

ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TÉCNICA
UNIVERSIDADE DA CORUÑA



trabajo de fin de grado:

rehabilitación passivhaus con CLT de vivienda popular gallega en rua da Carballa en el ayuntamiento de Santiago de Compostela.

alumno:

denís prieto giraldo.

tutor:

don manuel porta rodríguez.

departamento:

construcciones y estructuras arquitectónicas, civiles y aeronáuticas.

fecha:

julio 2022.

RESUMEN:

El presente trabajo tiene como finalidad ser el proyecto de fin de Grado en Arquitectura Técnica por la Universidad de A Coruña. La supervisión del trabajo que acompaña ha sido realizada por el profesor Manuel Porta Rodríguez perteneciente al departamento de construcciones y estructuras arquitectónicas, civiles y aeronáuticas.

El proyecto versa sobre la rehabilitación con paneles de madera contralaminada (CLT) de una vivienda unifamiliar situada en el entorno del ayuntamiento de Santiago de Compostela siguiendo criterios técnicos y constructivos para conseguir alcanzar el estándar passivhaus.

El planteamiento ha partido sobre los cinco principios básicos del estándar Passivhaus: Un alto aislamiento térmico, La eliminación de los puentes térmicos, carpinterías de ventanas de altas prestaciones, el control de estanqueidad al aire y un sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor.

El proyecto busca la intervención en la vivienda mediante el planteamiento de una nueva estructura de paneles de madera contralaminada acogida dentro de la estructura de mampostería existente minimizando las actuaciones sobre los elementos originales salvo en lo que respecta a labores de consolidación de la vivienda actual.

La elección de los paneles de CLT aportan a la envolvente térmica de la vivienda una buena línea hermética y una gran inercia térmica junto con la celeridad de su montaje.

Los criterios escogidos para alcanzar el estándar passivhaus se definen en la documentación gráfica y escrita dentro de los documentos que componen este trabajo y se han verificado mediante el uso de la herramienta PHPP (Passive House Planning Package) como resultado de la obtención de un edificio de consumo energético casi nulo.

Palabras Clave:

Passivhaus, Passivehouse, CLT, Madera contralaminada, Eficiencia energética, consumo energético casi nulo.

RESUMEN:

The following work is intended to be the final degree project of the Technical Architecture degree from the University of A Coruña. The supervising labours of this project had been achieved by the teacher Manuel Porta Rodríguez member of the área of constructions and architectural, civil and aeronautical structures.

This project concerns by the restoration of a house using cross laminated timber (CLT) located in the surroundings of the municipality of Santiago de Compostela. Technical and constructive criteria had been born in mind to achieve the passivhaus standard.

The approach has followed the five principles: Thermal insulation, thermal bridge free construction, high performance Windows, airtightness and mechanical ventilation heat recovery.

This project seeks for a renovation by the approach of a new structure with cross laminated timber panels taken by the existing masonry structure and this way cutting down the intervention over the original parts just carrying out consolidation labours on the current building.

The choice of the CLT panels is due to the airtightness and high thermal inertia properties in addition of the easy installation system the panels provide.

The chosen process to achieve the passivhaus standard is specified in the graphic and texted information in the documentation result of this project. The verification of the achievement of the passivhaus standard has been completed by using the software tool PHPP (Passive House Planning Package) as a result of a low energy building.

Key words:

Passivhaus, Passivehouse, CLT, Cross Laminated Timber, Energy efficiency, Low energy building.

tomo I __ memoria

tomo II __ planos

tomo III __ pliego de condiciones

tomo IV __ mediciones

tomo V __ presupuesto

ÍNDICE

1.1. OBJETO	5
1.2. AGENTES	6
1.3. INFORMACIÓN PREVIA	7
1.3.1. ANTECEDENTES Y CONDICIONANTES DE PARTIDA	7
1.3.2. INFORMACIÓN DE LA PARCELA	14
1.3.3. INFORMACIÓN DEL EDIFICIO	17
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	35
1.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	35
1.4.2. PROGRAMA DE NECESIDADES Y SOLUCIÓN ADOPTADA	39
1.4.3. CUADRO DE SUPERFICIES	45
1.4.4. NORMATIVA APLICABLE	47
1.5. CUMPLIMIENTO CTE	49
1.5.1. FUNCIONALIDAD	49
1.5.2. SEGURIDAD	50
1.5.3. HABITABILIDAD	51
1.6. PRESTACIONES DEL EDIFICIO	53
1.6.1. PRESTACIONES EN CUMPLIMIENTO CON LOS REQUISITOS BÁSICOS DEL CTE	53
1.6.2. LIMITACIONES DE USO EN EL EDIFICIO	55
2. MEMORIA URBANÍSTICA	58
2.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN	58
2.2. ORDENANZA DE APLICACIÓN	58
2.3. CUADRO URBANÍSTICO DE LA VIVIENDA	59
3. MEMORIA CONSTRUCTIVA	63
3.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO	63
3.2. SISTEMA ESTRUCTURAL	65
3.3. SISTEMA ENVOLVENTE	68
3.4. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN	72
3.5. SISTEMA DE ACABADOS	75
3.6. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES	79
3.7. EQUIPAMIENTO	81
4. CUMPLIMIENTO DEL CTE	83
4.1. Justificación DB-SE Seguridad Estructural	85
4.2. Justificación DB-SI Seguridad en caso de Incendio	87

4.3	Justificación DB-SUA de utilización y accesibilidad.....	103
4.4	Justificación DB-HS Salubridad.....	115
4.5	Justificación DB-HR Protección Frente al Ruído.....	156
4.6	Justificación DB-HE Ahorro de Energía.....	169
5.	CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS.....	237
5.1	CUMPLIMIENTO NORMAS HÁBITAT DE GALICIA.....	238
6.	ANEJOS A LA MEMORIA.....	246
	ANEJO I – MEMORIA ESTRUCTURAS.....	247
	ANEJO II – MEMORIA DE FONTANERÍA.....	320
	ANEJO III – MEMORIA DE SANEAMIENTO.....	334
	ANEJO IV – MEMORIA DE VENTILACIÓN.....	350
	ANEJO V – CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (CEE).....	362
	ANEJO VI – JUSTIFICACIÓN ESTÁNDAR PASSIVHAUS.....	371
1.1	OBJETO.....	372
1.2	FILOSOFÍA PASSIVHAUS Y PRINCIPIOS BÁSICOS.....	372
1.2.1	ALTO AISLAMIENTO TÉRMICO.....	375
1.2.2	ELIMINACIÓN DE PUENTES TÉRMICOS.....	377
1.2.3	CARPINTERÍAS DE VENTANAS Y VIDRIOS DE ALTAS PRESTACIONES.....	378
1.2.4	CONTROL DE ESTANQUEIDAD AL AIRE.....	379
1.2.5	SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERADOR DE CALOR.....	382
2.1	SIMULACIÓN Y CÁLCULO DE LA VIVIENDA.....	384
	PARTE PASIVA.....	384
2.1.1	ENTRADA DE DATOS GENERALES.....	384
2.1.2	CLIMA.....	386
2.1.3	CÁLCULO DE VALORES “U”.....	387
2.1.4	ASIGNACIÓN DE SUPERFICIES.....	393
2.1.5	TERRENO.....	399
2.1.6	COMPONENTES DE CARPINTERÍAS.....	402
2.1.7	PUENTES TÉRMICOS.....	410
2.1.8	SOMBRAS.....	418
2.1.9	VENTILACIÓN.....	420
2.1.10	CALEFACCIÓN.....	423
	PARTE ACTIVA.....	429
2.1.11	DISTRIBUCIÓN DE ACS.....	429
2.1.12	ENERGÍA PRIMARIA RENOVABLE.....	431
2.1.13	BOMBA DE CALOR.....	432

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

2.2 COMPROBACIÓN Y RESULTADO FINAL.....	433
ANEJO VII – ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	434
ANEJO VIII – PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	452
ANEJO IX – JUSTIFICACIÓN ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD (EBSS).....	461
7.SOFTWARE EMPLEADO EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	463
8.BIBLIOGRAFÍA.....	466
9.CONCLUSIONES.....	468

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

1.MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. OBJETO

El objeto del presente trabajo es la rehabilitación de una vivienda unifamiliar de arquitectura popular gallega localizada en el entorno del ayuntamiento de Santiago de Compostela y que ha servido durante décadas como casa de labranza donde siempre se ha trabajado el campo y se han criado animales como tradicional método de autoabastecimiento y comercio.

La vivienda, en estado ruinoso, no está catalogada. El proyecto que acompaña se presenta como una rehabilitación del conjunto de la vivienda existente restituyendo a su estado de funcionalidad de acuerdo a la normativa vigente, conservando sus elementos originales, así como la superficie y el volumen original mediante una nueva estructura de paneles de madera contralaminada cruzada (CLT) proponiendo un proyecto de rehabilitación de consumo energético casi nulo diseñado siguiendo los estándares de la filosofía Passivhaus

1.2. AGENTES

PROMOTORES

Nombre	Propiedad de vivienda en rua da carballa, 97
NIF	NIF de la propiedad
Dirección	Dirección de la propiedad
Teléfono	Teléfono de la propiedad
Correo electrónico	Dirección de correo electrónico de la propiedad

PROYECTISTA

NOMBRE	Denís Prieto Giraldo
DIRECCIÓN	Rua Sinfónica de galicia, 2, 15004, A Coruña
TELÉFONO DE CONTACTO	667*****
CORREO ELECTRÓNICO	denis.prieto.giraldo@udc.es
NÚMERO DE COLEGIADO	nº: ****

DIRECCIÓN FACULTATIVA

DIRECTOR DE OBRA

NOMBRE	Nombre completo DO
NIF	NIF DO
DIRECCIÓN	Dirección DO
TELÉFONO	Teléfono DO
CORREO ELECTRÓNICO	Dirección de correo electrónico DO
NÚMERO DE COLEGIADO	nº: ****

DIRECTOR DE EJECUCIÓN

NOMBRE	Nombre completo DEO
NIF	NIF DEO
DIRECCIÓN	Dirección DEO
TELÉFONO	Teléfono DEO
CORREO ELECTRÓNICO	Dirección de correo electrónico DEO
NÚMERO DE COLEGIADO	nº: ****

COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD

NOMBRE	Nombre completo CSS
NIF	NIF CSS
DIRECCIÓN	Dirección CSS
TELÉFONO	Teléfono CSS
CORREO ELECTRÓNICO	Dirección de correo electrónico CSS
NÚMERO DE COLEGIADO	nº: ****

CONSTRUCTOR

NOMBRE CONSTRUCTOR/EMPRESA	Nombre completo CONSTRUCTOR/EMPRESA
----------------------------	-------------------------------------

CIF	CIF CONSTRUCTOR/EMPRESA
DOMICILIO FISCAL	Domicilio fiscal CONSTRUCTOR/EMPRESA
TELÉFONO	Teléfono de contacto CONSTRUCTOR/EMPRESA
CORREO ELECTRÓNICO	Dirección de correo electrónico CONSTRUCTOR/EMPRESA

1.3. INFORMACIÓN PREVIA

Se redacta el presente Proyecto de rehabilitación de vivienda unifamiliar en Rúa da Carballa, 97, en el ayuntamiento de Santiago de Compostela para recabar toda la información, técnica, urbanística, material y de diseño relacionada con el proyecto de ejecución.

1.3.1. ANTECEDENTES Y CONDICIONANTES DE PARTIDA

El proyecto se centra en la rehabilitación de una vivienda de arquitectura popular gallega que dentro de la misma parcela comparte lugar con otras dos edificaciones: Un alpendre de bloque de hormigón con cubierta de placas de fibrocemento vistas y un almacén para aperos de labranza de entablado de madera y cubierta, también, de placas de fibrocemento vistas emplazadas las dos construcciones al oeste de la vivienda principal. Ambas edificaciones auxiliares no son objeto del presente proyecto.

La vivienda se divide en tres módulos en la actualidad. Un módulo central donde se situaba la vivienda, donde a día de hoy descansan entre maleza, los restos de lo que en su día fueron las vigas y el entablado del forjado de la planta primera y la estructura de cubierta, un segundo módulo situado al sur del módulo central desde donde se da acceso a la vivienda por la rua Carballa y que divide sus funciones como zaguán y almacén fuera de la vivienda con los elementos de cubrición en mal estado de conservación y un tercer módulo al norte del módulo central donde se encuentra la que, hasta hace relativamente pocos años, era la vivienda existente y mal estado de conservación.

Dichos módulos no fueron ejecutados de forma consecutiva. Por voz popular, preguntando a vecinos de los alrededores ya que la propiedad de la vivienda vive actualmente en el extranjero, se sabe que en un primer lugar se levantó el módulo central con planta baja y planta primera con cubierta a dos aguas junto con el módulo norte los cuales componían el conjunto de la vivienda y a posteriori se construyó el almacén de entrada y el zagúan.

En la vivienda no se ha encontrado ninguna fecha de construcción esculpida en piedra que nos de con exactitud la fecha de construcción. Lo que si sabemos es que en la sede electrónica del catastro la fecha de construcción data del 1900 donde solamente consta como elemento edificado el módulo norte y el alpendre de bloque de hormigón.

Recabando documentación histórica sobre la vivienda encontramos una serie de ortofotos del *Instituto Geográfico Nacional (IGN)* y del *Xeoportal* del ayuntamiento de Santiago de

Compostela que componen un historial en un lapso de tiempo muy heterogéneo. La ortofoto más antigua data de 1956 donde si se aprecian el módulo central y el módulo norte de la vivienda, pero no se intuye el módulo sur. La siguiente fecha ya avanza más en el tiempo y data del año 1993 donde ya si se comprueba la existencia del módulo sur. En las fechas siguientes que transcurren desde el año 2001 y 2004 hasta prácticamente, todos los años hasta la fecha actual apenas se aprecian cambios en la edificación.

Cotejando; tanto la aportación de los propios vecinos, como la información obtenida de nuestro historial podemos deducir que hasta 1956 la información popular y los datos gráficos coinciden. Si nos paramos a analizar la primera imagen (1956) de la que disponemos con la segunda más reciente (1993), podemos observar que las sombras en el módulo norte son parejas, sin embargo, si comparamos la primera imagen (1956) con la imagen del año 2004, ya que fueron tomadas en una franja horaria muy similar debido al recorrido del sol, podemos apreciar que en la imagen del 2004 la sombra proyectada por la cubierta del módulo central es casi inexistente y sin embargo en la ortofoto tomada en 1956 si podemos observar la sombra arrojada por la cubierta.

Podemos concluir de este modo, mediante la comparación de las ortofotos, que la cubierta del módulo central estuvo levantada en un período de tiempo entre 1956 hasta antes de 1993 donde su mantenimiento fue nulo llevando a ésta a su derrumbe hasta la actualidad y que el alpendre anexo a la vivienda se levantó durante esa misma etapa. Asimismo, efectuando comprobaciones insitu y fotografías del estado actual, los restos de las tejas de la cubierta sobre los muros de mampostería que todavía siguen en pie nos orientan sobre la dirección de las pendientes de la cubierta original en el módulo central.

La propietaria de la vivienda enviudó en la década del 2000 pasando a ser la única moradora de la propiedad. El módulo central deja de ser la vivienda principal en algún tiempo entre 1956 y 1993 como apuntamos anteriormente pasando únicamente a ser el modulo norte la única vivienda. Una vez más recopilando información gracias a la ayuda de los vecinos, nos informa de que la vivienda actual (módulo norte) no dispone de un cuarto de baño o aseo; comprobación efectuada durante la toma de datos insitu.

Desde la década del 2000 hasta esta parte la vivienda ha sufrido una falta de mantenimiento absoluta. Se ha seguido morando la vivienda, trabajando la tierra y criando animales hasta el fallecimiento de la propietaria. Desde el fallecimiento de la propietaria hasta la fecha la vivienda no ha sido habitada, sin embargo la propiedad ha cambiado. La falta de mantenimiento acarreada durante todo el período de tiempo en que la vivienda fue ocupada junto con el hecho de que el inmueble ya no se encuentra habitado ha dado paso a un mayor deterioro y a la proliferación de maleza en el interior y enredaderas en el exterior del inmueble.

