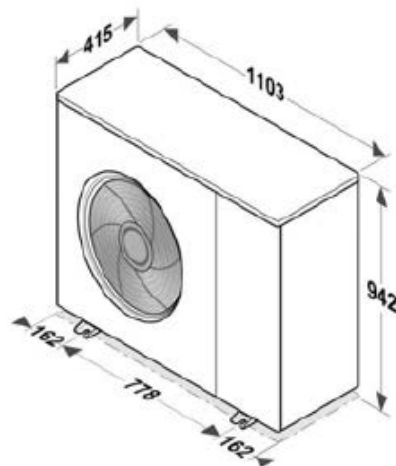


IMAGEN 34: Bomba de calor modelo Genia Air 8, características técnicas (Fuente: Ficha técnica Genia Air, Saunier Duval)

3.5.1.2. PLACAS SOLARES (ENERGÍA SOLAR TÉRMICA)

Para la correcta aplicación del CTE en cumplimiento con el DB HE 4, se instalará un captador solares de 2,35 m² de superficie de captación, situados en el faldón Oeste de la cubierta, para la contribución con el ACS, cuyos porcentajes de apoyo solar vendrán descritos en dicho Documento Básico según la zona climática en la que se encuentre. En el caso que nos ocupa nos encontramos en la zona climática II, siendo necesario un 30% de apoyo solar para ACS.

¹⁸ CALORYFRIO. Funcionamiento de la bomba de calor para calefacción y agua caliente. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/bomba-de-calor/bomba-de-calor.html>

Todos estos requisitos así como el cumplimiento del CTE vienen descritos en el apartado 4. Cumplimiento del CTE; donde se pueden observar los cálculos de la instalación, donde también se adjuntan sus características (dimensiones, superficie de apertura, caudal recomendado de circulación del fluido caloportador, pérdida de carga, etc.).

El funcionamiento de este sistema es el siguiente:

1. El colector absorbe la luz solar calentando un fluido especial conductor de calor.
2. La bomba transporta el fluido hasta el intercambiador de calor del acumulador solar.
3. Allí, la energía térmica es transmitida a un depósito de almacenamiento.
4. En caso de que la radiación solar sea insuficiente, un sistema de calentamiento (bomba de calor) calienta el depósito a la temperatura deseada.



Los captadores solares planos auroTHERM están diseñados para instalaciones en las que se busque un gran ahorro y alto rendimiento de la instalación.

Gracias a su diseño hidráulico, los captadores solares auroTHERM pueden trabajar con bajo caudal sin pérdida de rendimiento y reducir de esta manera el tamaño del resto de elementos de la instalación como bombas, tuberías, etc., consiguiendo por lo tanto la reducción del coste de la instalación.

Su construcción en marco de Aluminio de color oscuro y mínimo espesor le proporciona un diseño ideal para integrarse estéticamente con cualquier tipo de cubierta.

IMAGEN 35: Placa solar auro-THERM VFK, marca Vaillant (Fuente: Catálogo Vaillant, energía solar térmica)

Se ha realizado un cálculo previo del captador solar mediante hoja de Excel, dándonos una contribución anual de 73,60%, muy por encima de la obligatoria por el CTE; la cual se puede observar en la siguiente imagen:

CAPTADORES. GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS								
Ángulo de inclinación (β)	45°	optimo 43°						
Azimut respecto a Sur (α)	0°	optimo 0°						
Nº Captadores	1							
Contribución anual del sistema	73.60%	Min CTE 30%						
Marca / Modelo	Vaillant auroTHERM VFK 135 HD (ho)							
Número de grupos	1							
Numero de paneles por grupo	1.00							
Superficie de captación del panel (m ²)	2.35m ²							
Longitud del panel en max. pendiente (m)	1.23m							
Factor de eficiencia del colector:	0.801							
Coefficiente global de pérdida W/(m ² ·C)	4.121							
Area total de captación proyectada	2.35m ²							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">EXCESO CONTRIBUCIÓN SOLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> 100%</td> <td>max 3 meses</td> </tr> <tr> <td>> 110%</td> <td>no permitido</td> </tr> </tbody> </table>			EXCESO CONTRIBUCIÓN SOLAR		> 100%	max 3 meses	> 110%	no permitido
EXCESO CONTRIBUCIÓN SOLAR								
> 100%	max 3 meses							
> 110%	no permitido							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">EXCESO CONTRIBUCIÓN SOLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enero</td> <td>Febrero</td> <td>Marzo</td> </tr> </tbody> </table>			EXCESO CONTRIBUCIÓN SOLAR			Enero	Febrero	Marzo
EXCESO CONTRIBUCIÓN SOLAR								
Enero	Febrero	Marzo						

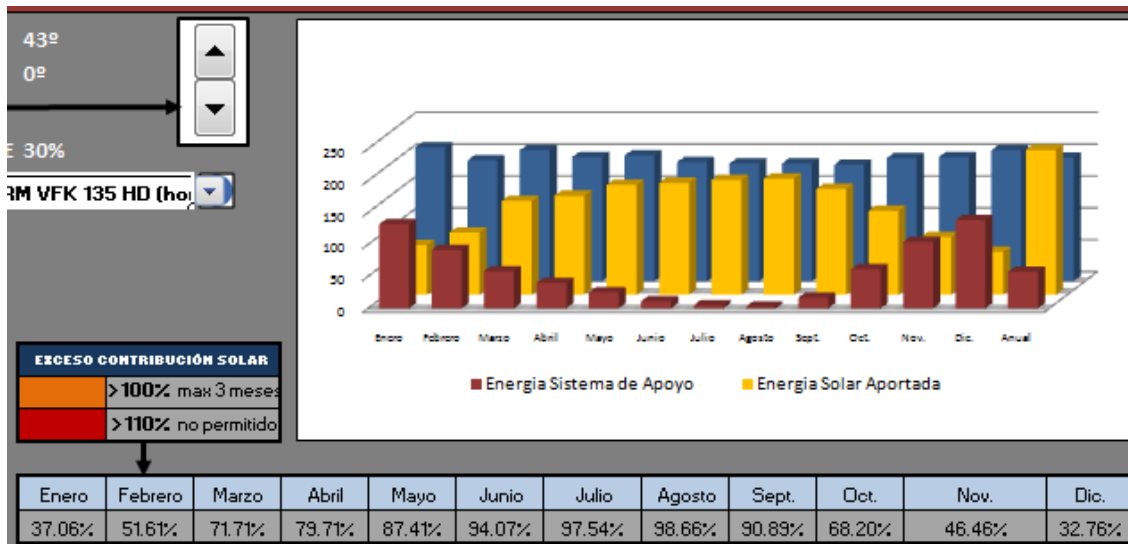


IMAGEN 36: Geometría y características de los captadores solares (Fuente: Hoja Excel, Autor: Oscar Redondo Rivera)

3.5.1.3. SUELO RADIANTE

Para el confort térmico de la vivienda unifamiliar se instalará suelo radiante.

La calefacción por suelo radiante consiste básicamente en la emisión de calor por parte del agua que circula por tubos embebidos en la losa de hormigón que constituye el suelo. De esta forma conseguimos una gran superficie como elemento emisor de calor.

Al estar distribuido por toda la superficie de la vivienda, el suelo radiante cuenta con la ventaja de que no requiere una temperatura de trabajo tan elevada como los radiadores. Mientras que un radiador tradicional demanda agua a una temperatura de en torno a 70° u 80°, el suelo radiante trabaja a una temperatura de 35° a 45°. Al trabajar a menor temperatura, el rendimiento del generador es mucho mayor.

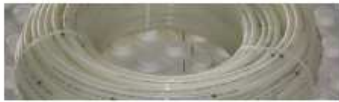
Por tanto, la combinación de bomba de calor y suelo radiante forma un sistema de climatización eficiente.

Se han realizado los cálculos con el programa informático CYPE, los cuales se pueden observar en el apartado 5. CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES y concretamente en el punto 5.2. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.



Paneles aislantes térmico y térmico + acústicos

- Innovador y eficaz diseño del panel
- El aislamiento térmico y la impermeabilidad evitan la pérdida de temperatura por el forjado o vapor
- Reducción del ruido de impacto sobre forjado 23dB (ΔL_w)
- Mejora de aislamiento o ruido aéreo 8dB (ΔR_A)
- Paneles aptos para tuberías de 16 y 20 mm
- Montaje sencillo y rápido



Tubos

- Tubo multicapa (AL) y plastificado (EVOH)
- 3 y 5 capas
- Tubería plástica con barrera de difusión de oxígeno especial para calefacción



Colectores

Accesorios incluidos:

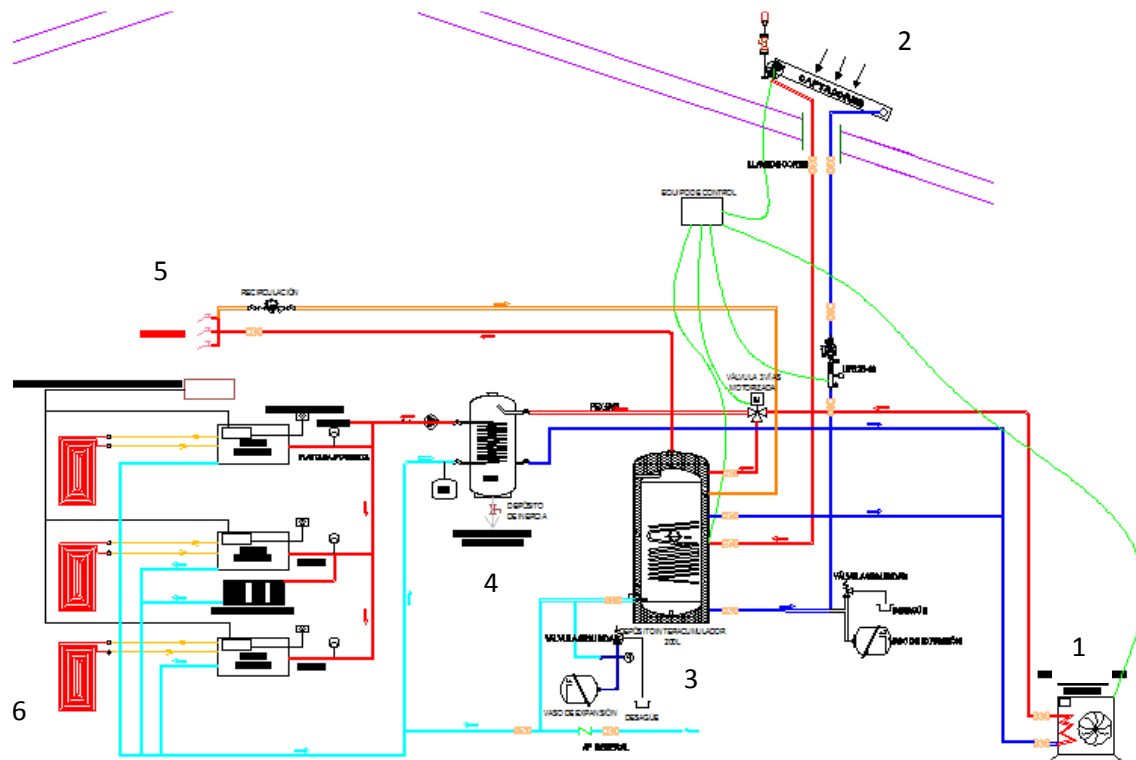
- Soportes de fijación y ajuste
- 2 termómetros (impulsión y retorno)
- Caudalímetro en impulsión (0,75-3,75 l/min)
- Válvula de regulación manual /actuador (accesorio) en retorno
- Purgador manual
- Válvula de llenado impulsión
- Llaves de llenado y vaciado
- Llaves de corte

Características:

- Hasta 12 circuitos
- Material plástico (composite)
- Conexión colectores: racor loco 1"
- Conexiones circuitos: rosca macho 3/4"

IMAGEN 37: Características suelo radiante (Fuente: Ficha técnica suelo radiante Saunier Duval).

3.5.1.4. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS



- | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1. Bomba de calor | 3. Interacumulador 150L | 5. Consumo ACS |
| 2. Captador solar | 4. Depósito de inercia 80 L | 6. Suelo radiante |

IMAGEN 38: Esquema simplificado de la instalación para calefacción y ACS (Aerotermia + Suelo radiante + Captador solar (Fuente: Elaboración propia)

3.5.1.5. RECUPERADOR DE CALOR

Para renovar el aire interior en la vivienda, como así nos obliga en CTE en su DB HS-3, Calidad del aire interior, el cual establece como obligatorio para el interior de viviendas la disposición de un sistema de ventilación híbrido o mecánico, por lo que se instalará un sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor.

Se reducirá el consumo energético intercalando un recuperador entre el sistema de admisión y el de extracción, pudiéndose alcanzar ahorros energéticos de hasta un 40%.

Por tanto, un recuperador de calor es un intercambiador térmico, en el que se produce un intercambio de calor entre el volumen de aire de extracción, ya climatizado, y el volumen de aire de admisión, sin climatizar.

Los recuperadores de calor, son equipos cuya función es aprovechar las propiedades psicrométricas (temperatura y humedad) del aire que extraemos del edificio o local, e intercambiarlas con el aire de ventilación que impulsamos del exterior. En este proceso de intercambio, no se mezclan el aire del exterior y el aire del interior.

Con ello, conseguimos pretratar (precalentar o preenfriar) el aire exterior, y por lo tanto, reducir el consumo energético de la instalación de climatización, ya que la carga térmica a combatir por aire de ventilación, será mucho menor que si no existiera ese pretratamiento.¹⁹

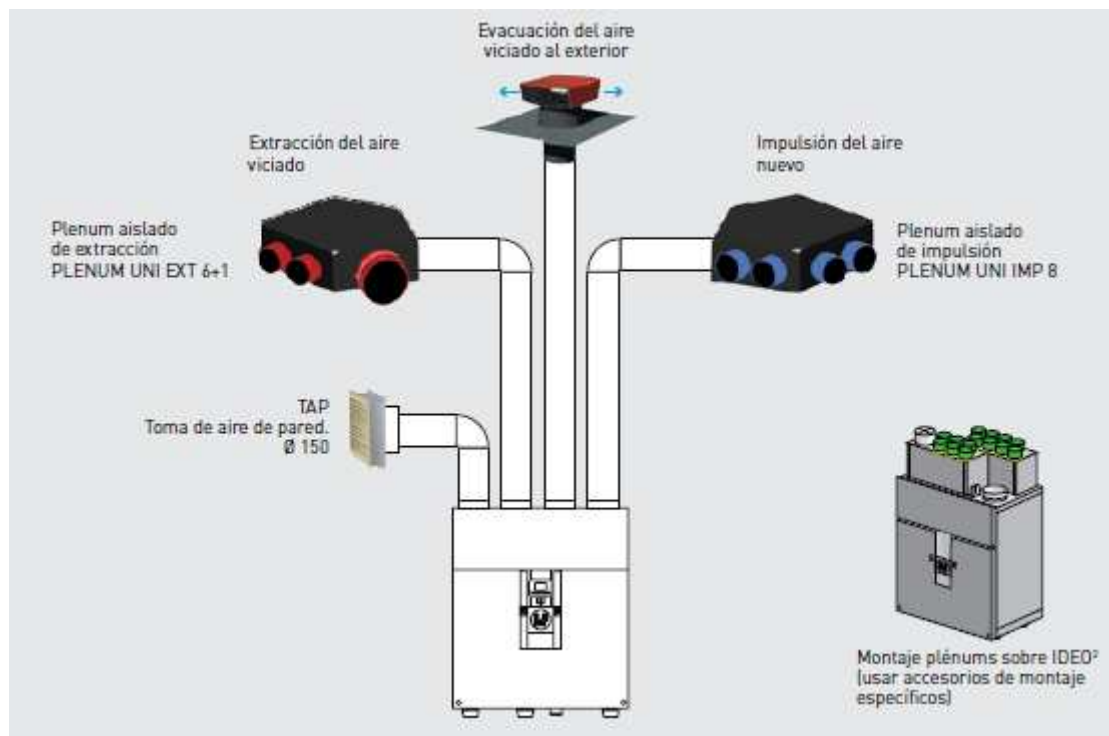


IMAGEN 39: Esquema simplificado de las componentes del sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor (Fuente: Catálogo S&P)

¹⁹ INSTALACIONES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA. Ahorro energético co recuperador de calor. Disponible en: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/recuperadores-de-calor/>

Modelo	Tensión (V)	Caudal (m ³ /h)		Potencia (W)	
		min.	máx.	min.	máx.
IDEO ² 325 ECOWATT	230	45*/90	325	21	198

Intensidad (A)		Nivel de presión sonora 3 m (dB(A))		Eficiencia		Peso (kg)
min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	
0,1	0,7	22,9	35,5	86	92	45

IMAGEN 40: Características técnicas recuperador de calor marca S&P, modelo IDEO² 325 ECOWAT (Fuente: Catálogo S&P)

Como se puede observar en la imagen 32, la instalación consta de un recuperador de calor, dos plenum, uno para la extracción y otro para la impulsión, y una salida para el aire viciado. El recuperador de calor se instalará en la despensa-lavandería. Los dos plenum y sus conducciones irán alojadas en el falso techo, desembarcando en bocas de extracción o impulsión según sea la estancia.

Se puede observar en los planos adjuntos la distribución de las conducciones de impulsión y extracción, así como de todos los componentes que conforma el sistema.

3.5.1.6. AEROGENERADOR (ENERGÍA MINIEÓLICA)

Se considera energía minieólica aquella que se aprovecha de los recursos eólicos mediante generadores de potencia inferior a 100 kW. De acuerdo con las normas internacionales, los molinos de esta tecnología deben tener un área de barrido que no supere los 200 m².

La minieólica se encuentra catalogada en el mismo marco regulatorio y retributivo que la gran eólica, a pesar de ser tecnologías de generación eléctrica muy dispares, se engloban dentro del RD 661/2007. Tampoco existe regulación específica para las instalaciones conectadas a la red.

Existe una normativa de fabricación de pequeños aerogeneradores, del Comité Electrotécnico Internacional CEI (Norma IEC-61400-2 Ed2) que no es de obligado cumplimiento.²⁰

Componentes de un aerogenerador de pequeña potencia:

²⁰ APPA, Asociación de Empresas de Energías Renovable. Minieólica. Disponible en: <https://www.appa.es/appa-minieolica>

- Rotor: se encarga de convertir la energía cinética del viento en energía mecánica.
- Generador eléctrico: acoplado mecánicamente al rotor, convierte la energía mecánica en energía eléctrica.
- Timón o aleta de cola: es el sistema de orientación del molino.
- Soporte o torre.
- Inversor o convertidor de carga: es el responsable de adaptar la energía generada en energía consumible por nuestras viviendas.
- Limitador de potencia: es un sistema de seguridad que regula la velocidad, especialmente aquélla de tiempo extrema.²¹

Para una mayor contribución de energía generada mediante fuentes renovables, instalaremos en la cubierta un minieólico de eje horizontal, aprovechando así la energía del viento, que en la localidad Riveirense cuenta con un valor medio anual elevado, exactamente se encuentra entre 12.1-16 m/s; generando alrededor de 3.120 kWh al año. Se puede observar la producción de energía mensual en la tabla de la imagen 35.

En comparación, la energía generada por los dos paneles fotovoltaicos que se estudiarán en los próximos apartados, es muy inferior a la generada por el aerogenerador, 900 kWh de energía solar frente a 3.120 kWh de energía eólica.

El consumo eléctrico anual de nuestra vivienda es de 18170 kWh.

Tabla 15: Consumos eléctricos de la vivienda unifamiliar

TOTAL CONSUMO VIVIENDA	POT.MENSUAL	POT. ANUAL
ALUMBRADO	58,11 KWh	697,32 KWh
MAQUINARIA	1402,8 KWh	16833,6 KWh
OTROS USOS	53,25 KWh	639 KWh
TOTAL VIVIENDA	1514,16 KWh	18169,92 KWh
	50472 Wh/día	

Se puede observar el desglose del cálculo eléctrico en los anexos de cálculo de la presente memoria.

Por tanto, para la generación de energía en la vivienda tendremos un sistema formado por un aerogenerador de 600 W. Esta instalación es muy eficiente, pues el aerogenerador funciona las 24 horas del día y en las 4 estaciones del año.

²¹ OCU. Energía minieólica, otra forma de autoconsumo. Disponible en: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/energia-renovable/informe/energia-minieolica>

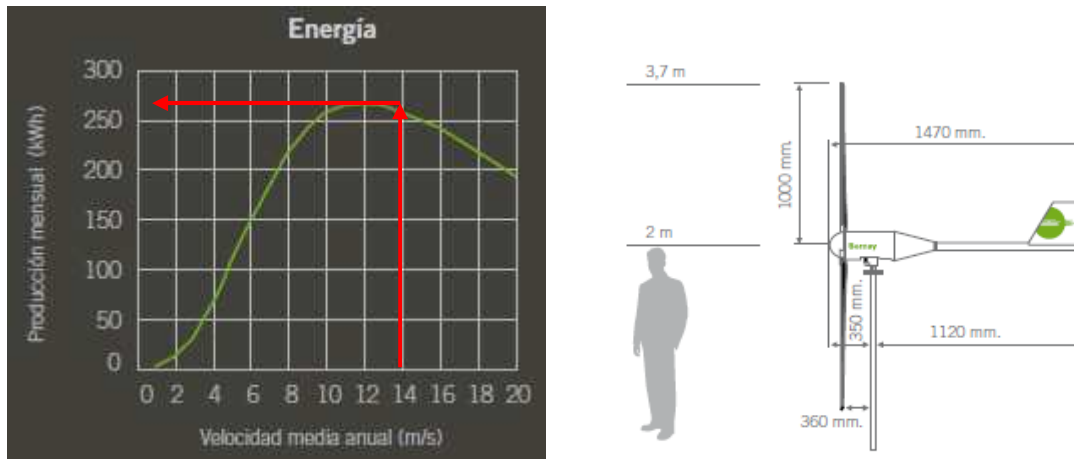


IMAGEN 41: Energía producida por aerogenerador Bornay 600 y alzado del aerogenerador (Fuente: Catálogo aerogeneradores Bornay)

3.5.1.7. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE APOORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE PANELES SOLARES Y MINIEÓLICO

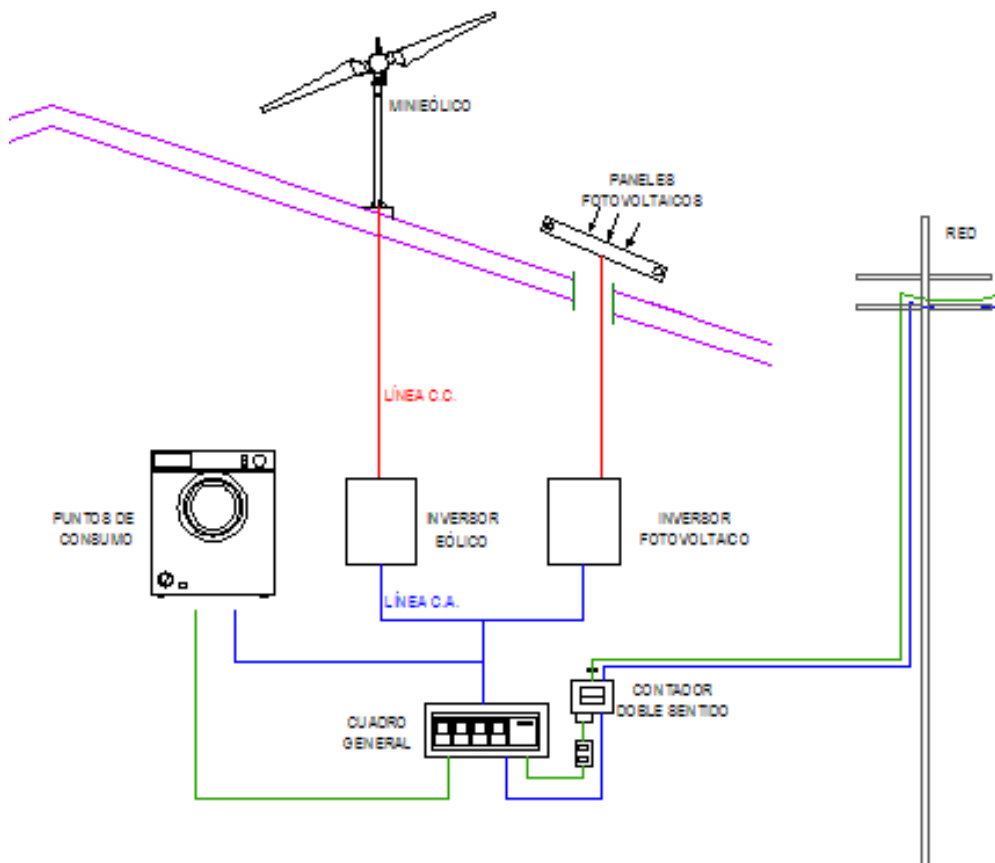


IMAGEN 42: Esquema simplificado de la instalación de aporte de energía mediante paneles fotovoltaicos y minieólico (Fuente: Elaboración propia)

3.5.1.8. EQUIPOS DE ILUMINACIÓN

En la vivienda unifamiliar instalaremos iluminación LED. Se realizará un pequeño estudio luminotécnico para saber el número adecuado de luminarias para cada estancia; por tanto tendremos en cuenta el grado de apertura luminoso y la potencia lumínica necesaria en cada caso. Los lux habituales para las diferentes estancias de una vivienda, son los siguientes:

- Cocina—200-300 lux, en la zona de corte y preparación de alimentos podemos llegar a 500 lux
- Dormitorios—100-150 lux, en la zona de la cabecera de la cama para lectura podemos llegar a 500 lux.
- Salón—100-300 lux, para ver la televisión lo ideal serían 50 lux.
- Comedor---300 lux.
- Aseos y cuarto de baños---100-200 lux, en la zona del espejo podemos llegar a 500 lux.
- Escaleras y pasillos 100-150 lux.

Para mayor información véase plano de iluminación en documentación gráfica adjunta y cálculos luminotécnicos en los anexos.

3.5.2. LOCAL COMERCIAL (TIENDA DE VENTA DE ZAPATOS)

3.5.2.1. CALDERA DE PELLETS POR AIRE (CALEFACCIÓN)

Para calefactar el local comercial situado en la planta baja de la edificación se instalará una caldera de pellets por aire no canalizable, ya que al tratarse de una única estancia de 25,00 m², ésta es la opción más acertada. Cuenta con un ventilador en su parte frontal para regular el calor que sale de la estufa tras la quema del combustible y también cuenta con un termostato para regular la temperatura. La toma de aire de la estufa será desde el exterior por la fachada principal, mediante una rejilla situada sobre la ventana del escaparate, pues si cogiera aire del local, esto provocaría una pequeña corriente de aire frío, creando una sensación desagradable.

En este tipo de estufas el aprovechamiento de la energía se realiza a través de un ventilador que impulsa el aire caliente desde dentro de la cámara de combustión, para luego poder ser repartido por la estancia a calefactar.

Para la instalación de la estufa de pellets por aire no canalizable es necesaria la extracción de los humos generados durante la combustión, ya que debe cumplir una serie de condiciones de seguridad y funcionamiento. La reglamentación obliga que la salida de humos salga por encima de la cubierta de la edificación. Esta chimenea será de acero inoxidable, aislada de doble pared, para evitar condensaciones.