En el año 2022 la vivienda mantiene en mal estado de conservación el módulo norte y su cubierta así como el almacén del módulo sur y su cubierta.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

A continuación se adjunta un reportaje fotográfico del histórico de la vivienda extraído del sitio web del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del Xeoportal del Ayuntamiento de Santiago de Compostela:



Ilustración 1: Ortofoto año 1956 (Instituto geográfico nacional, 2022)¹



Ilustración 2: Ortofoto año 1993 (Instituto geográfico nacional, 2022)²

¹ (Instituto geográfico nacional, 2022)

²

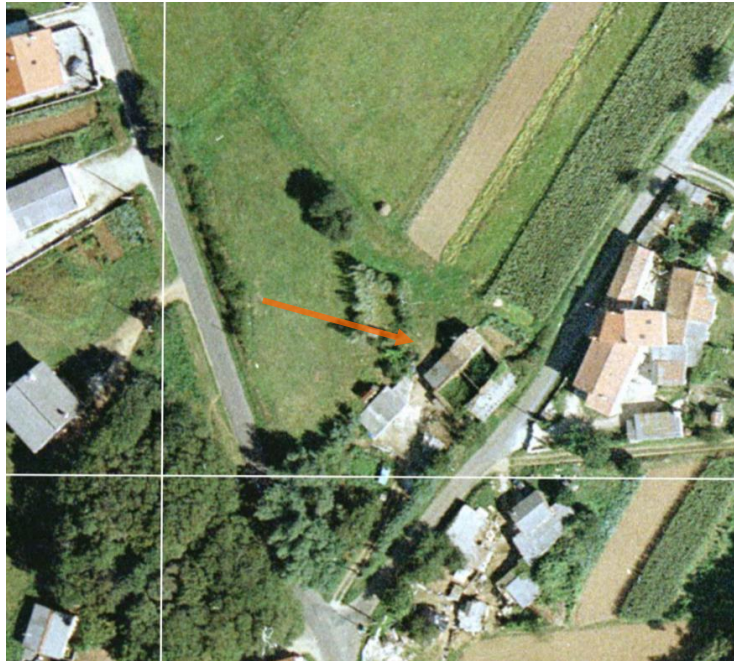


Ilustración 3: Ortofoto año 2001 (Instituto geográfico nacional, 2022)³



Ilustración 4: Ortofoto año 2004 (Instituto geográfico nacional, 2022)⁴

³ (Instituto geográfico nacional, 2022)

⁴



Ilustración 5: Ortofoto año 2006 (Instituto geográfico nacional, 2022)⁵



Ilustración 6: Ortofoto año 2008 (Instituto geográfico nacional, 2022)⁶

⁵ (Instituto geográfico nacional, 2022)

⁶



Ilustración 7: Ortofoto año 2011 (Instituto geográfico nacional, 2022)⁷

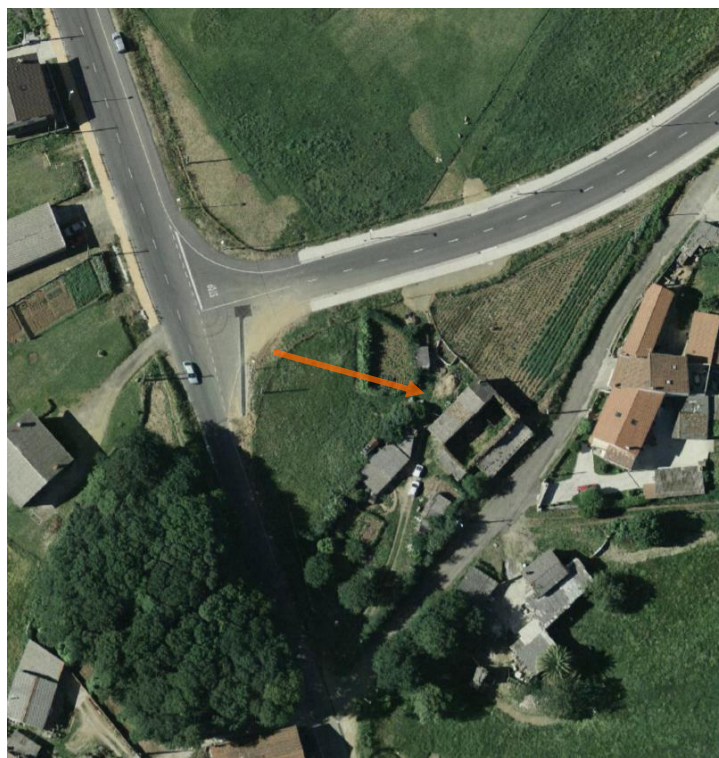


Ilustración 8: Ortofoto año 2014 (Instituto geográfico nacional, 2022)⁸

⁷

⁸ (Instituto geográfico nacional, 2022)

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo



Ilustración 9: Ortofoto año 2017 (Instituto geográfico nacional, 2022)⁹



Ilustración 10: Ortofoto año 2021 (Instituto geográfico nacional, 2022)¹⁰

⁹

¹⁰ (Instituto geográfico nacional, 2022)

1.3.2. INFORMACIÓN DE LA PARCELA

Condicionantes físicos y urbanísticos del terreno:

DATOS DE LA FINCA:

Ref. Catastral: 0203801NH4409C0001KX

Dirección: Rúa da Carballa, 97, 15707, Santiago de Compostela, A Coruña

Normativa Urbanística: PXOM Santiago de Compostela. Aprobación: Mayo 2008.

Suelo Urbano. Categoría de suelo: Suelo Urbanizable. Calificación: Zona Z-SUD-03

Amio Norte. Ordenanza 11 Núcleos tradicionais incorporados ó solo urbano.

La parcela consta de tres edificaciones: Una vivienda unifamiliar en estado ruinoso, un alpendre de bloque de hormigón y un almacén para aperos de labranza de entablado de madera, no siendo estas últimas construcciones objeto del presente proyecto. La parcela no presenta alineaciones consolidadas en su frente.

La superficie bruta de la parcela según catastro es de 2876 m². Una parte de la parcela se encuentra afectada por el SUD-3 (Sectores de solo Urbanizable delimitados) del PXOM del ayuntamiento de Santiago de Compostela dejando a la parcela con una superficie neta de 1664.05m². El presente proyecto se desarrollará tomando como referencia la superficie obtenida en la sede virtual del catastro.

La parcela de geometría triangular irregular y superficie bruta de 2876m², se localiza al noreste del término municipal de Santiago de Compostela, perteneciente a la parroquia de San Lazaro y situada en el nucleo de Amio, muy próxima al recinto ferial y a la consellería de sanidade y ofreciendo sus fachadas al periférico y a la autovía de Lavacolla. Se encuentra en una zona con un relieve moderado y una ligera pendiente hacia el este de la parcela.

De acuerdo a los requisitos urbanísticos del ayuntamiento de Santiago de Compostela se debe realizar una cesión a viales de 5 metros medida desde el eje de la via en la zona SE y SO de la parcela suponiendo una cesión de 317.11m². Al tratarse de una rehabilitación de un predio existente no se cederá la totalidad del retranqueo, sin embargo, se dejará prevista dicha alineación la cual supone 187.47m² dejando así a la parcela de una superficie neta total entre todas las cesiones de 1476.58 m².

El acceso al vivienda se realiza mediante acceso rodado desde rua da Carballa accediendo a la misma por su fachada SE. El acceso a la vivienda se encuentra a una cota de +0.35m con respecto al vial

El acceso al interior de la parcela se realiza en el encuentro entre rua da Carballa y C. de Amio al Oeste de la misma. La cota del acceso de la parcela es la misma que la del vial. No se prevén grandes movimientos de tierra dentro de la finca.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

La parcela no dispone de cierre de muros, sin embargo si dispone de un cierre perimetral de árboles de hoja caduca y matorrales en todo el perímetro SE, O y al NO de la vivienda.

LINDEROS:

- La parcela linda en su límite Norte con el vial de acceso al polígono Costa Vella, pavimentada con calzada peatonal.
- En su límite Sur este linda con rua da Carballa donde se da lugar al acceso de la vivienda, pavimentada sin calzada peatonal. La citada calle es una calle sin salida llegando a los límites de la parcela donde se encuentra un transformador eléctrico.
- Su límite Oeste linda con C. de Amio, pavimentada sin calzada peatonal
- La finca no dispone de ningún linde con otra parcela o edificación.

SERVICIOS:

- Electricidad y telefonía: la parcela dispone de red eléctrica y de telefonía que discurre por vía pública frente a ésta y la vivienda tiene cuadro eléctrico conectado.
- Abastecimiento de agua: La parcela cuenta con red municipal de abastecimiento de agua y la vivienda se encuentra enganchada a dicho servicio
- Saneamiento: La parcela cuenta con red municipal de saneamiento de aguas. Sistema unitario. La vivienda se encuentra enganchada a dicho servicio
- Residuos: La parcela dispone de servicio centralizado de recogida de residuos. Dos contenedores verdes (residuos orgánicos) al frente de la misma.

ACCESOS:

Su acceso es sencillo, desde la salida en la avenida de Asturias hacia C de Amio accediendo desde el norte o bien desde rua da Muiña en San Lazaro si se accede desde el Sur. Las salidas de la autopista o autovía se encuentran próximas a la parcela.

No existen servidumbres.

La parcela dispone de un único acceso desde el encuentro entre rua da Carballa y C. de Amio en su linde Oeste. El acceso al interior no está pavimentado, es un acceso de tierra vegetal con marcas de rodadura. No dispone de ningún tipo de portal o cierre.

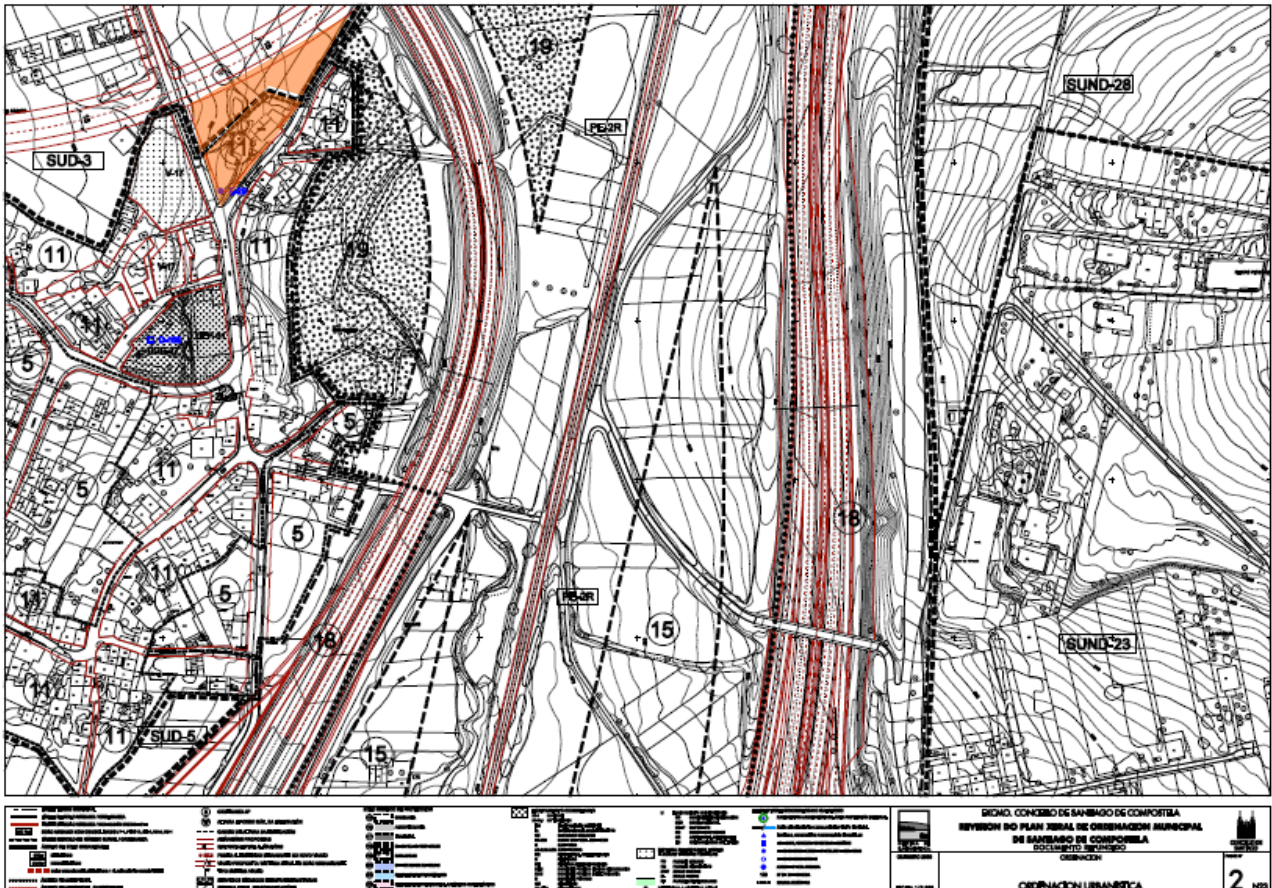
Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo



Ilustración 11: Imagen Google Maps 2022.



(Compostela, 2008)¹¹

Para la redacción del presente documento se aplicará lo dispuesto por el Plan de Ordenación Municipal (PXOM) del ayuntamiento de Santiago de Compostela, siendo de aplicación la ordenanza 11 Núcleos tradicionais incorporados ó solo urbano al igual que las normativas especificadas en la presente memoria.

1.3.3. INFORMACIÓN DEL EDIFICIO

La parcela cuenta con una superficie bruta de 2876.00 m² y una superficie neta de 1476.58 m² donde se ubica la vivienda objeto de estudio del presente proyecto. Se trata de una vivienda unifamiliar de arquitectura popular gallega de planta rectangular dividida en tres módulos. El estado de la vivienda es ruinoso.

La vivienda dispone de dos accesos. Un acceso principal desde rua da Carballa situada al sureste de la parcela desde la cual se accede al módulo sur, el cual se divide en un pequeño zaguán y un almacén y donde se encuentra la puerta de entrada al módulo central (antigua vivienda principal) y un segundo acceso desde el interior de la parcela por el módulo norte en el cual se ubica la actual vivienda y por el que se accede por la fachada oeste de la edificación.

¹¹ (Compostela, 2008)

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

La construcción actual cuenta con planta baja en el módulo norte y un pequeño altillo y con un almacén de planta baja en el módulo sur. La estructura del módulo central se encuentra completamente derruida.

DISTRIBUCIÓN VIVIENDA:

La vivienda se divide en tres módulos: Un módulo sur que se divide en zaguán y almacén por el cual se accede desde rua da Carballa y da lugar al acceso principal de la antigua vivienda, un módulo norte donde se ubica la actual vivienda y se divide en dos partes: una parte cubierta por donde se accede al interior del módulo desde la propia parcela y acoge un recibidor y el dormitorio y una segunda parte donde se encuentra la cocina y un altillo no accesible (ambas partes están comunicadas mediante un pasillo) y un último módulo central el cual originalmente recogía a la antigua vivienda y que conecta el módulo sur con el módulo norte.

Módulo sur:

De planta baja, da lugar al acceso principal de la vivienda por su fachada sur. Situado al sureste de la parcela, se accede desde rua da Carballa y da acceso a la entrada de la antigua vivienda. El acceso se encuentra a una cota de +0.35m con respecto a la rasante del vial.

DISTRIBUCIÓN:

Este módulo se divide en dos partes: un pequeño zaguán cubierto donde se ubica la puerta principal que accede al módulo central y la puerta que accede al almacén, también cubierto, el cual compone la otra parte de este módulo. El almacén, así como el zaguán son completamente diáfanos sin ningún tipo de división en su interior.

FACHADAS

La fachada principal de este módulo se encuentra completamente cubierta por la maleza y por plantas enredaderas llegando a impedir el acceso a su interior.

La composición de sus fachadas, tanto la fachada sur como las fachadas este y oeste, así como el muro divisorio entre el zaguán y el almacén, donde se ubica la puerta de acceso a éste, es de mampostería ordinaria sin revestir.

En la fachada sur del almacén hay un hueco de 60cm de alto y 15cm de ancho que permite el paso de la luz, sin embargo, no dispone de ningún tipo de carpintería o vidriería.

SUELO

La zona del almacén no está pavimentada. El suelo está compuesto por una capa de tierra compactada, no así la zona del zaguán que está compuesto por un solado de losas de piedra.

REVESTIMIENTOS INTERIORES

Los paramentos interiores se encuentran sin revestimiento dejando la piedra vista

ESTRUCTURA VERTICAL

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

La estructura de todo el módulo la componen los propios muros de mampostería ordinaria de 50cm de espesor que funcionan como muros de carga y van desde la cimentación hasta la coronación del muro.

ESTRUCTURA DE CUBIERTA

La estructura de soporte de cubierta está formada por vigas de madera maciza empotradas en la coronación del muro de fachada oeste y en el muro divisorio entre el almacén y el zaguán y en la coronación del muro de la fachada sur del almacén y en sendos mechinales de la fachada sur del módulo central (fachada norte del almacén). Sin entablado de madera, sobre las que descansan las placas de fibrocemento ancladas mediante ganchos de acero.

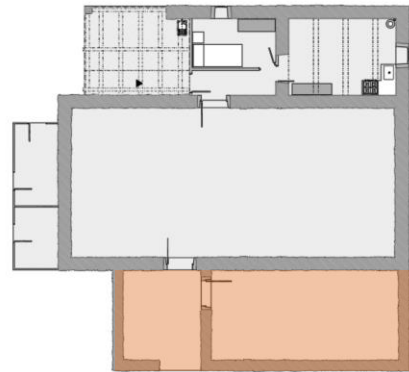
MATERIAL DE COBERTURA

La cubierta del módulo sur es a un agua con evacuación hacia la vía principal.

El material de cobertura, tanto del zaguán como del almacén, es de placas de fibrocemento y teja sobre estructura de madera de vigas sin entablado, sin aislamiento térmico ni revestimiento interior. La teja cerámica curva de cubierta es prácticamente inexistente, sin embargo si hay presencia puntual de restos de este material.

CARPINTERÍAS

La puerta del almacén es un entablado de madera que tapa el hueco sin herrajes



Módulo central:

Completamente derruido, es el núcleo central de la edificación y antigua vivienda principal. Originalmente de planta baja y primera, conecta en su planta baja con el módulo norte y con el módulo sur por sendas puertas. Para acceder a este módulo, tanto desde el módulo sur como desde el módulo norte, se desciende a una cota de -0.2m. Este módulo únicamente conserva su estructura vertical.

DISTRIBUCIÓN

Se accede a su interior desde el módulo sur o desde el módulo norte por sendas puertas de paso. En planta baja no dispone de más conexiones con los otros dos módulos ni ningún tipo de abertura exterior. En la antigua planta primera se pueden observar dos huecos de ventanas exteriores y una puerta de acceso que conecta con el altillo del módulo norte.

FACHADAS

El módulo central tiene tres fachadas exteriores, la fachada este, la fachada oeste y la fachada sur, viéndose esta de forma parcial sobre el módulo de entrada. La fachada norte funciona como muro divisorio entre el módulo norte y el módulo central, no quedando expuesta al exterior.

La composición de todas las fachadas es de mampostería ordinaria de espesor constante de 50cm. Las fachadas oeste y sur no están revestidas, sin embargo la fachada este si dispone, de forma parcial, de un revestimiento de mortero de cal.

El interior del módulo, debido a la ausencia de mantenimiento se ve completamente atacado por la maleza. Se pueden observar los restos de la estructura horizontal y de cubierta de la vivienda, así como los mechinales donde apoyaban las vigas en los muros.

La fachada este dispone de un hueco de ventana correspondiendo a la planta primera con antepecho jambas y dintel de granito.

La fachada sur, de igual modo que la fachada este, dispone de otro hueco de ventana de las mismas características. Esta fachada se encuentra parcialmente derruida en la planta primera manteniéndose en pie únicamente la pequeña parte que conserva el hueco de ventana. La parte que se conserva tiene una grieta en el encuentro con la fachada este y severo desplome fácilmente apreciable.

La fachada oeste tiene adosada al exterior un gallinero de entablado de madera y cubierta de chapa metálica en toda su longitud. Esta fachada se encuentra parcialmente derruida en la parte derecha de su frontal en planta primera y un desplome de 11cm hacia el interior del módulo central.

SUELO

El suelo no está pavimentado, éste lo compone una capa de tierra compactada.

REVESTIMIENTOS INTERIORES

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Los paramentos interiores se encuentran sin revestimiento dejando la piedra vista

ESTRUCTURA VERTICAL

La estructura de todo el módulo la componen los propios muros de mampostería ordinaria de 50cm de espesor que funcionan como muros de carga y van desde la cimentación hasta la coronación del muro.

ESTRUCTURA DE CUBIERTA

El módulo central no dispone de estructura de cubierta. Es un espacio completamente abierto con restos de la las vigas de madera maciza de la estructura horizontal y de la cubierta original derruidos.

MATERIAL DE COBERTURA

No existe material de cobertura en el módulo central.

CARPINTERÍAS

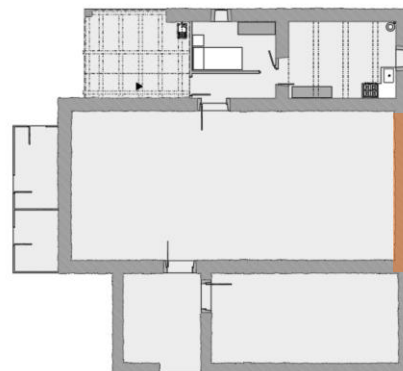
La puerta de acceso del módulo sur con el módulo central es una puerta de doble hoja horizontal de madera maciza alistonada, con herrajes de forja y bisagras encastradas a las jambas de granito.

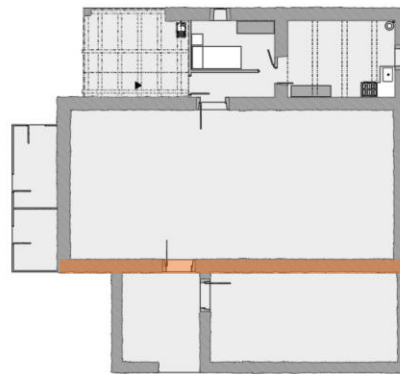
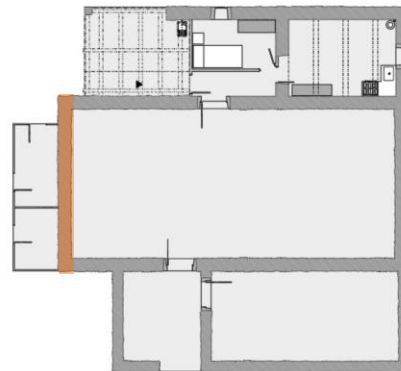
La puerta de acceso del módulo norte con el módulo central es una puerta de una hoja de madera maciza alistonada con herrajes de forja y bisagras encastradas a las jambas de granito.

La puerta en planta primera que comunica con el altillo de módulo norte es una puerta de una hoja de madera maciza alistonada pintada azul con herrajes de forja y bisagras encastradas a las jambas de granito.

La ventana de la fachada este conservan las bisagras y fallebas de forja y el marco de madera en mal estado de conservación.

El hueco de fachada sur conserva las bisagras de forja de las contraventanas exteriores.





Módulo Norte:

Acoge la actual vivienda y se divide en dos partes: la primera parte, de planta baja, donde se encuentra el acceso a la vivienda desde el interior de la parcela y una segunda parte que la componen la cocina en planta baja y un altillo no accesible en planta primera. Tanto el dormitorio como la cocina se encuentran a la misma cota.

DISTRIBUCIÓN

Se accede a un recibidor donde se ubica el lavadero y una rampa con pendiente suave que desciende hasta una cota de -0.20m y que conecta con el interior a través de una puerta de paso. En el interior un pequeño pasillo distribuye la entrada al dormitorio a la izquierda, la puerta de paso que conecta con el módulo central a la derecha y al fondo la puerta que comunica con la cocina.

FACHADAS

La fachada norte de este módulo se encuentra parcialmente afectada por plantas enredaderas en la parte izquierda de su frontal.

La composición de sus fachadas, tanto la fachada norte como la fachada este, así como el muro divisorio con el módulo central, donde se ubica la puerta de acceso a éste, son

de mampostería ordinaria parcialmente revestida con mortero de cal y de espesor constante de 50cm.

En la planta baja de la fachada oeste, el recibidor donde se ubica el lavadero, se encuentra completamente abierto, siendo el propio tabique de ladrillo hueco doble a panderete y sin revestir del dormitorio, el elemento que separa el interior del exterior. En planta primera es el muro de mampostería quien compone la fachada.

SUELO

El suelo del lavadero y la rampa de acceso a la vivienda están pavimentados, compuesto por losas de piedra tomadas con mortero de cemento y baldosas de terrazo dispuestas de forma asimétrica.

El suelo del pasillo que distribuye las estancias es de baldosas de hormigón.

El suelo de la habitación es un suelo laminado vinílico imitación a madera.

El suelo de la cocina está formado por baldosas cerámicas de 25x25.

DIVISIONES VERTICALES

La división vertical de la vivienda es la que acoge al dormitorio y la compone un tabique de ladrillo hueco doble a panderete revestido con un tendido de yeso con un espesor total de 10cm. La división entre el módulo norte y el módulo central, sí como, la división entre el dormitorio y la cocina la forma el propio muro de mampostería.

REVESTIMIENTOS INTERIORES

El pasillo distribuidor esta revestido por un mortero de cal de un centímetro y medio en el paramento que separa el módulo norte del módulo central.

El tabique que compone el dormitorio esta revestido por un tendido de yeso pintado. La parte del tabique que compone la fachada oeste no está revestido.

La cocina esta revestida con un friso de azulejo porcelánico cuadrado de 90cm de altura y con un tendido de yeso sin pintar.

El dormitorio tiene un falso techo de escayola, así como el distribuidor, mientras que la cocina tiene un falso techo de madera completamente deteriorado con una altura de 1.80m.

ESTRUCTURA HORIZONTAL

La estructura horizontal es la que respecta al forjado del atillo que se ubica sobre la cocina. La estructura la componen vigas de madera maciza empotradas y un entablado de madera. El estado de conservación es deficiente.

ESTRUCTURA VERTICAL

La estructura de todo el módulo la componen los propios muros de mampostería ordinaria de 50cm de espesor que funcionan como muros de carga y van desde la cimentación hasta la coronación del muro.

ESTRUCTURA DE CUBIERTA

La estructura de soporte de cubierta donde se ubican el lavadero y el dormitorio está formada por vigas de madera maciza apoyadas y pasantes en la coronación del muro de fachada norte y empotradas y tomadas con mortero de cemento en el muro divisorio entre el módulo central y el módulo norte y una serie de tablas que conectan las vigas entre si.

La cubierta del altillo es una cubierta de vigas de madera maciza y cabios.

MATERIAL DE COBERTURA

La cubierta de la zona donde se ubica el dormitorio y el lavadero es a un agua con evacuación hacia la fachada norte, mientras que la del altillo es a dos aguas con evacuación hacia el este y el oeste.

El material de cobertura, tanto de la zona donde se ubica el dormitorio como del altillo, es de placas de fibrocemento y teja sobre estructura de madera de vigas de madera maciza, sin aislamiento térmico ni revestimiento interior. La teja cerámica curva de cubierta es prácticamente inexistente, sin embargo si hay presencia puntual de éstas en la cubierta de la zona del dormitorio y lavadero y en la limatesa de la cubierta del altillo.

CARPINTERÍAS

La puerta de paso en el módulo norte que conecta el lavadero con el distribuidor es una puerta de paso interior barnizada con herrajes de latón.

La puerta de acceso del módulo norte con el módulo central es una puerta de una hoja de madera maciza alistonada con herrajes de forja y bisagras encastradas a las jambas de granito.

La puerta en planta primera que comunica con el altillo de módulo norte es una puerta de una hoja de madera maciza alistonada pintada azul con herrajes de forja y bisagras encastradas a las jambas de granito.

La puerta del dormitorio es una puerta lisa de "sapelly" pintada con herraje de latón.

La ventana del dormitorio hacia la fachada norte y la ventana de la cocina hacia la fachada este es una ventana de una hoja de aluminio sin rotura de puente térmico y doble vidrio abatible con apertura hacia al exterior.

La ventana del altillo es una ventana con marco y contraventanas exteriores de madera con bisagras y falleba de forja.

CUADRO DE SUPERFICIES

CUADRO DE SUPERFICIES PB	
ESTANCIA	SUPERFICIE
1 ZAGUÁN	11,54 m ²
2 ALMACÉN	27,67 m ²
3 MÓDULO CENTRAL	79,94 m ²
4 PASILLO DISTRIBUIDOR	3,46 m ²
5 DORMITORIO	6,65 m ²
6 COCINA	13,38 m ²
7 PORCHE LAVADERO	13,77 m ²
8 GALLINER01	4,43 m ²
9 GALLINER02	5,88 m ²

CUADRO DE SUPERFICIES P1	
ESTANCIA	SUPERFICIE
1 ALTILLO	13,38 m ²


SUMATORIO DE SUPERFICIES	
SUP. ÚTIL PB	127,27 m ²
SUP ÚTIL P1	13,38 m ²
SUP TOTAL ÚTIL	140,65 m ²
SUP. CONSTRÚIDA PB	205,63 m ²
SUP. CONSTRÚIDA P1	21,96 m ²
SUP TOTAL CONSTRÚIDA	227,59 m ²


Estudio patológico:


ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA LA EDIFICACIÓN


FICHAS INFORMATIVAS


Con el objetivo de recabar de forma detallada toda la información sobre el estado actual de la vivienda, se ha realizado un informe de las patologías detectadas durante la inspección y toma de datos del edificio, las cuales se recogen en las siguientes fichas informativas:

FICHA 01	LESIÓN: Vegetación y desconchado del revoco
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Fachada norte de la vivienda	
ORIGEN DE LA LESIÓN La evidente falta de mantenimiento de la edificación es la principal causa de la proliferación de la vegetación. De igual modo, la falta de mantenimiento y las inclemencias meteorológicas han ocasionado el desprendimiento del revestimiento	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN Lesión física. Presencia de vegetación incipiente y desconchado del revestimiento de fachada norte.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, INTERVENCIÓN Se propone como intervención en fachada la retirada de la vegetación existente con medios manuales y mecánicos y el picado del revestimiento de fachada existente. Se subsanará la zona afectada por la vegetación mediante e productos químicos antiraices y se ejecutará un encintado con mortero de cal en los muros de mampostería.	


FICHA 02	LESIÓN: Alveolización en fachada este
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Fachada este de la vivienda.	
ORIGEN DE LA LESIÓN Está lesión solo se aprecia en la fachada este de la vivienda. La ausencia de revoco casi total en la fachada deja la piedra desprotegida. La fachada este de la vivienda se orienta hacia un nordés puro esto supone variaciones higrométricas frecuentes.	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN Lesión Física: Erosión atmosférica. Se observa la alveolización de la mampostería y la erosión de la argamasa en sus juntas. Los mampuestos se descomponen fácilmente.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, LABORES A DESEMPEÑAR Se propone como intervención en la fachada este la retirada del material afectado y en mal estado y subsanar la zona afectada mediante picado manual. Se sustituirá el material afectado por mampuestos sanos y se encintará toda la fachada con mortero de cal.	


FICHA 03	LESIÓN: Desprendimiento parcial de muro fachada sur
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Fachada sur de la vivienda	
ORIGEN DE LA LESIÓN Desprendimiento parcial del muro en la fachada sur del módulo central debido a la falta de consolidación y de mantenimiento.	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN El derrumbe de la estructura horizontal y de cubierta han originado la desconsolidación del muro. La falta de mantenimiento, de consolidación y las inclemencias meteorológicas lo han llevado a su derrumbe parcial.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, LABORES A DESEMPEÑAR Se propone como solución a adoptar, el derribo de la parte existente del muro en fachada sur con la planta primera y la reconstrucción, según planos adjuntos, y consolidación mediante un zuncho de coronación de hormigón armado.	

FICHA 04	LESIÓN: Vegetación en interior del módulo central
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Interior del módulo central de la vivienda. Fotografía panorámica interior.	
ORIGEN DE LA LESIÓN La evidente falta de mantenimiento de la edificación es la principal causa de la proliferación de la vegetación en el interior del módulo central.	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN Presencia de zarzas y plantas enredaderas en la fachada e interior del módulo.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, LABORES A DESEMPEÑAR Se llevaran a cabo labores de desbroce y retirada de maleza en el interior del módulo mediante el uso de medios manuales y mecánicos. Se procederá a la limpieza del muro y se aplicaran productos químicos antirraíces.	

FICHA 05	LESIÓN: Grieta en la fachada sur
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Fachada sur de la vivienda. Fotografía interior y exterior de la fachada	
ORIGEN DE LA LESIÓN El desprendimiento parcial del muro en la fachada sur del módulo central debido a la falta de consolidación y de mantenimiento de este ha facilitado la aparición de la grieta en el encuentro entre la fachada sur y la fachada este.	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN Presencia de grieta en el encuentro entre la fachada sur y la fachada este de la vivienda.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, LABORES A DESEMPEÑAR Se propone como solución a adoptar, el derribo de la parte existente del muro en fachada sur con la planta primera y la reconstrucción, según planos adjuntos, y consolidación mediante un zuncho de coronación de hormigón armado.	

FICHA 06	LESIÓN: Deterioro cubiertas fachada norte
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Módulo norte de la vivienda. Fotografía exterior zona de lavadero y dormitorio.	
ORIGEN DE LA LESIÓN La evidente falta de mantenimiento de la edificación es la principal causa del deterioro de las cubiertas en el módulo norte.	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN Asuencia casi total de la teja cerámica curva dejando las placas de fibrocemento como único material de cobertura existente y proliferación de vegetación.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, LABORES A DESEMPEÑAR Las cubiertas del módulo norte no son elementos a preservar en el proyecto. Se propone la retirada de todo el material de cobertura por empresa especializada para su reciclaje.	

FICHA 07	LESIÓN: Pudrición forjado altillo
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Forjado altillo en módulo norte. Fotografías desde cocina.	
ORIGEN DE LA LESIÓN La lesión se origina debido a la alta presencia de humedad en el interior de la vivienda, ya que esta se encuentra en contacto directo con el ambiente exterior. Condiciones favorables para la presencia de insectos y microorganismos.	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN Hongos de pudrición y presencia de insectos xilófagos en el entablado y estructura de madera del forjado del altillo en el módulo norte. Tanto el revestimiento de madera, como la propia estructura y entablado se ven afectados.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, LABORES A DESEMPEÑAR Tanto el entablado como la estructura horizontal del altillo no son elementos a preservar en el proyecto. Debido a su mal estado se propone la retirada del elemento estructural y la limpieza de la zona	

FICHA 08	LESIÓN: Humedades y desprendimiento de alicatado
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Interior de la cocina situada en el módulo norte de la vivienda. Fotografías interiores.	
ORIGEN DE LA LESIÓN La falta de labores de mantenimiento en la cubierta del altillo ha dado lugar a la filtración de agua por el sellado del conducto de la chimenea. La alta presencia de humedad interior ha dado lugar al desprendimiento parcial del alicatado de la cocina.	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN Presencia de manchas blancas de humedad debidas al escurrimiento del agua desde la cubierta. Desprendimiento parcial del alicatado debido a la falta de adherencia del material de agarre.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, LABORES A DESEMPEÑAR Debido a que la cocina y sus acabados en el módulo norte junto no son elementos a preservar en el proyecto, se propone la demolición completa de ésta.	

FICHA 09	LESIÓN: Desplome muro fachada oeste
	
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN Muro exterior de fachada oeste del módulo central.	
ORIGEN DE LA LESIÓN El desprendimiento parcial del muro en la fachada oeste del módulo central, en su encuentro con la fachada sur, debido a la falta de consolidación y de mantenimiento de éste, ha dado lugar a su desplome.	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN Presencia de un desplome de 11 centímetros del muro de mampostería.	
SOLUCIÓN PROPUESTA, LABORES A DESEMPEÑAR Debido a que la cocina y sus acabados en el módulo norte junto no son elementos a preservar en el proyecto, se propone la demolición completa de ésta.	

1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Descripción:

El presente documento se corresponde al proyecto de rehabilitación de una vivienda unifamiliar en rua Carballa, 97 en el entorno del ayuntamiento de Santiago de Compostela, A Coruña. La situación y emplazamiento de la parcela se encuentra recogida en los planos generales. El uso característico del edificio es de vivienda unifamiliar. A continuación se describe detalladamente el proyecto de rehabilitación de la vivienda así como su programa de necesidades y la solución adoptada.

Ficha resumen, datos de la finca:

La parcela donde se sitúa la vivienda es de geometría triangular irregular, localizada en el número 97 de la rua da Carballa en el ayuntamiento de Santiago de Compostela, A Coruña. La rehabilitación se corresponde con un edificio de tipología vivienda unifamiliar aislada.

PARCELA VIVIENDA

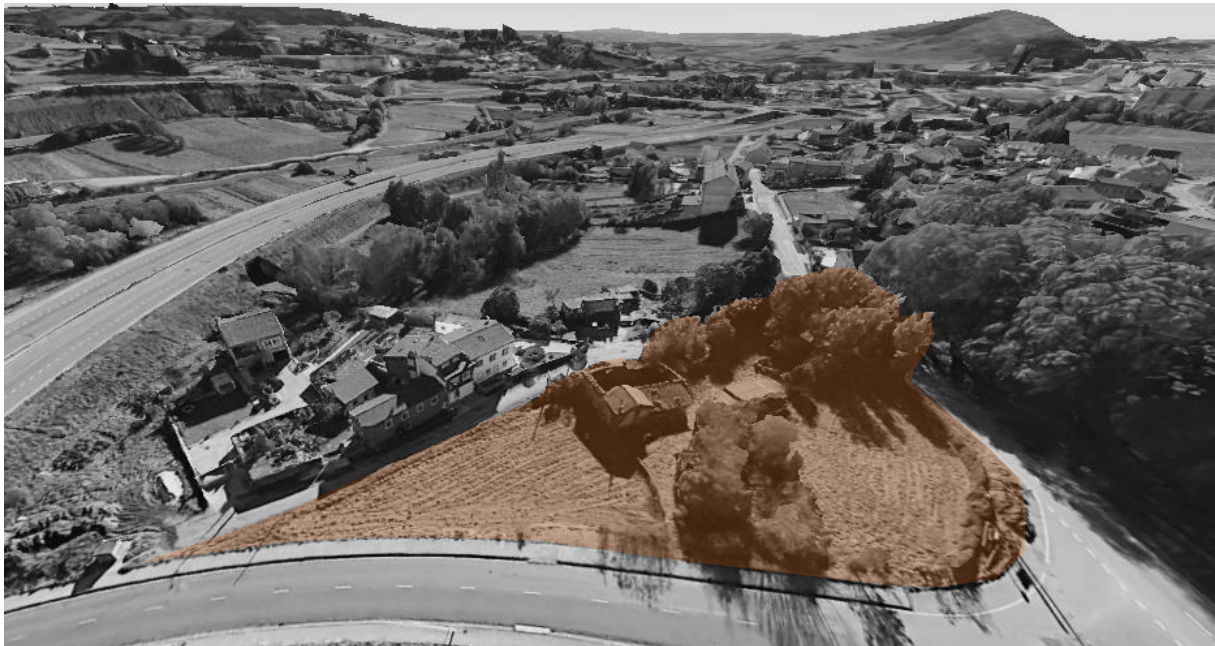
SITUACIÓN	Rua da Carballa, 97, 15707, Santiago de Compostela, A Coruña	
REFERENCIA CATASTRAL	0203801NH4409C0001KX	
GEOMETRÍA	Triangular irregular	
TOPOGRAFÍA	Leve con ligera pendiente hacia el NE	
SUELO	Suelo Urbano	
CATEGORÍA	Suelo Urbanizable	
SUPERFICIES	S. BRUTA	2876,00 m ²
	S. NETA	1478,58 m ²
	S. CESIÓN SUD-3	1211,95 m ²
	S. CESIÓN ALINEAC.	187,58 m ²
LINDES	N	Vial polígono Costa Vella
	O	C. de Amio
	SE	Rua da Carballa
SERVIDUMBRES	La parcela no tiene servidumbres	
ORDENANZA	Ordenanza 11 Núcleos tradicionais incorporados ó solo urbano	
NORMATIVA	PXOM Santiago de Compostela. Aprobación Mayo 2008	

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

FOTOGRAFÍAS DE LA PARCELA



Actuaciones previas sobre el edificio:

Se llevarán a cabo en primera instancia actuaciones previas de desbroce de vegetación y limpieza del edificio mediante el uso de productos químicos antiraíces. Se retirará toda la maleza del módulo central y los restos de la estructura de cubierta y del forjado de planta primera que descansan en su interior.