La elección de este tipo de estufa para la calefacción del local comercial es en primer lugar por su contribución con el medio ambiente, ya que produce niveles muy bajos de contaminación y ayuda a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, además de tener un coste muy inferior a la energía convencional. La biomasa es un combustible neutro desde el punto de vista del ciclo de carbono, las emisiones de CO₂

que se producen durante la quema del combustible son las mismas que la planta absorbió durante su vida, por tanto no contribuye al aumento del efecto invernadero.

La caldera a instalar es una MET MANN modelo PELLETS AIRE INSERT 11 en color blanco, cuyos datos técnicos son los siguientes:



DATOS TÉCNICOS

Potencia nominal (Máx / Mín):	11,0 / 2,90 kW
Potencia real (Máx / Mín):	9,0 / 2,50 kW
Rendimiento (Máx / Mín):	84 / 85%
Capacidad calefacción (Máx / Mín):	90 / 25 m ²
Consumo pellet (Máx / Mín):	2,13 / 0,59 kg/h
Autonomía (Mín / Máx):	7 / 25h
Capacidad depósito pellet:	15 kg
Combustible:	Pellet Ø6mm
Tensión eléctrica:	230V/50Hz
Consumo eléctrico (Mín / Máx):	100W / 350W
Dimensiones (Ancho/Fondo/Alto):	593/645/615mm
Dimensiones agujero (Ancho/Alto):	695/666mm
Peso:	92 kg
Salida de humos posterior:	Ø80mm
Toma de aire combustión exterior:	Ø50mm

IMAGEN 43: Caldera de pellets por aire, modelo PELLET AIRE INSERT 11 (Fuente: Catálogo MET MANN Estufas de pellets)

3.5.2.2. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN CALEFACCIÓN

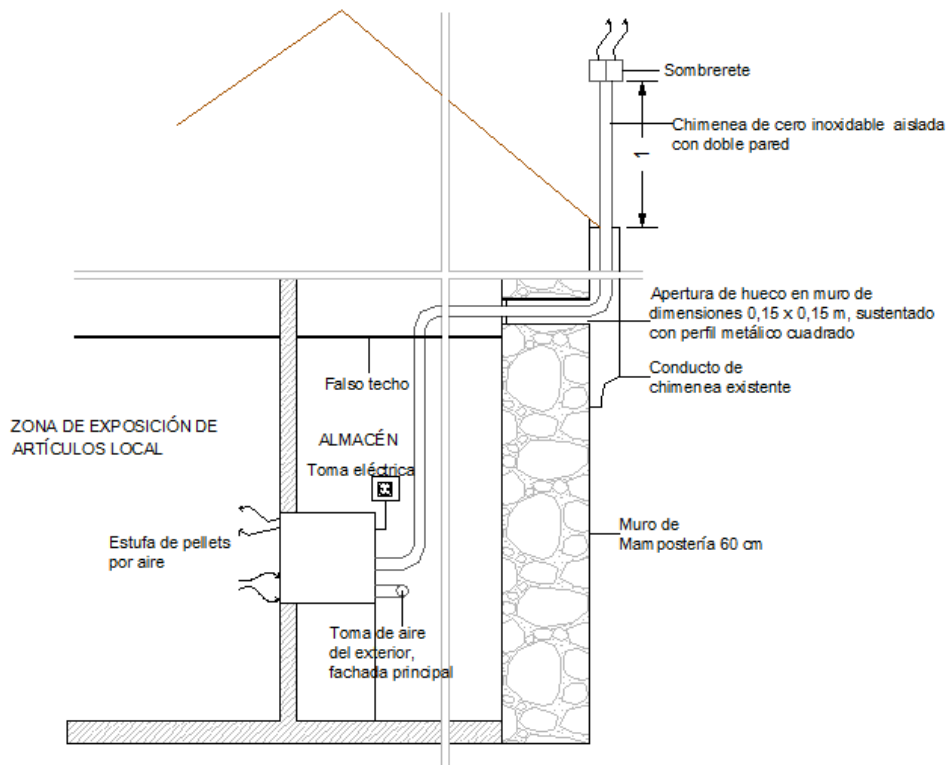


IMAGEN 44: Esquema simplificado de la instalación de calefacción mediante estufa de pellets por aire (Fuente: Elaboración propia).

3.5.2.3. VENTILACIÓN MECÁNICA

El CTE nos obliga a establecer una calidad del aire interior que, en el caso de locales comerciales estas exigencias mínimas vienen dictaminadas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RITE) en su artículo *IT 1.1.4.2. Exigencia de calidad del aire interior*, y dice lo siguiente:

IT 1.1.4.2.1. Generalidades

*2. El resto de edificios **dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior** que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, de acuerdo con lo que se establece en el apartado 1.4.2.2 y siguientes. A los efectos de cumplimiento de este apartado se considera válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779.*

Por tanto es necesaria la implantación de ventilación mecánica que, para el caso en estudio se salvará mediante motores de ventilación y una pequeña red de conductos de impulsión y retorno para climatizar el local, tal y como se puede observar en la imagen 26: esquema simplificado de la instalación de climatización, o en la documentación gráfica adjunta al presente proyecto.

Para el cálculo del caudal necesario del local comercial, es necesaria la clasificación del aire interior, el cual en nuestro caso se trata de **IDA 3 (aire de calidad media)**: edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (excepto piscinas) y salas de ordenadores. El RITE desarrolla cinco métodos de cálculo; para la zona de ocupación permanente utilizaremos el método A y para las zonas de ocupación esporádica el método D. Tras el cálculo realizado, resulta un caudal mínimo necesario de 422,03 m³/h, es decir unas 3,82 renovaciones/hora.

Cabe destacar que no es necesario un recuperador de calor pues el caudal de aire climatizado extraído por medios mecánicos es inferior a 0,5 m³/s (0,117 m³/s).

Para un mayor ahorro energético se instalará un recuperador de calor aire-aire, modelo CADB-HE-D 08 LH ECOWATT "S&P", caudal de aire nominal 800 m³/h, potencia sonora 58 dBA, eficiencia de recuperación calorífica en condiciones húmedas 86,4%, potencia calorífica recuperada 5,8 kW.

La calidad del aire exterior la calificamos como ODA 2: Altas concentraciones de partículas, pues nos encontramos en la ciudad en zona céntrica. La clase de filtración necesaria en función de la calidad IDA 3 del aire interior y de la tabla 1.4.2.5 del RITE, debe ser F6/ F7. Es necesaria la instalación de un pre-filtro, para ayudar a mantener el equipo de ventilación limpio, y un filtro final.

Se instalará una caja de ventilación para impulsión y otra para extracción, situadas en el falso techo en el almacén del establecimiento; ambas de la marca Soler & Palau, modelo CAB 160 ECOWATT. Antes del motor de impulsión de ventilación se ubicará una caja filtrante con un filtro F6, modelo MFL-160 F y filtro MRF-160 F6.

Se pueden observar las fichas técnicas de la maquinaria en el anexo de equipamiento del presente proyecto.

La justificación del RITE se encuentra en el apartado 5. CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES.

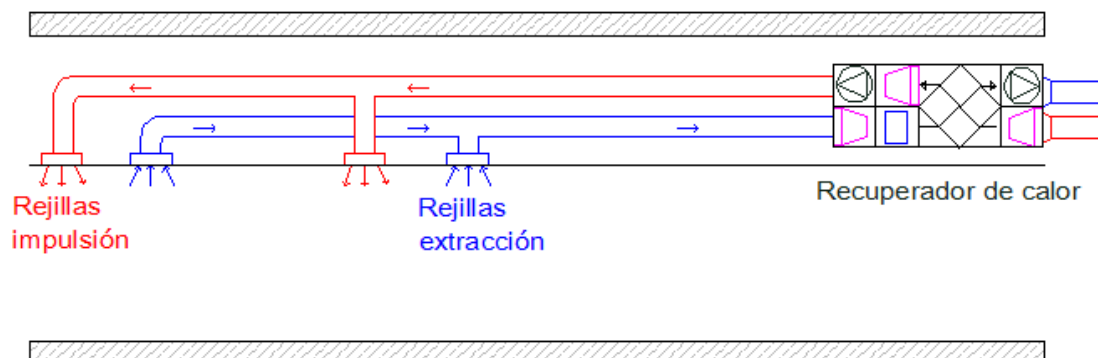


IMAGEN 45: Esquema simplificado de la instalación de climatización con recuperador de calor (Fuente: Elaboración propia).

3.5.2.4. PANEL FOTOVOLTAICO (ENERGÍA ELÉCTRICA)

En el caso en estudio no le es de aplicación el DB HE 5 de Contribución fotovoltaica mínima de energía; aún así se instalarán dos panel de 335 W en la cubierta en el faldón Sur, para la contribución de energía eléctrica en el local comercial; y en el caso de generar más energía que la necesaria se le cederá a la vivienda unifamiliar; pues la finalidad de este proyecto es conseguir una edificación de consumo de energía casi nulo.

Se trata de paneles de 1,6 m², de la marca SunPower, serie P19-335-BLK, de dimensiones 1.690 mm x 998 mm, monocristalino y totalmente negro (sin conexiones entre las células) y con una eficiencia superior a 19%.

Cada panel nos generará una energía al año de 450 kWh, teniendo en cuenta que contamos con dos paneles, generaremos una energía total de 900 kWh al año.

El comercio tiene un consumo eléctrico anual de 1786,33 kWh.

Tabla 16: Consumos eléctricos del local comercial.

TOTAL CONSUMO LOCAL COMERCIAL	POT.MENSUAL	POT. ANUAL
	L	
ALUMBRADO	69,004 KWh	828,048 KWh
MAQUINARIA	69,056 KWh	553,28 KWh
OTROS USOS	33,75 KWh	405 KWh
TOTAL VIVIENDA	171,81 KWh	1786,328 KWh
	5727,00 Wh/día	

Se puede observar el desglose del cálculo eléctrico en los anexos de cálculo de la presente memoria.

El cálculo de la energía generada por cada panel se puede observar en la imagen 39, donde podemos observar una tabla en la que se muestra la media de la irradiación y electricidad dada por cada panel, con el ángulo de inclinación óptimo, siendo en este caso 35° y tomando los siguientes datos:

- Potencia nominal del sistema FV: 0,335 kW
- Pérdidas estimadas debido a la temperatura y niveles bajos de irradiancia 14,2%
- Pérdidas estimadas debido a los efectos de la reflectancia angular: 2,7%
- Otras pérdidas (cables, inversor, etc.) 14,0%
- Pérdidas combinadas del sistema FV: 28,2%

Sistema fijo: inclinación=35 grados, orientación=0 grados				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Ene	0.71	21.9	2.84	87.9
Feb	1.02	28.5	4.11	115
Mar	1.34	41.7	5.58	173
Abr	1.43	43.0	6.04	181
Mayo	1.51	46.7	6.35	197
Jun	1.55	46.4	6.56	197
Jul	1.57	48.6	6.66	206
Ago	1.57	48.5	6.69	207
Sep	1.46	43.7	6.15	185
Oct	1.12	34.8	4.68	145
Nov	0.81	24.4	3.29	98.7
Dic	0.69	21.5	2.78	86.1
Año	12.3	37.5	5.15	157
Total para el año		450		1880

Ed: Producción de electricidad media diaria por el sistema dado (kWh)

Em: Producción de electricidad media mensual por el sistema dado (kWh)

Hd: Media diaria de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m²)

Hm: Suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m²)

IMAGEN 46: Producción de electricidad media de un panel de 335 kWp (Fuente: <http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>)

En todo sistema fotovoltaico conectado a la red es necesario un inversor, el cual se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, igual a la utilizada en la red eléctrica: 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 50 Hz. Se instalará un inversor marca ATERSA, modelo CICLO 6000, con una potencia nominal de 4600 W.

Los paneles fotovoltaicos se componen de celdas que transforman la energía solar en electricidad continua, también llamada DC y que es un tipo de corriente eléctrica que se define como un movimiento de cargas en una dirección y un solo sentido a través

de un circuito. Además, esta corriente se lleva a un circuito conversor que transforma la corriente continua en alterna (AC), la cual entra en el cuadro eléctrico de la casa y genera una electricidad que se distribuye a los diferentes sistemas de la vivienda.²²

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de de 1000 W/m²
- Temperatura de célula de 25 °C (no temperatura ambiente)



Model SPR-P19-335-BLK	
Nominal Power (P _{nom}) ⁴	335 W
Power Tolerance	+5/-0%
Efficiency	19.9%
Rated Voltage (V _{mpp})	37.1 V
Rated Current (I _{mpp})	9.04 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	44.3 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	9.60 A

IMAGEN 47: Panel fotovoltaico para aporte de energía eléctrica de 335 W (Fuente: Ficha técnica SunPower® P-Series: P19-335-BLK)

3.5.2.5. EQUIPOS DE ILUMINACIÓN

Para la iluminación del local comercial se instalarán focos y lámparas con bombillas LED, esta decisión está fundamentada en que este tipo de luminarias cuentan con un mayor rendimiento luminoso y con un bajo consumo eléctrico, incluso menor que las bombillas de bajo consumo y con una mayor duración.

La iluminación contará con dos interruptores de control de atenuación de la luz del establecimiento, para un mayor ahorro de energía.

²² ENERGIASOLAR365. ¿Cómo funcionan los paneles fotovoltaicos? Disponible en: <https://www.energiasolar365.com/articulos/como-funcionan-los-paneles-fotovoltaicos>

3.6. RESUMEN MEDIDAS DE AHORRO ACTIVAS Y PASIVAS

3.6.1. MEDIDAS PASIVAS

Las medidas pasivas utilizadas sobre la edificación en estudio son las siguientes:

TRASDOSADO

Trasdosado autoportante libre con un aislamiento térmico-acústico de 120 mm de espesor de lana mineral de vidrio con barrera de vapor en una de sus caras (cara caliente).

Se ha utilizará un espesor de 140 mm de aislamiento para conseguir una envolvente óptima.

La elección de la lana mineral de roca frente a otros aislamientos como pueden ser poliestireno extruido, espuma de poliuretano, fibra de vidrio, lana de oveja o corcho, son las siguientes:

- Poliestireno extruido: es un buen aislante, pero es un material poco transpirable, pudiendo generar condensaciones y humedades en el interior de las viviendas. Es un derivado del petróleo y su proceso de fabricación es el más contaminante en comparación a otros materiales que ofrecen las mismas características, por tanto cuenta con una gran huella ecológica.
La finalidad del presente proyecto es seguir una línea paralela al respeto con el medio ambiente, por tanto se descarta la utilización de este material.
- Espuma de poliuretano: su método de aplicación es proyectado, siendo imposible conseguir el mismo espesor en todo el paramento donde se aplique, tratándose este de un paramento irregular de mampostería de piedra. En la vivienda en estudio se pretende realizar una envolvente de calidad y este método no nos permite asegurar el espesor deseado. También al ser los muros de piedra, veo necesario la realización de una cámara de aire entre muro y aislamiento, que con este método no sería posible.
Al igual que el poliestireno extruido cuenta con una gran huella ecológica, por tanto descartamos su utilización por todo lo anterior descrito.
- Fibra de vidrio: se trata de un material poco contaminante y, al igual que la lana de roca es considerado un material ecológico. Menor precio y menores prestaciones de aislamiento acústico en comparación a la lana de roca.
- Lana de oveja: aislamiento ecológico, pero precio desorbitado.
- Corcho: mal comportamiento frente a la humedad, por tanto puede causar patologías.

CARPINTERÍA EXTERIOR DE ALTAS PRESTACIONES

Se instalará una carpintería exterior de altas prestaciones de aluminio-madera con rotura de puente térmico y triple acristalamiento, doble cámara de aire con argón 90% y el vidrio interior bajo emisivo.

Se ha elegido esta carpintería porque cuenta con una transmitancia térmica tanto del marco como del cristal muy baja $U_f = 0,82 \text{ W/ (m}^2 \text{ K)}$ y $U_g = 0,50 \text{ W/ (m}^2 \text{ K)}$. Se instalarán sobre premarco de madera, pues tiene una menor conductividad térmica.

GALERÍA ACRISTALADA

Se mantiene la galería existente, realizando un acristalado mayor (en toda su altura). Se instalará una carpintería con menores prestaciones térmicas que las descritas en el apartado anterior, para así conseguir un efecto invernadero. El calor que atraviesa el cristal, calienta el aire que hay entre este y el cerramiento interior opaco, creando un espacio con una temperatura superior al exterior, a su vez, gracias al efecto invernadero, conseguimos calentar la fachada opaca interior, que por inercia nos transmitirá el calor ganado durante las horas diurnas cuando el sol ya no caliente.

3.6.2. MEDIDAS ACTIVAS

Las medidas activas para la mejora energética de la edificación se centran en las instalaciones, descritas en el apartado 3.4. INSTALACIONES PARA LA MEJORA ENERGÉTICA, y son las siguientes:

PLACAS SOLARES PARA CONTRIBUCIÓN CON ACS

SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICOS Y MINIEÓLICO PARA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD

AEROTÉRMIA

Destacar la elección de la aerotermia frente a la geotermia para la instalación de calefacción y ACS, debido a que la zona en la que nos encontramos se encuentra a menos de 50 m del mar, teniendo temperaturas menos extremas y temperaturas medias del aire más altas favoreciendo a la aerotermia; también hay que tener en cuenta que nos encontramos en pleno centro de la ciudad de Riveira, por tanto supondría un problema realizar las perforaciones en cualquiera de sus metodologías (conexiones horizontales o verticales), pues se trata de una rehabilitación y nos encontramos en una zona totalmente urbanizada.

En conclusión, el gasto que supondría la instalación de geotermia y los beneficios que generaría son menores en comparación a la aerotermia.

SUELO RADIANTE

Junto con la aerotermia forman un conjunto idóneo, pues se trata de un sistema con agua a una temperatura inferior, por tanto va a tener menos pérdidas y la eficiencia del generador térmico mediante aerotermia será mayor, por lo tanto menos consumo.

Podría instalarse una caldera de gas por condensación, pero teniendo en cuenta que intentamos conseguir un edificio de consumo energético casi nulo, hemos optado por la bomba de calor, pues cuenta con mayores rendimientos energéticos y su consumo eléctrico en gran parte se lo proporcionarán los paneles fotovoltaicos y el minieólico.

VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERADOR DE CALOR

Utilizar con la ventilación un recuperador de calor son todo ventajas y se nombran a continuación:

- Permite recuperar y aprovechar parte de la energía consumida
- Aire limpio y fresco al interior de la vivienda
- Contribución a la protección del medio ambiente
- Control de la ventilación
- Protección frente a las humedades
- Mayor sensación de confort

ILUMINACIÓN LED

CALDERA DE PELLETS (LOCAL COMERCIAL)

Utilización de combustible neutro, por tanto no contribuye al efecto invernadero.

3.6.3. CONCLUSIONES SOBRE LA ELECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

3.6.3.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR

Las instalaciones de la vivienda se han escogido teniendo en cuenta la zona donde nos encontramos, el clima y sobre todo el ahorro energético.

La elección de las diferentes instalaciones de la vivienda vienen relacionadas entre ellas.

Se ha seleccionado la aerotermia y no otro generador, porque al instalar suelo radiante junto a la bomba de calor, es un conjunto muy eficiente.

Además se instalará con un sistema electrónico de control, que permite una mejor y más sencilla comunicación entre el termostato y la bomba, lo que se traduce en una instalación más eficiente. Los termostatos adaptan la temperatura a las necesidades de la vivienda en función de la temperatura exterior. Su precisión en la regulación consigue ajustar el aporte energético a las condiciones de la demanda de calor en cada instante, y por lo tanto garantizar el confort, además de minimizar el gasto energético, y en consiguiente la factura eléctrica.

Esta reducción del consumo eléctrico se traduce en una menor emisión de CO₂ a la atmósfera y son, por tanto, más ecológicas.

En cuanto al ahorro energético del sistema, este viene determinado por el sistema de generación térmica y no, como es lógico, por los elementos emisores de calor. Como he descrito con anterioridad la bomba de calor tiene un excelente comportamiento en este conjunto, y todo ello apoyado con paneles solares.

En cuanto a la ventilación forzada, las ventajas que ofrece el sistema por conductos con recuperador de calor son incomparables a cualquier otro sistema existente en el mercado.

Consisten en dos circuitos de conductos de ventilación: uno de entrada de aire limpio exterior a través de las estancias secas (salón, comedor y dormitorios), y otro de salida de aire viciado interior por las estancias húmedas (cocina, baños, aseos, lavaderos...). El recuperador de calor es un intercambiador de energía entre ambos circuitos, que permite extraer la energía en forma de calor del aire que sale, transfiriéndola al aire que entra. Esto significa que, el aire exterior con el que ventilamos nuestra vivienda, se atempera antes de revertir a las estancias, es decir, en invierno se calienta y en verano se enfría. Por tanto se reduce considerablemente la demanda energética necesaria para climatizar y esto se traduce en una reducción del consumo energético.

Para un correcto rendimiento de la instalación, es importante que sea compacta y esté bien aislada, con recorridos cortos y compensados. Un buen diseño no funcionará correctamente si no se controla además la estanqueidad del edificio, es decir, las infiltraciones de aire no deseadas.

Además de todas las ventajas mencionadas, al mejorar la ventilación de la vivienda, mejoran por tanto los problemas por condensaciones que originan la aparición de humedades, pues es algo muy habitual en las viviendas gallegas.

Por último, para disminuir el consumo eléctrico y así conseguir una vivienda de consumo energético casi nulo, se instalará un aerogenerador.

Todas las instalaciones, en cuanto a su situación y distribución en la edificación, como las fichas técnicas del equipamiento se pueden encontrar en los anexos y documentación gráfica adjunta en la presenta memoria.

3.6.3.2. LOCAL COMERCIAL

En lo referente a las instalaciones del local comercial, decir que la elección de calefacción mediante estufa de pellets y no de otro tipo de maquinaria para calefactar el establecimiento viene determinada, en primer lugar, por su respeto con el medio ambiente; pues el combustible que utiliza, la biomasa, es un recurso inagotable. Como hemos comentado con anterioridad la biomasa es un combustible neutro, por lo tanto no contribuye al efecto invernadero. Otra característica muy importante es que el combustible tiene un coste muy inferior a los de la energía convencional, produciéndose un gran ahorro en la factura. El espacio a calefactar cuenta con poca

superficie, por tanto esta estufa es idónea para su instalación en este pequeño comercio de zapatos.

Para la ventilación forzada se instalará un sistema de conductos de extracción e impulsión con recuperador (descrito en el anexo de maquinaria de este proyecto).

Para la disminución del consumo eléctrico contamos con el apoyo de dos paneles fotovoltaicos.

3.7. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Una vez realizadas todas las mejoras descritas anteriormente, tanto en la envolvente de la edificación como en sus instalaciones, se procede al cálculo de la certificación energética con el programa CE3X, para valorar si las mejoras realizadas son suficientes y si reducimos lo máximo posible las emisiones de CO₂.

3.7.1. CE3X

Se han introducido los materiales que conforman la envolvente y las nuevas instalaciones para la mejora energética, dándonos un resultado tanto en el local comercial como en la vivienda de la letra A. Cabe recordar la calificación energética de la edificación antes de su rehabilitación, la cual era la más negativa la letra "G" dándonos una emisión de 116, 51KgCO₂/m²año.

Por tanto hemos mejorado de manera considerable con respecto al consumo y a la contribución con el medio ambiente.

A continuación se muestra dicha la calificación del local comercial y de la vivienda unifamiliar adjuntando algunas imágenes de los resultados del programa.

Se puede observar con mayor detalle el informe de calificación energética en los anexos de ésta memoria.

3.7.1.1. LOCAL COMERCIAL

Como se describió anteriormente el local comercial sólo contará con las instalaciones de calefacción (caldera de pellets) y ventilación forzada.

Al tratarse de una tienda al por menor de venta de zapatos; la cual contará con un pequeño aseo para el uso privado y exclusivo de los trabajadores del establecimiento; no es innecesaria la instalación de un equipo de ACS.

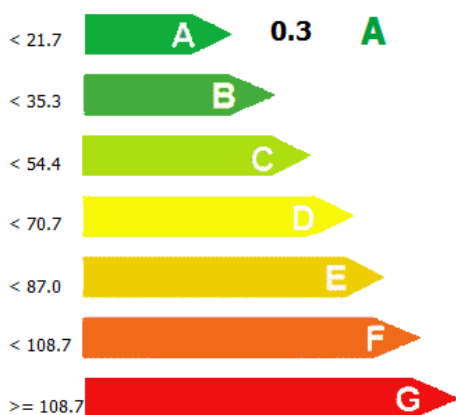
Se han creado tres zonas en el establecimiento (zona público, aseo y almacén), ya que no todas las estancias se encuentran calefactadas y tampoco cuentan con la misma intensidad de iluminación.

Para contribuir energéticamente se instalarán dos paneles solares en la cubierta (faldón Oeste),

Una vez introducidas todas las mejoras descritas en los apartados anteriores, se procede a la realización de la calificación energética con el programa CE3x, dándonos un resultado de la letra A. Cumpliendo con los estándares Passivhaus.

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO₂/m²



Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	12.9	A
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	8.4	B
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	1.3	A
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	1.4	B
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	No calificable	
Emisiones de iluminación (kg CO ₂ /m ²)	5.8	A
Balance contribuciones (kg CO ₂ /m ²)	-8.3	

IMAGEN 48: Calificación energética local comercial (Fuente: Programa CE3X).

3.7.1.2. VIVIENDA UNIFAMILIAR

En la vivienda unifamiliar se ha sustituido el sistema de producción de ACS (única instalación con la que contaba la edificación), tratándose de una caldera convencional a gas, sustituyéndose ésta por una bomba de calor mediante aerotermia, con energía de apoyo para ACS a través de un panel solar. La boba de calor también se encarga de la calefacción de la vivienda a través de suelo radiante situados en las diferentes estancias y pasillos.

Para contribuir energéticamente se instalará un minieólico y así aportar energía eléctrica gratuita a la vivienda.

Toda la instalación de iluminación existente se sustituirá por bombillas LED, para un mayor ahorro energético.

Una vez introducidas todas las mejoras tanto a nivel de instalaciones como de la envolvente de la edificación en el programa CE3x, obtenemos una calificación energética de la letra A. cumpliendo con los estándares Passivhaus.

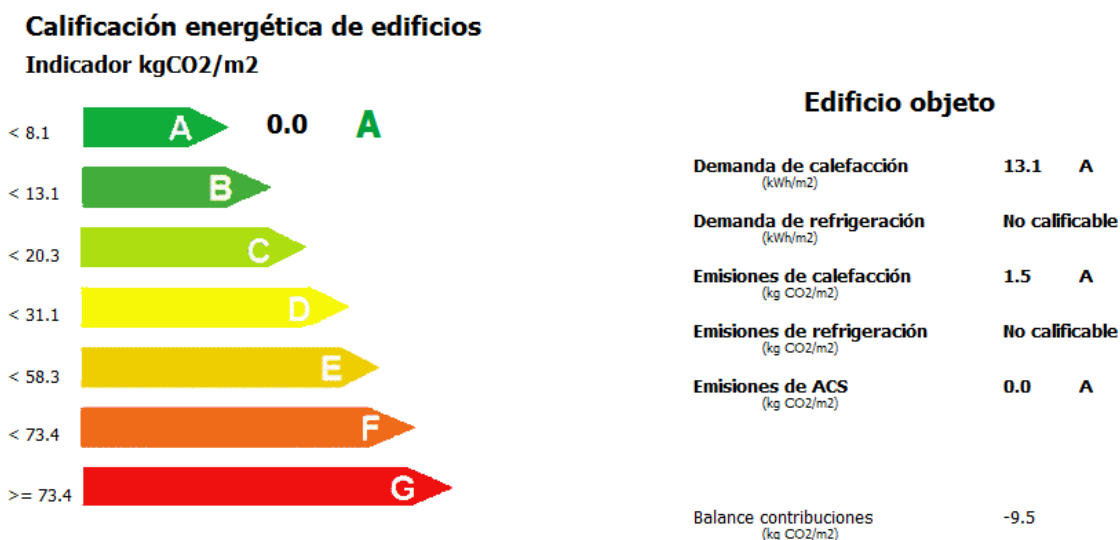


IMAGEN 49: Calificación energética vivienda unifamiliar (Fuente: Programa CE3X).