Se demolerán todos los elementos de la vivienda que no son objeto de intervención de mantenimiento:

- Demolición interior: Se demolerán todos los elementos situados en el interior de la vivienda así como, el picado de alcatado y mortero de agarre y revestimiento en el interior de la cocina y en el dormitorio, el techo de hormigón y la tabiquería de ladrillo hueco doble que conforma el dormitorio y la retirada y picado del recercado de mortero de las carpinterías de aluminio del módulo norte. Se retirará todo el mobiliario y utensilios existentes en el interior de la vivienda.
- Levantamiento del suelo: Una vez llevada a cabo la demolición interior se procederá al picado y retirada del suelo del módulo norte.
- Cubiertas existentes: cubierta en módulo sur (zaguán y almacén) cubierta en módulo norte (zona donde se ubica el lavadero y el dormitorio y altillo de planta primera). Se retirarán placas de fibrocemento y restos de teja cerámica curva por empresa especializada registrada (Registro de Empresa con Riesgo de Amianto).
- Estructura de cubierta en módulo sur y norte: Vigas de castaño y entablado de conífera.
- Estructura horizontal: Vigas de castaño y entablado de conífera junto con el revestimiento interior de madera contrachapada en estado de pudrición del forjado del altillo en el módulo norte.

Se retirarán los restos de las carpinterías existentes de la vivienda original.

Se conservarán las jambas y dinteles originales de los accesos originales de la vivienda.

Se demolerán los muros estructuralmente inestables: muro de fachada oeste y el muro de fachada sur del módulo central en planta primera.

El muro de fachada sur se reconstruirá empleando mampuestos del muro de fachada oeste. Cotas de muros indicadas en los planos de arquitectura correspondientes.

Se consolidará la estructura mediante un anillo de hormigón armado en la coronación de la estructura existente. Los muros originales de carga se conservan.

Los huecos de las ventanas de planta primera, tanto la ventana del altillo del módulo norte, como la ventana de planta primera de la fachada oeste, se tapiarán con mampuestos sobrantes de la demolición del muro de la fachada oeste tomados con mortero de cal.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Se encintarán mediante mortero de cal no pintada toda la mampostería en la cara exterior de los muros a conservar.

La cara interior de los muros de mampostería se revestirá con cortero de cal para regularizar y nivelar toda su superficie.

Se abrirán cuatro huecos en los muros de mampostería existentes: Un hueco en el almacén del módulo sur, dos huecos en la fachada este y un hueco que comunicará el módulo sur con el módulo central. Los huecos existentes en planta baja se ampliarán en orden de satisfacer los requerimientos de iluminación y ventilación de la normativa vigente.

Excavación de la tierra compactada en todos los módulos. Los módulos sur, central y la zona que albergará el comedor en el módulo norte comparten la misma cota, mientras que la zona del altillo que albergará la lavandería y el baño de la suite bajará hasta una cota inferior. Ver cotas de suelo en planos de arquitectura correspondientes.

Excavación perimetral en todo el perímetro interior de los cuatro módulos para la ejecución de las vigas de cimentación. Cotas en plano de cimentación correspondiente.

Apertura de pases para instalaciones en muros y para la ventilación de la solera. Situación de los pases y cotas en los planos de instalaciones correspondientes.

Nivelación de suelo para la instalación de la solera ventilada tipo cáviti con una capa de zahorra y hormigón de limpieza.

La nueva estructura de paneles de madera laminada cruzada (CLT) se erigirá sobre las vigas de cimentación. Muros de CLT de 90mm, paneles de forjado de 140mm y paneles de cubierta de 120mm. Detalles de uniones y anclajes así como el despiece y código de los paneles en planos de estructura correspondientes.

En el exterior de la parcela se ejecutará un drenaje perimetral de toda la vivienda con tubo de PVC ranurado de Ø160. Dimensiones y detalles aduntos en plano de instalaciones correspondiente.

1.4.2. PROGRAMA DE NECESIDADES Y SOLUCIÓN ADOPTADA

El programa de la vivienda se resuelve en un único volumen compuesto por cuatro módulos conexos entre sí. Un módulo sur de planta baja, un módulo central de planta baja y planta primera y en el norte de la vivienda dos módulos: uno de planta baja y otro de planta baja y un altillo de planta primera. No se proyecta ninguna planta bajo rasante.

Como solución adoptada se proyecta el levantamiento de una nueva estructura con paneles de madera laminada cruzada (CLT) en el interior de la estructura original de la vivienda sobre vigas de cimentación perimetrales. Los paneles conformarán tanto la estructura vertical, horizontal y la estructura de cubierta. Se conservará la función envolvente de la estructura y se consolidará pero no conservará su función portante. Funcionando así la estructura original como un cascarón que envuelve a la nueva estructura de paneles de CLT.

La zona de día se sitúa en la planta baja de los cuatro módulos que se comunican entre sí mediante las conexiones originales de la vivienda y una nueva conexión en el muro de mampostería que conecta con la cocina en el módulo sur. La vivienda distribuye su zona de día en planta baja situando la cocina, el cuarto de instalaciones y despensa en el módulo sur comunicado éste al módulo central con el recibidor y las escaleras, un salón en el módulo central y un pasillo distribuidor que conecta con el cuarto de aseo y el dormitorio de planta baja y con una zona de paso, original de la vivienda, que une el módulo central con el comedor en el módulo norte y desde éste una zona de paso, también original de la vivienda, hacia la lavandería.

El salón en el módulo central y el comedor en el módulo norte se comunican con el exterior, dentro de la propia parcela, por la fachada oeste. El dormitorio en planta baja y su baño se relacionan con el exterior, dentro de la propia parcela, por sendas puertas balconeras hacia la fachada este.

La vivienda dispone de dos accesos principales desde la vía rua da Carballa en la fachada sur. El primer acceso ingresa en la cocina del módulo sur y el segundo acceso da paso al recibidor, junto al salón en el módulo central.

La zona de noche se ubica en la planta primera del módulo central a la cual se accede a través de una escalera de un tramo recto situada junto al recibidor y al acceso abierto a la cocina. La planta primera, de igual superficie a la planta baja del módulo central acoge tres dormitorios y un baño. El desembarco de las escaleras da lugar a un pasillo distribuidor hacia los dos dormitorios individuales y el cuarto de baño en dirección izquierda y la puerta de acceso del dormitorio principal en dirección derecha. El dormitorio principal (suite) en el módulo central se comunica con un cuarto de baño, situado en el altillo del módulo norte sobre la lavandería, a través del acceso original de la vivienda en planta primera mediante escaleras para salvar la cota de altura.

En el exterior de la fachada oeste, así como al exterior de la fachada sur y principal zona de acceso de la vivienda, se encuentra una zona pavimentada con una diferencia de

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

cota entre ambas de 35 centímetros. Se distinguen como terraza exterior en la fachada oeste y como zona de estacionamiento en la fachada sur.

Relación con el entorno

La volumetría del proyecto se adecua con el volumen original de la vivienda y se ajusta a la topografía de la parcela respetando los parámetros establecidos por la normativa urbanística vigente y dispone de acceso desde la vía pública manteniendo las rasantes establecidas en el planeamiento. La geometría rectangular original de la vivienda no se ve alterada.

La vivienda se ajusta cumpliendo las alturas máximas de la ordenanza municipal sin llegar a sobrepasarlas tomando como referencia la rasante de la parcela situada a +35cm sobre la rasante de la vía en el punto más desfavorable de la vivienda, en su fachada sur cumpliendo de este modo con las alturas máximas de cumbre. Se proyecta en el altillo del módulo norte una cubierta a un agua en continuidad con la pendiente de la cubierta del módulo central, no aumentando así su volumen original. La cubierta del módulo central es una cubierta a dos aguas respetando el sentido de la cubierta original de la vivienda. Las cubiertas de la cocina en el módulo sur y del comedor en el módulo norte respetan las pendientes y volúmenes originales.

Todas las cubiertas de la vivienda son inclinadas a un agua a excepción de la cubierta del módulo central, a un agua con una pendiente máxima de 19º, cumpliendo con los parámetros de alturas máximas exigidos por la normativa urbanística. Se resuelven mediante bandejas de zinc color gris RAL 7015 y canalón oculto.





Las fachadas de planta primera se resuelven mediante la instalación de aislamiento térmico de XPS entre el muro de mampostería y la nueva estructura de la vivienda.

Las fachadas de planta primera se resolverán mediante aislamiento continuo de XPS anclado mediante espigas. Entre el aislamiento se instalará un taqueado de alta densidad al tresbolillo para anclar la estructura portante la cual soportará el revestimiento de fachada de lamas verticales de madera termotratada.

La combinación de materiales integra a la vivienda en el entorno rural tradicional del cual se rodea.

Las carpinterías se proyectan en aluminio madera (FIN-LIGNA de Finstral) con triple acristalamiento y rotura de puente térmico. Su acabado exterior será el aluminio en color gris RAL-7015 en sintonía con el color de las cubiertas.

En los nuevos huecos exteriores en los muros de mampostería y en la ampliación de los existentes, se proyecta un marco perimetral de acero cortén que desempeña la doble función de retacado de los huecos y de cargadero.

En la coronación de los muros de mampostería se instalará un babero de zinc para la evacuación de las aguas pluviales hacia el exterior.

Orientación de la vivienda:

La vivienda tiene una orientación en su fachada norte (norte de proyecto) de -30 grados con respecto al norte geográfico (norte real) orientándose ésta hacia el noroeste. Conociendo la incidencia del sol sobre la vivienda la zona de día, en planta baja, se orienta principalmente hacia el sur, este y oeste, así como la zona de noche en planta primera. De este modo se potenciarán las ganancias solares en invierno y se instalarán sistemas de sombreado mediante estores interiores en las fachadas más expuestas para evitar el sobrecalentamiento en verano. De igual modo, en la fachada norte de la vivienda no se abrirán nuevos huecos y simplemente se respetarán los huecos existentes, ya que al ser la fachada pésima, la cual no otorga ningún tipo de ganancia solar al estar continuamente sombreada, disminuirémos pérdidas energéticas.

El sombreado de los huecos de fachada en planta baja se logra gracias al remetimiento de las carpinterías, el cual supone todo el espesor del muro (50cm), exceptuando los huecos hacia el oeste, que al no existir muro de mampostería se logrará el sombreado mediante la instalación de estores interiores al igual que en los huecos de planta primera. De este modo permiten la entrada de la luz y la radiación solar en invierno y la protegen en verano.

La ventana de la cocina se orienta hacia el sur así como las ventanas de los tres dormitorios de planta primera.

Hacia el este, las puertas balconeras del dormitorio de planta baja y la lavandería y en planta primera la ventana fija de la suite, la ventana del vestidor y del baño.

Hacia el oeste las balconeras del salón, las osciloparalelas del comedor y el baño de planta primera.

En la fachada norte la ventana norte del comedor y la ventana norte del baño de la suite.

De este modo, se minimizan los huecos hacia el norte y se sitúan en su mayoría hacia el sur para así potenciar el máximo de ganancias.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denis Prieto Giraldo

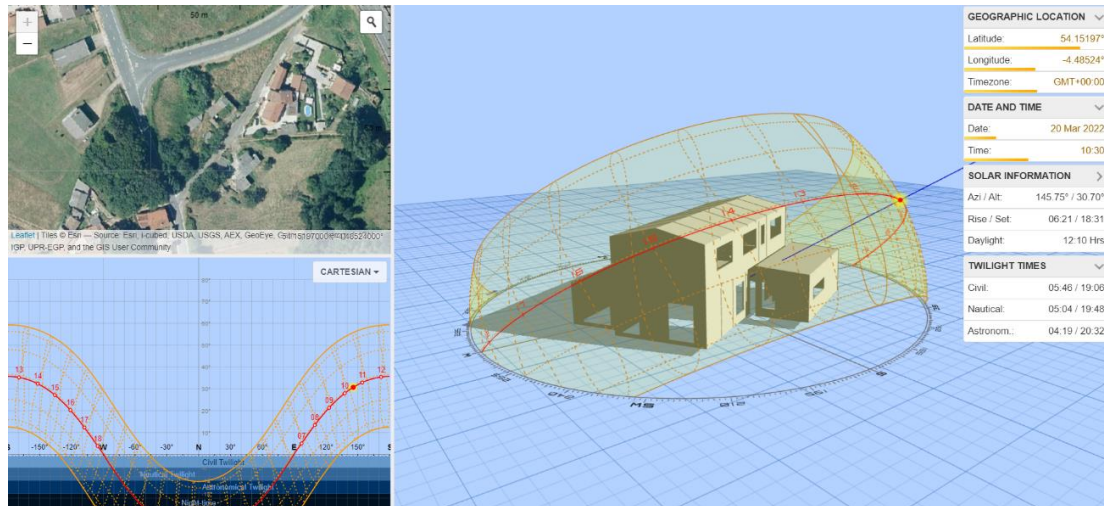


Ilustración 12: RECORRIDO DEL SOL: EQUINOCCIO DE PRIMAVERA. (Marsh, 2020)¹²

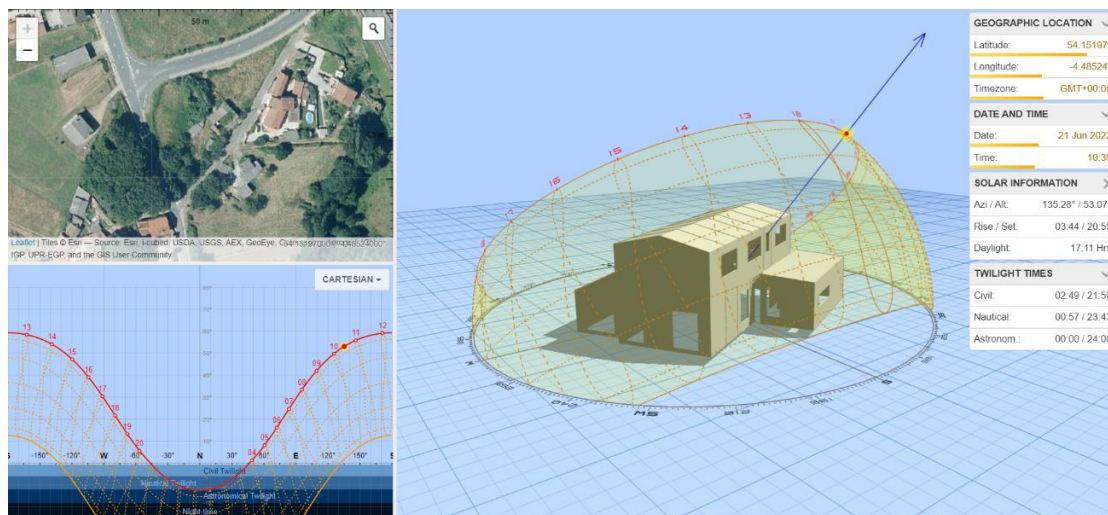


Ilustración 13: RECORRIDO DEL SOL: SOLSTICIO DE VERANO. (Marsh, 2020)¹³

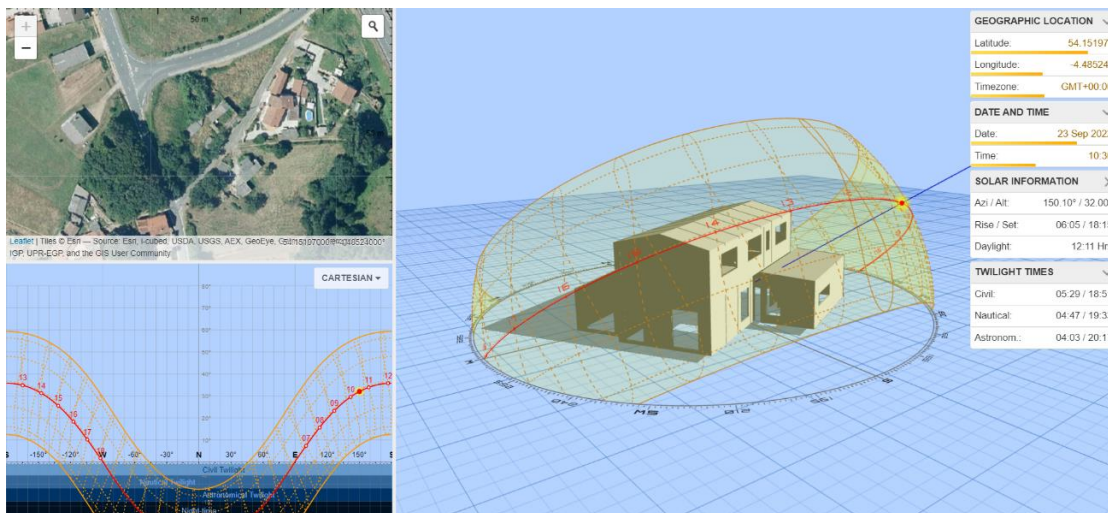


Ilustración 14: RECORRIDO DEL SOL: EQUINOCCIO DE OTOÑO. (Marsh, 2020)¹⁴

¹² (Marsh, 2020)

¹³

¹⁴

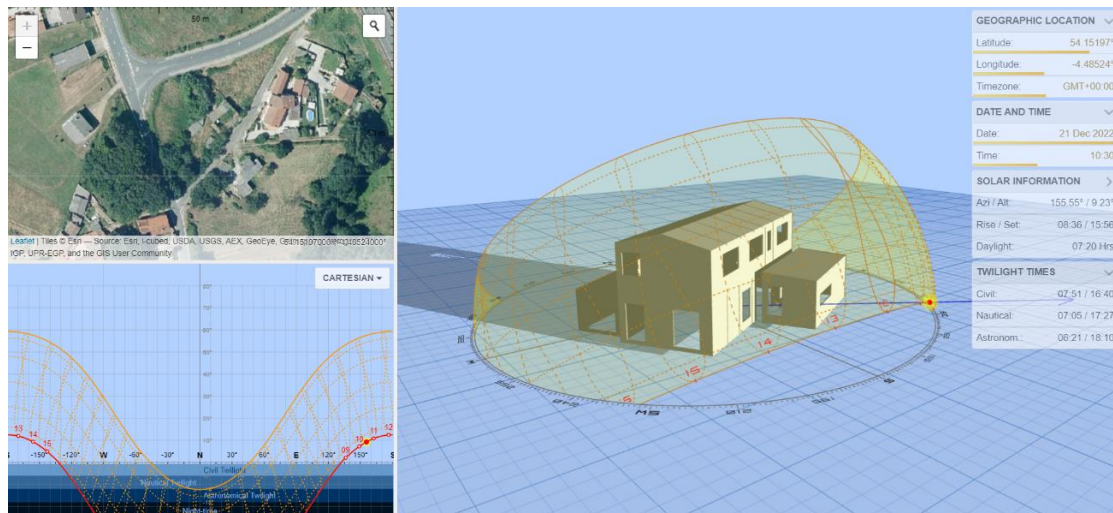


Ilustración 15: RECORRIDO DEL SOL: SOLSTICIO DE INVIERO. (Marsh, 2020)¹⁵

Igualmente se ha procurado que el diseño de la vivienda disponga de huecos enfrentados en dirección opuestas como estrategia pasiva de refrigeración.

¹⁵ (Marsh, 2020)

1.4.3. CUADRO DE SUPERFICIES

CUADRO DE SUPERFICIES PLANTA BAJA	
ESTANCIA	SUPERFICIE
1 Recibidor	3,74 m ²
2 Distribuidor	6,81 m ²
3 Cocina	15,00 m ²
4 C.Instalaciones/Despensa	7,13 m ²
5 Almac. Personal 0.1	1,02 m ²
6 Salón	25,91 m ²
7 Corredor	7,67 m ²
8 Aseo 0.1	3,91 m ²
9 Núcleo de escaleras	3,88 m ²
10 Dormitorio 0.1	13,54 m ²
11 Baño 0.1	5,29 m ²
12 Almac. Personal 0.2	2,04 m ²
13 Comedor	20,14 m ²
14 Lavandería	8,08 m ²
15 Aseo 0.2	3,11 m ²

SUPERFICIE PLANTA BAJA	
SUPERFICIE ÚTIL	127,27 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	181,34 m ²

CUADRO DE SUPERFICIES EXTERIORES	
1 Terraza	24,00 m ²
2 Zaguán	34,43 m ²

CUADRO DE SUPERFICIES PLANTA PRIMERA

ESTANCIA	SUPERFICIE
1 Núcleo escaleras	4,52 m ²
2 Corredor	6,08 m ²
3 Baño 1.1	5,32 m ²
4 Dormitorio 1.1	16,06 m ²
5 Almac. Personal 1.1	2,31 m ²
6 Dormitorio 1.2	16,38 m ²
7 Almac. Personal 1.2	2,65 m ²
8 Dormitorio Suite 1.3	14,88 m ²
9 Almac. Personal 1.3A	1,06 m ²
10 Almac. Personal 1.3B	0,82 m ²
11 Almac. Personal 1.3C	1,06 m ²
12 Vestidor	5,97 m ²
13 Acceso baño	2,13 m ²
14 Baño 1.2	10,04 m ²

SUPERFICIE P1

SUPERFICIE ÚTIL	89,12 m ²
SUPERFICIE CONSTRUÍDA	119,11 m ²

SUPERFICIES TOTALES

SUPERFICIE TOTAL ÚTIL	216,39 m ²
SUPERFICIE TOTAL CONSTRUÍDA	311,34 m ²

1.4.4 NORMATIVA APLICABLE

ESTATAL

- Ley38/1999, de 5 de Noviembre, de ordenación de la Edificación
B.O.E.: 6-NOV-1999
- Código Técnico de la edificación
REAL DECRETO 314/2006, de 17 de Marzo, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 28-MAR-2006
- Procedimiento básico para la certificación energética de los edificios
REAL DECRETO 235/2013, de 5 de Abril, del ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 13-ABR-2013
- Infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicaciones
REAL DECRETO LEY 1/1998, de 27 de febrero, de la Jefatura del Estado
B.O.E.: 28-FEB-1998
- Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones.
REAL DECRETO 346/2011, de 11 de marzo, del ministerio de Industria, Turismo y Comercio
B.O.E.: 01-ABR-2011
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE)
REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de Julio, del Ministerio de Presidencia
B.O.E.: 29-AGO-2007
- Reglamento electrotécnico de baja tensión
REAL DECRETO 842/2002, de 2 de Agosto, del ministerio deCiencia y Tecnología
B.O.E.: 18-SEP-2002
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones Técnicas Complementarias (ITC. BT 01 a BT51)
REAL DECRETO 842/2002, de 2 de Agosto, del ministerio de Ciencia y Tecnología
B.O.E.: suplemento al nº224, 18-SEP-2002

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

- Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición
REAL DECRETO 105/2008, de 1 de Febrero, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 13-FEB-2008
- Evaluación ambiental
LEY 21/2013, de 9 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 11-DIC-2013
- Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción REAL
DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia B.O.E.: 25-
OCT-1997
- Prevención de Riesgos Laborales
LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado
B.O.E.: 10-NOV-1995

AUTONÓMICA

- Ley de Aguas de Galicia
Ley 9/2010 de 4 de Noviembre
D.O.G.: 222 de 18-NOV-2010
- Normas de habitabilidad de viviendas de Galicia
Decreto 29/2010 del 4 de Marzo de la consellería de Medio Ambiente, Territorio
e Infraestructuras.
D.O.G.: 53 de 18-MAR-2010
- LEY DE VIVIENDA DE GALICIA
Ley 8/2012 de 29 de diciembre de 2008, de la Consellería de Presidencia
D.O.G.: 141 de 29-JUL-2012
- LEY DEL SUELO DE GALICIA
Ley 2/2016 de 10 de febrero de 2016
D.O.G.: 34 de 19-FEB-2016
- LEY DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE GALICIA
Ley 10/1995 de 23 de noviembre
D.O.G.: 233 de 05-DIC-1995
- REGULACIÓN DEL RÉGIMEN JURÍDICO DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS
Y REGISTRO GENERAL DE PRODUCTORES Y GESTORES DE RESIDUOS DE GALICIA
Decreto 174/2005, de 9 de junio de 2005, de la Consellería de Medio Ambiente
D.O.G.: de 29-JUN-2005

LOCAL

- Plan Xeral de Ordenación Municipal (PXOM) de Santiago de Compostela.
Texto refundido final aprobado en pleno del Concello el 30 de Octubre de 2008
conforme a lo exigido por el artículo 92.2 de la Ley 9/2002 del 30 de Diciembre
de ordenación urbanística y protección del medio rural de Galicia.

1.5. CUMPLIMIENTO CTE

A continuación, se recoge la descripción de las prestaciones del edificio por requisitos básicos y en relación con las exigencias básicas del CTE:

Son requisitos básicos, conforme a la Ley de Ordenación de la Edificación, los relativos a la FUNCIONALIDAD, SEGURIDAD Y HABITABILIDAD. Se establecen estos requisitos con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, debiendo los edificios proyectarse, construirse, mantenerse y conservarse de tal forma que se satisfagan estos requisitos básicos.

1.5.1. FUNCIONALIDAD

Utilización

Las dimensiones de los recintos, espacios y recorridos de circulación, así como la dotación de las instalaciones, se ajustan a las limitaciones de la normativa vigente, permitiendo la adecuada realización de las funciones y actividades previstas en ellas.

Se ha tenido en cuenta en el proyecto lo establecido en el DB-SUA y en el DECRETO 29/10 de las NORMAS DE HABITABILIDAD DE VIVIENDAS DE GALICIA. Su justificación se especifica en el apartado correspondiente relativo a la Norma de Habitabilidad de Viviendas de Galicia del presente proyecto.

Accesibilidad

El proyecto cumple con los requisitos de Accesibilidad recogidos en el CTE DB-SUA de forma que todas las personas con movilidad y comunicación reducida se les permita el acceso y la circulación por el edificio. Su justificación se especifica en el apartado correspondiente a la Accesibilidad del presente proyecto.

Acceso a los servicios de telecomunicación, audiovisuales y de información

El proyecto se ha llevado a cabo de tal manera que se garanticen los servicios de telecomunicación (Real Decreto Ley 1/1998, de 27 de Febrero sobre infraestructuras Comunes de Telecomunicación) telefonía y audiovisuales.

Facilitación de acceso de servicios postales

En el proyecto se facilita el acceso a los servicios postales dotando en el acceso de buzón, instalación apropiada para la entrega de los envíos postales, según su normativa específica.

1.5.2. SEGURIDAD

Seguridad estructural

En el proyecto se ha tenido en cuenta lo establecido en los documentos básicos DB-SE-AE de Acciones en la Edificación, DB-SE de Bases de Cálculo, DB-SE-C de Cimientos, y DB-SE-M de Madera, asegurando así que el edificio dispone de un comportamiento estructural adecuado ante las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y su uso previsto, de tal forma que no se produzcan en éste o en alguna de sus partes, daños cuyo origen afecte a su cimentación, vigas, forjados, muros u otros elementos estructurales que comprometan directamente la resistencia mecánica, la estabilidad del edificio o que se produzcan deformaciones inadmisibles.

Seguridad en caso de incendio

El edificio se ajusta a lo establecido en el DB-SI reduciendo a límites aceptables el riesgo de que sus ocupantes se expongan a daños o percances que deriven de un posible incendio de origen accidental y garantizando que los usuarios desalojen el edificio en condiciones de seguridad pudiendo acotar la extensión o propagación del incendio dentro del propio edificio y de sus colindantes permitiendo, sin limitaciones, la actuación de los equipos de extinción y rescate. El espacio exterior inmediatamente próximo al edificio cumple las condiciones suficientes para la intervención de los servicios de extinción de incendios.

Seguridad de utilización y accesibilidad

El proyecto se ajusta a lo establecido en DB-SUA en lo referente a la configuración de los espacios, los elementos fijos y móviles que se instalen en el edificio, de tal forma que pueda ser utilizado para los fines previstos reduciendo a límites aceptables el riesgo de accidentes para los usuarios.

1.5.3. HABITABILIDAD

Higiene, salud y protección de medio ambiente

El edificio alcanza condiciones adecuadas de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior, sin deteriorar el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una correcta gestión de toda clase de residuos, disponiendo:

- Medios que impiden la presencia de agua o humedad inadecuada procedente de precipitaciones atmosféricas, del terreno o de condensaciones, y dispone de medios para impedir su penetración o, en su caso, permiten su evacuación sin producción de daños.
- Espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados de forma acorde con el sistema público de recogida.
- Ventilación suficiente para un aporte de caudal de aire exterior que garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.
- Medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua.
- Medios adecuados para la extracción de las aguas residuales generadas de forma independiente con las precipitaciones atmosféricas.

Protección frente al ruido

Se han diseñado los elementos de la envolvente exterior del edificio y su división interior con soluciones constructivas adecuadas en función del aislamiento requerido para el uso previsto en las dependencias que delimitan y donde el ruido percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades.

Ahorro de energía

El edificio se proyecta teniendo en cuenta lo establecido en DB-HE, consiguiendo un uso racional de la energía necesaria para la utilización del edificio, reduciendo a límites sostenibles su consumo y logrando que parte del consumo provenga de fuentes de energía renovable.

- La envolvente exterior del edificio, así como las divisiones interiores entre espacios calefactados y no calefactados, disponen de una solución constructiva adecuada a las limitaciones de la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la zona, del uso previsto y del régimen de verano y de invierno.
- Las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, permiten la reducción del riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar las

características de la envolvente. Se ha tenido en cuenta especialmente el tratamiento de los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

- Se han minimizado las aperturas de huecos de fachada al norte de la vivienda y se han proyectado la mayoría de éstos hacia su orientación sur para el aprovechamiento de las ganancias por radiación solar e iluminación natural.
- Se han proyectado las carpinterías exteriores con marcos con rotura de puentes térmicos y un triple acristalamiento bajo emisivo de tal forma que tanto su perfilaría como su acristalamiento otorguen las máximas ganancias posibles y la minimización de las pérdidas.
- Las instalaciones térmicas dispondrán de equipos de alta calificación de eficiencia energética y sus elementos se ejecutarán para evitar pérdidas y un menor rendimiento de la instalación.
- La edificación proyectada dispone de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita regular el encendido a la ocupación real de la zona.
- La demanda de agua caliente sanitaria (ACS) se cubrirá mediante la incorporación de una instalación de aerotermia.
- La generación energética de frío y calor se realiza mediante un sistema de aerotermia combinado con un sistema de recuperación de calor junto con una batería de postcalentamiento para el aporte térmico que incorpora su propio sistema de deshumectación. Se situarán elementos auxiliares en las zonas de mayor carga térmica (radiadores toalleros eléctricos y espejos radiantes eléctricos en baños y aseos) como apoyo energético en invierno.

1.6. PRESTACIONES DEL EDIFICIO

El edificio cumple con las prestaciones de carácter cualitativo del CTE, para alcanzar, de este modo, la calidad demandada por la sociedad. Su especificación y, en su caso, su cuantificación, se justifica en los diferentes apartados de la presente memoria, en base a los siguientes requisitos básicos:

1.6.1 PRESTACIONES EN CUMPLIMIENTO CON LOS REQUISITOS BÁSICOS DEL CTE

1.6.1.1 SEGURIDAD

Requisito básico de seguridad estructural

CTE DB-SE Seguridad Estructural

En el proyecto se ha tenido en cuenta lo establecido en los documentos básicos DB-SE-AE de Acciones en la Edificación, DB-SE de Bases de Cálculo, DB-SE-C de Cimientos, y DB-SE-M de Madera, asegurando así que el edificio dispone de un comportamiento estructural adecuado ante las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y su uso previsto.

Requisito básico de seguridad en caso de incendio

CTE DB SI Seguridad en caso de Incendio

El edificio se ajusta a lo establecido en el DB-SI reduciendo a límites aceptables el riesgo de que sus ocupantes se expongan a daños o percances que deriven de un posible incendio de origen accidental y garantizando que los usuarios desalojen el edificio en condiciones de seguridad pudiendo acotar la extensión o propagación del incendio dentro del propio edificio y de sus colindantes permitiendo, sin limitaciones, la actuación de los equipos de extinción y rescate. El acceso al edificio por los equipos de extinción y rescate se garantiza sin ningún impedimento. Todos los elementos constructivos se han proyectado de forma que superen los requerimientos mínimos de resistencia al fuego así como los requisitos de separación mínima entre éstos de acuerdo a la normativa aplicable.

Requisito básico de seguridad de Utilización y Accesibilidad

CTE DB SUA Seguridad de utilización y accesibilidad

El proyecto se ajusta a lo establecido en el documento básico SUA en lo referente a la configuración de los espacios, los elementos fijos y los móviles que se instalen en el edificio, de tal modo que pueda ser utilizado para los fines previstos reduciendo a límites aceptables el riesgo de accidentes para los usuarios.

1.6.1.2 HABITABILIDAD

Requisito básico de Salubridad

CTE DB HS Salubridad

El proyecto se ajusta a lo establecido en materia de higiene, salud y protección del medioambiente, de tal forma que se alcanzan condiciones aceptables de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior del edificio y que éste no deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de toda clase de residuos.

El conjunto de la edificación proyectada dispone de medios que impiden la presencia de agua o humedad inadecuada procedente de precipitaciones atmosféricas, del terreno o de condensaciones que frenan su penetración o, en su caso, permiten su evacuación sin producir daños.

La edificación dispone de espacios y medios, para la extracción de los residuos ordinarios generados en ésta acorde con el sistema público de recogida.

Así mismo dispone de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante su uso normal, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

También se dispone de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua y de medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas de forma independiente con las precipitaciones atmosféricas.

Requisito básico de protección frente al ruido

CTE DB HR Ruido

El proyecto se diseña en base a los requisitos de protección frente al ruido de tal forma que el ruido percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades. Todos los elementos constructivos, cuentan con el aislamiento acústico mínimo requerido para los usos previstos en las dependencias que delimitan.

Requisito básico de ahorro de energía

CTE DB HE Ahorro de Energía

En el proyecto se tiene en cuenta lo establecido en el documento básico de ahorro de energía de tal forma que se consigue un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio y que una parte del consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

1.6.1.3 FUNCIONALIDAD

Utilización

De tal forma que la disposición y las dimensiones de los espacios y la dotación de las instalaciones faciliten la adecuada realización de las funciones previstas en el edificio.

Accesibilidad

De tal forma que se permita a las personas con movilidad y comunicación reducidas el acceso y la circulación por el edificio en los términos previstos en su normativa específica.

Acceso a los servicios

De telecomunicación audiovisuales y de información de acuerdo con lo establecido en su normativa específica.