En la siguiente imagen se puede observar los diferentes resultados al implantar las medidas de mejora energética y el ahorro que ello conlleva respecto al estado actual.

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	13.1 A	257.9 G	94.9 %
Demanda de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de calefacción	1.5 A	70.6 G	97.9 %
Emisiones de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de ACS	0.0 A	8.0 G	100.0 %
EMISIONES GLOBALES	0.0 A	80.0 G	100.0 %

IMAGEN 50: Cuadro comparativo entre la eficiencia energética del estado actual y del reformado (Fuente: Programa CE3X).

3.8. GUÍA DE ARQUITECTURA PASIVA PARA VIVIENDAS EN GALICIA

El presente proyecto trata de realizar una edificación que cumpla, en su gran medida, los criterios de una vivienda pasiva, para conseguir los mayores ahorros energéticos tanto a nivel constructivo como de sus instalaciones.

Se ha realizado el estudio de vivienda pasiva mediante la herramienta informática PASIVGAL, del IGVS, Instituto Galego da Vivenda e Solo. Esta herramienta no considera una solución óptima aquella que dependa exclusivamente de un diseño optimizado de las instalaciones y defiende que la mejor instalación es aquella que no es precisa. Considera como diseño arquitectónico pasivo, la implantación, la compactidad, la orientación, el conocimiento del clima, el consumo de agua, el

aislamiento, la ventilación, la inercia térmica y la infiltración. Las estrategias pasivas de la Guía de Arquitectura Pasiva para viviendas en Galicia relacionan una variable climática crítica con una solución constructiva.

Se puede observar en la siguiente imagen los resultados del estudio de la edificación, resultando la puntuación final del diseño pasivo 15,32 pts., no pudiendo ser este resultado para una vivienda unifamiliar menor a 15 pts., por lo que la edificación cumple con las estrategias pasivas. En cuanto a las instalaciones, conseguimos una puntuación de 34 pts., encontrándonos muy por encima de la puntuación mínima de 5 pts.

Se considera por tanto una propuesta válida de arquitectura pasiva en Galicia.

Concepto	Puntuacion
DESEÑO PASIVO	
Compacidad	2
Orientación	1
Continentalidade	1,32
Illamento	3
Ventilación	2,5
Infiltración	3,5
Inercia Térmica	2
Total Diseño Pasivo	15,32
DESEÑO INSTALACIONES	
Calefacción	20
Refrixeración	0
Acs	6
Ventilación	8
Total Diseño Instalacions	34
TOTAL PROXECTO	49,32

IMAGEN 51: Resumen de resultados del estudio de arquitectura pasiva para viviendas en Galicia (Fuente: Aplicación informática PASIVGAL, <http://igvs.xunta.gal>).

3.9. RESUMEN TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de las técnicas de intervención propuestas, distinguiendo entre las medidas de ahorro encaminadas a la eficiencia energética y las técnicas de intervención para resolver las patologías.

TABLA 17: Resumen técnicas de intervención

TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN
PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
<ul style="list-style-type: none"> • Solera ventilada • Trasdosado autoportante con aislante de 140 mm • Cubierta con panel thermochip con alma aislante de 140 mm • Carpintería exterior de altas prestaciones. $U_w=0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Marco de aluminio-madera $U_f= 0,82 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y triple acristalamiento formado por SGG CLIMALIT PLUS - composición: 6 / cámara de argón 90% 18mm / 4 / cámara de argón 90% 18mm / 44.2 Si, con una transmitancia térmica de $U_g=0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y un factor solar de $g=0,53$ • Instalación de ACS y calefacción mediante aerotermia • Instalación solar térmica • Recuperador de calor para ventilación mecánica tanto en la vivienda como en el local comercial • Instalación de un aerogenerador en la cubierta para la vivienda unifamiliar • Iluminación LED • Estufa de pellets para calefacción en local comercial • Instalación de dos paneles fotovoltaicos para el local comercial • Galería acristalada, efecto invernadero
PARA LA RESOLUCIÓN DE PATOLOGÍAS
<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de humedades por capilaridad por método de electroósmosis activa • Drenaje perimetral • Limpieza del muro de mampostería • Sustitución de las piezas de madera afectadas • Reparación de las cabezas de viga, mediante la técnica denominada BETA • Forjado mixto madera-hormigón

3.10. APLICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS DEL CTE

Teniendo en cuenta que el presente trabajo tiene carácter académico, el alcance de la justificación del cumplimiento de la normativa técnica aplicable se ha limitado a las normas y reglamentos relacionados directamente con el objetivo del mismo.

Aplicación de los diferentes documentos básicos que componen el Código Técnico de la Edificación.

Tabla 18: Aplicación de los Documentos Básicos del CTE.

D.B.	SECCIÓN	APLICACIÓN	CUMPLE
DB-HE Ahorro energía	HE 0: Limitación del consumo energético	Aplicable	SI
	HE 1: Limitación de la demanda energética	Aplicable	SI
	HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas	Aplicable	SI
	HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	Aplicable	SI
DB-HS Salubridad	HS 3: Calidad del aire interior	Aplicable	SI

4. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA TÉCNICA

4.1. DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA

4.1.1. DB HE 0 LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

4.1.1.1. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

4.1.1.1.1. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable

$$C_{ep,edificio} = 21.16 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \text{ } \text{£} \text{ } C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S = 59.40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \quad \checkmark$$

donde:

$C_{ep,edificio}$: Valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable, kWh/(m²·año).

$C_{ep,lim}$: Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m²·año).

$C_{ep,base}$: Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 50.00 kWh/(m²·año).

$F_{ep,sup}$: Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 1500.

S_u : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 159.51 m².

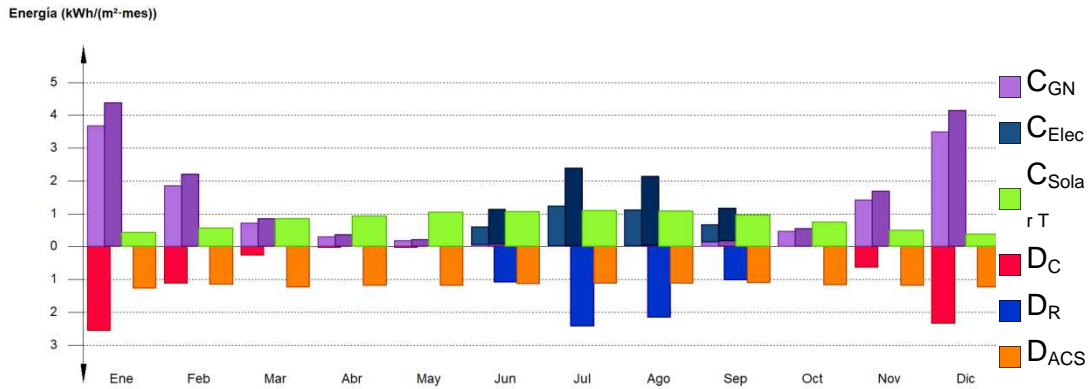
4.1.1.1.2. Resultados mensuales

4.1.1.1.2.1. Consumo energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras representa el balance entre el consumo energético del edificio y la demanda energética, mostrando de forma visual la eficiencia energética del edificio, al representar gráficamente la compensación de la demanda mediante el consumo.

En el semieje de ordenadas positivo se representan, mes a mes, los distintos consumos energéticos del edificio, separando entre vectores energéticos de origen renovable y no renovable, y mostrando para éstos últimos tanto la energía final consumida como el montante de energía primaria necesaria para generar dicha energía final en punto de consumo.

En el semieje de ordenadas negativo se representa, mes a mes, la demanda energética del edificio, separada por servicio, distinguiendo la demanda de calefacción, la de refrigeración y la de agua caliente sanitaria.



En la siguiente tabla se expresan, de forma numérica, los valores representados en la gráfica anterior, mostrando, para cada vector energético utilizado, la energía útil aportada, la energía final consumida y la energía primaria equivalente, añadiendo también los totales para el consumo de energía final y energía primaria de origen renovable y no renovable, así como los valores de todas las cantidades ponderados por la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en kWh/(m²·año).

													Año		
													(kWh)	(kWh/ /año)	
													(m²·a)	(m²·a)	
EDIFICIO ($S_u = 159.51 \text{ m}^2$; $V = 389.7 \text{ m}^3$)															
Demanda energética	C	405.8	177.6	41.5	3.0	2.9	--	--	--	--	100.0	372.2	1103.0	6.9	
	R	--	--	--	--	--	172.2	385.7	342.8	162.4	--	--	1063.2	6.7	
	ACS	201.4	181.9	197.4	187.2	189.4	179.4	177.3	177.3	175.5	185.3	187.1	197.4	2236.8	14.0
	TOTAL	607.3	359.6	238.9	190.2	192.3	351.6	563.0	520.1	337.9	185.3	287.1	569.6	4402.9	27.6
Solar térmica	EA_{ACS}	68.8	88.2	135.5	146.9	166.1	170.4	173.9	173.0	154.3	118.8	79.2	58.8	1533.7	9.6
	EF	68.8	88.2	135.5	146.9	166.1	170.4	173.9	173.0	154.3	118.8	79.2	58.8	1533.7	9.6
	%D_{ACS}	34.2	48.5	68.6	78.5	87.7	95.0	98.1	97.5	87.9	64.1	42.3	29.8	69.4	
Electricidad ($f_{cep} = 1.954$)	EA_C	405.8	177.6	41.5	3.0	2.9	--	--	--	--	100.0	372.2	1103.0	6.9	
	EA_{ACS}	132.6	93.7	61.9	40.3	23.3	9.0	3.5	4.4	21.2	66.5	108.0	138.7	703.0	4.4
	EF	585.3	294.9	112.4	47.1	28.5	9.8	3.8	4.7	23.0	72.3	226.0	555.2	1963.1	12.3
	EP_{ren}	2.9	1.5	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	1.1	2.8	9.8	0.1
	EP_{nr}	696.5	351.0	133.8	56.0	34.0	11.7	4.5	5.6	27.4	86.1	268.9	660.7	2336.1	14.6
Electricidad ($f_{cep} = 1.954$)	EA_R	--	--	--	--	--	172.2	385.7	342.8	162.4	--	--	--	1063.2	6.7
	EF	--	--	--	--	--	86.1	192.9	171.4	81.2	--	--	--	531.6	3.3
	EP_{ren}	--	--	--	--	--	35.6	79.8	71.0	33.6	--	--	--	220.1	1.4
	EP_{nr}	--	--	--	--	--	168.2	376.9	334.9	158.7	--	--	--	1038.7	6.5
	C_{ef,total}	654.1	383.2	247.9	194.0	194.6	266.3	370.5	349.1	258.6	191.1	305.2	614.0	4028.4	25.3
	C_{ep,ren}	71.8	89.7	136.0	147.2	166.2	206.0	253.7	243.9	188.0	119.1	80.3	61.5	1763.6	11.1
	C_{ep,nr}	696.5	351.0	133.8	56.0	34.0	179.9	381.3	340.6	186.1	86.1	268.9	660.7	3374.8	21.2

donde:

S_u : Superficie habitable del edificio, m^2 .

V : Volumen neto habitable del edificio, m^3 .

D_C : Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh.

- D_R : Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh.
- D_{ACS} : Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh.
- f_{cep} : Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.
- EA : Energía útil aportada, kWh.
- EF : Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh.
- EP_{ren} : Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh.
- EP_{nr} : Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh.
- $\%D$: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable.
- $C_{ef,total}$: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año).
- $C_{ep,ren}$: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m²·año).
- $C_{ep,nr}$: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año).

4.1.1.2. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

4.1.1.2.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Ribeira (provincia de A Coruña)**, con una altura sobre el nivel del mar de **0 m**. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática **C1**.

La pertenencia a dicha zona climática define las **solicitaciones exteriores** para el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración conforme a la exigencia básica CTE HE 1, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

4.1.1.2.2. Demanda energética del edificio.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria no renovable, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación de consumo energético HE 0 para edificios de uso residencial o asimilable, corresponde a la suma de la energía demandada por los servicios de calefacción, refrigeración y ACS del edificio.

4.1.1.2.2.1. Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio, calculada hora a hora y de forma separada para cada una de las zonas acondicionadas que componen el modelo térmico del edificio, se obtiene mediante la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cumpliendo con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, con el

objetivo de determinar el cumplimiento de la exigencia básica de limitación de demanda energética de CTE DB HE 1.

Se muestran aquí, a modo de resumen, los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	S_u (m ²)	D_{cal}		D_{ref}	
		(kWh /año)	(kWh/ (m ² ·a))	(kWh /año)	(kWh/ (m ² ·a))
Vivienda unifamiliar	159.51	1103.0	6.9	1063.2	6.7
	159.51	1103.0	6.9	1063.2	6.7

donde:

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

D_{cal} : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m²·año).

D_{ref} : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m²·año).

4.1.1.2.2.2. Demanda energética de ACS.

La demanda energética correspondiente a los servicios de agua caliente sanitaria de las zonas habitables del edificio se determina conforme a las indicaciones del apartado 4 de CTE DB HE 4 y el documento de 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER', que remiten a la norma UNE 94002 para el cálculo de la demanda de energía térmica diaria de ACS en función del consumo de ACS diario por zona.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia de 60°C, y la temperatura del agua de red en el emplazamiento del edificio proyectado, de valores:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
Temperatura del agua de red	10.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	16.0	15.0	14.0	12.0	11.0

La demanda diaria obtenida se reparte por horas, conforme al perfil a tal efecto, publicado en el documento citado anteriormente, para añadirse al cálculo horario del consumo energético como vector horario anual de demanda energética de ACS a satisfacer, para cada zona, mediante los sistemas técnicos disponibles en el edificio.

Se muestran a continuación los resultados del cálculo de la demanda energética de ACS para cada zona habitable del edificio, junto con las demandas diarias, el porcentaje de la demanda cubierto por energía renovable, y el restante a satisfacer mediante energías no renovables.

Zonas habitables	Q_{ACS} (l/día)	S_u (m ²)	D_{ACS}		$\%_{AS}$ (%)	$D_{ACS,nr}$	
			(kWh /año)	(kWh/ m ² ·a)		(kWh /año)	(kWh/ m ² ·a)
Vivienda unifamiliar	112.0	159.51	2236.8	14.0	69.4	683.5	4.3
	112.0	159.51	2236.8	14.0	69.4	683.5	4.3

donde:

Q_{ACS} : Caudal diario demandado de agua caliente sanitaria, l/día.

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

D_{ACS} : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria, kWh/(m²·año).

$\%_{AS}$: Porcentaje cubierto por energía solar de la demanda energética de agua caliente sanitaria, %.

$D_{ACS,nr}$: Demanda energética de ACS cubierta por energías no renovables, kWh/(m²·año).

4.1.1.2.3. Descripción de los sistemas de aporte del edificio.

Tipo	Energía	$Cap_{n,C}$ (kW)	$Cap_{n,R}$ (kW)	S_u (m ²)	C_{ef}		P_{mo} (W/m ²)	REA	K_e	REA _c	
					(kWh /año)	(kWh/ m ² ·a)					
Sistema de referencia											
Equipo para calefacción y ACS	C+ACS	Electricidad	∞	--	159.51	1963.1	12.3	1.4	0.92	1	0.92
Equipo para refrigeración	R	Electricidad	--	∞	159.51	531.6	3.3	6.2	2.00	3.1814	0.63
			∞	∞	159.51	2494.7	15.6		1.15		0.79

donde:

Tipo: Servicios abastecidos por el equipo técnico (C=Calefacción, R=Refrigeración, ACS= Agua caliente sanitaria).

Energía: Vector energético principal utilizado por el equipo técnico.

$Cap_{n,C}$: Capacidad calorífica nominal total del equipo técnico, kW.

$Cap_{n,R}$: Capacidad frigorífica nominal total del equipo técnico, kW.

S_u : Superficie útil habitable acondicionada asociada al equipo técnico, m².

C_{ef} : Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año).

P_{mo} : Potencia media operacional del equipo técnico, W/m².

REA: Rendimiento estacional anual del equipo técnico.

K_e : Coeficiente de emisiones del vector energético.

REA_c: Rendimiento estacional anual corregido del equipo técnico.

4.1.1.2.4. Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía primaria procedente de fuentes no renovables, para cada vector energético utilizado en el edificio, se han obtenido del documento 'Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España', borrador propuesta de Documento Reconocido publicado por el IDAE con fecha 3/03/2014, conforme al apartado 4.2 de CTE DB HE 0.

Vector energético	$C_{ef,total}$		f_{cep}	$C_{ep,nr}$	
	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))		(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
Electricidad	1963.1	12.3	1.954	2336.1	14.6
Electricidad	531.6	3.3	1.954	1038.7	6.5

donde:

$C_{ef,total}$: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año).

f_{cep} : Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

$C_{ep,nr}$: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año).

4.1.1.2.5. Procedimiento de cálculo del consumo energético.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar el consumo de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía no renovables. Para ello, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo zonal del edificio, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada, la energía final consumida, y la energía primaria equivalente, desglosando el consumo energético por equipo, sistema de aporte y vector energético utilizado.

La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 0, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la demanda energética de calefacción y refrigeración calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 1;
- la demanda energética de agua caliente sanitaria, calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 4;
- el dimensionado y los rendimientos operacionales de los equipos técnicos de producción y aporte de calor, frío y ACS;

- la distinción de los distintos vectores energéticos utilizados en el edificio, junto con los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables;
- y la contribución de energías renovables producidas in situ o en las proximidades de la parcela del edificio.

4.1.2. DB HE 1 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

4.1.2.1. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA

4.1.2.1.1. Demanda energética anual por superficie útil

$$D_{\text{cal,edificio}} = 6.92 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \quad \text{y} \quad D_{\text{cal,lim}} = D_{\text{cal,base}} + F_{\text{cal,sup}}/S = 26.3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \quad \checkmark$$

donde:

$D_{\text{cal,edificio}}$: Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m²·año).

$D_{\text{cal,lim}}$: Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m²·año).

$D_{\text{cal,base}}$: Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 20 kWh/(m²·año).

$F_{\text{cal,sup}}$: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 1000.

S: Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 159.51 m².

$$D_{\text{ref,edificio}} = 6.67 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \quad \text{y} \quad D_{\text{ref,lim}} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \quad \checkmark$$

donde:

$D_{\text{ref,edificio}}$: Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m²·año).

$D_{\text{ref,lim}}$: Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m²·año).

4.1.2.1.2. Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	S_u (m ²)	D_{cal}		$D_{\text{cal,base}}$	$F_{\text{cal,sup}}$	$D_{\text{cal,lim}}$	D_{ref}		$D_{\text{ref,lim}}$
		(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))	(kWh/(m ² ·año))		(kWh/(m ² ·año))	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))	(kWh/(m ² ·año))
Vivienda unifamiliar	159.51	1103.0	6.9	20	1000	26.3	1063.2	6.7	15.0
	159.51	1103.0	6.9	20	1000	26.3	1063.2	6.7	15.0

donde:

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

D_{cal} : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m²·año).

$D_{cal,base}$: Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 20 kWh/(m²·año).

$F_{cal,sup}$: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 1000.

$D_{cal,lim}$: Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m²·año).

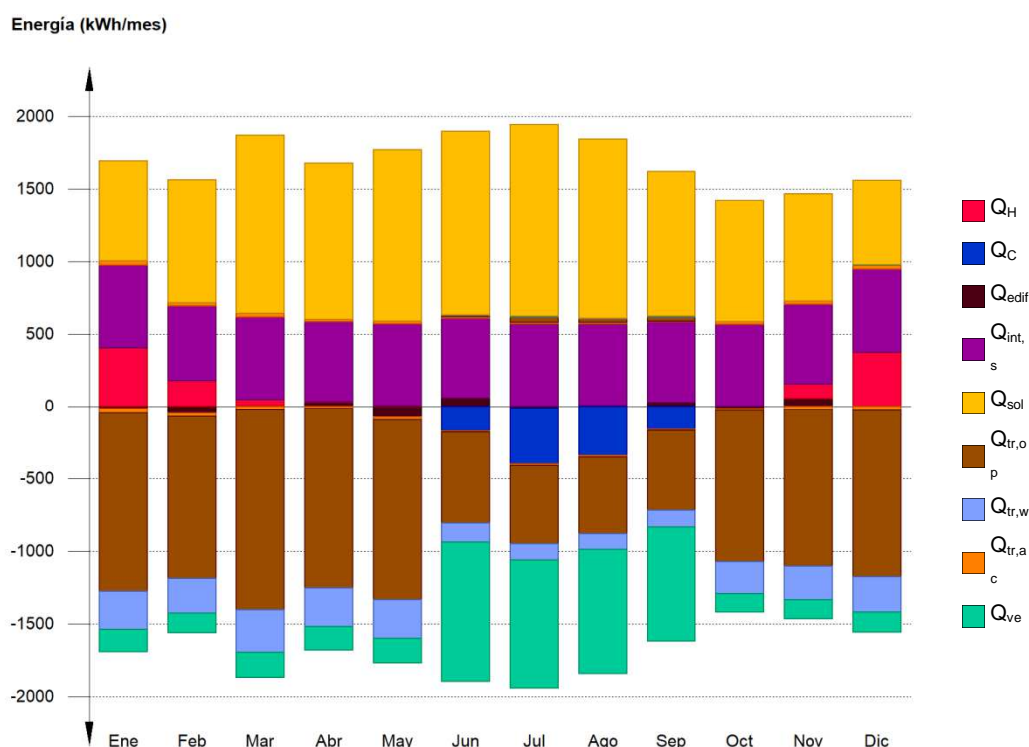
D_{ref} : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m²·año).

$D_{ref,lim}$: Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m²·año).

4.1.2.1.3. Resultados mensuales.

4.1.2.1.3.1. Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ($Q_{tr,op}$ y $Q_{tr,w}$, respectivamente), la energía involucrada en el acoplamiento térmico entre zonas ($Q_{tr,ac}$), la energía intercambiada por ventilación (Q_{ve}), la ganancia interna sensible neta ($Q_{int,s}$), la ganancia solar neta (Q_{sol}), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio (Q_{edif}), y el aporte necesario de calefacción (Q_H) y refrigeración (Q_C).



En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías

involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh / año)	(kWh / m ² ·a)
Balance energético anual del edificio.														
$Q_{tr,op}$	0.0	0.0	--	--	0.0	9.7	32.0	22.6	27.5	0.0	0.0	0.0	-	-72.9
	-1228.8	-1113.9	-1377.9	-1239.7	-1242.1	-627.6	-539.2	-526.9	-551.4	-1040.3	-1080.6	-1144.5	11620.8	-72.9
$Q_{tr,w}$	0.0	--	--	--	0.0	1.3	6.1	3.9	4.1	0.0	0.0	0.0	-2471.7	-15.5
	-264.0	-238.8	-294.2	-264.6	-265.7	-129.3	-110.4	-107.7	-113.0	-222.4	-230.9	-245.9		
$Q_{tr,ac}$	31.0	24.9	25.5	16.6	17.5	10.0	12.8	11.0	6.7	17.3	23.3	29.8		
	-31.0	-24.9	-25.5	-16.6	-17.5	-10.0	-12.8	-11.0	-6.7	-17.3	-23.3	-29.8		
Q_{ve}	0.0	0.0	--	--	0.0	0.8	3.7	2.3	2.4	0.0	0.0	0.0	-4657.1	-29.2
	-151.8	-136.9	-172.7	-159.0	-167.6	-957.4	-880.7	-856.6	-787.7	-126.7	-130.8	-138.4		
$Q_{int,s}$	568.1	515.8	571.5	554.1	568.1	554.1	571.5	568.1	557.5	568.1	550.7	575.0	6707.7	42.1
	-1.3	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3	-1.2	-1.3		
Q_{sol}	692.2	850.1	1234.0	1083.5	1187.7	1271.5	1323.1	1241.7	1001.7	840.5	741.9	587.3	12002.0	75.2
	-3.1	-3.8	-5.5	-4.8	-5.2	-5.6	-5.8	-5.5	-4.4	-3.7	-3.3	-2.6		
Q_{edif}	-17.2	-49.1	4.6	28.7	-76.9	56.0	-13.3	2.2	26.9	-14.2	54.1	-1.8		
Q_H	405.8	177.6	41.5	3.0	2.9	--	--	--	--	--	100.0	372.2	1103.0	6.9
Q_C	--	--	--	--	--	-172.2	-385.7	-342.8	-162.4	--	--	--	-1063.2	-6.7
Q_{HC}	405.8	177.6	41.5	3.0	2.9	172.2	385.7	342.8	162.4	--	100.0	372.2	2166.2	13.6

donde:

$Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, kWh/(m²·año).

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).

Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m²·año).

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).