1.6.2. LIMITACIONES DE USO EN EL EDIFICIO

El edificio solo podrá destinarse al uso previsto para el cual se ha proyectado: **USO RESIDENCIAL VIVIENDA**

Las instalaciones se han previsto según dispone la normativa vigente para el buen funcionamiento del edificio.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denis Prieto Giraldo

2.MEMORIA URBANÍSTICA

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

ÍNDICE MEMORIA URBANÍSTICA

- 2. MEMORIA URBANÍSTICA
 - 2.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN
 - 2.2. ORDENANZA DE APLICACIÓN
 - 2.3. CUADRO URBANÍSTICO DE LA VIVIENDA

2.MEMORIA URBANÍSTICA

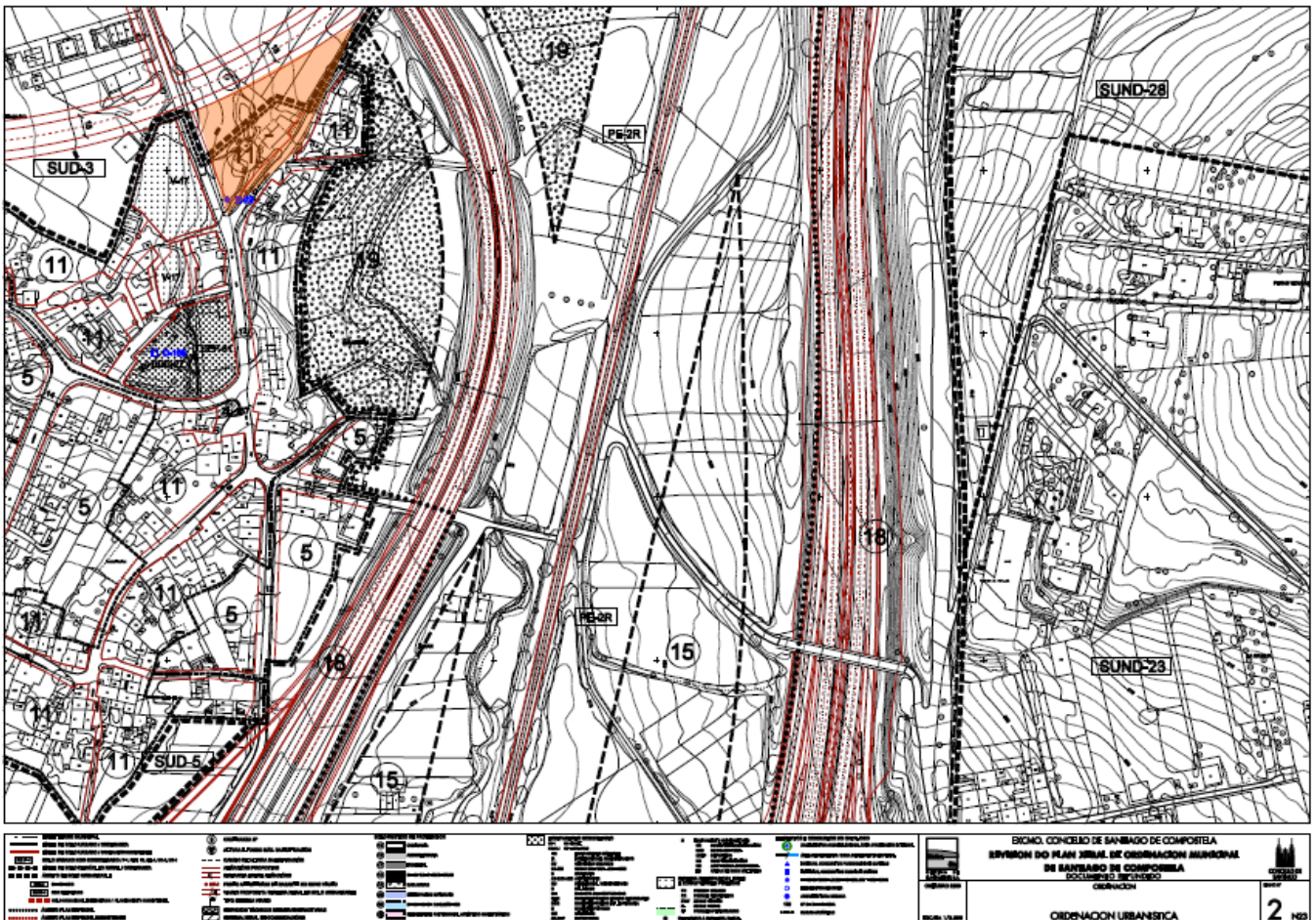
2.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN

El proyecto se adecua a la normativa local aplicable: Plan de Ordenación Municipal de SANTIAGO DE COMPOSTELA, aprobado en 2008.

Parcela ubicada en plano N23

2.2. ORDENANZA DE APLICACIÓN

La finca, de superficie neta 1478.58 m², donde se ubica el proyecto de vivienda unifamiliar, está clasificada y calificada como SUELO URBANIZABLE, CATEGORÍA DELIMITADO, ORDENANZA 11 DE NUCLEOS TRADICIONAIS INCORPORADOS Ó SOLO URBANO.



(Compostela, 2008)¹⁶

¹⁶ (Compostela, 2008)

2.3. CUADRO URBANÍSTICO DE LA VIVIENDA

PARÁMETROS DE LA EDIFICACION	NORMATIVA	PROYECTO
USOS		
Usos permitidos	Vivienda unifamiliar	Vivienda unifamiliar
PARCELA		
PARCELA MÍNIMA	300m ²	1478,58m ² (sup. Neta) >300m ²
CESIÓN A VIALES	Según planos de ordenación	187,58 m ²
PARCELA BRUTA	-	2876,00 m ² (catastro)
ALINEACIÓN	Según planos de ordenación	Según planos de ordenación
FRENTE MÍNIMO VÍA PÚBLICA	8m	14,14 (frente original vivienda)
VIVIENDA		
RETRANQUEO ALINEACIÓN	5m desde eje de vía	NO APLICA
RETRANQUEO LINDEROS	5m desde eje de vía	5m
EDIFICABILIDAD MÁXIMA	0,40m ² /m ² (591,2m ²)	0,21m ² /m ² (311,34m ²) cumple, se mantiene la edificabilidad original
OCUPACIÓN MÁXIMA	30%	Se mantiene la ocupación
NÚMERO MÁXIMO DE PLANTAS	B+1 (6,5m medido desde la rasante)	B+1 (6,5m medido desde la rasante) cumple
PENDIENTE MÁXIMA CUBIERTA	30º (art. 125.6)	19º,27º,12º <30º cumple
ALTURA CUMBRERA	6,5m	6,5m
BAJO CUBIERTA (COMPUTA EDIFICABILIDAD)	AUTORIZA	NO APLICA
SÓTANOS Y SEMISOTANOS	AUTORIZA	NO APLICA
USO EN SÓTANOS	NO HABITABLE	NO APLICA
ALTURA LIBRE MÍNIMA	2,5m	2,60m cumple
ALTURA LIBRE MÍNIMA (C. HÚMEDOS)	2,20m	2,20m cumple

ALEROS	0,40m máximo	NO APLICA
--------	--------------	-----------

DOTACIÓN DE APARCAMIENTO

PLAZAS DE APARCAMIENTO	Se permite (categorías 1ª y 2ª)	No se proyectan plaza de aparcamiento en el interior de la vivienda. Se reserva un espacio en la explanación exterior
------------------------	---------------------------------	---

CIERRES PARCELA

CIERRES	hmáx: 1,80m art. 126,9, (0.60 m opaco + 1.20 m tela metálica o elementos calados en más de un 50% + elementos vegetales opcionales)	Se mantiene el cierre original de la parcela con muros de mampuestos y elementos vegetales
---------	---	--

SERVICIOS URBANÍSTICOS

SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	Dispone de conexión a red general
ABASTECIMIENTO DE AGUA	Dispone de conexión a red general. No procede la colocación de pozo de captación
ACCESO RODADO	La finca dispone de acceso rodado sin asfaltar
RED DE EVACUACIÓN	Dispone de conexión a red general de saneamiento. No procede la colocación de fosa séptica.
ALUMBRADO PÚBLICO	Dispone de alumbrado público

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

3.MEMORIA CONSTRUCTIVA

ÍNDICE MEMORIA CONSTRUCTIVA

3. MEMORIA CONSTRUCTIVA

3.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO

3.2. SISTEMA ESTRUCTURAL

3.3. SISTEMA ENVOLVENTE

3.4. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

3.5. SISTEMA DE ACABADOS

3.6. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

3.7. EQUIPAMIENTO

3.MEMORIA CONSTRUCTIVA

3.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO

3.1.1 TERRENO, MOVIMIENTO DE TIERRAS

Limpieza, desbroce y excavación para la formación de las zanjas perimetrales donde se situarán las vigas de cimentación, la regularización de la solera y el pavimentado exterior mediante medios manuales y mecánicos y carga sobre contenedor de obra de 6m³ para su posterior vertido en vertedero autorizado.

Ejecución:

- Preparación de la zona de trabajo.
- Replanteo de la zona de excavación.
- Excavación de las tierras.
- Carga de las tierras en contenedor.

Los movimientos de tierra serán los necesarios para situar de forma correcta las cotas establecidas para la cimentación y las excavaciones necesarias para las instalaciones exteriores y de saneamiento de la vivienda.

El terreno será analizado previamente a la ejecución de los trabajos de excavación y movimientos de tierra con la finalidad de que sea lo suficientemente estable para soportar las solicitaciones de la estructura.

3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CIMENTACIÓN

La cimentación del edificio se corresponde con una cimentación directa superficial a mediante vigas de cimentación, y desciende hasta la cota de -100cm con respecto a la rasante en los módulos sur central y en el módulo norte donde se sitúa el comedor. En el módulo norte donde se localiza la lavandería y el altillo la cota de cimentación desciende hasta los 137cm.

ELEMENTO	ESPESOR	MATERIAL	ARMADURAS
HORMIGÓN DE LIMPIEZA	100mm/Hasta firme	HL-150/P/25	
CIMENTACIÓN	Según planos de estructuras	HA-25/P/40/Ila HA-25/B/20/Ila	B 500 S
SOLERA EXTERIOR	150 mm	HA-25/B/20/Ila	B 500 S

Las acciones características que se adoptarán para el cálculo de las solicitaciones y deformaciones son las recogidas por la norma CTE DB-SE-AE y sus valores se incluirán

en la Memoria Estructural. El diseño y cálculo de los elementos estructurales del hormigón armado se ajustarán a lo establecido en Código Estructural (sustituyendo a la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08).

Todo el suelo de planta baja se resolverá mediante una solera tipo cáviti de 25 cm y 5 cm de capa de compresión sobre 10 cm de hormigón de limpieza y una capa de grava compactada. La plataforma exterior donde se sitúa la terraza y el zaguán se resolverán mediante una solera de 15 cm de espesor sobre grava compactada.

La composición del suelo de cimentación hasta el suelo terminado será de: capa de grava compactada, 10 centímetros de hormigón de limpieza, piezas de encofrado de polipropileno de 25 centímetros, capa de compresión con mallazo de reparto de 5 centímetros, lámina antiradón, aislamiento térmico XPS de 12 centímetros de espesor, capa de 5 centímetros de recrecido de mortero y la capa de acabado.

Ejecución:

Una vez excavadas las zanjas para las vigas de cimentación se colocarán 8cm de XPS en todo el perímetro interior de los muros de mampostería, o en su defecto, con el terreno exterior de la vivienda en la fachada oeste del módulo central y del módulo norte, que servirá como encofrado perdido y como rotura del puente térmico de la cimentación en contacto con el terreno. Una vez situado el aislamiento perimetral se verterá el hormigón de limpieza para la nivelación de su base y se encofrará la cara interior de las vigas.

A continuación se presentará el armado de las vigas sobre los separadores de su base y se preverán e instalarán los pases de ventilación y saneamiento (ver planos de instalaciones) y se hormigonarán las vigas de cimentación. Previa a la regularización de la solera ventilada con el hormigón de limpieza y la grava compactada se colocará de nuevo un aislamiento perimetral continuo en la cara interior de la cimentación de 8cm de XPS para de este modo dejar la cimentación completamente aislada de la cámara de la solera.

Luego de haber colocado el aislamiento y regularizado el suelo con la capa de grava y el hormigón de limpieza, se presentarán las piezas de polipropileno (cáviti) de la solera ventilada, cortando y ajustando las piezas en sus encuentros finales con la cimentación. Las piezas de borde cortadas se sellarán con espuma para evitar huecos por donde se pueda filtrar el hormigonado de la capa de compresión.

En la ejecución de las piezas de la solera se preverán y ejecutarán pases de ventilación de la cámara y se dejarán instalados los tubos de saneamiento que discurrirán bajo el cáviti (ver planos de instalaciones).

Montadas las piezas y previstos y ejecutados los pases de las instalaciones se colocará el mallazo y se hormigonarán los 5 cm de la capa de compresión que quedará completamente enrasada con la cara superior de las vigas de cimentación.

Una vez montada la estructura vertical y horizontal (ver ejecución en apartado de sistema estructural) se colocará la lámina antiradón y el aislamiento térmico de la solera de 12

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

centímetros de espesor y la capa de 8 cm de recrecido separando de los muros estructurales mediante una pieza perimetral de EPDM o neopreno evitando así el posible contacto con la estructura vertical.

3.2. SISTEMA ESTRUCTURAL

Período de servicio previsto

Se estima un período de servicio de 50 años según CTE DB SE.

Geometría global:

La estructura se divide en cuatro grupos:

- Módulo1 central (Salón y zona de noche)
- Módulo2 norte (Comedor)
- Módulo3 norte (Lavandería y baño en altillo)
- Módulo4 sur (cocina y cuarto de instalaciones/despensa)

Los cuatro grupos de la vivienda son módulos independientes conectados entre si por sus correspondientes zonas de paso.. La estructura de cada módulo es independiente tanto su cimentación como la estructura vertical, horizontal y de cubierta.

Definición del sistema

Se plantean paneles de madera estructural de pino radiata contralaminada (CLT), de tres capas 30-30-30 y espesor total de 90mm para definir la estructura vertical interior y exterior de la vivienda. La altura máxima de los paneles que conforman los muros es de 2.92m.

Para la estructura horizontal se plantean paneles de forjado de madera estructural de pino radiata contralaminada (CLT), de cinco capas de 140 mm de espesor y dimensiones de capas de 40-20-20-20-40 mm. La luz máxima a salvar en estructura horizontal es de 5.83m.

La estructura de cubierta también la formaran paneles de madera contralaminada cruzada de espesor 120mm y tres capas de 40-40-40mm. La longitud máxima de los paneles de cubierta es de 3.47m en la cubierta a un agua del módulo sur (cocina).

Los paneles estructurales vendrán mecanizados de taller con huecos de carpinterías y pases de instalaciones ya realizados. Las dimensiones de los paneles y su correspondiente despiece se especifica en los respectivos planos de estructuras. Cada panel se referenciará con un código para su montaje, donde se especifica:

M01-N-F-01

M01: Módulo en el que se sitúa.

N,S,E,O: Orientación de fachada dentro del módulo.

F,T: en los paneles horizontales se diferenciarán los forjados (F) y los techos (T) y por último.

P01: referencia al número del panel.

El dimensionado máximo de los paneles será limitado a 12 metros de largo y 2.5 metros de ancho debido a su transporte.

Factores relativos a la durabilidad de la estructura:

La estructura de la vivienda en los módulos 1,2 y 4 se sitúan sobre la rasante del terreno. El módulo 3 (Norte altillo) se sitúa a una cota de -67cm con respecto a la rasante. Toda la madera de la estructura se sitúa en el interior de la vivienda siendo su clase de servicio 1 o 2.

Para asegurar la durabilidad de los paneles, con respecto a las humedades, se impermeabilizará la zona de asiento sobre las vigas de cimentación mediante la aplicación de pintura bituminosa. Además, en los arranques de los paneles se instalará una lámina impermeable junto con el sellado de la junta constructiva mediante cinta adhesiva Conect Band de Rothoblaas para evitar cualquier contacto con el agua. Para evitar la aparición de condensaciones intersticiales entre el aislamiento exterior y los paneles de madera que puedan afectar a ésta, se instalará una barrera de vapor INTELLO PLUS en la cara caliente del muro de CLT.

Se instalará en los arranques de los paneles de muro, junto con la lámina impermeable una lámina impermeabilizante para cimientos protegida contra las termitas TERMI FLOOR de Rothoblaas. De este modo se asegurará la durabilidad de la estructura en sus arranques frente a la humedad y a la presencia de insectos xilófagos.

Acciones de aplicación:

Las acciones permanentes serán las correspondientes a los elementos estructurales definidos en los planos de estructuras. Se considerará una carga de tabiquería adicional de 1KN/m^2 en la comprobación de los forjados. Los valores de las acciones variables de sobrecarga de uso serán las correspondientes según CTE DB AE. Para las cubiertas se considerará una cubierta con una inclinación máxima de 20 grados.

Ejecución:

En primer lugar se regularizará la superficie de los muros de mampostería con mortero de cal que funcionará como capa niveladora y regularizador del vapor. Sobre los muros se instalará una lámina impermeable transpirable que envolverá todo el interior de los muros de mampostería y a posteriori se colocará el aislamiento térmico de 160mm de XPS que irá entre los muros de mampostería y los paneles.

Una vez preparada la superficie de contacto vertical se preparará la base que soportará a los paneles. Se tomarán sobre las cabezas de las vigas de cimentación (previamente replanteados) bloques de vidrio celular Foamglas con alta resistencia a la compresión ($>400\text{ kPa}$) y un valor U de 0.038W/(mk) de sección rectangular de 90 mm por 120 mm (ancho

por alto) que garantizarán la total continuidad del aislamiento térmico de la envolvente del edificio.

A continuación se situarán sobre un separador sellante para capas de fondo irregulares CONNECT BAND de Rothoblaas los paneles de los muros estructurales junto con los paneles estructurales interiores que forman el núcleo de la escalera previo replanteo según los planos adjuntos y se nivelarán mediante un triquete provisional anclado a la base y al panel estructural.

Con los paneles de los muros nivelados se colocarán las placas angulares WHT de Rothoblaas que soportarán los esfuerzos a tracción mediante un perno roscado sobre la viga de cimentación con anclaje químico y 40 tornillos Ø4-L40 anclando la placa al panel de madera estructural. Los angulares de anclaje en la cimentación se colocarán cada 1000mm.

Los forjados de planta primera montarán directamente sobre los muros ejecutados. Entre los forjados y los muros se instalará una banda desolidarizante que envolverá la cabeza de los mismos y se atornillarán mediante tirafondos de rosca parcial Ø8-160 HBS de Rothoblaas cada 200mm. Los detalles de montaje se adjuntan en los planos de estructura correspondientes.

En los paneles de muros de planta primera se procederá de igual modo anclando de forma provisional los paneles y nivelándolos mediante un trinquete provisional y se anclarán, en este caso, con angulares TTf200 240x117x30 de Rothoblaas con 10 tornillos LBS Ø5-L60 en su base y 15 tornillos Ø4-L60 en su conexión al muro.

Los paneles de cubierta se anclarán en sus extremos y en cumbre (en el módulo central) mediante tirafondos de rosca parcial Ø8-160 HBS de Rothoblaas cada 200mm. Los paneles de cumbre se apearán provisionalmente durante su montaje.