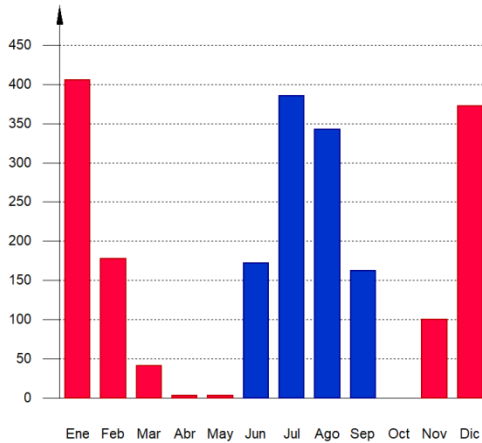
Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

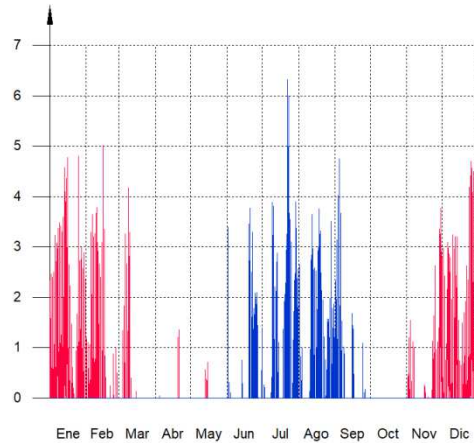
4.1.2.1.3.2. Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:

Energía (kWh/mes)

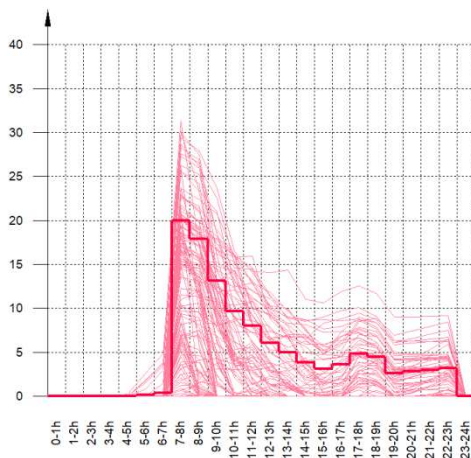


Potencia (kW)

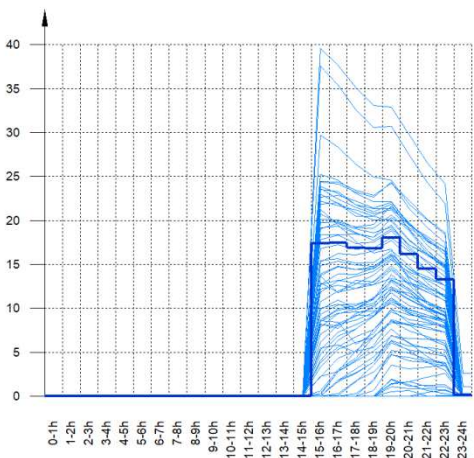


A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:

Demanda diaria superpuesta de calefacción (W/m²)



Demanda diaria superpuesta de refrigeración (W/m²)



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

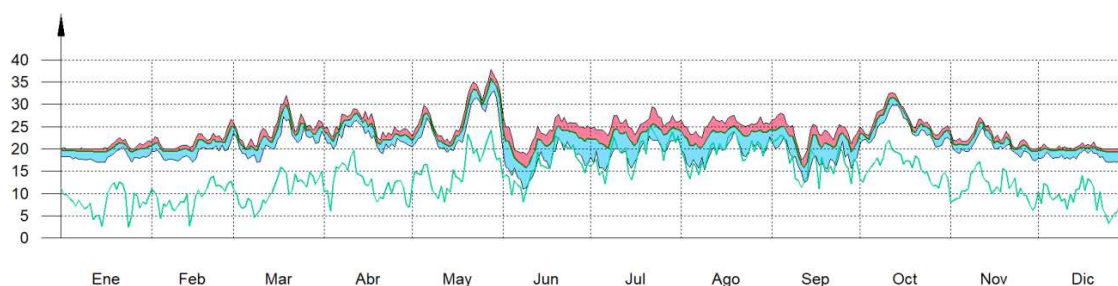
	Nº activ.	Nº días activos (d)	Nº horas activas (h)	Nº horas por activ. (h)	Potencia típica (W/m ²)	Demanda típica por día activo (kWh/m ²)
Calefacción	147	115	954	8	7.25	0.0601
Refrigeración	73	73	534	7	12.48	0.0913

4.1.2.1.3.3. Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior en las zonas modelizadas del edificio objeto de proyecto se muestra en las siguientes gráficas, que muestran la evolución de las temperaturas mínimas, máximas y medias de cada día, junto a la temperatura exterior media diaria, en cada zona:

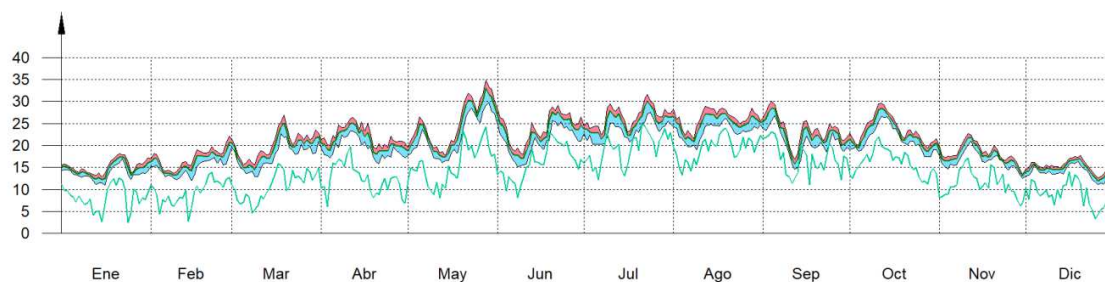
Vivienda unifamiliar

Temperatura (°C)



Zona no habitable 1 (ALMACÉN)

Temperatura (°C)



4.1.2.1.3.4. Resultados numéricos del balance energético por zona y mes.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de transferencia total de calor por transmisión y ventilación, calor interno total y ganancias solares, y energía necesaria para calefacción y refrigeración, de cada una de las zonas de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

Las ganancias solares e internas muestran los valores de ganancia energética bruta mensual, junto a la pérdida directa debida al calor que escapa de la zona de cálculo a través de los elementos ligeros, conforme al método de cálculo utilizado.

Se muestra también el calor neto mensual almacenado o cedido por la masa térmica de cada zona de cálculo, de balance anual nulo.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh / año)	(kWh / m ² ·a)
Vivienda unifamiliar ($A_f = 159.51 \text{ m}^2$; $V = 389.71 \text{ m}^3$; $A_{tot} = 750.40 \text{ m}^2$; $C_m = 35196.484 \text{ kJ/K}$; $A_m = 323.90 \text{ m}^2$)														
$Q_{tr,op}$	--	--	--	--	--	9.6	31.6	22.5	27.0	--	--	--	11397.2	-71.5
$Q_{tr,w}$	--	--	--	--	--	1.3	6.0	3.8	4.0	--	--	--	-2409.9	-15.1
$Q_{tr,ac}$	--	--	--	--	--	9.6	12.6	10.8	5.8	--	--	--	-148.7	-0.9
Q_{ve}	--	--	--	--	--	0.7	3.3	2.1	1.8	--	--	--	-4309.2	-27.0
$Q_{int,s}$	568.1	515.8	571.5	554.1	568.1	554.1	571.5	568.1	557.5	568.1	550.7	575.0	6707.7	42.1
Q_{sol}	-1.3	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3	-1.2	-1.3	11517.4	72.2
Q_{edif}	671.7	823.3	1192.5	1034.2	1134.6	1211.4	1261.7	1185.5	957.9	805.5	720.3	570.5		
	-3.0	-3.7	-5.3	-4.6	-5.1	-5.4	-5.7	-5.3	-4.3	-3.6	-3.2	-2.6		
Q_{H}	-16.2	-46.7	4.9	27.3	-72.6	54.7	-12.7	1.5	24.9	-14.5	50.5	-1.2		
Q_C	405.8	177.6	41.5	3.0	2.9	--	--	--	--	--	100.0	372.2	1103.0	6.9
Q_{HC}	--	--	--	--	--	-172.2	-385.7	-342.8	-162.4	--	--	--	-1063.2	-6.7
	405.8	177.6	41.5	3.0	2.9	172.2	385.7	342.8	162.4	--	100.0	372.2	2166.2	13.6

Zona no habitable 1 (ALMACEN) ($A_f = 6.02 \text{ m}^2$; $V = 17.58 \text{ m}^3$; $A_{tot} = 44.37 \text{ m}^2$; $C_m = 1781.602 \text{ kJ/K}$; $A_m = 20.56 \text{ m}^2$)

$Q_{tr,op}$	0.0	0.0	--	--	0.0	0.1	0.4	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	-223.6	-37.1
$Q_{tr,w}$	0.0	--	--	--	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-61.7	-10.3
$Q_{tr,ac}$	-4.9	-4.8	-6.5	-6.5	-6.5	-5.1	-4.8	-4.5	-4.1	-5.1	-4.7	-4.5	148.7	24.7
Q_{ve}	31.0	24.9	25.5	16.6	17.5	0.4	0.2	0.1	1.0	17.3	23.3	29.8	-347.9	-57.8
Q_{sol}	--	--	--	--	--	-9.6	-12.6	-10.8	-5.8	--	--	--	484.5	80.5
	0.0	0.0	--	--	0.0	0.1	0.5	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0		
	-27.8	-27.1	-36.6	-36.8	-36.5	-28.6	-26.8	-25.3	-23.0	-28.9	-26.7	-25.3		
	20.4	26.8	41.4	49.3	53.1	60.0	61.4	56.2	43.7	35.0	21.6	16.7		
	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.0		
	-1.0	-2.4	-0.3	1.4	-4.3	1.4	-0.6	0.6	2.0	0.2	3.6	-0.6		

donde:

A_f : Superficie útil de la zona térmica, m².

V : Volumen interior neto de la zona térmica, m³.

A_{tot} : Área de todas las superficies que revisten la zona térmica, m².

C_m : Capacidad calorífica interna de la zona térmica calculada conforme a la Norma ISO 13786:2007 (método detallado), kJ/K.

A_m : Superficie efectiva de masa de la zona térmica, conforme a la Norma ISO 13790:2011, m^2 .

$Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

$Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

$Q_{tr,ac}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica debida al acoplamiento térmico entre zonas, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica de la zona, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

Q_H : Energía aportada de calefacción, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

Q_C : Energía aportada de refrigeración, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, $kWh/(m^2 \cdot año)$.

4.1.2.2. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO

4.1.2.2.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Ribeira (provincia de A Coruña)**, con una altura sobre el nivel del mar de **0 m**. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática **C1**. La pertenencia a dicha zona climática define las **solicitaciones exteriores** para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

4.1.2.2.2. Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

4.1.2.2.2.1. Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus **condiciones operacionales** conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su **acondicionamiento térmico**, y sus **solicitaciones interiores** debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

	S (m ²)	V (m ³)	b _{ve}	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh /año)	ΣQ _{equip} (kWh /año)	ΣQ _{ilum} (kWh /año)	T ^s calef. media (°C)	T ^s refrig. media (°C)
Vivienda unifamiliar (Zona habitable, Perfil: Residencial)									
LOCAL COMERCIAL	22.96	67.08	0.50	0.16	303.9	331.9	331.9	19.0	26.0
ASEO 1	2.36	6.88	0.50	0.16	31.2	34.1	34.1	19.0	26.0
ENTRADA VIVIENDA	4.41	12.88	0.50	0.16	58.4	63.7	63.7	19.0	26.0
SALON-COMEDOR	28.90	73.80	0.50	0.16	382.6	417.7	417.7	19.0	26.0
COCINA	9.82	25.07	0.50	0.16	130.0	141.9	141.9	19.0	26.0
LAVANDERIA	3.22	8.19	0.50	0.16	42.6	46.5	46.5	19.0	26.0
GALERIA 1	2.38	6.04	0.50	0.16	31.5	34.4	34.4	19.0	26.0
DORMITORIO 1	14.38	42.88	0.50	0.16	190.4	207.8	207.8	19.0	26.0
DORMITORIO 2	8.71	25.96	0.50	0.16	115.3	125.9	125.9	19.0	26.0
ASEO 2	2.63	7.75	0.50	0.16	34.8	38.0	38.0	19.0	26.0
BAÑO 1	5.34	15.77	0.50	0.16	70.7	77.2	77.2	19.0	26.0
PASILLO 2	9.28	27.68	0.50	0.16	122.9	134.1	134.1	19.0	26.0
GALERIA 2	2.48	7.38	0.50	0.16	32.8	35.8	35.8	19.0	26.0
DORMITORIO 3	42.64	62.35	0.50	0.16	564.5	616.3	616.3	19.0	26.0
	159.51	389.71	0.50	0.16/0.608*/4**	2111.6	2305.6	2305.6	19.0	26.0

Zona no habitable 1 (ALMACÉN) (Zona no habitable)

ALMACÉN	6.02	17.58	1.00	1.00	--	--	--	Oscilación libre	
	6.02	17.58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0		

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m².

V: Volumen interior neto del recinto, m³.

b_{ve}: Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot \eta_{hru})$, donde η_{hru} es el rendimiento de la unidad de recuperación y $f_{ve,frac}$ es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.

ren_h: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.

*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas y los periodos de 'free cooling'.

** : Valor nominal del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable en régimen de 'free cooling' (ventilación natural nocturna en las noches de verano).

Q_{ocup,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

Q_{equip} : Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

Q_{ilum} : Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

T^p Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calef. calefacción, °C.
media:

T^p Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refriger. refrigeración, °C.
media:

4.1.2.2.2. Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:

Distribución horaria																								
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Perfil: Residencial (uso residencial)																								
Temp. Consigna Alta (°C)																								
Enero a Mayo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre	27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre a Diciembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp. Consigna Baja (°C)																								
Enero a Mayo	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Ocupación sensible (W/m²)																								
Laboral	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.1
Sábado y Festivo	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	5
Laboral	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Sábado y Festivo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ocupación latente (W/m²)																								
Laboral	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.3
Sábado y Festivo	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	6
Laboral	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Sábado y Festivo	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Iluminación (W/m²)																								

Distribución horaria

	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h	
Laboral, Sábado y Festivo	.44	.44	.44	.44	.44	.44	.44	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	2.2	4.4	4.4	4.4	4.4	2.2	
Equipos (W/m²)																									
Laboral, Sábado y Festivo	.44	.44	.44	.44	.44	.44	.44	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	2.2	4.4	4.4	4.4	4.4	2.2	
Ventilación verano																									
Laboral, Sábado y Festivo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ventilación invierno																									
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

donde:

*: Número de renovaciones correspondiente al mínimo exigido por CTE DB HS 3.

4.1.2.2.3. Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo

4.1.2.2.3.1. Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-28.1 kWh/(m²·año)) supone el **32.5%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-86.6 kWh/(m²·año)).

	Tipo	S (m²)	□ (kJ/ (m²·K))	U (W/ (m²·K))	ΣQ _{tr} (kWh /año)	□ I. (°)	O. (°)	F _{sh,o}	ΣQ _{sol} (kWh /año)	
Vivienda unifamiliar										
Cerramiento planta baja		9.01	26.07	0.20	-142.0	0.4	V	S(180)	0.56	12.3
Cerramiento planta baja		12.73	26.07	0.20	-200.6	0.4	V	E(90)	0.88	18.4
Cerramiento planta baja		82.70	26.07	0.20	-1304.0	0.4	V	O(-90)	1.00	138.8
Tabiques		4.67	22.16	0.33	-26.3			Hacia 'Zona no habitable 1 (ALMACÉN)'		
Tabiques		26.84	31.76							
solera caviti		29.72	147.65	0.16	-372.4					
Forjado planta vivienda		37.10	25.87							
Cerramiento planta baja		17.97	35.54	0.20	-283.3	0.4	V	O(-90)	1.00	30.2
Tabique PYL 146/600(48+48) 2LM, estructura sin arriostrar		9.04	22.27							
Tabiques		4.93	22.19	0.33	-27.7			Hacia 'Zona no habitable 1 (ALMACÉN)'		
Tabiques		26.84	22.19							
Cerramiento planta baja		4.44	26.07	0.20	-70.0	0.4	V	N(0)	1.00	1.5

Tipo	S (m ²)	□ (kJ/ (m ² ·K))	U (W/ (m ² ·K))	ΣQ _{tr} (kWh /año)	□	I. (°)	O. (°)	F _{sh,o}	ΣQ _{sol} (kWh /año)
Tabique PYL 146/600(48+48) 2LM, estructura sin arriostrar	9.04	31.82							
Tabique PYL 146/600(48+48) 2LM, estructura sin arriostrar	5.99	22.22	0.38	-38.7					<i>Hacia 'Zona no habitable 1 (ALMACÉN)'</i>
Cerramiento 1º y 2º planta	16.16	25.94	0.20	-254.9	0.4	V	N(0)	1.00	5.6
Cerramiento 1º y 2º planta	8.36	25.94	0.20	-131.8	0.4	V	S(180)	0.62	12.6
Cerramiento 1º y 2º planta	7.32	25.94	0.20	-115.3	0.4	V	E(90)	0.88	10.5
Cerramiento galería	7.46	335.77							
Forjado planta vivienda	37.10	163.86							
Forjado planta vivienda	72.09	25.82							
Cerramiento 1º y 2º planta	2.79	35.40	0.20	-44.1	0.4	V	E(90)	0.76	3.5
Tabiques	19.93	31.79							
Cerramiento galería	3.26	335.77							
Forjado planta vivienda	3.96	163.86	0.11	-6.4					<i>Hacia 'Zona no habitable 1 (ALMACÉN)'</i>
Cerramiento 1º y 2º planta	3.75	35.40	0.20	-59.0	0.4	V	E(90)	0.95	5.8
Cerramiento 1º y 2º planta	6.42	35.40	0.20	-101.2	0.4	V	N(0)	1.00	2.2
Forjado planta vivienda	1.82	136.80	0.11	-2.9					<i>Hacia 'Zona no habitable 1 (ALMACÉN)'</i>
Cerramiento galería	7.46	27.84							
Cerramiento galería	3.26	37.28							
Forjado galería	2.38	136.83	0.11	-21.1	0.6	H		0.20	1.3
Forjado planta vivienda	2.37	25.83							
Cerramiento 1º y 2º planta	7.03	25.94	0.20	-110.8	0.4	V	S(180)	0.76	13.0
Cerramiento 1º y 2º planta	8.74	25.94	0.20	-137.8	0.4	V	E(90.06)	0.95	13.5
Tabiques	42.65	22.16							
Forjado planta vivienda	72.09	69.63							
Cerramiento 1º y 2º planta	8.98	25.94	0.20	-141.6	0.4	V	E(90)	0.95	13.9
Cerramiento 1º y 2º planta	3.17	35.40	0.20	-50.1	0.4	V	S(180)	0.79	6.2
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	0.65	57.11	0.60	-31.6	0.4	V	E(90.4)	1.00	3.3
Forjado planta vivienda	2.37	55.44							
cubierta de teja plana (forjado cubierta panel termochip)	2.63	44.50	0.18	-38.2	0.6	19	E(90)	0.94	10.6
Cerramiento Bajo Cubierta	1.40	68.64	0.18	-20.3	0.4	V	E(90)	1.00	2.1
Cerramiento Bajo Cubierta	2.00	68.64	0.18	-29.1	0.4	V	N(0)	1.00	0.6
Cerramiento Bajo Cubierta	1.97	68.64	0.18	-28.7	0.4	V	S(180)	0.99	4.4
Cerramiento Bajo Cubierta	1.32	68.64	0.18	-19.2	0.4	V	E(90.08)	1.00	2.0
Cerramiento Bajo Cubierta	0.81	68.64	0.18	-11.9	0.4	V	E(89.89)	1.00	1.2
cubierta de teja plana (forjado cubierta panel termochip)	28.00	29.89	0.19	-430.1	0.6	33	E(90)	1.00	120.2
cubierta de teja plana (forjado cubierta panel termochip)	10.90	29.89	0.19	-167.4	0.6	36	N(0)	1.00	26.5
cubierta de teja plana (forjado cubierta panel termochip)	11.18	29.89	0.19	-171.7	0.6	35	S(180)	1.00	64.7
				-4488.2	-102.0*				525.1

Tipo	S (m ²)	\square (kJ/ (m ² ·K))	U (W/ (m ² ·K))	ΣQ_{tr} (kWh /año)	\square	I. (°)	O. (°)	F _{sh,o}	ΣQ_{sol} (kWh /año)
Zona no habitable 1 (ALMACÉN)									
Cerramiento planta baja	8.19	26.07	0.20	-100.5	0.4	V	E(90)	0.94	12.5
Cerramiento planta baja	5.26	26.07	0.20	-64.5	0.4	V	N(0)	1.00	1.8
Tabique PYL 146/600(48+48) 2LM, estructura sin arriostrar	5.99	22.22	0.38	38.7	Desde 'Vivienda unifamiliar'				
Tabiques	4.93	31.76	0.33	27.7	Desde 'Vivienda unifamiliar'				
Tabiques	4.67	22.16	0.33	26.3	Desde 'Vivienda unifamiliar'				
solera caviti	6.01	147.65	0.16	-58.6					
Forjado planta vivienda	3.96	25.87	0.11	6.4	Desde 'Vivienda unifamiliar'				
Forjado planta vivienda	1.82	25.87	0.11	2.9	Desde 'Vivienda unifamiliar'				
				-223.6	+102.0*				14.4

donde:

S: Superficie del elemento.

\square : Capacidad calorífica por superficie del elemento.

U: Transmitancia térmica del elemento.

Q_{tr} : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

*: Calor intercambiado con otras zonas del modelo térmico, a través del elemento, a lo largo del año.

\square : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

I.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).
















F_{sh,o}: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.








Q_{sol}: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

4.1.2.2.3.2. Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros



La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-15.1 kWh/(m²·año)) supone el **17.5%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-86.6 kWh/(m²·año)).

Tipo	S (m ²)	U _g (W/ (m ² ·K))	F _F (%)	U _r (W/ (m ² ·K))	$\square Q_{tr}$ (kWh /año)	g _{gl}	\square	I. (°)	O. (°)	F _{sh,gl}	F _{sh,o}	$\square Q_{sol}$ (kWh /año)
Vivienda unifamiliar												

Tipo	S (m ²)	U _g (W/ (m ² ·K))	F _F (%)	U _f (W/ (m ² ·K))	Q _{tr} (kWh /año)	g _{gl}	l. (°)	O. (°)	F _{sh,gl}	F _{sh,o}	Q _{sol} (kWh /año)	
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 1.86	0.50	0.20	0.82	-78.8	0.43	0.6	V	S(180)	0.56	0.67	267.6
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 2.30	0.50	0.20	0.82	-97.7	0.43	0.6	V	S(180)	0.56	0.63	308.1
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 1.86	0.50	0.20	0.82	-78.8	0.43	0.6	V	E(90)	0.76	0.91	349.0
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 2.30	0.50	0.20	0.82	-97.7	0.43	0.6	V	E(90)	0.76	0.91	434.1
Puerta de paso interior, de madera corredera	 1.68		1.00	1.64	-46.8	<i>Hacia 'Zona no habitable 1 (ALMACÉN)'</i>						
Puerta de entrada a la vivienda, de madera	 2.14		1.00	0.82	-117.8	0.6	V	N(0)	0.00	1.00	7.5	
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 4.31	0.50	0.10	0.82	-180.4	0.43	0.6	V	N(0)	1.00	1.00	643.4
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 1.84	0.50	0.10	0.82	-77.0	0.43	0.6	V	S(180)	0.56	0.71	312.4
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 2.23	0.50	0.10	0.82	-93.6	0.43	0.6	V	S(180)	0.56	0.66	352.3
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 1.84	0.50	0.10	0.82	-77.0	0.43	0.6	V	E(90)	0.76	0.93	394.7
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 1.84	0.50	0.10	0.82	-77.0	0.43	0.6	V	E(90)	0.76	0.83	353.4
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 2.53	0.50	0.20	0.82	-107.5	0.43	0.6	V	S(180)	1.00	0.61	584.6
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 7.29	0.50	0.20	0.82	-309.7	0.43	0.6	V	E(89.89)	1.00	0.97	1910.8
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 2.38	0.50	0.20	0.82	-100.9	0.43	0.6	V	N(0)	1.00	0.97	306.2
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul	 1.84	0.50	0.10	0.82	-77.0	0.43	0.6	V	S(180)	0.56	0.78	341.2

Tipo	S (m ²)	U _g (W/ (m ² ·K))	F _F (%)	U _f (W/ (m ² ·K))	Q _{tr} (kWh /año)	g _{gl}	□	I. (°)	O. (°)	F _{sh,gl}	F _{sh,o}	Q _{sol} (kWh /año)	
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.84	0.50	0.10	0.82	-77.0	0.43	0.6	V	E(90.06)	0.76	0.97	414.8
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.84	0.50	0.10	0.82	-77.0	0.43	0.6	V	E(90)	0.76	0.82	347.4
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.84	0.50	0.10	0.82	-77.0	0.43	0.6	V	S(180)	0.56	0.81	356.9
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul		2.57	0.50	0.20	0.82	-109.2	0.43	0.6	V	S(180)	1.00	0.72	706.4
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul		7.30	0.50	0.20	0.82	-310.1	0.43	0.6	V	E(90.4)	1.00	1.00	1988.0
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul		2.57	0.50	0.20	0.82	-109.2	0.43	0.6	V	N(0)	1.00	0.97	331.2
LUCERNARIO		1.44	0.70			-79.3	0.43	0.6	33	E(90)	1.00	0.44	334.2
						-2409.9	-46.8*						11044.2

Zona no habitable 1 (ALMACEN)

Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/18/4/18/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.86	0.50	0.20	0.82	-61.7	0.53	0.6	V	E(90)	0.76	0.96	471.4
Puerta de paso interior, de madera corredera		1.68		1.00	1.64	46.8	<i>Desde 'Vivienda unifamiliar'</i>						
						-61.7	+46.8*						471.4

donde:

S: Superficie del elemento.

U_g: Transmitancia térmica de la parte translúcida.

F_F: Fracción de parte opaca del elemento ligero.

U_f: Transmitancia térmica de la parte opaca.

Q_{tr}: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

*: Calor intercambiado con otras zonas del modelo térmico, a través del elemento, a lo largo del año.

g_{gl}: Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.

□: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.

I.: *Inclinación de la superficie (elevación).*

O.: *Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).*

F_{sh,gl.}: *Valor medio anual del factor reductor de sombreamiento para dispositivos de sombra móviles.*
















F_{sh,o.}: *Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.*

Q_{sol.}: *Ganancia solar acumulada a lo largo del año.*

4.1.2.2.3.3. Composición constructiva. Puentes térmicos

La transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-43.3 kWh/(m²·año)) supone el **50.0%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-86.6 kWh/(m²·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio (-71.5 kWh/(m²·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el **60.6%**.

	Tipo	L (m)	\square (W/(m·K))	\square Q _{tr} (kWh/año)
Vivienda unifamiliar				
Esquina saliente		9.64	0.034	-26.8
Esquina saliente		2.92	0.063	-14.9
Suelo en contacto con el terreno		20.58	0.500	-832.0
Frente de forjado		83.81	0.409	-2768.8
Frente de forjado		53.46	0.407	-1757.5
Esquina saliente		2.92	0.071	-16.8
Esquina saliente		22.10	0.036	-63.9
Esquina entrante		5.10	-0.138	57.0
Esquina saliente		11.11	0.097	-87.2
Forjado inferior en contacto con el aire exterior		4.44	0.956	-342.7
Frente de forjado		8.86	0.518	-370.9
Cubierta plana		4.63	0.300	-112.4
Esquina saliente		0.82	0.031	-2.0
Cubierta plana		11.26	0.236	-215.0
Cubierta plana		18.35	0.239	-355.2
				-6909.1

donde:

L: *Longitud del puente térmico lineal.*

\square : *Transmitancia térmica lineal del puente térmico.*

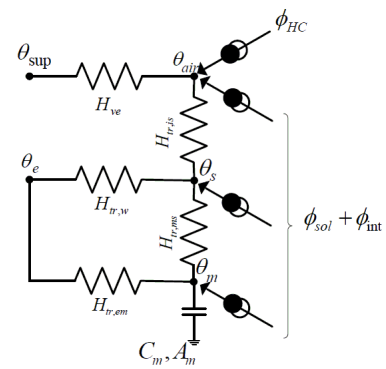
n: *Número de puentes térmicos puntuales.*

X: *Transmitancia térmica puntual del puente térmico.*

Q_{tr.}: *Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.*

4.1.2.2.3.4. Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

4.1.3. DB HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

4.1.3.1. EXIGENCIA BÁSICA HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, RITE.

4.1.3.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Para el presente proyecto de ejecución es de aplicación el RITE, ya que las instalaciones térmicas del edificio son instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de ACS (agua caliente sanitaria) que están destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

4.1.3.3. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS TÉCNICAS DEL RITE

La justificación del cumplimiento de las Instrucciones Técnicas I.T.01 "Diseño y dimensionado", I.T.02 "Montaje", I.T.03 "Mantenimiento y uso" e I.T.04 "Inspecciones" se realiza en el apartado correspondiente a la justificación del cumplimiento del RITE.

4.1.4. DB HE 4 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

4.1.4.1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es diseñar la instalación de agua caliente sanitaria, mediante calentamiento por energía solar térmica, para una vivienda unifamiliar rehabilitada.

4.1.4.2. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

PLAZA DE VIGO, RIVEIRA

Coordenadas geográficas:

Latitud	42° 33' 36" N
Longitud	9° 0' 0" O

Zona climática II según el apartado 4.2, 'Zonas climáticas', de la sección HE 4 del DB HE Ahorro de energía del CTE (radiación solar global media diaria anual de 13.94 MJ/m²).

La vivienda está compuesta por 3 dormitorios y tiene asignada una ocupación de 4 personas.

4.1.4.3. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DONDE SE INSTALARÁN LOS CAPTADORES. ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

La orientación e inclinación de los captadores será la siguiente:

Orientación	S(180°)
Inclinación	35°

El campo de captadores se situará sobre la cubierta, según el plano de planta adjunto.

La orientación e inclinación del sistema de captación, así como las posibles sombras sobre el mismo, serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites especificados en la siguiente tabla:

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

Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

Conj. captación	Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
1	Superposición	0.60 %	0.02 %	0.62 %

4.1.4.4. TIPO DE INSTALACIÓN

El sistema de captación solar para consumo de agua caliente sanitaria se caracteriza de la siguiente forma:

- Por el principio de circulación utilizado, clasificamos el sistema como una instalación con circulación forzada.
- Por el sistema de transferencia de calor, clasificamos nuestro sistema como una instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar para cada una de las viviendas.
- Por el sistema de expansión, será un sistema cerrado.
- Por su aplicación, será una instalación para calentamiento de agua.

4.1.4.5. CAPTADORES. CURVAS DE RENDIMIENTO

El tipo y disposición de los captadores que se han seleccionado se describe a continuación:

Modelo	Disposición	Número total de captadores	Número total de baterías
	En paralelo	1	1 de 1 unidades

El captador seleccionado debe poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia, según lo regulado en el RD 891/1980, de 14 de abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya.

4.1.4.6. DISPOSICIÓN DE LOS CAPTADORES

Los captadores se dispondrán en filas constituidas por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes durante los trabajos de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila o batería los captadores se conectarán en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo se obtendrá teniendo en cuenta las limitaciones especificadas por el fabricante.

Como regla general, el número de captadores conectados en serie no puede ser superior a tres. Únicamente, para ciertas aplicaciones industriales y de refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando el fabricante lo permita.

Ya que la instalación es para dotación de agua caliente sanitaria, no deben conectarse más de tres captadores en serie.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general, se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

La entrada de fluido caloportador se efectuará por el extremo inferior del primer captador de la batería y la salida por el extremo superior del último.

La entrada tendrá una pendiente ascendente del 1% en el sentido de avance del fluido caloportador.

4.1.4.7. FLUIDO CALOPORTADOR

Para evitar riesgos de congelación en el circuito primario, el fluido caloportador incorporará anticongelante.

Como anticongelantes podrán utilizarse productos ya preparados o mezclados con agua. En ambos casos, deben cumplir la reglamentación vigente. Además, su punto de congelación debe ser inferior a la temperatura mínima histórica (-9°C) con un margen de seguridad de 5°C.

En cualquier caso, su calor específico no será inferior a 3 KJ/kgK (equivalente a 0.7 Kcal/kg°C).

Se deberán tomar las precauciones necesarias para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante cuando se alcanzan temperaturas muy altas. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente disponer un depósito auxiliar para reponer las posibles pérdidas de fluido caloportador en el circuito. No debe utilizarse para reposición un fluido cuyas características sean incompatibles con el existente en el circuito.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas mediante reposición con agua de la red.

En este caso, se ha elegido como fluido caloportador una mezcla comercial de agua y propilenglicol al 29%, con lo que se garantiza la protección de los captadores contra rotura por congelación hasta una temperatura de -14°C, así como contra corrosiones e incrustaciones, ya que dicha mezcla no se degrada a altas temperaturas. En caso de fuga en el circuito primario, cuenta con una composición no tóxica y aditivos estabilizantes.

Las principales características de este fluido caloportador son las siguientes:

- Densidad: 1047.60 Kg/m³.
- Calor específico: 3.662 KJ/kgK.
- Viscosidad (45°C): 2.91 mPa·s.

4.1.4.8. DEPÓSITO ACUMULADOR

4.1.4.8.1. **Volumen de acumulación**

El volumen de acumulación se ha seleccionado cumpliendo con las especificaciones del apartado 2.2.5 Sistemas de acumulación solar y conexión de sistema de generación auxiliar de la sección HE 4 DB-HE CTE.

$$50 < (V/A) < 180$$

donde:

A: Suma de las áreas de los captadores.

V: Volumen de acumulación expresado en litros.

El modelo de acumulador usado se describe a continuación:

- Diámetro: 604 mm
- Altura: 1240 mm
- Vol. acumulación: 200 l

4.1.4.8.2. **Conjuntos de captación**

En la siguiente tabla pueden consultarse los volúmenes de acumulación y áreas de intercambio totales para cada conjunto de captación:

Conj. captación	Vol. acumulación (l)	Sup. captación (m ²)
1	200	2.52

4.1.4.9. ENERGÍA AUXILIAR

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica en cualquier circunstancia, la instalación de energía solar debe contar con un sistema de energía auxiliar.

Este sistema de energía auxiliar debe tener suficiente potencia térmica para proporcionar la energía necesaria para la producción total de agua caliente sanitaria, en ausencia de radiación solar. La energía auxiliar se aplicará en el circuito de consumo, nunca en el circuito primario de captadores.

El sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación. En el caso de que el sistema de energía auxiliar no disponga de acumulación, es decir, sea una fuente de calor instantánea, el equipo será capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente, con independencia de cual sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.

Tipo de energía auxiliar: Eléctrica

4.1.4.10. CIRCUITO HIDRÁULICO

El circuito hidráulico que se ha diseñado para la instalación es de retorno invertido y, por lo tanto, está equilibrado.

El caudal de fluido portador se determina de acuerdo con las especificaciones del fabricante, según aparece en el apartado de cálculo.

4.1.4.10.1. Bombas de circulación

Caudal (l/h)	Presión (Pa)
120.0	7455.6

Los materiales constitutivos de la bomba en el circuito primario son compatibles con la mezcla anticongelante.

4.1.4.10.2. Tuberías

Tanto para el circuito primario como para el de consumo, las tuberías utilizadas tienen las siguientes características:

Material: cobre

Disposición: colocada superficialmente con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco

4.1.4.10.3. Vaso de expansión

El sistema de expansión que se emplea en el proyecto será cerrado, de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda establecer la operación automática cuando la potencia esté disponible de nuevo.

El vaso de expansión del conjunto de captación se ha dimensionado conforme se describe en el anexo de cálculo.

4.1.4.10.4. Purgadores

Se utilizarán purgadores automáticos, ya que no está previsto que se forme vapor en el circuito. Debe soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y, en cualquier caso, hasta 130°C.

4.1.4.10.5. Sistema de llenado

El sistema de llenado del circuito primario es manual. La situación del mismo se describe en los planos del proyecto.

4.1.4.10.6. Sistema de control

El sistema de control asegura el correcto funcionamiento de la instalación, facilitando un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando el uso adecuado de la energía auxiliar. Se ha seleccionado una centralita de control para sistema de captación solar térmica, con sondas de temperatura con las siguientes funciones:

- Control de la temperatura del captador solar
- Control y regulación de la temperatura del acumulador solar
- Control y regulación de la bomba en función de la diferencia de temperaturas entre captador y acumulador.

4.1.4.11. DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN

4.1.4.11.1. Montaje de los captadores

Se aplicará a la estructura soporte las exigencias básicas del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.

El diseño y construcción de la estructura y sistema de fijación de los captadores debe permitir las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de la estructura y de los captadores no arrojarán sombra sobre estos últimos.

En el caso que nos ocupa, el anclaje de los captadores al edificio se realizará mediante una estructura metálica proporcionada por el fabricante. La inclinación de los captadores será de: 35°.

4.1.4.11.2. Tuberías

El diámetro de las tuberías se ha dimensionado de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s y que la pérdida de carga unitaria sea inferior a 40.0 mm.c.a/m.

4.1.4.11.3. Válvulas

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y sus condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios siguientes:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.

- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

Las válvulas de seguridad serán capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y, en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de intercepción.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa: fundición de hierro o de latón.
- Mecanismo: acero inoxidable.
- Flotador y asiento: acero inoxidable.
- Obturador: goma sintética.

Los purgadores automáticos serán capaces de soportar la temperatura máxima de trabajo del circuito.

4.1.4.11.4. Vaso de expansión

Se utilizarán vasos de expansión cerrados con membrana. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados. La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá el volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

El volumen de dilatación, para el cálculo, será como mínimo igual al 4,3% del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío, en el punto más alto del circuito, no sea inferior a 1.5 Kg/cm², y que la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

Cuando el fluido caloportador pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionamiento especial para el volumen de expansión.

El depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, incrementado en un 10%.

4.1.4.11.5. Aislamientos

El aislamiento de los acumuladores cuya superficie sea inferior a 2 m² tendrá un espesor mínimo de 30 mm. Para volúmenes superiores, el espesor mínimo será de 50 mm.

El espesor del aislamiento para el intercambiador de calor en el acumulador no será inferior a 20 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior o exterior, no serán inferiores a los valores especificados en: RITE.I.T.1.2.4.2.1.1.

Es aconsejable, aunque no forme parte de la instalación solar, el aislamiento de las tuberías de distribución al consumo de ACS. De esta forma se evitan pérdidas energéticas en la distribución, que disminuyen el rendimiento de la instalación de captación solar.

4.1.4.11.6. Purga de aire

El trazado del circuito favorecerá el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil de cada botellín será superior a 100 cm³.

Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar, y antes del intercambiador, un desaireador con purgador automático.

Las líneas de purga se colocarán de tal forma que no puedan helarse ni se pueda producir acumulación de agua entre líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos para que el vapor o medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a personas, a materiales o al medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador.

4.1.4.11.7. Sistema de llenado

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado, manual o automático, que permita llenar el circuito primario de fluido caloportador y mantenerlo presurizado.

En general, es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de fluido caloportador.

Para disminuir el riesgo de fallo, se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados, así como la entrada de aire (esto último incrementaría el riesgo de fallo por corrosión).

Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

4.1.4.11.8. Sistema eléctrico y de control

El sistema eléctrico y de control cumplirá el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación.

Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El rango de temperatura ambiente admisible para el funcionamiento del sistema de control será, como mínimo, el siguiente: -10°C a 50°C.

Los sensores de temperatura soportarán los valores máximos previstos para la temperatura en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar, sin alteraciones superiores a 1°C, una temperatura de hasta 100°C (instalaciones de ACS).

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la zona de medición. Para conseguirlo, en el caso de sensores de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido.

Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que les rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desea controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Las sondas serán, preferentemente, de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas por contacto y la superficie metálica.

4.1.4.11.9. Sistemas de protección

4.1.4.11.9.1. Protección contra sobrecalentamientos

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que, con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar el sistema a su estado normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenaje como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan peligro alguno para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema ni en ningún otro material del edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras, se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C.

4.1.4.11.9.2. Protección contra quemaduras

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C, deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para compensar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

4.1.4.11.9.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por cada material o componente.

4.1.4.11.9.4. Resistencia a presión

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

4.1.4.11.9.5. Prevención de flujo inverso

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del mismo.

Como el sistema es por circulación forzada, se utiliza una válvula antirretorno para evitar flujos inversos.

4.1.4.12. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN

4.1.4.12.1. Condiciones climáticas

Mes	Radiación global (MJ/m ²)	Temperatura ambiente diaria (°C)	Temperatura de red (°C)
Enero	5.76	10	10
Febrero	8.42	11	10
Marzo	13.03	11	11
Abril	16.63	12	12
Mayo	20.30	14	13
Junio	22.90	16	14
Julio	22.68	18	16
Agosto	20.56	19	16

Mes	Radiación global (MJ/m ²)	Temperatura ambiente diaria (°C)	Temperatura de red (°C)
Septiembre	15.80	18	15
Octubre	9.76	16	14
Noviembre	6.26	13	12
Diciembre	4.82	11	11

4.1.4.12.2. Condiciones de uso

Teniendo en cuenta el nivel de ocupación, se obtiene un valor medio de 28.0 l por persona y día, con una temperatura de consumo de referencia de 60 °C. Como la temperatura de uso se considera de 45 °C, distinta de 60 °C, debe corregirse este consumo medio de tal forma que la demanda energética final del sistema, para cada mes, sea equivalente a la obtenida con el consumo definido a la temperatura de referencia.

Para la corrección se ha utilizado la siguiente expresión:

$$C_i(T) = C_i(60^\circ C) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

donde:

$C_i(T)$: Consumo de agua caliente para el mes i a la temperatura T elegida;

$C_i(60^\circ C)$: Consumo de agua caliente para el mes i a la temperatura de 60 °C;

T: Temperatura del acumulador final;

T_i : Temperatura media del agua fría en el mes i;

Al tratarse de una vivienda unifamiliar, se asume un coeficiente de simultaneidad igual a 1.

Número de dormitorios	3
Ocupación (Nº personas)	4
Consumo de referencia litros/día	112

A partir de los datos anteriores se puede calcular la demanda energética para cada mes. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Mes	Ocupación (%)	Consumo (m ³)	Temperatura de red (°C)	Salto térmico (°C)	Demanda (MJ)
Enero	100	5.0	10	35	719.23
Febrero	100	4.5	10	35	649.63
Marzo	100	5.0	11	34	704.83
Abril	100	4.9	12	33	668.40
Mayo	100	5.1	13	32	676.28
Junio	100	5.0	14	31	640.54
Julio	100	5.3	16	29	633.10

Mes	Ocupación (%)	Consumo (m ³)	Temperatura de red (°C)	Salto térmico (°C)	Demanda (MJ)
Agosto	100	5.3	16	29	633.10
Septiembre	100	5.0	15	30	626.61
Octubre	100	5.2	14	31	661.65
Noviembre	100	4.9	12	33	668.17
Diciembre	100	5.0	11	34	704.83

La descripción de los valores mostrados, para cada columna, es la siguiente:

- Ocupación: Estimación del porcentaje mensual de ocupación.
- Consumo: Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\%Ocup}{100} \cdot N_{mes}(dias) \cdot Q_{acs}(m^3 / dia)$$

- Temperatura de red: Temperatura de suministro de agua (valor mensual en °C).
- Demanda térmica: Expresa la demanda energética necesaria para cubrir el consumo necesario de agua caliente. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{acs} = \rho \cdot C \cdot C_p \cdot \Delta T$$

donde:

Q_{acs} : Demanda de agua caliente (MJ).

ρ : Densidad volumétrica del agua (Kg/m³).

C: Consumo (m³).

C_p : Calor específico del agua (MJ/kg°C).

ΔT : Salto térmico (°C).

4.1.4.13. CÁLCULOS Y DIMENSIONADO

4.1.4.13.1. Diseño del sistema de captación

4.1.4.13.1.1. Captadores. Curvas de rendimiento

El sistema de captación estará formado por elementos cuya curva de rendimiento INTA es:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \left(\frac{t^e - t^a}{I} \right)$$

donde:

η_0 : Factor óptico (0.82).

a_1 : Coeficiente de pérdida (4.23).

t^e : Temperatura media (°C).

t^a : Temperatura ambiente (°C).

I: Irradiación solar (W/m²).

El tipo y disposición de los captadores que se han seleccionado se describe a continuación:

Modelo	Disposición	Número total de captadores	Número total de baterías
	En paralelo	1	1 de 1 unidades

4.1.4.13.1.2. Conjuntos de captación

En la siguiente tabla pueden consultarse los volúmenes de acumulación y áreas de intercambio totales para cada conjunto de captación:

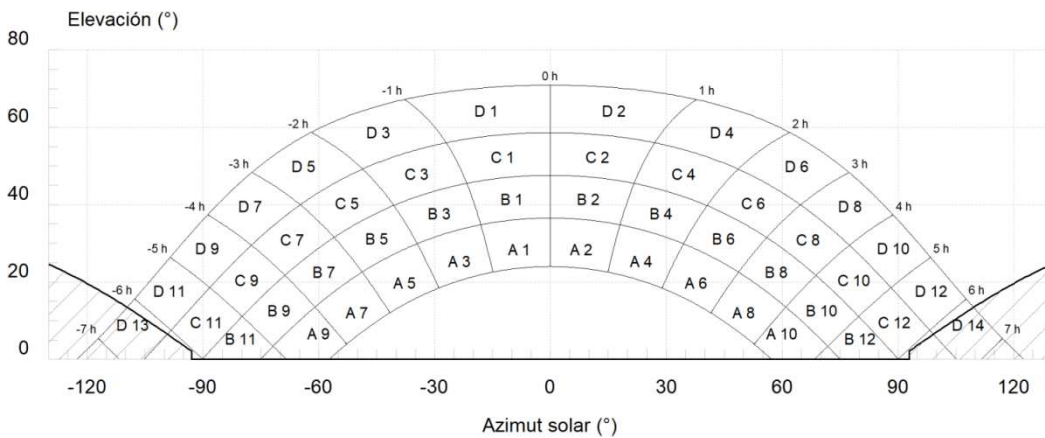
Conj. captación	Vol. acumulación (l)	Sup. captación (m²)
1	200	2.52

4.1.4.13.1.3. Determinación de la radiación

Para obtener la radiación solar efectiva que incide sobre los captadores se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Orientación	S(180°)
Inclinación	35°

Las sombras proyectadas sobre los captadores son:



(inclinación 35.47°, orientación 0.00°)			
Porción	Factor de llenado (real)	Pérdidas (%)	Contribución (%)
D 13	0.75 (0.82)	0.00	0.00
D 14	0.75 (0.82)	0.02	0.01

(inclinación 35.47°, orientación 0.00°)			
Porción	Factor de llenado (real)	Pérdidas (%)	Contribución (%)
		TOTAL (%)	0.01

4.1.4.13.1.4. Dimensionamiento de la superficie de captación

El dimensionamiento de la superficie de captación se ha realizado mediante el método de las curvas 'f' (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura solar y del rendimiento medio para periodos de cálculo mensuales y anuales.

Se asume un volumen de acumulación equivalente, de forma aproximada, a la carga de consumo diario promedio. La superficie de captación se dimensiona para conseguir una fracción solar anual superior al 50%.

El valor resultante para la superficie de captación es de 2.02 m², y para el volumen de captación de 200 l.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Mes	Radiación global (MJ/m ²)	Temperatura ambiente diaria (°C)	Demanda (MJ)	Energía auxiliar (MJ)	Fracción solar (%)
Enero	5.76	10	719.23	473.41	34
Febrero	8.42	11	649.63	334.57	48
Marzo	13.03	11	704.83	221.19	69
Abril	16.63	12	668.40	143.74	78
Mayo	20.30	14	676.28	83.35	88
Junio	22.90	16	640.54	32.27	95
Julio	22.68	18	633.10	12.32	98
Agosto	20.56	19	633.10	15.57	98
Septiembre	15.80	18	626.61	75.69	88
Octubre	9.76	16	661.65	237.56	64
Noviembre	6.26	13	668.17	385.45	42
Diciembre	4.82	11	704.83	495.05	30

4.1.4.13.1.5. Cálculo de la cobertura solar

La energía producida no supera, en ningún mes, el 110% de la demanda de consumo, y no hay una demanda superior al 100% para tres meses consecutivos.

La cobertura solar anual conseguida mediante el sistema es igual al 69%.

4.1.4.13.1.6. Diseño del sistema intercambiador-acumulador

La instalación consta de un circuito primario cerrado (circulación forzada) dotado de un sistema de captación (con una superficie total de captación de 2 m²) y con un intercambiador, incluido en el acumulador de la vivienda. Se ha previsto, además, la instalación de un sistema de energía auxiliar.

El volumen de acumulación se ha seleccionado cumpliendo con:

$$50 < (V/A) < 180$$

donde:

A: Suma de las áreas de los captadores.

V: Volumen de acumulación expresado en litros.

Unidad de ocupación	Caudal l/h:	Pérdida de carga Pa:	Sup. intercambio m ² :	Diámetro mm:	Altura (mm)	Vol. acumulación (l)
	648	800.0	1.10	604	1240	200
Total			1.10			200

La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación es superior a 0.15 e inferior o igual a 1.

4.1.4.13.2. Diseño del circuito hidráulico

4.1.4.13.2.1. Cálculo del diámetro de las tuberías

Tanto para el circuito primario de la instalación, como para el secundario, se utilizarán tuberías de cobre.

El diámetro de las tuberías se selecciona de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s. El dimensionamiento de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en las mismas nunca sea superior a 40.00 mm.c.a/m.

4.1.4.13.2.2. Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación

Deben determinarse las pérdidas de carga en los siguientes componentes de la instalación:

- Captadores
- Tuberías (montantes y derivaciones a las baterías de captadores del circuito primario).
- Intercambiador
-

FÓRMULAS UTILIZADAS

Para el cálculo de la pérdida de carga, ΔP , en las tuberías, utilizaremos la formulación de Darcy-Weisbach que se describe a continuación:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81}$$

donde:

ΔP : Pérdida de carga (m.c.a).

λ : Coeficiente de fricción

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

v: Velocidad del fluido (m/s).

Para calcular las pérdidas de carga, se le suma a la longitud real de la tubería la longitud equivalente correspondiente a las singularidades del circuito (codos, té, válvulas, etc.). Ésta longitud equivalente corresponde a la longitud de tubería que provocaría una pérdida de carga igual a la producida por dichas singularidades.

De forma aproximada, la longitud equivalente se calcula como un porcentaje de la longitud real de la tubería. En este caso, se ha asumido un porcentaje igual al 15%.

El coeficiente de fricción, λ , depende del número de Reynolds.

Cálculo del número de Reynolds: (R_e)

$$R_e = \frac{(\rho \cdot v \cdot D)}{\mu}$$

donde:

R_e : Valor del número de Reynolds (adimensional).

ρ : 1000 Kg/m³

v: Velocidad del fluido (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

μ : Viscosidad del agua (0.001 poises a 20°C).

Cálculo del coeficiente de fricción (λ) para un valor de R_e comprendido entre 3000 y 10⁵ (éste es el caso más frecuente para instalaciones de captación solar):

$$\lambda = \frac{0,32}{R_e^{0,25}}$$

Como los cálculos se han realizado suponiendo que el fluido circulante es agua a una temperatura de 45°C y con una viscosidad de 2.906000 mPa·s, los valores de la pérdida de carga se multiplican por el siguiente factor de corrección:

$$factor = \sqrt{\frac{\mu_{FC}}{\mu_{agua}}}$$

4.1.4.13.2.3. Bomba de circulación

Caudal (l/h)	Presión (Pa)
120.0	7455.6

Los materiales constitutivos de la bomba en el circuito primario son compatibles con la mezcla anticongelante.

La bomba de circulación necesaria en el circuito primario se debe dimensionar para una presión disponible igual a las pérdidas totales del circuito (tuberías, captadores e intercambiadores). El caudal de circulación tiene un valor de 120.00 l/h.

La pérdida de presión en el conjunto de captación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta P_r = \frac{\Delta P \cdot N \cdot (N+1)}{4}$$

donde:

□ ΔP_r : Pérdida de presión en el conjunto de captación.

□ ΔP : Pérdida de presión para un captador

N: Número total de captadores

La pérdida de presión en el intercambiador tiene un valor de 800.0 Pa.

Por tanto, la pérdida de presión total en el circuito primario tiene un valor de 7476 KPa.

La potencia de la bomba de circulación tendrá un valor de 0.07 kW. Dicho valor se ha

calculado mediante la siguiente fórmula:

$$P = C \cdot \Delta p$$

donde:

P: Potencia eléctrica (kW)

C: Caudal (l/s)

□ Δp : Pérdida total de presión de la instalación (Pa).

4.1.4.13.2.4. Vaso de expansión

El valor teórico del coeficiente de expansión térmica, calculado según la norma UNE 100.155, es de 0.087. El vaso de expansión seleccionado tiene una capacidad de 5 l.

Para calcular el volumen necesario se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

donde:

V_t : Volumen útil necesario (l).

V: Volumen total de fluido de trabajo en el circuito (l).

C_e : Coeficiente de expansión del fluido.

C_p : Coeficiente de presión

El volumen total de fluido contenido en el circuito primario se obtiene sumando el contenido en las tuberías (6.61 l), en los elementos de captación (1.36 l) y en el intercambiador (7.50 l). En este caso, el volumen total es de 15.47 l.

Con los valores de la temperatura mínima (-9°C) y máxima (140°C), y el valor del porcentaje de glicol etilénico en agua (29%) se obtiene un valor de 'Ce' igual a 0.087. Para calcular este parámetro se han utilizado las siguientes expresiones:

$$C_e = f_c \cdot (-95 + 1.2 \cdot t) \cdot 10^{-3}$$

donde:

fc: Factor de correlación debido al porcentaje de glicol etilénico.

t: Temperatura máxima en el circuito.

El factor 'fc' se calcula mediante la siguiente expresión:

$$f_c = a \cdot (1.8 \cdot t + 32)^b$$

donde:

$$a = -0.0134 \cdot (G^2 - 143.8 \cdot G + 1918.2) = 18.68$$

$$b = 0.00035 \cdot (G^2 - 94.57 \cdot G + 500.) = -0.49$$

G: Porcentaje de glicol etilénico en agua (29%).

El coeficiente de presión (Cp) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_{\max}}{P_{\max} - P_{\min}}$$

donde:

Pmax: Presión máxima en el vaso de expansión.

Pmin: Presión mínima en el vaso de expansión.

El punto de mínima presión de la instalación corresponde a los captadores solares, ya que se encuentran a la cota máxima. Para evitar la entrada de aire, se considera una presión mínima aceptable de 1.5 bar.

La presión mínima del vaso debe ser ligeramente inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad (aproximadamente 0.9 veces). Por otro lado, el componente crítico respecto a la presión es el captador solar, cuya presión máxima es de 6 bar (sin incorporar el kit de fijación especial).

A partir de las presiones máxima y mínima, se calcula el coeficiente de presión (Cp). En este caso, el valor obtenido es de 1.3.

4.2. DOCUMENTO BÁSICO DE SALUBRIDAD

4.2.3. DB HS-3 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

4.2.3.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta sección se aplica, en los edificios de viviendas, al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes. Se considera que forman parte de los aparcamientos y garajes las zonas de circulación de los vehículos.

Para locales de cualquier otro tipo se considera que se cumplen las exigencias básicas si se observan las condiciones establecidas en el RITE.

4.2.3.2. CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS

En los locales habitables de las viviendas debe aportarse un caudal de aire exterior suficiente para conseguir que en cada local la concentración media anual de CO₂ sea menor que 900 ppm y que el acumulado anual de CO₂ que exceda 1.600 ppm sea menor que 500.000 ppm.h, en ambos casos con las condiciones de diseño del apéndice C.