Las juntas entre paneles se ejecutarán siguiendo las indicaciones en los planos de estructuras en cuanto al tipo de ensamble, la separación de tirafondos y el tratamiento de juntas con cinta de sellado. Todas las juntas constructivas se sellarán con cintas de sellado.

Una vez levantada la estructura se instalarán los paneles de XPS 120mm de la solera y se verterá el recrecido previa instalación de una lámina de neopreno entre el recrecido y los muros. En los forjados de planta primera se procederá del mismo modo instalando una lámina impermeable entre el recrecido y la base del forjado.

3.3. SISTEMA ENVOLVENTE

3.3.1 OBSERVACIONES GENERALES:

En este apartado se identifican los cerramientos y particiones del edificio que definirán su comportamiento frente a las acciones a las que está sometido, frente al fuego, seguridad de uso, evacuación de agua y comportamiento frente a la humedad, aislamiento acústico y aislamiento térmico.

Clasificación de espacios del proyecto:

DEFINICIÓN DE LOS ESPACIOS	
ESPACIOS HABITABLES	<p>Espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética.</p> <p>En función de la disponibilidad de los sistemas de calefacción y/o refrigeración, los espacios habitables se clasifican en acondicionados o no acondicionados.</p>
ESPACIOS NO HABITABLES	<p>Espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes, agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética. Al no ser un espacio habitable no se considera la existencia de fuentes internas (iluminación, ocupación y equipos).</p>

Todos los espacios definidos en el proyecto son espacios habitables acondicionados. La vivienda no dispone de espacios no habitables o espacios habitables no acondicionados.

3.3.2 MUROS

Muros en contacto con el aire exterior:

Se proyectan dos tipologías de muros de fachada en contacto con el aire exterior:

- Cerramiento A: Fachada de muros de mampostería y paneles estructurales de CLT.
- Cerramiento B: Fachada ventilada con revestimiento de lamas verticales de madera termotratada.

La primera tipología ocupa la mayor parte de la envolvente del edificio y se sitúa en planta baja y en planta primera en combinación con la otra envolvente.

La segunda tipología ocupa gran parte de la envolvente de planta primera y la totalidad de las fachadas oeste en en los módulos 1 y 2.

Descripción:

Muros de mampostería (de exterior a interior):

- Muro de mampostería de 50 centímetros de espesor encintado
- Lámina impermeable transpirable
- 15mm de mortero de cal
- Aislamiento continuo de XPS 160mm
- Panel estructural de CLT de 90mm (capa de hermeticidad)
- Trasdosado interior: Lana mineral de 50mm y Panelado de yeso laminado/Panelado de madera

Fachada ventilada (de exterior a interior):

- Revestimiento exterior de lamas verticales de madera termotratada de sección 60x30mm cada 10cm
- Cámara de aire ventilada de 70mm y subestructura de soporte del acabado de fachada de madera termotratada sección 50x50mm
- Lámina impermeable transpirable adherida.
- Aislamiento continuo de XPS 160mm anclado a fachada mediante tacos de polietileno.
- Panel estructural de CLT de 90mm (capa de hermeticidad)
- Barrera de vapor INTELLO PLUS de Proclima
- Trasdosado interior: Lana mineral de 50mm y Panelado de yeso laminado/Panelado de madera (según corresponda)

Ejecución:

Ejecutada la estructura de madera laminada cruzada (CLT) se taqueará su fachada por el exterior con tacos de poliuretano de alta densidad al tresbolillo anclados al soporte de fachada que servirán de anclaje de la subestructura que compondrá el revestimiento exterior. Sección de los tacos 50x50mm y longitud 180mm

El aislamiento térmico de 160mm de XPS se colocará en la fachada mediante tacos de polietileno a razón de 2 tacos por metro cuadrado. Las cabezas de los tacos se sellaran una vez anclados.

Se instalarán las bandejas de zinc en la coronación de los muros ancladas a fachada, igualmente mediante tacos de polipropileno y se entregará la lámina impermeable sobre la propia bandeja para evitar filtraciones en su junta.

Una vez instalado el aislamiento de fachada se impermeabilizará mediante una lámina impermeable transpirable perfectamente sellada que se solapará sobre la bandeja de zinc para la evacuación de aguas en la coronación del muro de mampostería.

Inmediatamente impermeabilizada la fachada se atornillará la subestructura horizontal de madera termotratada y sección 50x50mm que soportará el acabado de fachada. La subestructura dista 20mm del aislamiento debido a los 180mm de longitud de los tacos

de poliuretano de alta densidad, lo cual supone una ventilación continua e ininterrumpida de la fachada.

La ejecución del cerramiento exterior A se describe en el apartado de Sistema Estructural del presente documento.

3.3.3 CUBIERTAS

La composición de las cubiertas del proyecto es idéntica en los distintos módulos que componen la envolvente del edificio.

Descripción

Cubiertas a una y dos aguas con inclinación máxima de 20 grados, con protección continua y cámara de aire ventilada y aislamiento exterior.

Cubierta inclinada (de exterior a interior):

- Acabado exterior de compuesto por bandejas de zinc engatilladas de 0.7mm de espesor color gris RAL 7015 entre cabios de madera de sección 60x60mm.
- Cámara de aire entre rastreles de 60mm de espesor.
- Lámina impermeable EPDM sobre aislamiento.
- Sistema SIATE de aislamiento térmico exterior continuo de 200mm de XPS y tablero aglomerado hidrófugo 20mm fijado mecánicamente.
- Panel de cubierta de madera laminada cruzada (CLT) de 120mm de espesor (capa de hermeticidad)
- Lámina de vapor en la cara caliente de la envolvente INTELLO PLUS de Proclima.
- Falso techo con cámara de 15cm para el paso de instalaciones compuesto por: estructura portante, 50mm de lana mineral y panelado de yeso laminado/panelado de madera (según corresponda)

Ejecución:

Ejecutada la estructura se instalará en sistema de aislamiento térmico SIATE atornillado directamente sobre los paneles de madera laminada cruzada (CLT) de cubierta.

Una vez el sistema de aislamiento continuo se haya ejecutado se instalará la lamina impermeable transpirable sobre éste y se anclará mecánicamente la subestructura de rastreles de pino sobre el tablero de aglomerado del sistema SIATE que servirá de como soporte del acabado de cubierta.

Por último se anclará a la subestructura el acabado de cubierta de bandejas de zinc mediante tornillos con arandelas de poliamida para asegurar el sellado e impermeabilización del área perforada.

3.3.4 HUECOS

Carpinterías:

La carpintería exterior será de perfil mixto madera-aluminio FIN-LIGNA de Finstral, de 84 mm de espesor con rotura de puente térmico y un valor de transmitancia de marco de $U_f=0.96-1.1 \text{ W/m}^2$ y vidrio triple bajo emisivo con control solar Climalit Planitherm XN 4+4laminar/16argón/4/16argón/6 con un valor $U_g= 0.60\text{W/m}^2\text{k}$ y un valor $g=0.50$ con intercalario tipo SWISSPACER. Estanqueidad al agua clase 9ª para ventanas de una hoja y dos hojas según UNE EN 12208 y una permeabilidad al aire clase 4 para ventanas de una hoja y de dos hojas según UNE EN 12207. Resistencia a carga de viento clase C5/B5 para ventanas de una hoja y clase C3/B3 para ventanas de dos hojas según UNE EN 12210.

El color exterior del aluminio será gris RAL 7015. El acabado interior será en madera de abeto blanco. El color en la junta de vidrio será negro.

Herrajes en acero INOX serie 3 y bisagras vistas.

Las carpinterías en los huecos de los muros de mampostería tendrán un remetimiento de 500mm que servirá como elemento de sombreamiento en verano, mientras que los huecos en la fachada ventilada tendrán un remetimiento de 76mm.

No se proyecta caja de persiana para ninguna de las carpinterías del proyecto. El control solar y el oscurecimiento interior se consigue con la instalación de estores interiores y exteriores.

Las carpinterías de fachada ventilada se montarán sobre un premarco anclado al soporte siguiendo la línea de aislamiento exterior, Iso-Top Winframer "tipo1" 90/80 System Bracket, fabricado en aglomerado de poliuretano (PUR) con un alto valor aislante ($\lambda=0,096\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) y alta capacidad de carga y una clasificación al fuego B1. Su fijación se realiza con adhesivo ISO-TOP FLEX-ADHESIVE WF reforzado con tornillería.

Sistema de protección solar:

Sistema de cortina interior Fit-Pleat de bandalux con opacidad del 80%. Instalación directa sobre perfilaría de ventanas y balconeras fijas u oscilobatientes fijadas mediante adhesivo ultrarresistente 3M sin ningún tipo de perforación.

Estores exteriores Solozip II Box 100 de Griesser con tejido acrílico color RAL 9007 accionado a través desde mando central en el interior de la vivienda y aptos para una clase de viento 6.

3.3.5 SUELOS

Los suelos interiores proyectados son análogos en todos los módulos del edificio. Las capas de acabados varía en función de la clase de recinto.

Descripción:

Solera ventilada tipo caviti (de abajo a arriba):

- Terreno compactado
- Capa de grava compactada y hormigón de limpieza de 10cm
- Piezas de polipropileno reciclado de 25cm de altura
- Capa de compresión de hormigón con mallazo de reparto de 5cm de espesor
- Lámina antiradón ChovoPLAST ALUM BV 30 E2 de 2mm de espesor
- Aislamiento térmico 120mm de XPS
- Recrecido de mortero de cemento 8cm
- Capa de acabado (Según corresponda)

Solera exterior (de abajo a arriba)

- Terreno compactado.
- Capa de grava compactada y hormigón de limpieza de 10cm.
- Solera armada de hormigón de espesor 15cm fratasada y acabado pulido.

3.4. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

3.4.1 PARTICIONES INTERIORES VERTICALES DE LA VIVIENDA

Se proyectan dos sistemas de compartimentación en el interior de la vivienda.

- Sistema de tabiquería en seco, estructura portante con perfilería de acero galvanizado y panelado exterior.
- Paneles estructurales interiores que conforman el núcleo de la escalera.

Descripción:

Particiones interiores verticales de la vivienda, tabiquería en seco.

- Panelado exterior (según especificación) de madera de abeto blanco o yeso laminado y espesores 1.5-2cm
- Estructura portante con perfilería de acero galvanizado y alma de lana mineral de 50mm Alfarock 225 de Rockwool y espesor 70mm
- Panelado exterior (según especificación) de madera de abeto blanco o yeso laminado y espesores 1.5-2cm

Particiones interiores fomas por paneles estructurales en el núcleo de escalera.

- Panelado exterior (según especificación) de madera de abeto blanco adherido directamente al soporte o yeso laminado atornillado al soporte y espesores 1.5-2cm
- Panel estructural de CLT de espesor 90mm
- Panelado exterior (según especificación) de madera de abeto blanco adherido directamente al soporte o yeso laminado atornillado al soporte y espesores 1.5-2cm

Ejecución:

Los paneles de yeso laminado serán KNAUF Drystar, hidrófugos para cuartos húmedos y KNAUF Diamant Secure para el resto de las estancias. Composición de los sistemas de compartimentación especificados en los correspondientes planos de tabiquerías.

Los perfiles canales en suelo y techo se desolidarizarán de la estructura mediante banda acústica KNAUF. Los montantes verticales se colorarán a una distancia máxima de 60cm entre sí.

Se atornillarán los paneles de yeso laminado de dimensiones 1200x2000mm e15mm a cada montante con tornillos PYL y tornillos de placa Drystar (según corresponda) cada 25 cm. Los paneles de madera irán adheridos a la subestructura.

Las juntas entre paneles de yeso laminado se tratarán colocando la cinta para juntas KNAUF PYL y repasándola con pasta para juntas PYL. En los cuartos húmedos se instalará una lámina impermeable de polietileno flexible adherida sobre los paneles de yeso laminado Schlüter-KERDI garantizando el recubrimiento cerámico y su material de fijación.

3.4.2 TRASDOSADOS INTERIORES DE LA VIVIENDA

Se proyecta un único sistema de trasdosado común para todo el interior de la vivienda.

Descripción:

Trasdosado autoportante en el interior de la vivienda (de interior a exterior):

- Panelado exterior (según especificación) de madera adherido directamente al soporte o yeso laminado atornillado al soporte y espesores 1.5-2cm
- Entramado formado por perfilería de madera de pino pinaster sección 38x58mm anclado al soporte y alma de lana mineral de 50mm Alfarock 225 de Rockwool.
- Barrera de vapor en la cara caliente de la envolvente INTELLLO PLUS de Proclima.
- Panel estructural de CLT de 90mm de espesor

Ejecución:

La subestructura del trasdosado interior no irá directamente adosada al soporte, tendrá una separación de 1cm con respecto a éste.

La barrera de vapor se adherirá al soporte y sus juntas se sellarán con cinta autoadhesiva de 6cm de anchura SEAL BAND de Rothoblaas.

Los paneles de yeso laminado serán KNAUF Drystar, hidrófugos para cuartos húmedos y KNAUF Diamant Secure para el resto de las estancias. Composición de los sistemas de compartimentación especificados en los correspondientes planos de tabiquerías.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Se atornillarán los paneles de yeso laminado de dimensiones 1200x2000mm e15mm a cada montante con tornillos PYL y tornillos de placa Drystar (según corresponda) cada 25 cm. Los paneles de madera irán adheridos a la subestructura.

Las juntas entre paneles de yeso laminado se tratarán colocando la cinta para juntas KNAUF PYL y repasándola con pasta para juntas PYL. En los cuartos húmedos se instalará una lámina impermeable de polietileno flexible adherida sobre los paneles de yeso laminado Schlüter-KERDI garantizando el recubrimiento cerámico y su material de fijación.

3.4.3 FALSOS TECHOS

Se proyecta un único sistema de falso techo continuo con sistema KNAUF D11 en toda la vivienda con panelado interior según se especifica en los planos de acabados correspondientes

Descripción:

Falso techo continuo en el interior de la vivienda (de interior a exterior):

- Panelado exterior (según especificación) de madera de abeto blanco o yeso laminado y espesores 1.5-2cm
- Estructura portante con perfilera de acero galvanizado 47x17.5mm descolgada de la estructura de techo con sistema de cuelgue multifix con varilla de KNAUF.
- Lana mineral de 50mm de Alfarock 225 de Rockwool.
- Cámara para paso de instalaciones de 150mm
- Estructura de soporte de madera laminada cruzada CLT

Ejecución:

Los paneles de yeso laminado serán KNAUF Drystar, hidrófugos para cuartos húmedos y KNAUF Diamant Secure para el resto de las estancias. Composición de los sistemas de compartimentación especificados en los correspondientes planos de tabiquerías.

La subestructura irá atornillada a la estructura de techo y se descolgará mediante varilla 15cm formando la cámara donde se alojarán las instalaciones. La varilla se conectarán a la subestructura metálica mediante el sistema de cuelgue mutiflix de KNAUF.

Se instalará el aislamiento termoacústico de 50mm de lana mineral Alfarock 225 de Rockwool entre los canales de la subestructura.

Se atornillarán los paneles de yeso laminado de dimensiones 1200x2000mm e15mm a la subestructura con tornillos PYL y tornillos de placa Drystar (según corresponda) cada 25 cm. Los paneles de madera irán adheridos.

Las juntas entre paneles de yeso laminado se tratarán colocando la cinta para juntas KNAUF PYL y repasándola con pasta para juntas PYL. En los cuartos húmedos se instalará

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

una lámina impermeable de polietileno flexible adherida sobre los paneles de yeso laminado Schlüter-KERDI garantizando el recubrimiento cerámico y su material de fijación.

3.5. SISTEMA DE ACABADOS

3.5.1 SOLADOS

Cuartos de baño y aseos

Pavimento de mosaico de gres porcelánico de piezas hexagonales ESAGONA – 30X30 BIANCO de Emilgroup recibido con adhesivo cementoso y rejuntadas con lechada de cemento coloreada negro.

Cocina

Pavimento continuo liso de 10mm de espesor de hormigón autonivelante acabado pulido y acabado mediante capa de sellado con resina impermeabilizante Weber PU (WEBER CEMARKSA)

Lavandería y aseo en lavandería

Pavimento continuo liso de 10mm de espesor de hormigón autonivelante acabado pulido y acabado mediante capa de sellado con resina impermeabilizante Weber PU (WEBER CEMARKSA)

Suelos exteriores

Solera exterior armada de 15 cm de espesor de hormigón con acabado pulido.

Resto de las estancias

Tarima flotante de abeto blanco Douglas de Dinesen

3.5.2 REVESTIMIENTOS DE PARAMENTOS

Cuartos de baño y aseos

Panel de yeso laminado hidrófugo con acabado pintado y alicatado porcelánico liso 10x20 cm colocado sobre placa de yeso laminado KNAUF Drystar GM-FHR con adhesivo cementoso en zonas húmedas.

Cocina

Panel de yeso laminado hidrófugo con acabado pintado y frente de cocina en mesado y zona de cocción Silestone-Loft Seaport de espesor 12mm color cemento oscuro colocado sobre placa de yeso laminado KNAUF Drystar GM-FHR con adhesivo cementoso en zonas húmedas..

Cuarto de instalaciones y lavandería

Panel de yeso laminado hidrófugo con acabado pintado

Distribuidor planta primera y escalera

Panelado de madera de abeto blanco con acabado natural de 15mm de espesor recibido con adhesivo de caucho.

Resto de las estancias

Tabiquería y trasdosado interior de Panel de yeso laminado KAUF Diamant Secure de 15mm de espesor maestrado con acabado pintado

3.5.3 ACABADO EXTERIOR

Muros

Muro de mampostería ordinaria a una cara vista, con mampuestos irregulares calizos con sus caras sin labrar colocados y rejuntados con mortero color natural M-15.

Fachadas

Fachada ventilada con lamas verticales de madera (TMT) CHANNEL VERNEERS de Losán de dimensiones 120x20mm montadas sobre rastrelado horizontal de madera en autoclave y clavos de acero inoxidable. Rastrelado anclado mecánicamente sobre taqueado en fachada de poliuretano de alta densidad.

3.5.4 PINTURAS INTERIORES

Paredes genéricas

Pintura al silicato lisa color blanco y acabado mate, sobre paramentos verticales de yeso laminado, con mano de fondo de imprimación no orgánica.

Techos genéricos

Pintura al silicato lisa color blanco y acabado mate, sobre falsostechos de yeso laminado, con mano de fondo de imprimación no orgánica.

Techos cuartos de baño

Pintura al silicato lisa color blanco y acabado mate.