Además, el caudal de aire exterior aportado debe ser suficiente para eliminar los contaminantes no directamente relacionados con la presencia humana. Esta condición se considera satisfecha con el establecimiento de un caudal mínimo de 1,5 l/s por local habitable en los periodos de no ocupación.

Las dos condiciones anteriores se consideran satisfechas con el establecimiento de una ventilación de caudal constante acorde con la siguiente tabla:

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

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

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

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

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

En la zona de cocción de las cocinas debe disponerse un sistema que permita extraer los contaminantes que se producen durante su uso, de forma independiente a la ventilación general de los locales habitables. Esta condición se considera satisfecha si se dispone de un sistema en la zona de cocción que permita extraer un caudal mínimo de 50 l/s.

4.2.3.3. DISEÑO

4.2.3.3.1. Condiciones generales del sistema de ventilación

4.2.3.3.1.1. Viviendas

1. Las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrida o mecánica con las siguientes características (véanse los ejemplos de la figura 3.1):
 - a. el aire debe circular desde los locales secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de aberturas de extracción; las particiones situadas entre los locales con admisión y los locales con extracción deben disponer de aberturas de paso;
 - b. los locales con varios usos de los del punto anterior, deben disponer en cada zona destinada a un uso diferente de las aberturas correspondientes;
 - c. cuando las carpinterías exteriores sean de clase 2, 3 ó 4 según norma UNE EN 12207:2000 deben utilizarse, como aberturas de admisión, aberturas dotadas de aireadores o aperturas fijas de la carpintería; cuando las carpinterías exteriores sean de clase 0 ó 1 pueden utilizarse como aberturas de admisión las juntas de apertura;
 - d. cuando la ventilación sea híbrida las aberturas de admisión deben comunicar directamente con el exterior;
 - e. los aireadores deben disponerse a una distancia del suelo mayor que 1,80 m;
 - f. cuando algún local con extracción esté compartimentado, deben disponerse aberturas de paso entre los compartimentos; la abertura de extracción debe disponerse en el compartimento más contaminado que, en el caso de aseos y cuartos de baños, es aquel en el que está situado el inodoro, y en el caso de cocinas es aquel en el que está situada la zona de cocción; la abertura de paso que conecta con el resto de la vivienda debe estar situada en el local menos contaminado;
 - g. las aberturas de extracción deben conectarse a conductos de extracción y deben disponerse a una distancia del techo menor que 100 mm y a una distancia de cualquier rincón o esquina vertical mayor que 100 mm;
 - h. los conductos de extracción no pueden compartirse con locales de otros usos salvo con los trasteros.

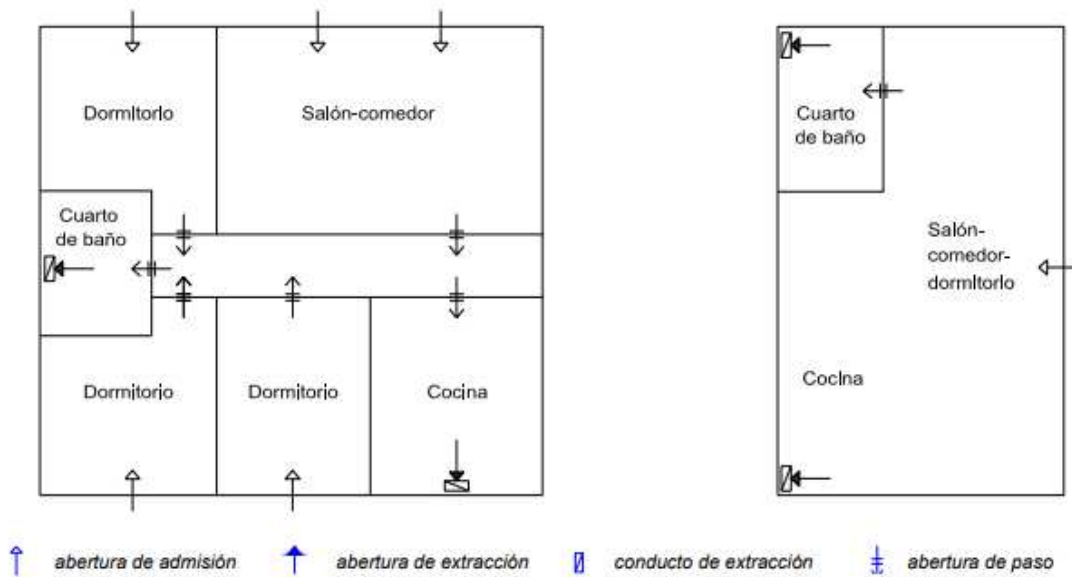


Figura 3.1 Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas

2. Las cocinas, comedores, dormitorios y salas de estar deben disponer de un sistema complementario de ventilación natural. Para ello debe disponerse una ventana exterior practicable o una puerta exterior.
3. Las cocinas deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello debe disponerse un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de la ventilación general de la vivienda que no puede utilizarse para la extracción de aire de locales de otro uso. Cuando este conducto sea compartido por varios extractores, cada uno de éstos debe estar dotado de una válvula automática que mantenga abierta su conexión con el conducto sólo cuando esté funcionando o de cualquier otro sistema antirrevoco.

4.2.3.3.2. Condiciones particulares de los elementos

4.2.3.3.2.1. Aberturas y bocas de ventilación

En ausencia de norma urbanística que regule sus dimensiones, los espacios exteriores y los patios con los que comuniquen directamente los locales mediante aberturas de admisión, aberturas mixtas o bocas de toma deben permitir que en su planta se pueda inscribir un círculo cuyo diámetro sea igual a un tercio de la altura del cerramiento más bajo de los que lo delimitan y no menor que 3 m.

Pueden utilizarse como abertura de paso un aireador o la holgura existente entre las hojas de las puertas y el suelo.

Las aberturas de ventilación en contacto con el exterior deben disponerse de tal forma que se evite la entrada de agua de lluvia o estar dotadas de elementos adecuados para el mismo fin.

Las bocas de expulsión deben situarse en la cubierta del edificio separadas 3 m como mínimo, de cualquier elemento de entrada de ventilación (boca de toma, abertura de

admisión, puerta exterior y ventana) y de los espacios donde pueda haber personas de forma habitual, tales como terrazas, galerías, miradores, balcones, etc.

En el caso de ventilación híbrida, la boca de expulsión debe ubicarse en la cubierta del edificio a una altura sobre ella de 1 m como mínimo y debe superar las siguientes alturas en función de su emplazamiento:

- la altura de cualquier obstáculo que esté a una distancia comprendida entre 2 y 10 m;
- 1,3 veces la altura de cualquier obstáculo que esté a una distancia menor o igual que 2 m;
- 2 m en cubiertas transitables.

4.2.3.3.2.2. Conductos de admisión

Los conductos deben tener sección uniforme y carecer de obstáculos en todo su recorrido.

Los conductos deben tener un acabado que dificulte su ensuciamiento y deben ser practicables para su registro y limpieza cada 10 m como máximo en todo su recorrido.

4.2.3.3.2.3. Conductos de extracción para ventilación mecánica

Cada conducto de extracción, salvo los de la ventilación específica de las cocinas, debe disponer en la boca de expulsión de un aspirador mecánico, pudiendo varios conductos de

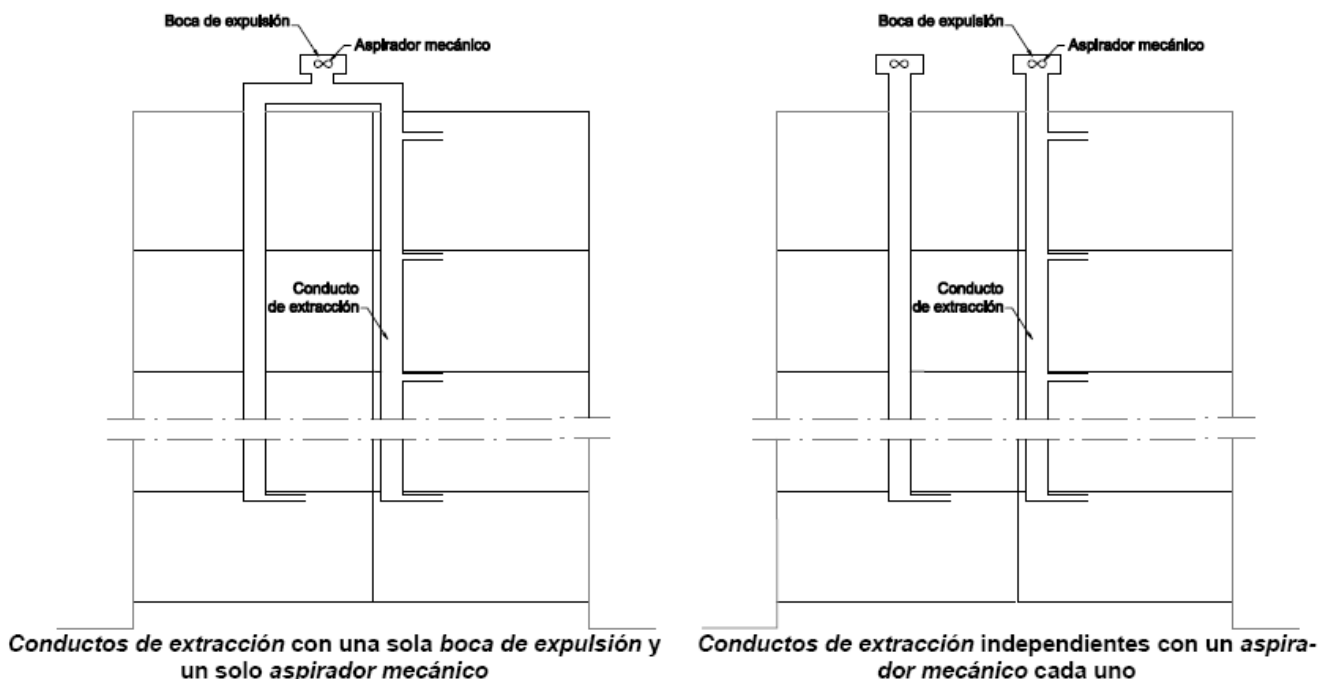


Figura 3.5 Ejemplos de disposición de aspiradores mecánicos

extracción compartir un mismo aspirador mecánico (véanse los ejemplos de la figura 3.5).

Los conductos deben ser verticales. Se exceptúan de dicha condición los tramos de conexión de las aberturas de extracción con los conductos o ramales correspondientes.

La sección de cada tramo del conducto comprendido entre dos puntos consecutivos con aporte o salida de aire debe ser uniforme.

Los conductos deben tener un acabado que dificulte su ensuciamiento y ser practicables para su registro y limpieza en la coronación y en el arranque de los tramos verticales.

Cuando se prevea que en las paredes de los conductos pueda alcanzarse la temperatura de rocío éstos deben aislarse térmicamente de tal forma que se evite que se produzcan condensaciones.

Los conductos que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben cumplir las condiciones de resistencia a fuego del apartado 3 de la sección SI1.

Los conductos deben ser estancos al aire para su presión de dimensionado.

4.2.3.3.2.4. Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores

Los aspiradores mecánicos y los aspiradores híbridos deben disponerse en un lugar accesible para realizar su limpieza.

Previo a los extractores de las cocinas debe disponerse un filtro de grasas y aceites dotado de un dispositivo que indique cuando debe reemplazarse o limpiarse dicho filtro.

Debe disponerse un sistema automático que actúe de tal forma que todos los aspiradores híbridos y mecánicos de cada vivienda funcionen simultáneamente o adoptar cualquier otra solución que impida la inversión del desplazamiento del aire en todos los puntos.

4.2.3.3.2.5. Ventanas y puertas exteriores

Las ventanas y puertas exteriores que se dispongan para la ventilación natural complementaria deben estar en contacto con un espacio que tenga las mismas características que el exigido para las aberturas de admisión.

4.2.3.4. DIMENSIONADO

El caudal de ventilación mínimo para los distintos tipos de local se obtiene considerando los criterios de ocupación del apartado 2 y aplicando la tabla 2.1 (CTE DB HS 3).

4.2.3.4.1. Aberturas de ventilación

El área efectiva total de las aberturas de ventilación de cada local debe ser como mínimo la mayor de las que se obtienen mediante las fórmulas que figuran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Área efectiva de las aberturas de ventilación de un local en cm²

Aberturas de ventilación	Aberturas de admisión	4 · q _v ó 4 · q _{va}
	Aberturas de extracción	4 · q _v ó 4 · q _{ve}
	Aberturas de paso	70 cm ² ó 8 · q _{vp}
	Aberturas mixtas ⁽¹⁾	8 · q _v

(1) El área efectiva total de las aberturas mixtas de cada zona opuesta de fachada y de la zona equidistante debe ser como mínimo el área total exigida.

siendo

- q_v: caudal de ventilación mínimo exigido del local [l/s], obtenido de las tablas 2.1 o 2.2 o del cálculo realizado para cumplir la exigencia.
- q_{va}: caudal de ventilación correspondiente a cada abertura de admisión del local calculado por un procedimiento de equilibrado de caudales de admisión y de extracción y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales, [l/s].
- q_{ve}: caudal de ventilación correspondiente a cada abertura de extracción del local calculado por un procedimiento de equilibrado de caudales de admisión y de extracción y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales, [l/s].
- q_{vp}: caudal de ventilación correspondiente a cada abertura de paso del local calculado por un procedimiento de equilibrado de caudales de admisión y de extracción y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales, [l/s].

4.2.3.4.2. Conductos de extracción

4.2.3.4.2.1. Conductos de extracción para ventilación mecánica

Cuando los conductos se dispongan contiguos a un local habitable, salvo que estén en la cubierta, para que el nivel sonoro continuo equivalente estandarizado ponderado producido por la instalación no supere 30 dBA, la sección nominal de cada tramo del conducto de extracción debe ser como mínimo igual a la obtenida mediante la siguiente fórmula : $S \geq 2,5 \cdot qvt$

Cuando los conductos se dispongan en la cubierta, la sección debe ser como mínimo igual a la obtenida mediante la fórmula: $S \geq 1,5 \cdot qvt$

siendo

qvt el caudal de aire en el tramo del conducto [l/s], que es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las aberturas de extracción que vierten al tramo.

4.2.3.4.2.2. Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores

Deben dimensionarse de acuerdo con el caudal extraído y para una depresión suficiente para contrarrestar las pérdidas de presión previstas del sistema.

Los extractores deben dimensionarse de acuerdo con el caudal mínimo para cada cocina indicado en la tabla 2.1 (CTE DB HS 3) para la ventilación adicional de las mismas.

4.2.3.4.2.3. Ventanas y puertas exteriores

La superficie total practicable de las ventanas y puertas exteriores de cada local debe ser como mínimo un veinteavo de la superficie útil del mismo.

4.2.3.5. RESULTADO DEL CÁLCULO DE CAUDAL NECESARIO EN CADA ESTANCIA

4.2.3.5.1. Local comercial

Conjunto: LOCAL COMERCIAL							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Por superficie (W/m ²)	Potencia	
			Caudal (m ³ /h)	Carga total (W)		Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
LOCAL COMERCIAL	Planta baja	329.10	142.47	379.50	30.87	708.60	708.60
ASEO 1	Planta baja	60.06	54.00	143.84	86.54	203.90	203.90
Total			196.5	Carga total simultánea		912.5	

4.2.3.5.2. Vivienda unifamiliar

Conjunto: PLANTA BAJA							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Por superficie (W/m ²)	Potencia	
			Caudal (m ³ /h)	Carga total (W)		Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
ENTRADA VIVIENDA	Planta baja	149.12	11.90	31.69	41.03	180.81	180.81
Total			11.9	Carga total simultánea		180.8	

Conjunto: PLANTA 1º							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Por superficie (W/m ²)	Potencia	
			Caudal (m ³ /h)	Carga total (W)		Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
SALON-COMEDOR	Planta 1	304.76	78.03	415.69	24.93	720.44	720.44
COCINA	Planta 1	101.30	70.68	94.13	19.91	195.44	195.44
Total			148.7	Carga total simultánea		915.9	

Conjunto: PLANTA 2º							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
DORMITORIO 1	Planta 2	137.03	38.83	206.85	23.91	343.87	343.87
DORMITORIO 2	Planta 2	99.60	36.00	191.79	33.47	291.39	291.39
ASEO 2	Planta 2	51.74	54.00	71.92	47.10	123.66	123.66
BAÑO 1	Planta 2	48.64	54.00	71.92	22.58	120.56	120.56
PASILLO 2	Planta 2	105.27	25.07	66.78	18.53	172.05	172.05
Total			207.9	Carga total simultánea		1051.5	

Conjunto: PLANTA BAJOCUBIERTA							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
DORMITORIO 3	Planta Bajo Cubierta	318.78	115.14	613.40	21.86	932.17	932.17
Total			115.1	Carga total simultánea		932.2	

4.2.3.5.3. Recuperador de calor en vivienda y local comercial

Equipos	Sistema
Tipo 1 (Local comercia)	Ventilación y extracción
Tipo 2 (Vivienda unifamiliar)	Ventilación y extracción

Equipos	Referencia
Tipo 1	<p>Recuperador de calor aire-aire, modelo CADB-HE-D 08 LH ECOWATT "S&P", conexiones con la red de conductos por la izquierda, caudal de aire nominal 800 m³/h, potencia sonora 58 dBA, eficiencia de recuperación calorífica en condiciones húmedas 86,4%, potencia calorífica recuperada 5,8 kW (temperatura del aire exterior -5°C con humedad relativa del 80% y temperatura ambiente 20°C con humedad relativa del 50%), alimentación monofásica a 230 V, dimensiones 425x1750x910 mm, peso 173 kg, con intercambiador de placas de flujo cruzado de alta eficiencia, ventiladores con motor de tipo EC de alta eficiencia, bypass con servomotor para cambio de modo de operación de recuperación a free-cooling, caja de doble pared de acero galvanizado y plastificado color blanco, con aislamiento de fibra de vidrio de 25 mm de espesor, filtros de aire clase F7 en la entrada de aire exterior, filtro de aire clase M5 en el retorno de aire del interior, tomas de presión, acceso a los ventiladores y a los filtros de aire a través de los paneles de inspección, posibilidad de acceso lateral a los filtros, control electrónico para la regulación de la ventilación y de la temperatura y embocaduras con junta estanca para diámetro interior de los conductos 250 mm</p>

Equipos	Referencia
Tipo 2	<p>Recuperador de calor aire-aire, modelo Serie IDEO2 325 ECOWATT "S&P", VMC de doble flujo, para viviendas unifamiliares, con intercambiador de calor de tipo contraflujo de alto rendimiento (hasta el 92%) y motor EC de corriente continua a caudal constante de muy bajo consumo (menos de 40 W) y muy bajo nivel sonoro.</p> <p>Asegura la renovación permanente de aire de las viviendas unifamiliares, y garantiza los requisitos requeridos en el Código Técnico de Edificación.</p> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador a contraflujo con rendimiento hasta 92%. • Ventiladores centrífugos a caudal constante. • Módulo de programación por radiofrecuencia. • Boost de cocina por radiofrecuencia (máxima velocidad). • Antena con alcance de emisión-recepción de 150 metros en campo libre. • Filtro de impulsión F5 con prefiltro G4. • Filtro de extracción G4. • By-pass 100% automático. • 4 embocaduras de Ø 150/160 mm. • Desagüe para montaje vertical. • Kit de soporte de pared.

4.3. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS

4.3.1. EXIGENCIAS TÉCNICAS

Las instalaciones térmicas del edificio objeto del presente proyecto han sido diseñadas y calculadas de forma que:

- Se obtiene una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua caliente sanitaria que son aceptables para los usuarios de la vivienda sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo la exigencia de bienestar e higiene.
- Se reduce el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, cumpliendo la exigencia de eficiencia energética.
- Se previene y reduce a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades, cumpliendo la exigencia de seguridad.

4.3.1.1. EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

4.3.1.1.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	23 □ T □ 25
Humedad relativa en verano (%)	45 □ HR □ 60
Temperatura operativa en invierno (°C)	21 □ T □ 23
Humedad relativa en invierno (%)	40 □ HR □ 50
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	V □ 0.14

A continuación se muestran los valores de condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto:

Referencia	Condiciones interiores de diseño		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Baño / Aseo	24	21	50
Baño calefactado	24	21	50
Baño no calefactado	24	21	50
Cocina	24	21	50
Dormitorio	24	21	50
Galería	24	21	50

Referencia	Condiciones interiores de diseño		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
LOCAL COMERCIAL	24	21	50
Pasillo / Distribuidor	24	21	50
Salón / Comedor	24	21	50

4.3.1.1.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2

4.3.1.1.2.1. Categorías de calidad del aire interior

La instalación proyectada se incluye en un edificio de viviendas, por tanto se han considerado los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

4.3.1.1.2.2. Caudal mínimo de aire exterior

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario se calcula según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y el método de caudal de aire por unidad de superficie, especificados en la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3.

Se describe a continuación la ventilación diseñada para los recintos utilizados en el proyecto.

Referencia	Caudales de ventilación			Calidad del aire interior	
	Por persona (m ³ /h)	Por unidad de superficie (m ³ /(h·m ²))	Por recinto (m ³ /h)	IDA / IDA min. (m ³ /h)	Fumador (m ³ /(h·m ²))
				Almacén de contenedores	
Baño / Aseo		2.7	54.0	Baño / Aseo	
Baño calefactado		2.7	54.0	Baño calefactado	
				Baño no calefactado	
Cocina		7.2		Cocina	
Dormitorio	18.0	2.7		Dormitorio	
				Galería	
LOCAL COMERCIAL				IDA 2	No
Pasillo / Distribuidor		2.7		Pasillo / Distribuidor	
Salón / Comedor	10.8	2.7		Salón / Comedor	

4.3.1.1.2.3. **Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3**

La temperatura de preparación del agua caliente sanitaria se ha diseñado para que sea compatible con su uso, considerando las pérdidas de temperatura en la red de tuberías.

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.

4.3.1.1.2.4. **Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4**

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

4.3.1.2. **EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

4.3.1.2.1. **Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1**

4.3.1.2.1.1. **Generalidades**

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

4.3.1.2.1.2. **Cargas térmicas**

4.3.1.2.1.2.1. **Cargas máximas simultáneas**

A continuación se muestra el resumen de la carga máxima simultánea para cada uno de los conjuntos de recintos:

CALEFACCIÓN

LOCAL COMERCIAL

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)	
Recinto	Conjunto de recintos
LOCAL COMERCIAL (LOCAL COMERCIAL)	LOCAL COMERCIAL
Condiciones de proyecto	
Internas	Externas
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 4.8 °C
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %
Cargas térmicas de calefacción	C. SENSIBLE (W)

Cerramientos exteriores							
Tipo	Orientación	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color		
Fachada	S	9.5	0.19	1588	Claro		29.65
Fachada	E	13.3	0.19	1588	Claro		45.86
Fachada	O	17.5	0.19	1588	Claro		60.18
Ventanas exteriores							
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m ²)	U (W/(m ² ·K))				
2	S		4.2	0.54			36.39
2	E		4.2	0.54			40.03
Forjados inferiores							
Tipo		Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)			
solera cavity		23.0	0.15	469			46.46
Cerramientos interiores							
Tipo		Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)			
Pared interior		4.9	0.33	44			13.06
Forjado		23.0	0.11	417			19.58
Hueco interior		1.7	1.64				22.24
Total estructural							313.43
Cargas interiores totales							
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 %	15.67
Cargas internas totales							329.10
Ventilación							
Caudal de ventilación total (m³/h)							
						142.5	759.01
Recuperación de calor							
Eficiencia térmica = 50.0 %							-379.50
Potencia térmica de ventilación total							379.50
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 23.0 m ²			30.9 W/m ²	POTENCIA TÉRMICA TOTAL :			708.6 W

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto	Conjunto de recintos					
ASEO 1 (Baño / Aseo)	LOCAL COMERCIAL					
Condiciones de proyecto						
Internas	Externas					
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 4.8 °C					
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %					
Cargas térmicas de calefacción		C. SENSIBLE (W)				
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color	
Fachada	O	2.4	0.19	1600	Claro	8.11
Forjados inferiores						

Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	
solera cavity	2.4	0.15	469	4.77
Cerramientos interiores				
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	
Pared interior	9.3	0.38	57	28.80
Pared interior	5.1	0.33	56	13.54
Forjado	2.3	0.11	417	1.99
Total estructural				57.20
Cargas interiores totales				
Cargas debidas a la intermitencia de uso				5.0 % 2.86
Cargas internas totales				60.06
Ventilación				
Caudal de ventilación total (m³/h)				
54.0				143.84
Potencia térmica de ventilación total				143.84
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 2.4 m ²		86.5 W/m ²	POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 203.9 W	

VIVIENDA UNIFAMILIAR**Planta baja**

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
ENTRADA VIVIENDA (Pasillo / Distribuidor)		PLANTA BAJA				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 4.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color	
Fachada	O	7.6	0.19	1588	Claro	26.14
Fachada	N	4.7	0.19	1588	Claro	17.67
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m ²)	U (W/(m ² ·K))			
1	N	0.9	0.53	9.53		
Puertas exteriores						
Núm. puertas	Tipo	Orientación	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))		
1	Opaca	N	2.1	0.70	29.09	
Forjados inferiores						
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)			
solera cavity	4.4	0.15	469	8.92		
Cerramientos interiores						

Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	
Pared interior	15.4	0.38	57	47.39
Forjado	3.8	0.11	417	3.28
Total estructural				142.02
Cargas interiores totales				
Cargas debidas a la intermitencia de uso				5.0 % 7.10
Cargas internas totales				149.12
Ventilación				
Caudal de ventilación total (m³/h)				
11.9				31.69
Potencia térmica de ventilación total				31.69
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 4.4 m ²		41.0 W/m ²	POTENCIA TÉRMICA TOTAL :	
			180.8 W	

Planta 1º

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)							
Recinto		Conjunto de recintos					
SALON-COMEDOR (Salón / Comedor)		PLANTA 1º					
Condiciones de proyecto							
Internas				Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C				Temperatura exterior = 4.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %				Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción							C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores							
Tipo	Orientación	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color		
Fachada	O	26.7	0.19	1588	Claro	91.80	
Fachada	N	4.2	0.20	808	Claro	16.28	
Fachada	S	8.8	0.20	808	Claro	28.13	
Fachada	E	7.6	0.20	808	Claro	26.85	
Ventanas exteriores							
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m ²)	U (W/(m ² ·K))				
1	N	1.6	0.53				16.05
2	S	4.1	0.53				35.10
1	E	1.8	0.53				17.44
Cerramientos interiores							
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)				
Pared interior	4.3	0.33	56				11.41
Pared interior	1.7	0.19	809				2.59
Forjado	33.1	0.10	417				27.95
Forjado	19.7	0.10	342				16.63
Total estructural							290.24
Cargas interiores totales							
Cargas debidas a la intermitencia de uso							5.0 % 14.51

Cargas internas totales		304.76
Ventilación		
Caudal de ventilación total (m³/h)		
78.0		415.69
Potencia térmica de ventilación total		415.69
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 28.9 m²	24.9 W/m²	POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 720.4 W

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto	Conjunto de recintos					
COCINA (Cocina) PLANTA 1º						
Condiciones de proyecto						
Internas	Externas					
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 4.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color	
Fachada	E	3.0	0.20	819	Claro	10.39
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m²)	U (W/(m²·K))			
1	E	1.8	0.53	17.44		
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)			
Pared interior	5.4	0.33	67	14.32		
Pared interior	3.5	0.19	820	5.44		
Forjado	7.9	0.10	417	6.66		
Forjado	8.4	0.10	342	7.09		
Hueco interior	1.7	1.64		22.24		
Hueco interior	2.3	0.70		12.89		
Total estructural						96.48
Cargas interiores totales						
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 % 4.82
Cargas internas totales						101.30
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m³/h)						
70.7						188.27
Recuperación de calor						
Eficiencia térmica = 50.0 %						-94.13
Potencia térmica de ventilación total						94.13

POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 9.8 m ²	19.9 W/m ²	POTENCIA TÉRMICA TOTAL :	195.4 W
--	---------------------------------	---	-------------------

Planta 2º

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
DORMITORIO 1 (Dormitorio)		PLANTA 2º				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 4.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color	
Fachada	S	7.2	0.20	808	Claro	23.09
Fachada	E	9.0	0.20	808	Claro	31.54
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m²)	U (W/(m²·K))			
1	S	1.8	0.53			15.86
1	E	1.8	0.53			17.44
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)			
Pared interior	3.6	0.19	809	5.57		
Forjado	28.7	0.10	342	24.10		
Hueco interior	2.3	0.70		12.89		
Total estructural						130.50
Cargas interiores totales						
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 % 6.53
Cargas internas totales						137.03
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m³/h)						
38.8						206.85
Potencia térmica de ventilación total						206.85
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE		23.9		POTENCIA TÉRMICA		343.9
14.4 m²		W/m²		TOTAL :		W

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
DORMITORIO 2 (Dormitorio)		PLANTA 2º				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 4.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)

Cerramientos exteriores							
Tipo	Orientación	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color		
Fachada	E	9.2	0.20	808	Claro		32.41
Fachada	N	7.1	0.20	808	Claro		27.10
Ventanas exteriores							
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m ²)	U (W/(m ² ·K))				
1	E	1.8	0.53				17.44
Cerramientos interiores							
Tipo	Superficie (m ²)		U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)			
Pared interior	2.3		0.19	809			3.60
Forjado	17.1		0.10	342			14.31
Total estructural							94.86
Cargas interiores totales							
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 %	4.74
Cargas internas totales							99.60
Ventilación							
Caudal de ventilación total (m³/h)							
						36.0	191.79
Potencia térmica de ventilación total							191.79
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 8.7 m ²			33.5 W/m ²	POTENCIA TÉRMICA TOTAL :			291.4 W

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)							
Recinto	Conjunto de recintos						
ASEO 2 (Baño calefactado)	PLANTA 2º						
Condiciones de proyecto							
Internas	Externas						
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 4.8 °C						
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %						
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)	
Cerramientos exteriores							
Tipo	Orientación	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color		
Fachada	O	5.3	0.19	1600	Claro	18.36	
Fachada	S	3.3	0.20	819	Claro	10.63	
Ventanas exteriores							
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m ²)	U (W/(m ² ·K))				
1	S	1.8	0.53				15.86
Cerramientos interiores							
Tipo	Superficie (m ²)		U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)			
Forjado	2.6		0.10	417			2.21
Forjado	2.6		0.10	342			2.22
Total estructural						49.27	
Cargas interiores totales							

Cargas debidas a la intermitencia de uso	5.0 %	2.46
Cargas internas totales		51.74
Ventilación		
Caudal de ventilación total (m³/h)		
54.0		143.84
Recuperación de calor		
Eficiencia térmica = 50.0 %		-71.92
Potencia térmica de ventilación total		71.92
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 2.6 m²	47.1 W/m²	POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 123.7 W

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
BAÑO 1 (Baño calefactado)		PLANTA 2º				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 4.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color	
Fachada	O	10.9	0.19	1600	Claro	37.32
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)			
Forjado	5.3	0.10	417	4.49		
Forjado	5.3	0.10	342	4.51		
Total estructural						46.32
Cargas interiores totales						
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 % 2.32
Cargas internas totales						48.64
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m³/h)						
54.0						143.84
Recuperación de calor						
Eficiencia térmica = 50.0 %						-71.92
Potencia térmica de ventilación total						71.92
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 5.3 m²	22.6 W/m²	POTENCIA TÉRMICA TOTAL :				120.6 W

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)							
Recinto		Conjunto de recintos					
PASILLO 2 (Pasillo / Distribuidor)		PLANTA 2º					
Condiciones de proyecto							
Internas				Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C				Temperatura exterior = 4.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %				Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción							C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores							
Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color		
Fachada	O	13.3	0.19	1588	Claro	45.88	
Fachada	N	5.4	0.20	808	Claro	20.55	
Ventanas exteriores							
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m²)	U (W/(m²·K))				
1	N	1.8	0.53				19.03
Cerramientos interiores							
Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)				
Forjado	17.6	0.10	342				14.80
Total estructural							100.26
Cargas interiores totales							
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 %	5.01
Cargas internas totales							105.27
Ventilación							
Caudal de ventilación total (m³/h)							
						25.1	66.78
Potencia térmica de ventilación total							66.78
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE			18.5	POTENCIA TÉRMICA TOTAL :			172.0
9.3 m²			W/m²				W

Planta Bajo Cubierta

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)							
Recinto		Conjunto de recintos					
DORMITORIO 3 (Dormitorio)		PLANTA BAJOCUBIERTA					
Condiciones de proyecto							
Internas				Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C				Temperatura exterior = 4.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %				Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción							C. SENSIBLE (W)

Cerramientos exteriores							
Tipo	Orientación	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color		
Fachada	O	20.4	0.19	1588	Claro		70.08
Fachada	E	4.0	0.18	357	Claro		13.00
Fachada	N	2.3	0.18	357	Claro		8.21
Fachada	S	2.3	0.18	357	Claro		6.75
Ventanas exteriores							
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m ²)	U (W/(m ² ·K))				
1	Horizontal	1.4	0.70				16.33
Cubiertas							
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color			
Tejado	50.1	0.19	54	Intermedio			155.63
Cerramientos interiores							
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)				
Forjado	40.3	0.10	342				33.58
Total estructural							303.60
Cargas interiores totales							
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 %	15.18
Cargas internas totales							318.78
Ventilación							
Caudal de ventilación total (m³/h)							
						115.1	613.40
Potencia térmica de ventilación total							613.40
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE			21.9	POTENCIA TÉRMICA			932.2
42.6 m ²			W/m²	TOTAL :			W

4.3.1.2.1.2.2. Resumen de los resultados para conjuntos de recintos

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie (W/m ²)	Potencia total (W)
LOCAL COMERCIAL	29.2	912.5
PLANTA BAJA	41.1	180.8
PLANTA 1º	21.9	915.9
PLANTA 2º	26.1	1051.5
PLANTA BAJO CUBIERTA	21.9	932.2

4.3.1.2.1.2.3. Cargas parciales y mínimas

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

Calefacción:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
LOCAL COMERCIAL	0.91	0.91	0.91
PLANTA BAJA	0.18	0.18	0.18
PLANTA 1º	0.92	0.92	0.92
PLANTA 2º	1.05	1.05	1.05
PLANTA BAJO CUBIERTA	0.93	0.93	0.93

4.3.1.2.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2

4.3.1.2.2.1. Aislamiento térmico en redes de tuberías

4.3.1.2.2.1.1. Introducción

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado'. Este método define los espesores de aislamiento según la temperatura del fluido y el diámetro exterior de la tubería sin aislar. Las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 muestran el aislamiento mínimo para un material con conductividad de referencia a 10 °C de 0.040 W/(m·K).

El cálculo de la transmisión de calor en las tuberías se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 12241.

4.3.1.2.2.1.2. Tuberías en contacto con el ambiente exterior

Se han considerado las siguientes condiciones exteriores para el cálculo de la pérdida de calor:

Temperatura seca exterior de invierno: 4.8 °C

Velocidad del viento: 5.2 m/s

A continuación se describen las tuberías en el ambiente exterior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	Ø	$\square_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\square_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Tipo 1	25 mm	0.037	25	0.22	0.22	5.70	2.5
						Total	3

Tubería	\varnothing	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\lambda_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Abreviaturas utilizadas							
\varnothing	<i>Diámetro nominal</i>			$L_{\text{ret.}}$	<i>Longitud de retorno</i>		
$\lambda_{\text{aisl.}}$	<i>Conductividad del aislamiento</i>			$\lambda_{\text{m.cal.}}$	<i>Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud</i>		
$e_{\text{aisl.}}$	<i>Espesor del aislamiento</i>			$q_{\text{cal.}}$	<i>Pérdidas de calor para calefacción</i>		
$L_{\text{imp.}}$	<i>Longitud de impulsión</i>						

Tubería	Referencia
Tipo 1	Tubería general de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, PN=6 atm, empotrado en la pared, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 25 % al cálculo de la pérdida de calor.

4.3.1.2.2.1.3. Tuberías en contacto con el ambiente interior

Se han considerado las condiciones interiores de diseño en los recintos para el cálculo de las pérdidas en las tuberías especificados en la justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.

A continuación se describen las tuberías en el ambiente interior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	\varnothing	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\lambda_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Tipo 2	25 mm	0.037	25	3.58	3.58	2.51	17.9
Tipo 2	16 mm	0.037	25	27.33	27.34	1.97	107.9
Tipo 2	20 mm	0.037	25	3.20	3.20	2.21	14.1
						Total	140

Tubería	\varnothing	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\lambda_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Abreviaturas utilizadas							
\varnothing	<i>Diámetro nominal</i>			$L_{\text{ret.}}$	<i>Longitud de retorno</i>		
$\lambda_{\text{aisl.}}$	<i>Conductividad del aislamiento</i>			$\lambda_{\text{m.cal.}}$	<i>Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud</i>		
$e_{\text{aisl.}}$	<i>Espesor del aislamiento</i>			$q_{\text{cal.}}$	<i>Pérdidas de calor para calefacción</i>		
$L_{\text{imp.}}$	<i>Longitud de impulsión</i>						

Tubería	Referencia
Tipo 2	Tubería general de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, PN=6 atm, empotrado en la pared, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 15 % al cálculo de la pérdida de calor.

4.3.1.2.2.1.4. Pérdida de calor en tuberías

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	7.96
Total	7.96

Equipos	Referencia
Tipo 1	Pack Genia Air 8 "SAUNIER DUVAL", formado por bomba de calor reversible, aire-agua, Genia Air 8, potencia calorífica nominal de 7,6 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 7°C, temperatura de salida del agua: 35°C, salto térmico: 5°C), potencia frigorífica nominal de 7,6 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C, temperatura de salida del agua: 18°C, salto térmico: 5°C), EER (calificación energética nominal) 3,6, COP (coeficiente energético nominal) 4,5, potencia sonora de 60 dBA, de 942x1103x415 mm, peso 108 kg, alimentación monofásica a 230 V, con compresor rotativo con tecnología Inverter, bomba de circulación de 3 velocidades, vaso de expansión de 2 l, presostato diferencial de caudal, filtro, manómetros, válvula de seguridad y purgador automático de aire, comunicación a dos hilos a través del protocolo Ebus, centralita de control MiPro, vía radio, con control desde smartphone o tablet mediante aplicación para IOS (iPhone y iPad) y Android, regulación de la temperatura de impulsión por curva de calefacción y sonda de temperatura exterior, posibilidad de gestión de una instalación con varios generadores de energía y varios circuitos o zonas de calefacción con módulos adicionales y programación de la climatización mediante esquemas predefinidos utilizando un asistente de configuración y sonda de captación de temperatura exterior.

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación es el siguiente:

Calefacción

Potencia de los equipos (kW)	q_{cal} (W)	Pérdida de calor (%)
7.96	142.5	1.8

Por tanto la pérdida de calor en tuberías es inferior al 4.0 %.

4.3.1.2.2.2. Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos

Se describe a continuación la potencia específica de los equipos de propulsión de fluidos y sus valores límite según la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.5.

Equipos	Sistema	Categoría	Categoría límite
Tipo 1 (Local comercial)	Ventilación y extracción	SFP5	SFP2
Tipo 2 (Vivienda unifamiliar)	Ventilación y extracción	SFP5	SFP2

Equipos	Referencia
Tipo 1	<p>Recuperador de calor aire-aire, modelo CADB-HE-D 08 LH ECOWATT "S&P", conexiones con la red de conductos por la izquierda, caudal de aire nominal 800 m³/h, potencia sonora 58 dBA, eficiencia de recuperación calorífica en condiciones húmedas 86,4%, potencia calorífica recuperada 5,8 kW (temperatura del aire exterior -5°C con humedad relativa del 80% y temperatura ambiente 20°C con humedad relativa del 50%), alimentación monofásica a 230 V, dimensiones 425x1750x910 mm, peso 173 kg, con intercambiador de placas de flujo cruzado de alta eficiencia, ventiladores con motor de tipo EC de alta eficiencia, bypass con servomotor para cambio de modo de operación de recuperación a free-cooling, caja de doble pared de acero galvanizado y plastificado color blanco, con aislamiento de fibra de vidrio de 25 mm de espesor, filtros de aire clase F7 en la entrada de aire exterior, filtro de aire clase M5 en el retorno de aire del interior, tomas de presión, acceso a los ventiladores y a los filtros de aire a través de los paneles de inspección, posibilidad de acceso lateral a los filtros, control electrónico para la regulación de la ventilación y de la temperatura y embocaduras con junta estanca para diámetro interior de los conductos 250 mm</p>

Equipos	Referencia
Tipo 2	<p>Recuperador de calor aire-aire, modelo Serie IDEO2 325 ECOWATT "S&P", VMC de doble flujo, para viviendas unifamiliares, con intercambiador de calor de tipo contraflujo de alto rendimiento (hasta el 92%) y motor EC de corriente continua a caudal constante de muy bajo consumo (menos de 40 W) y muy bajo nivel sonoro.</p> <p>Asegura la renovación permanente de aire de las viviendas unifamiliares, y garantiza los requisitos requeridos en el Código Técnico de Edificación.</p> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador a contraflujo con rendimiento hasta 92%. • Ventiladores centrífugos a caudal constante. • Módulo de programación por radiofrecuencia. • Boost de cocina por radiofrecuencia (máxima velocidad). • Antena con alcance de emisión-recepción de 150 metros en campo libre. • Filtro de impulsión F5 con prefiltro G4. • Filtro de extracción G4. • By-pass 100% automático. • 4 embocaduras de Ø 150/160 mm. • Desagüe para montaje vertical. • Kit de soporte de pared.

4.3.1.2.2.3. Eficiencia energética de los motores eléctricos

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

4.3.1.2.2.4. Redes de tuberías

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

4.3.1.2.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3

4.3.1.2.3.1. Generalidades

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

4.3.1.2.3.2. Control de las condiciones termohigrométricas

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

THM-C1:

Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

Además, en los sistemas de calefacción por agua en viviendas se incluye una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de los recintos principales.

THM-C2:

Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

THM-C3:

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

THM-C4:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.

THM-C5:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

A continuación se describe el sistema de control empleado para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Sistema de control
LOCAL COMERCIAL	THM-C1
PLANTA BAJA	THM-C1
PLANTA 1º	THM-C1
PLANTA 2º	THM-C1
PLANTA BAJO CUBIERTA	THM-C1

4.3.1.2.3.3. Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

4.3.1.2.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5

4.3.1.2.4.1. Recuperación del aire exterior

Se muestra a continuación la relación de recuperadores empleados en la instalación.

Tipo	N	Caudal (m ³ /h)	□P (Pa)	□ (%)
Tipo 1	3000	650.0	150.0	86.4
Tipo 2	3000	650.0	150.0	86.4

Abreviaturas utilizadas

Tipo	<i>Tipo de recuperador</i>	□P	<i>Presión disponible en el recuperador (Pa)</i>
N	<i>Número de horas de funcionamiento de la instalación</i>	□	<i>Eficiencia en calor sensible (%)</i>
Caudal	<i>Caudal de aire exterior (m³/h)</i>		

Recuperador	Referencia
Tipo 1	Recuperador de calor aire-aire, modelo CADB-HE-D 08 LH ECOWATT "S&P", conexiones con la red de conductos por la izquierda, caudal de aire nominal 800 m ³ /h, potencia sonora 58 dBA, eficiencia de recuperación calorífica en condiciones húmedas 86,4%, potencia calorífica recuperada 5,8 kW (temperatura del aire exterior -5°C con humedad relativa del 80% y temperatura ambiente 20°C con humedad relativa del 50%), alimentación monofásica a 230 V, dimensiones 425x1750x910 mm, peso 173 kg, con intercambiador de placas de flujo cruzado de alta eficiencia, ventiladores con motor de tipo EC de alta eficiencia, bypass con servomotor para cambio de modo de operación de recuperación a free-cooling, caja de doble pared de acero galvanizado y plastificado color blanco, con aislamiento de fibra de vidrio de 25 mm de espesor, filtros de aire clase F7 en la entrada de aire exterior, filtro de aire clase M5 en el retorno de aire del interior, tomas de presión, acceso a los ventiladores y a los filtros de aire a través de los paneles de inspección, posibilidad de acceso lateral a los filtros, control electrónico para la regulación de la ventilación y de la temperatura y embocaduras con junta estanca para diámetro interior de los conductos 250 mm

Equipos	Referencia
Tipo 2	<p>Recuperador de calor aire-aire, modelo Serie IDEO2 325 ECOWATT "S&P", VMC de doble flujo, para viviendas unifamiliares, con intercambiador de calor de tipo contraflujo de alto rendimiento (hasta el 92%) y motor EC de corriente continua a caudal constante de muy bajo consumo (menos de 40 W) y muy bajo nivel sonoro.</p> <p>Asegura la renovación permanente de aire de las viviendas unifamiliares, y garantiza los requisitos requeridos en el Código Técnico de Edificación.</p> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador a contraflujo con rendimiento hasta 92%. • Ventiladores centrífugos a caudal constante. • Módulo de programación por radiofrecuencia. • Boost de cocina por radiofrecuencia (máxima velocidad). • Antena con alcance de emisión-recepción de 150 metros en campo libre. • Filtro de impulsión F5 con prefiltro G4. • Filtro de extracción G4. • By-pass 100% automático. • 4 embocaduras de Ø 150/160 mm. • Desagüe para montaje vertical. • Kit de soporte de pared.

Los recuperadores seleccionados para la instalación cumplen con las exigencias descritas en la tabla 2.4.5.1.

4.3.1.2.4.2. Zonificación

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

4.3.1.2.5. Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

4.3.1.2.6. Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.
- No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interaccionan de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.
- No se contempla en el proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

4.3.1.2.7. Lista de los equipos consumidores de energía

Se incluye a continuación un resumen de todos los equipos proyectados, con su consumo de energía.

Enfriadoras y bombas de calor

Equipos	Referencia
Tipo 1	Pack Genia Air 8 "SAUNIER DUVAL", formado por bomba de calor reversible, aire-agua, Genia Air 8, potencia calorífica nominal de 7,6 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 7°C, temperatura de salida del agua: 35°C, salto térmico: 5°C), potencia frigorífica nominal de 7,6 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C, temperatura de salida del agua: 18°C, salto térmico: 5°C), EER (calificación energética nominal) 3,6, COP (coeficiente energético nominal) 4,5, potencia sonora de 60 dBA, de 942x1103x415 mm, peso 108 kg, alimentación monofásica a 230 V, con compresor rotativo con tecnología Inverter, bomba de circulación de 3 velocidades, vaso de expansión de 2 l, presostato diferencial de caudal, filtro, manómetros, válvula de seguridad y purgador automático de aire, comunicación a dos hilos a través del protocolo Ebus, centralita de control MiPro, vía radio, con control desde smartphone o tablet mediante aplicación para IOS (iPhone y iPad) y Android, regulación de la temperatura de impulsión por curva de calefacción y sonda de temperatura exterior, posibilidad de gestión de una instalación con varios generadores de energía y varios circuitos o zonas de calefacción con módulos adicionales y programación de la climatización mediante esquemas predefinidos utilizando un asistente de configuración y sonda de captación de temperatura exterior

Equipos de transporte de fluidos

Equipos	Referencia
Tipo 1	<p>Recuperador de calor aire-aire, modelo CADB-HE-D 08 LH ECOWATT "S&P", conexiones con la red de conductos por la izquierda, caudal de aire nominal 800 m³/h, potencia sonora 58 dBA, eficiencia de recuperación calorífica en condiciones húmedas 86,4%, potencia calorífica recuperada 5,8 kW (temperatura del aire exterior -5°C con humedad relativa del 80% y temperatura ambiente 20°C con humedad relativa del 50%), alimentación monofásica a 230 V, dimensiones 425x1750x910 mm, peso 173 kg, con intercambiador de placas de flujo cruzado de alta eficiencia, ventiladores con motor de tipo EC de alta eficiencia, bypass con servomotor para cambio de modo de operación de recuperación a free-cooling, caja de doble pared de acero galvanizado y plastificado color blanco, con aislamiento de fibra de vidrio de 25 mm de espesor, filtros de aire clase F7 en la entrada de aire exterior, filtro de aire clase M5 en el retorno de aire del interior, tomas de presión, acceso a los ventiladores y a los filtros de aire a través de los paneles de inspección, posibilidad de acceso lateral a los filtros, control electrónico para la regulación de la ventilación y de la temperatura y embocaduras con junta estanca para diámetro interior de los conductos 250 mm</p>
Tipo 2	<p>Recuperador de calor aire-aire, modelo Serie IDEO2 325 ECOWATT "S&P", VMC de doble flujo, para viviendas unifamiliares, con intercambiador de calor de tipo contraflujo de alto rendimiento (hasta el 92%) y motor EC de corriente continua a caudal constante de muy bajo consumo (menos de 40 W) y muy bajo nivel sonoro.</p> <p>Asegura la renovación permanente de aire de las viviendas unifamiliares, y garantiza los requisitos requeridos en el Código Técnico de Edificación.</p> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador a contraflujo con rendimiento hasta 92%. • Ventiladores centrífugos a caudal constante. • Módulo de programación por radiofrecuencia. • Boost de cocina por radiofrecuencia (máxima velocidad). • Antena con alcance de emisión-recepción de 150 metros en campo libre. • Filtro de impulsión F5 con prefiltro G4. • Filtro de extracción G4. • By-pass 100% automático. • 4 embocaduras de Ø 150/160 mm. • Desagüe para montaje vertical. • Kit de soporte de pared.
Tipo 3	<p>Radiador toallero tubular para cuartos de baño, de chapa de acero acabado blanco, gama básica, aislamiento clase I, con termostato, de 500x733 mm, alimentación monofásica a 230 V de tensión, cargado con líquido a base de glicol, según UNE-EN 442-1</p>

4.3.1.3. EXIGENCIA DE SEGURIDAD

4.3.1.3.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.

4.3.1.3.1.1. Condiciones generales

Los generadores de calor y frío utilizados en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

4.3.1.3.1.2. Salas de máquinas

El ámbito de aplicación de las salas de máquinas, así como las características comunes de los locales destinados a las mismas, incluyendo sus dimensiones y ventilación, se ha dispuesto según la instrucción técnica 1.3.4.1.2 Salas de máquinas del RITE.

4.3.1.3.1.3. Chimeneas

La evacuación de los productos de la combustión de las instalaciones térmicas del edificio se realiza de acuerdo a la instrucción técnica 1.3.4.1.3 Chimeneas, así como su diseño y dimensionamiento y la posible evacuación por conducto con salida directa al exterior o al patio de ventilación.

4.3.1.3.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.

4.3.1.3.2.1. Alimentación

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua.

El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

4.3.1.3.2.2. Vaciado y purga

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

4.3.1.3.2.3. Expansión y circuito cerrado

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionamiento de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

4.3.1.3.2.4. Dilatación, golpe de ariete, filtración

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

4.3.1.3.2.5. Conductos de aire

El cálculo y el dimensionamiento de la red de conductos de la instalación, así como elementos complementarios (plenums, conexión de unidades terminales, pasillos, tratamiento de agua, unidades terminales) se ha realizado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.

4.3.1.3.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.

Se cumple la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que es de aplicación a la instalación térmica.

4.3.1.3.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

4.4. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

4.4.1. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE. CONDUCTOS

Conductos									
Tramo		Q (m ³ /h)	w x h (mm)	V (m/s)	F (mm)	L (m)	DP ₁ (Pa)	DP (Pa)	D (Pa)
Inicio	Final								
A5-Planta baja	A4-Planta baja	142.5	200x160	1.3	195.2	0.79	0.12	0.58	
A5-Planta baja	N5-Planta baja	142.5	200x160	1.3	195.2	2.84	1.49	2.73	0.07
A5-Planta baja	N5-Planta baja	71.2	200x160	0.7	195.2	1.53	1.49	2.80	
A5-Planta baja	N5-Planta baja		200x160		195.2	0.30		1.31	
A5-Planta baja	A3-Planta baja	142.5	200x160	1.3	195.2	0.79	0.17	0.29	
N6-Planta baja	A5-Planta baja		200x160		195.2	0.61		1.00	
N6-Planta baja	A5-Planta baja	71.2	200x160	0.7	195.2	2.00	1.09	2.09	
N6-Planta baja	A5-Planta baja	142.5	200x160	1.3	195.2	3.73	1.09	2.00	0.09
A5-Planta 1	A7-Planta 1	610.0	500x250	1.5	380.8	1.30	2.22	2.73	
A5-Planta 1	N7-Planta 1	610.0	500x250	1.5	380.8	0.95		2.80	
A5-Planta 1	A8-Planta 1	350.0	500x250	0.9	380.8	0.85		1.11	
A5-Planta 1	A6-Planta 1	350.0	500x250	0.9	380.8	1.60	1.04	1.08	
A8-Planta 1	A8-Planta 1	50.0	500x250	0.1	380.8	0.19	0.25	1.36	2.14
A8-Planta 1	N6-Planta 1	300.0	200x160	2.8	195.2	0.31		2.34	
A9-Planta 1	A9-Planta 1	50.0	200x160	0.5	195.2	0.19	0.25	2.76	0.75
N2-Planta 1	N6-Planta 1	250.0	300x160	1.6	236.6	0.71		0.93	
N2-Planta 1	N3-Planta 2	250.0	300x300	0.8	327.9	3.60		1.13	
N3-Planta 1	N7-Planta 1	510.0	300x160	3.2	236.6	0.51		5.19	
N3-Planta 1	N4-Planta 2	510.0	200x150	5.1	188.9	3.60		14.97	
N6-Planta 1	A9-Planta 1	50.0	200x160	0.5	195.2	2.66		2.43	
N7-Planta 1	N5-Planta 1	100.0	200x160	0.9	195.2	3.04	0.33	4.17	29.87
N7-Planta 1	N5-Planta 1	50.0	300x160	0.3	236.6	1.10	0.33	4.18	29.86
N7-Planta 1	N5-Planta 1		200x160		195.2	0.62		3.86	
N3-Planta 2	N3-Planta Bajo Cubierta	50.0	300x300	0.2	327.9	1.07		1.13	
N4-Planta 2	A11-Planta 2	100.0	300x160	0.6	236.6	1.12	0.74	21.83	12.21
N4-Planta 2	A11-Planta 2	50.0	300x160	0.3	236.6	8.25		21.20	
N4-Planta 2	A10-Planta 2	360.0	300x160	2.3	236.6	0.89		15.34	
N4-Planta 2	N4-Planta Bajo Cubierta	50.0	100x100	1.5	109.3	2.15		18.37	
A9-Planta 2	A9-Planta 2	50.0	300x160	0.3	236.6	0.19	0.25	3.41	0.09
A9-Planta 2	N5-Planta 2	50.0	300x160	0.3	236.6	1.11		3.14	
A11-Planta 2	A11-Planta 2	50.0	300x160	0.3	236.6	0.19	0.33	21.56	12.48
A10-Planta 2	A10-Planta 2	360.0	300x160	2.3	236.6	0.19	16.94	34.04	
N5-Planta 2	N7-Planta 2	100.0	300x160	0.6	236.6	0.84		3.13	
N5-Planta 2	N7-Planta 2	150.0	200x160	1.4	195.2	3.62	0.25	3.28	0.22
N5-Planta 2	A13-Planta 2	50.0	200x160	0.5	195.2	0.72		3.17	
A13-Planta 2	A13-Planta 2	50.0	200x160	0.5	195.2	0.19	0.25	3.50	
N7-Planta 2	N3-Planta 2	200.0	400x200	0.8	304.7	1.56		1.47	
N7-Planta 2	A12-Planta 2	50.0	200x160	0.5	195.2	0.62		1.39	

Conductos									
Tramo		Q (m ³ /h)	w x h (mm)	V (m/s)	F (mm)	L (m)	DP ₁ (Pa)	DP (Pa)	D (Pa)
Inicio	Final								
A12-Planta 2	A12-Planta 2	50.0	200x160	0.5	195.2	0.19	0.25	1.72	1.78
N4-Planta Bajo Cubierta	A1-Planta Bajo Cubierta	50.0	300x160	0.3	236.6	1.15	2.94	21.34	12.7 ₁
A5-Planta Bajo Cubierta	A5-Planta Bajo Cubierta	50.0	300x160	0.3	236.6	0.50	0.25	1.43	2.07
A5-Planta Bajo Cubierta	N3-Planta Bajo Cubierta	50.0	300x160	0.3	236.6	1.12		1.16	
Abreviaturas utilizadas									
Q	<i>Caudal</i>			L	<i>Longitud</i>				
w x h	<i>Dimensiones (Ancho x Alto)</i>			DP ₁	<i>Pérdida de presión</i>				
V	<i>Velocidad</i>			DP	<i>Pérdida de presión acumulada</i>				
F	<i>Diámetro equivalente.</i>			D	<i>Diferencia de presión respecto al difusor o rejilla más desfavorable</i>				

4.4.2. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE. DIFUSORES Y REJILLAS

Tipo	w x h (mm)	Q (m ³ /h)	A (cm ²)	X (m)	P (dBA)	DP ₁ (Pa)	DP (Pa)	D (Pa)
A4-Planta baja: Rejilla de toma de aire	400x330	142.5	660.66		< 20 dB	0.12	0.58	0.00
A3-Planta baja: Rejilla de extracción	400x330	142.5	825.83		< 20 dB	0.17	0.29	0.00
A6-Planta 1: Rejilla de extracción	400x330	350.0	825.83		< 20 dB	1.04	1.08	0.00
A7-Planta 1: Rejilla de toma de aire	400x330	610.0	660.66		< 20 dB	2.22	2.73	0.00
A8-Planta 1: Rejilla de retorno	325x125	50.0	160.00		< 20 dB	0.25	1.36	2.14
A9-Planta 1: Rejilla de retorno	325x125	50.0	160.00		< 20 dB	0.25	2.76	0.75
A9-Planta 2: Rejilla de retorno	325x125	50.0	160.00		< 20 dB	0.25	3.41	0.09
A11-Planta 2: Rejilla de impulsión	325x125	50.0	210.00	1.2	< 20 dB	0.33	21.56	12.48
A10-Planta 2: Rejilla de impulsión	325x125	360.0	210.00	8.8	32.4	16.94	34.04	0.00
A13-Planta 2: Rejilla de retorno	325x125	50.0	160.00		< 20 dB	0.25	3.50	0.00
A12-Planta 2: Rejilla de retorno	325x125	50.0	160.00		< 20 dB	0.25	1.72	1.78
A5-Planta Bajo Cubierta: Rejilla de retorno	325x125	50.0	160.00		< 20 dB	0.25	1.43	2.07
A1-Planta Bajo Cubierta: Rejilla de impulsión	225x75	50.0	70.00	2.1	< 20 dB	2.94	21.34	12.71
A5 -> N5, (5.95, 2.92), 2.84 m: Rejilla de impulsión	225x125	71.2	140.00	2.1	< 20 dB	1.49	2.73	0.07
A5 -> N5, (5.95, 4.45), 4.37 m: Rejilla de impulsión	225x125	71.2	140.00	2.1	< 20 dB	1.49	2.80	0.00

Tipo	w x h (mm)	Q (m ³ /h)	A (cm ²)	X (m)	P (dBA)	DP ₁ (Pa)	DP (Pa)	D (Pa)
N6 -> A5, (2.19, 0.98), 0.61 m: Rejilla de retorno	225x125	71.2	110.00		< 20 dB	1.09	2.09	0.00
N6 -> A5, (4.19, 0.98), 2.61 m: Rejilla de retorno	225x125	71.2	110.00		< 20 dB	1.09	2.00	0.09
N7 -> N5, (4.15, 2.54), 3.04 m: Rejilla de impulsión	325x125	50.0	210.00	1.2	< 20 dB	0.33	4.17	29.87
N7 -> N5, (4.15, 3.64), 4.15 m: Rejilla de impulsión	325x125	50.0	210.00	1.2	< 20 dB	0.33	4.18	29.86
N4 -> A11, (6.60, 3.62), 1.12 m: Rejilla de impulsión	225x125	50.0	140.00	1.5	< 20 dB	0.74	21.83	12.21
N5 -> N7, (4.01, 3.62), 0.84 m: Rejilla de retorno	325x125	50.0	160.00		< 20 dB	0.25	3.28	0.22

4.4.3. SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA. TUBERÍAS

Tuberías (Calefacción)								
Tramo			F	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	DP ₁ (kPa)	DP (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
A1-Planta baja	N1-Planta baja	Impulsión (*)	25 mm	0.15	0.5	0.08	0.014	35.04
N1-Planta baja	A2-Planta baja	Impulsión (*)	25 mm	0.15	0.5	0.07	0.013	35.05
N2-Planta baja	N1-Planta 1	Impulsión (*)	25 mm	0.15	0.5	3.58	0.629	35.69
A2-Planta baja	N2-Planta baja	Impulsión (*)	25 mm	0.15	0.5	0.07	0.013	35.06
A1-Planta 1	A1-Planta 1	Impulsión	16 mm	0.05	0.4	0.78	0.240	54.16
N4-Planta 1	A1-Planta 1	Impulsión	16 mm	0.05	0.4	0.14	0.043	37.88
N1-Planta 1	N4-Planta 1	Impulsión	16 mm	0.05	0.4	6.94	2.149	37.84
N1-Planta 1	N1-Planta 2	Impulsión (*)	20 mm	0.10	0.5	3.20	0.899	36.59
A1-Planta 2	A1-Planta 2	Impulsión	16 mm	0.05	0.4	0.78	0.239	51.01
N2-Planta 2	A1-Planta 2	Impulsión	16 mm	0.05	0.4	0.09	0.027	39.00
N1-Planta 2	N2-Planta 2	Impulsión	16 mm	0.05	0.4	7.70	2.378	38.97
N1-Planta 2	N1-Planta Bajo Cubierta	Impulsión (*)	16 mm	0.05	0.5	3.60	1.276	37.87
A2-Planta Bajo Cubierta	A2-Planta Bajo Cubierta	Impulsión (*)	16 mm	0.05	0.5	0.78	0.275	58.33
N2-Planta Bajo Cubierta	A2-Planta Bajo Cubierta	Impulsión (*)	16 mm	0.05	0.5	0.11	0.041	40.18
N1-Planta Bajo Cubierta	N2-Planta Bajo Cubierta	Impulsión (*)	16 mm	0.05	0.5	6.42	2.276	40.14
N1-Planta baja	A1-Planta baja	Retorno (*)	25 mm	0.15	0.5	0.08	0.014	0.01
N1-Planta baja	A2-Planta baja	Retorno (*)	25 mm	0.15	0.5	0.07	0.013	0.03
N2-Planta baja	N1-Planta 1	Retorno (*)	25 mm	0.15	0.5	3.58	0.629	0.67
A2-Planta baja	N2-Planta baja	Retorno (*)	25 mm	0.15	0.5	0.07	0.013	0.04
A1-Planta 1	A1-Planta 1	Retorno	16 mm	0.05	0.4	0.78	0.240	3.10
N4-Planta 1	A1-Planta 1	Retorno	16 mm	0.05	0.4	0.15	0.047	2.86
N1-Planta 1	N4-Planta 1	Retorno	16 mm	0.05	0.4	6.94	2.149	2.82
N1-Planta 1	N1-Planta 2	Retorno (*)	20 mm	0.10	0.5	3.20	0.899	1.57
A1-Planta 2	A1-Planta 2	Retorno	16 mm	0.05	0.4	0.78	0.239	4.21
N2-Planta 2	A1-Planta 2	Retorno	16 mm	0.05	0.4	0.09	0.027	3.97
N1-Planta 2	N2-Planta 2	Retorno	16 mm	0.05	0.4	7.70	2.378	3.94
N1-Planta 2	N1-Planta Bajo Cubierta	Retorno (*)	16 mm	0.05	0.5	3.60	1.276	2.84
A2-Planta Bajo Cubierta	A2-Planta Bajo Cubierta	Retorno (*)	16 mm	0.05	0.5	0.78	0.275	5.43

Tuberías (Calefacción)								
Tramo			F	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	DP ₁ (kPa)	DP (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
N2-Planta Bajo Cubierta	A2-Planta Bajo Cubierta	Retorno (*)	16 mm	0.05	0.5	0.11	0.041	5.16
N1-Planta Bajo Cubierta	N2-Planta Bajo Cubierta	Retorno (*)	16 mm	0.05	0.5	6.42	2.276	5.12
(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.								
Abreviaturas utilizadas								
F	Diámetro nominal		L	Longitud				
Q	Caudal		DP ₁	Pérdida de presión				
V	Velocidad		DP	Pérdida de presión acumulada				

4.4.4. EMISORES DE CALEFACCIÓN

Conjunto de recintos	Recintos	Plantas	Tipo de emisor	Tipo	Ref.	Pérdidas caloríficas (W)	Longitud (mm)	Potencia (W)
PLANTA 2º	ASEO 2	Planta 2	Emisor eléctrico	1	A7	124	500	400
	BAÑO 1	Planta 2	Emisor eléctrico	1	A8	121	500	400

Tipos de emisores eléctricos	
Tipo	Descripción
1	Radiador toallero tubular para cuartos de baño, de chapa de acero acabado blanco, gama básica, aislamiento clase I, con termostato, de 500x733 mm, alimentación monofásica a 230 V de tensión, cargado con líquido a base de glicol, según UNE-EN 442-1

4.4.5. SISTEMAS DE SUELO RADIANTE

4.4.5.1. Bases de cálculo

4.4.5.1.1. Cálculo de la carga térmica de los recintos

Para diseñar una instalación de suelo radiante es necesario calcular previamente las cargas térmicas de los recintos. En caso de disponer de una instalación de refrigeración, se considera la carga térmica sensible instantánea para la hora y el día más desfavorable.

Una vez calculadas las cargas térmicas se describe la información necesaria para realizar el diseño de la instalación para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Recinto	Planta	$Q_{N,f}$ calefacción (W)	S (m ²)	q calefacción (W/m ²)
PLANTA 2º	ASEO 2	Planta 2	123.66	2.63	47.1
	DORMITORIO 1	Planta 2	343.87	14.3 8	23.9
	BAÑO 1	Planta 2	120.56	5.34	22.6
	DORMITORIO 2	Planta 2	291.39	8.71	33.5
	PASILLO 2	Planta 2	172.05	9.28	18.5
PLANTA 1º	COCINA	Planta 1	195.44	9.82	19.9
	SALON-COMEDOR	Planta 1	720.44	28.9 0	24.9
PLANTA BAJOCUBIERTA	DORMITORIO 3	Planta Bajo Cubierta	932.17	42.6 4	21.9
Abreviaturas utilizadas					
$Q_{N,f}$ calefacción	<i>Carga térmica de calefacción para el cálculo de suelo radiante</i>		q calefacción	<i>Densidad de flujo térmico para calefacción</i>	
$Q_{N,f}$ refrigeración	<i>Carga térmica de refrigeración para el cálculo de suelo radiante</i>		q refrigeración	<i>Densidad de flujo térmico para refrigeración</i>	
S	<i>Superficie del recinto</i>				

Para realizar el cálculo de la instalación de suelo radiante se debe partir de una temperatura máxima de la superficie del suelo según el tipo de instalación:

Suelo radiante para calefacción:

Tipos de recinto		$q_{f,max}$ (°C)	q_i (°C)	q_G (W/m ²)
Zona de permanencia (ocupada)		29	20	100
Cuartos de baño y similares		33	24	100
Zona periférica		35	20	175
Abreviaturas utilizadas				
$q_{f,max}$	<i>Temperatura máxima de la superficie del suelo</i>	q_G	<i>Densidad de flujo térmico límite</i>	
q_i	<i>Temperatura del recinto</i>			

Suelo radiante para refrigeración:

Tipos de recinto		$q_{f,min}$ (°C)	q_i (°C)	q_G (W/m ²)
Zona de permanencia (ocupada)		19	24	35
Abreviaturas utilizadas				
$q_{f,min}$	<i>Temperatura mínima de la superficie del suelo</i>	q_G	<i>Densidad de flujo térmico límite</i>	
q_i	<i>Temperatura del recinto</i>			

La densidad de flujo térmico límite según sea para calefacción o refrigeración se calcula por medio de la siguiente expresión:

Calefacción

$$q = 8.92 (\theta_{f,max} - \theta_i)^{1.1} (W / m^2)$$

Refrigeración

$$q = 7 (|\theta_{f,min} - \theta_i|) (W / m^2)$$

La temperatura máxima en la superficie limita que el suelo radiante pueda cubrir el total de las cargas térmicas. Para este caso es necesario disponer de emisores térmicos auxiliares para complementar el sistema de suelo radiante. Para el caso de los recintos que superan la densidad máxima de flujo térmico se considera el límite descrito como valor de diseño.

4.4.5.1.2. Localización de los colectores

La instalación dispone de colectores de impulsión y de retorno que comunican el equipo productor con los circuitos de suelo radiante.

Los colectores deben disponerse en un lugar centrado respecto a los recintos a los que da servicio, normalmente en pasillos y distribuidores.

Se describe a continuación la localización de los armarios introducidos en el proyecto y el número de circuitos que abastecen.

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Recinto	Planta
PLANTA 2º	CC 1	C 1	ASEO 2	Planta 2
		C 2	DORMITORIO 1	Planta 2
		C 3	BAÑO 1	Planta 2
		C 4	DORMITORIO 2	Planta 2
		C 5	PASILLO 2	Planta 2
PLANTA 1º	CC 1	C 1	COCINA	Planta 1
		C 2	SALON-COMEDOR	Planta 1
		C 3	SALON-COMEDOR	Planta 1
PLANTA BAJO CUBIERTA	CC 1	C 1	DORMITORIO 3	Planta Bajo Cubierta
		C 2	DORMITORIO 3	Planta Bajo Cubierta

4.4.5.1.3. Diseño de circuitos. Cálculo de longitudes

La longitud de la tubería para cada circuito se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$

donde:

A = Área a climatizar cubierta por el circuito (m²)

e = Separación entre tuberías (m)

l = Distancia entre el colector y el área a climatizar (m)

Se describen, a continuación, los parámetros necesarios para el diseño de cada uno de los circuitos de la instalación:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Trazado	Separación entre tuberías (cm)	S (m ²)	q calefacción (W/m ²)	Longitud máxima (m)	Longitud real (m)
PLANTA 2º	CC 1	C 1	Doble serpentín	10.0	1.89	65.5	120.0	32.5
		C 2	Doble serpentín	25.0	14.38	24.5		60.9
		C 3	Espiral	10.0	4.01	33.4		46.8
		C 4	Espiral	20.0	8.71	33.5		46.7
		C 5	Doble serpentín	25.0	5.70	30.1		25.9
PLANTA 1º	CC 1	C 1	Espiral	25.0	9.82	20.0	120.0	45.8
		C 2	Espiral	25.0	17.74	24.9		72.7
		C 3	Espiral	25.0	11.15	24.9		46.6
PLANTA BAJO CUBIERTA	CC 1	C 1	Espiral	25.0	20.01	24.0	120.0	82.2
		C 2	Doble serpentín	25.0	18.86	24.0		78.0
Abreviaturas utilizadas								
S	<i>Superficie del recinto</i>			q	<i>Densidad de flujo térmico para refrigeración</i>			
q calefacción	<i>Densidad de flujo térmico para calefacción</i>			refrigeración				

4.4.5.1.4. Cálculo de la temperatura de impulsión del agua

Para calcular la temperatura de impulsión de cada uno de los circuitos se considera la densidad de flujo térmico de cada uno de ellos, a excepción de los cuartos de baño.

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H$$

donde:

q = Densidad de flujo térmico

K_H = Constante que depende de las siguientes variables:

- Suelo (espesor del revestimiento y conductividad)
- Losa de cemento (espesor y conductividad)
- Tubería (diámetro exterior, incluido el revestimiento, espesor y conductividad)

Dq_H = Desviación media de la temperatura aire-agua, que depende de las siguientes variables:

- Temperatura de impulsión
- Temperatura de retorno
- Temperatura del recinto

Para calcular la temperatura de impulsión a partir de la máxima densidad de flujo térmico, se tomarán los siguientes datos:

- Calefacción: se fija un salto térmico del agua de 5°C.
- Refrigeración: se fija un salto térmico del agua de 2°C. En el caso de refrigeración siempre existe la limitación del punto de rocío, siendo la temperatura de impulsión, incrementada en un grado por las pérdidas, no inferior a la de rocío.

En el Anexo Norma UNE-EN 1264 se describe detalladamente la formulación utilizada en este cálculo.

Para el resto de recintos se debe utilizar la misma formulación, siendo la temperatura de retorno de cada uno de los circuitos el valor calculado.

Se muestra a continuación un resumen de los resultados obtenidos:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	q_v calefacción (°C)	q_R calefacción n (°C)	P_{inst} calefacción (W)	P_{req} calefacción (W)
PLANTA 2º	CC 1	C 1	34.8	30.0	123.8	123.7
		C 2		26.4	352.2	343.9
		C 3		22.7	133.9	120.6
		C 4		29.8	291.4	291.4
		C 5		29.7	171.9	172.0
PLANTA 1º	CC 1	C 1	30.2	23.5	196.2	195.4
		C 2		25.2	442.4	442.4
		C 3		25.2	278.1	278.1
PLANTA BAJO CUBIERTA	CC 1	C 1	32.5	27.5	479.9	479.9
		C 2		27.5	452.3	452.3

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	q _v calefacción (°C)	q _R calefacción (°C)	P _{inst} calefacción (W)	P _{req} calefacción (W)
Abreviaturas utilizadas						
q _v calefacción	<i>Temperatura de impulsión calefacción</i>		q _v refrigeración	<i>Temperatura de impulsión refrigeración</i>		
q _R calefacción	<i>Temperatura de retorno calefacción</i>		q _R refrigeración	<i>Temperatura de retorno refrigeración</i>		
P _{inst} calefacción	<i>Potencia instalada de calefacción</i>		P _{inst} refrigeración	<i>Potencia instalada de refrigeración</i>		
P _{req} calefacción	<i>Potencia requerida de calefacción</i>		P _{req} refrigeración	<i>Potencia requerida de refrigeración</i>		

4.4.5.1.5. Cálculo del caudal de agua de los circuitos

El caudal del circuito se calcula con la siguiente expresión:

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_w} \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)$$

donde:

A_F = Superficie cubierta por el circuito de suelo radiante

q = Densidad de flujo térmico

s = Salto de temperatura

c_w = Calor específico del agua

R_o = Resistencia térmica parcial ascendente del suelo

R_u = Resistencia térmica parcial descendente del suelo

q_u = Temperatura del recinto inferior

q_i = Temperatura del recinto

Los valores de las resistencias térmicas, tanto ascendente como descendente, se calculan mediante las siguientes expresiones:

4.4.5.2. Dimensionado

4.4.5.2.1. Dimensionado del circuito hidráulico

El dimensionamiento de las tuberías se realiza tomando los siguientes parámetros:

- Velocidad máxima = 2.0 m/s
- Pérdida de presión máxima por unidad de longitud = 400.0 Pa/m

Se describe a continuación la instalación calculada:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Tipo	Circuito	\varnothing_N (mm)	Caudal calefacción (l/h)	DP calefacción (kPa)
PLANTA 2º	CC 1	Tipo 1	C 1	16	26.14	0.3
			C 2	16	43.53	1.5
			C 3	16	11.38	0.1
			C 4	16	59.89	2.0
			C 5	16	34.72	0.4
PLANTA 1º	CC 1	Tipo 1	C 1	16	29.59	0.6
			C 2	16	89.83	6.2
			C 3	16	56.46	1.8
PLANTA BAJO CUBIERTA	CC 1	Tipo 1	C 1	16	98.02	8.1
			C 2	16	92.38	6.9
Abreviaturas utilizadas						
\varnothing_N	<i>Diámetro nominal</i>		Caudal refrigeración	<i>Caudal del circuito refrigeración</i>		
Caudal calefacción	<i>Caudal del circuito calefacción</i>		DP refrigeración	<i>Pérdida de presión del circuito refrigeración</i>		
DP calefacción	<i>Pérdida de presión del circuito calefacción</i>					

Equipo	Descripción
Tipo 1	Colector plástico de 1" de diámetro, "SAUNIER DUVAL", compuesto de colector de ida con caudalímetros, colector de retorno con llaves de corte compatibles con actuadores electrotérmicos, purgadores manuales de aire, llaves de llenado y vaciado, termómetros de cristal líquido, llaves de corte de esfera de 1" y soportes de fijación para el colector de ida y para el de retorno

La bomba de circulación se calcula tomando la pérdida de presión del circuito más desfavorable y la suma de caudales de los circuitos.

4.4.5.2.2. Selección de la caldera o bomba de calor

La bomba de calor o la caldera se seleccionan en función de la carga máxima simultánea del conjunto de recintos.

Equipo	Conjunto de recintos	Armario de colectores	Potencia de calefacción instalada (W)
Tipo 1	PLANTA 2º	CC 1	1073.2
	PLANTA 1º	CC 1	916.7
	PLANTA BAJO CUBIERTA	CC 1	932.2

Equipo	Descripción
Tipo 1	Bomba de calor no reversible, aire-agua, potencia calorífica nominal de 8 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 2°C; temperatura de salida del agua: 35°C), COP = 3,3, refrigerante R-407C, límites operativos en modo calefacción: entrada de aire entre -20°C y 40°C, salida de agua entre 15°C y 60°C, carcasa de acero galvanizado y esmaltado al horno, dimensiones 1182x784x1116 mm

$$R_0 = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + \frac{S_u}{\lambda_u}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0,093 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = R_{\lambda,1} + R_{\lambda,2} + R_{\lambda,3} + R_{\alpha,4}$$

$$R_{\alpha,4} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

donde:

$R_{i,B}$ = Resistencia térmica del revestimiento del suelo

S_u = Espesor, por encima del tubo, de la capa de soporte de la carga y de difusión térmica

l_u = Conductividad térmica de la capa de soporte de la carga y de difusión térmica

$R_{i,1}$ = Resistencia térmica del aislante

$R_{i,2}$ = Resistencia térmica del forjado

$R_{i,3}$ = Resistencia térmica del falso techo

$R_{a,4}$ = Resistencia térmica del techo

4.4.6. ANEXO A: NORMA UNE-EN 1264

El flujo de calor procedente de las tuberías se calcula mediante la siguiente expresión:

$$q = B \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot \Delta\theta_H$$

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_U^{m_U} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta\theta_H$$

La expresión anterior es válida para una separación máxima entre tuberías que cumpla $T < 0.375 \text{ m}$.

La siguiente expresión es válida para una separación mínima entre tuberías que cumpla $T > 0.375 \text{ m}$.

$$q = q_{0.375} \frac{0.375}{T}$$

a_B: Factor de revestimiento del suelo

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}}$$

$$a = 10.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$l_{u,0} = 1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$S_{u,0} = 0.045 \text{ m}$$

R_{l,B} = Resistencia térmica del revestimiento

l_E = Conductividad térmica del revestimiento

a_T: Factor de paso

R _{l,B} (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
a _T	1.23	1.188	1.156	1.134

a_U: Factor de recubrimiento

R _{l,B} (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)	a _U			
0.05	1.069	1.056	1.043	1.037
0.075	1.066	1.053	1.041	1.035
0.1	1.063	1.05	1.039	1.0335
0.15	1.057	1.046	1.035	1.0305
0.2	1.051	1.041	1.0315	1.0275
0.225	1.048	1.038	1.0295	1.026
0.3	1.0395	1.031	1.024	1.021
0.375	1.03	1.022	1.018	1.015

a_D: Factor adimensional en función del diámetro exterior de la tubería

R _{l,B} (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)	a _D			
0.05	1.013	1.013	1.012	1.011
0.075	1.021	1.019	1.016	1.014
0.1	1.029	1.025	1.022	1.018
0.15	1.04	1.034	1.029	1.024

$R_{i,B}$ (m ² K/W)	0	0.05	0.10	0.15
0.2	1.046	1.04	1.035	1.03
0.225	1.049	1.043	1.038	1.033
0.3	1.053	1.049	1.044	1.039
0.375	1.056	1.051	1.046	1.042

$$m_T = 1 - \frac{T}{0.075}$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición $0.050 \text{ m} \leq T \leq 0.375 \text{ m}$, donde T es la separación entre tuberías.

$$m_u = 100(0.045 - S_u)$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición $S_u \geq 0.015 \text{ m}$, donde S_u es el espesor de la capa por encima de la tubería.

$$m_D = 250(D - 0.020)$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición $0.010 \text{ m} \leq D \leq 0.030 \text{ m}$, donde D es el diámetro exterior de la tubería, incluido el revestimiento, si procede.

$$B = B_0$$

Tipo de superficie	B_0 (W/(m ² ·K))
Suelo radiante para calefacción	6.7
Suelo radiante para refrigeración	5.2

Cuando la tubería tiene las siguientes propiedades:

Conductividad térmica

$$\lambda_R = \lambda_{R,0} = 0.35 \quad (\text{W / mK})$$

Espesor de la capa

$$s_R = s_{R,0} = (d_a - d_i) / 2 = 0.002 \text{ m}$$

Si las tuberías no cumplen las condiciones anteriores, debe utilizarse la siguiente expresión:

$$\frac{1}{B} = \frac{1}{B_0} + \frac{1.1}{\pi} \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot T \cdot \left[\frac{1}{2\lambda_R} \ln \frac{d_a}{d_a - 2S_R} - \frac{1}{2\lambda_{R,0}} \ln \frac{d_a}{d_a - 2S_{R,0}} \right]$$

donde:

IR = Conductividad de la capa de la tubería

IR,0 = 0.35 W/m·K

sR = Espesor de pared de la tubería

sR,0 = (da - di)/2 = 0.002 m

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

donde:

qR = Temperatura de retorno

qV = Temperatura de impulsión

qi = Temperatura del recinto