Carpinterías interiores

Alféizar, capialzado y jambas interiores de carpinterías lacado color blanco, mediante pieza de remate/tapajuntas en yeso laminado, esquinas tratadas con guardavivos con acabado pintado color blanco. En la ventana de la cocina y en los baños y aseos el acabado perimetral será el mismo que el del paramento.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Escalón de madera maciza en puertas balconeras en dormitorio de planta baja y puerta principal de acceso. Peldaño de hormigón en puerta de acceso en cocina y en zona de acceso a lavandería. Jambas y dinteles originales de granito visto en comunicaciones con comedor, lavandería y baño de suite

3.5.5 CARPINTERÍA INTERIOR

Puertas de paso interiores

Puerta corredera y abatible 203x82x3.5cm a base de tablero aglomerado hidrófugo de media densidad MDF, lacada en color blanco. Puertas de paso con molduras y fresados, guarniciones y sobremarcos del material anterior colocados sobre premarco.

3.5.6 CARPINTERÍA EXTERIOR

Perfilería de las ventanas

Los marcos de las carpinterías exteriores será de perfil mixto madera-aluminio FIN-LIGNA de Finstral, de 84 mm de espesor con rotura de puente térmico y un valor de transmitancia de marco de $U_f=0.96-1.1 \text{ W/m}^2$.

Vidrios ventanas

Los vidrios de todas las ventanas será vidrio triple bajo emisivo con control solar Climalit Planitherm XN 4+4laminar/16argón/4/16argón/6 con un valor $U_g= 0.60 \text{ W/m}^2\text{k}$ y un valor $g=0.50$ con intercalario tipo SWISSPACER. Estanqueidad al agua clase 9ª para ventanas de una hoja y dos hojas según UNE EN 12208 y una permeabilidad al aire clase 4 para ventanas de una hoja y de dos hojas según UNE EN 12207. Resistencia a carga de viento clase C5/B5 para ventanas de una hoja y clase C3/B3 para ventanas de dos hojas según UNE EN 12210.

Puertas de entrada

Puertas de dos hojas horizontales abatibles con entablado de madera machihembrada de cedro en las caras interiores y exteriores de 2mm de espesor y alma con estructura de montaje, también en madera de cedro y aislamiento térmico de lana mineral de 50mm. Sellado perimetral de caucho EPDM dureza 10-40 en todas sus juntas adherido a la puerta. Herrajes y picaportes en acero inoxidable.

3.5.7 APARATOS SANITARIOS

Grifería de cocina

Grifería monomando con caño giratorio Glera de Roca formada por grifo mezclador monomando de repisa para fregadero, elementos de conexión, enlaces de alimentación flexibles de 350 mm de longitud, válvula antirretorno y dos llaves de paso.

Monomando

Grifería baño

Grifería monomando para lavabo, caño alto Targa de ROCA acabado cromo, de 115x52 mm, compuesta de caño aireador, fijación rápida, posibilidad de limitar la temperatura y el caudal, válvula automática de desagüe accionada mediante varilla vertical-horizontal y enlaces de alimentación flexibles.

Lavabos

Aseo de encimera de porcelana sanitaria FINECERAMIC gama Inspira de ROCA con desagüe en acabado cromado.

Inodoros

Inodoro de tanque bajo de porcelana sanitaria con salida dual Meridian de ROCA color blanco 370x645x790 mm.

Bidé

No se contemplan. Se dejará prevista su instalación.

Duchas

Duchas de obra enrasada en continuidad con el pavimento con acabado en gres y con mortero en formación de pendientes con desagüe lineal en acero inoxidable 930x140mm empotrado en el recrecido, columna de ducha monomando con repisa EVEN de ROCA.

Bañeras

No se contemplan.

3.6. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

SALUBRIDAD

Recogida, evacuación y
tratamiento de residuos líquidos

Incluido en la memoria específica
del presente documento.

Recogida, evacuación y
tratamiento de residuos sólidos

Incluido en la memoria específica
del presente documento.

FONTANERÍA

Instalación de agua fría y caliente

Incluido en la memoria específica
del presente documento.

INCORPORACIÓN DE ENRGÍAS RENOVABLES

Instalación de agua fría y caliente

Incluido en la memoria específica
del presente documento.

SANEAMIENTO

Evacuación de aguas

Incluido en la memoria específica
del presente documento.

CLIMATIZACIÓN

Instalaciones térmicas (climatización,
calefacción y aire acondicionado)

Incluido en la memoria específica
del presente documento.

Sistemas de ventilación

Incluido en la memoria específica
del presente documento.

ELÉCTRICAS

Instalación eléctrica	Incluido en la memoria específica del presente documento.
-----------------------	---

CLIMATIZACIÓN

Protección contra incendios	Incluido en la memoria específica del presente documento.
-----------------------------	---

Sistema de protección frente al rayo	Incluido en la memoria específica del presente documento.
--------------------------------------	---

Instalación de protección y seguridad anti-intrusión	Incluido en la memoria específica del presente documento.
--	---

ILUMINACIÓN

Instalación de iluminación	Incluido en la memoria específica del presente documento.
----------------------------	---

3.7. EQUIPAMIENTO

CUARTO HIGIÉNICO

El equipo estará formado como mínimo por un lavabo, inodoro y plato de ducha

ASEO 0.1	1 Lavabo	1 Inodoro		
ASEO 0.2	1 Lavabo	1 Inodoro		
BAÑO 0.1	1 Lavabo	1 Inodoro	Ducha	
BAÑO 1.1	1 Lavabo	1 Inodoro	Ducha	
BAÑO 1.2	2 Lavabos	1 Inodoro	Ducha doble	Previsión Bidé

COCINA

El equipo mínimo de la cocina está formado por un fregadero, un frigorífico, una cplaca de cocina con campana extractora de humos

Fregadero	Fregadero doble con grifo monomando
Frigorífico A++	Frigorífico doble con display LED y congelación rápida
Horno eléctrico A+	Columna horno microondas con horno piroclítico y asistente de limpieza con agua y display TFT con texto y aro selector.
Microondas A+	Columna horno microondas con microondas multifunción (horno, microondas, grill) capacidad 39l, 600x380x525
Placa de cocina A++	Placa de cocina de inducción con 4 zonas de cocción, posición de los mandos en frontal derecho, cantos biselados, detección automática y temporizador
Campana extractora	Campana extractora de recirculación con filtro de carbono en acero inoxidable con control electrónico, motor 1000m ³ /h protector de aceite e iluminación led
Lavavajillas A++	Lavavajillas encastrable con 10 programas y monitor display LED 60x85x60cm
Zona basuras	Espacio de reserva para separación de basuras bajo el fregadero

SERVICIO

El equipo mínimo de la zona de servicio está equipado con un fregadero, una lavadora y una secadora incluyendo un almacén de útiles de limpieza y un almacén general dentro del recinto

Lavadora A+	Lavadora inteligente con vapor, capacidad de carga de 9kg, clasificación A+, 600x850x565 mm color blanco
Secadora	Se deja un espacio de previsión de instalación para secadora
Lavadero	Lavadero de cerámica sanitaria y grifería monomando
Tendal	Se dispone de una zona de tendedero
Útiles de limpieza	Se dispone de un área de almacenamiento de útiles para la limpieza

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

4.CUMPLIMIENTO DEL CTE

ÍNDICE

- 4.1 JUSTIFICACIÓN DB-SE SEGURIDAD ESTRUCTURAL
- 4.2 JUSTIFICACIÓN DB-SI SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO
- 4.3 JUSTIFICACIÓN DB-SUA DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD
- 4.4 JUSTIFICACIÓN DB-HS SALUBRIDAD
- 4.5 JUSTIFICACIÓN DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RÚIDO
- 4.6 JUSTIFICACIÓN DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

4.1 Justificación DB-SE Seguridad Estructural

DB-SE

SEGURIDAD ESTRUCTURAL

CTE DB-SE. Seguridad estructural

La vivienda cumplirá lo establecido en el Documento Básico DB-SE Seguridad estructural del Código técnico de la edificación así como en el Documento Básico DB-SE-AE Acciones de la edificación, Documento Básico DB-SE-M Madera.

La descripción del cumplimiento de los mencionados documentos básicos se ha detallado en el **anexo de estructuras** de este proyecto en su parte de **memoria estructuras**

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

4.2 Justificación DB-SI Seguridad en caso de Incendio

Introducción

Tal y como se describe en el DB-SI (artículo 11) "El objetivo del requisito básico "Seguridad en caso de incendio" consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes. El Documento Básico DB-SI especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio, excepto en el caso de los edificios, establecimientos y zonas de uso industrial a los que les sea de aplicación el "Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales", en los cuales las exigencias básicas se cumplen mediante dicha aplicación."

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

ÍNDICE

Exigencia básica SI 1 Propagación interior.

Exigencia básica SI 2 Propagación exterior.

Exigencia básica SI 3 Evacuación de ocupantes.

Exigencia básica SI 4 Instalaciones de protección contra incendios.

Exigencia básica SI 5 Intervención de los bomberos.

Exigencia básica SI 6 Resistencia al fuego de la estructura.

SI 1

Propagación interior

○ COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO

La obra se dividirá en los siguientes sectores de incendio:

Nombre del sector: Vivienda unifamiliar

Uso previsto: Residencial vivienda

Superficie construida: 311.34 m².

Situaciones:

- Planta sobre rasante con altura de evacuación $h \leq 15$ m y la resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan el sector de incendio es de EI60

Condiciones según DB SI:

- La superficie construida de todo sector de incendio no debe exceder de 2.500 m².
- Los elementos que separan viviendas entre sí, o a éstas de las zonas comunes del edificio deben ser al menos EI 60.

No hay puertas entre sectores de incendios.

○ LOCALES Y ZONAS DE RIESGO ESPECIAL

1. Los locales y zonas de riesgo especial integrados en los edificios se clasifican conforme los grados de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen en la tabla 2.1 de la sección SI 1 del DB-SI. Los locales así clasificados deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2 de la sección SI 1 del DB-SI.
2. Los locales destinados a albergar instalaciones y equipos regulados por reglamentos específicos, tales como transformadores, maquinaria de aparatos elevadores, calderas, depósitos de combustible, contadores de gas o electricidad, etc. se rigen, además, por las condiciones que se establecen en dichos reglamentos. Las condiciones de ventilación de los locales y de los equipos exigidas por dicha reglamentación deberán solucionarse de forma compatible con las de la compartimentación, establecidas en este DB.

A los efectos de este DB se excluyen los equipos situados en las cubiertas de los edificios, aunque estén protegidos mediante elementos de cobertura.

Los locales y zonas de riesgo especial son los siguientes:

Previsión Aparcamiento exterior	
Uso:	Aparcamiento de vehículos (sin restricción de su tamaño)
Tamaño del local:	En todo caso
Clasificación	Riesgo Bajo
Se cumplen las condiciones de las zonas de riesgo especial	Si

Se cumplen las condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en los edificios, según se indica en la tabla 2.2:

Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios ⁽¹⁾

Característica	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de la estructura portante ⁽²⁾	R 90	R 120	R 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos ⁽³⁾ que separan la zona del resto del edificio ⁽²⁾⁽⁴⁾	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio	-	Si	Si
Puertas de comunicación con el resto del edificio ⁽⁵⁾	EI2 45-C5	2 x EI2 30 -C5	2 x EI2 45-C5
Máximo recorrido de evacuación hasta alguna salida del local ⁽⁶⁾	≤ 25 m ⁽⁷⁾	≤ 25 m ⁽⁷⁾	≤ 25 m ⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Las condiciones de reacción al fuego de los elementos constructivos se regulan en la tabla 4.1 del capítulo 4 de esta Sección.

⁽²⁾ El tiempo de resistencia al fuego no debe ser menor que el establecido para la estructura portante del conjunto del edificio, de acuerdo con el apartado SI 6, excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

Excepto en los locales destinados a albergar instalaciones y equipos, puede adoptarse como alternativa el tiempo equivalente de exposición al fuego determinado conforme a lo establecido en el apartado 2 del Anejo SI B.

⁽³⁾ Cuando el techo separe de una planta superior debe tener al menos la misma resistencia al fuego que se exige a las paredes, pero con la característica REI en lugar de EI, al tratarse de un elemento portante y compartimentador de incendios. En cambio, cuando sea una cubierta no destinada a actividad alguna, ni prevista para ser utilizada en la evacuación, no precisa tener una función de compartimentación de incendios, por lo que sólo debe aportar la resistencia al fuego R que le corresponda como elemento estructural, excepto en las franjas a las que hace referencia el capítulo 2 de la Sección SI 2, en las que dicha resistencia debe ser REI.

⁽⁴⁾ Considerando la acción del fuego en el interior del recinto. La resistencia al fuego del suelo es función del uso al que esté destinada la zona existente en la planta inferior. Véase apartado 3 de la Sección SI 6 de este DB.

⁽⁵⁾ Las puertas de los locales de riesgo especial deben abrir hacia el exterior de los mismos.

⁽⁶⁾ El recorrido de evacuación por el interior de la zona de riesgo especial debe ser tenido en cuenta en el cómputo de la longitud los recorridos de evacuación hasta las salidas de planta.

⁽⁷⁾ Podrá aumentarse un 25% cuando la zona esté protegida con una Instalación automática de extinción.

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

La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables tiene continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados, etc., salvo cuando éstos estén compartimentados respecto de los primeros al menos con la misma resistencia al fuego, pudiendo reducirse ésta a la mitad en los registros para mantenimiento.

Ya que se limita a un máximo de tres plantas y a 10 m el desarrollo vertical de las cámaras no estancas (ventiladas) y en las que no existan elementos cuya clase de reacción al fuego sea B-s3,d2, BL-s3,d2 ó mejor, se cumple el apartado 3.2 de la sección SI 1 del DB-SI.

La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se mantiene en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc, excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm². Mediante elementos pasantes que aporten una resistencia al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, conductos de ventilación EI t (i?)o siendo t el tiempo de resistencia al fuego requerida al elemento de compartimentación atravesado.

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

Se cumplen las condiciones de las clases de reacción al fuego de los elementos constructivos, según se indica en la tabla 4.1:

Tabla 4.1 Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos		
Situación del elemento	Revestimientos ⁽¹⁾	
	De techos y paredes ^{(2) (3)}	De suelos ⁽²⁾
Zonas ocupables ⁽⁴⁾	C-s2,d0	E _{FL}
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	C _{FL} -s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial ⁽⁵⁾	B-s1,d0	B _{FL} -s1
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos (excepto los existentes dentro de viviendas), suelos elevados, etc.	B-s3,d0	B _{FL} -s2 ⁽⁶⁾

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

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

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

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

⁽⁵⁾ Véase el capítulo 2 de esta Sección.

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

No existe elemento textil de cubierta integrado en el edificio. No es necesario cumplir el apartado 4.3 de la sección 1 del DB - SI.

SI 2

Propagación exterior

- MEDIANERÍAS Y FACHADAS

No existen medianerías.

- RIESGO DE PROPAGACIÓN HORIZONTAL

No existen edificios colindantes.

No existe riesgo de propagación exterior horizontal de incendio a través de la fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo espacial alto y otras zonas o hacia una escalera protegida o pasillo protegido desde otras zonas.

- RIESGO DE PROPAGACIÓN VERTICAL

No existe riesgo de propagación exterior vertical de incendio a través de la fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo espacial alto y otras zonas más altas del edificio o hacia una escalera protegida o pasillo protegido desde otras zonas.

- CLASE DE REACCIÓN AL FUEGO DE LOS MATERIALES

La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupan más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas será como mínimo D-s3 d0, hasta una altura de 10 m como mínimo.

Se utiliza en fachadas un Sistema de Aislamiento Térmico por el exterior (SATE) compuesto por un aislante prefabricado de poliestireno expandido (EPS) que se adhiere o se fija mecánicamente a la fachada. El aislamiento se reviste con un sistema de revoco formado por varias capas (aplicadas in situ), una de las cuales incluye una malla de refuerzo. El revestimiento se aplica directamente sobre los paneles de aislamiento, sin formar cámara de aire o capas discontinuas.

Clase de reacción al fuego según la EN 13501-1 → B-s2,d0

En aquellas fachadas de altura igual o inferior a 18 m cuyo arranque inferior sea accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta, la clase de *reacción al fuego*, tanto de los sistemas constructivos mencionados en el punto 4 como de aquellos situados en el interior de cámaras ventiladas en su caso, debe ser al menos B-s3,d0 hasta una altura de 3,5 m como mínimo.

- CUBIERTAS

No existe riesgo de propagación exterior del incendio a través de la cubierta entre dos edificios colindantes ni entre sectores de incendio.

SI 3

Evacuación de ocupantes

○ CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN.

Tal y como establece la sección SI 3 del DB-SI.

Para calcular la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 de la en función de la superficie útil de cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor o bien cuando sea exigible una ocupación menor en aplicación de alguna disposición legal de obligado cumplimiento, como puede ser en el caso de establecimientos hoteleros, docentes, hospitales, etc. En aquellos recintos o zonas no incluidos en la tabla se deben aplicar los valores correspondientes a los que sean más asimilables.

A efectos de determinar la ocupación, se debe tener en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas de un edificio, considerando el régimen de actividad y de uso previsto para el mismo.

En función de esta tabla la ocupación prevista será la siguiente:

Recinto o planta	Tipo de uso	Zona, tipo de actividad	Superficie útil	Ocupación	Número de personas
Vivienda	Residencial vivienda	Plantas de vivienda	200.65	20 (m ² / persona)	11

○ NÚMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Origen de evacuación es todo punto ocupable de un edificio, exceptuando el interior de las viviendas, por ello en vivienda unifamiliar el artículo 3 "Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación" no es necesario justificarlo.

○ DIMENSIONADO DE LOS MEDIOS DE OCUPACIÓN

Origen de evacuación es todo punto ocupable de un edificio, exceptuando el interior de las viviendas, por ello en vivienda unifamiliar el artículo 4 "Dimensionado de los medios de ocupación" no es necesario justificarlo.

○ PROTECCIÓN DE LAS ESCALERAS

Origen de evacuación es todo punto ocupable de un edificio, exceptuando el interior de las viviendas, por ello en vivienda unifamiliar el artículo 5 "Protección de las escaleras" no es necesario justificarlo.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

○ PUERTAS SITUADAS EN RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Origen de evacuación es todo punto ocupable de un edificio, exceptuando el interior de las viviendas, por ello en vivienda unifamiliar el artículo 6 "Puertas situadas en recorridos de evacuación" no es necesario justificarlo.

○ SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

No es necesaria la utilización de señales de evacuación.

○ CONTROL DEL HUMO DE INCENDIO.

No es necesaria la instalación de un sistema de control del humo de incendio.

○ EVACUACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN CASO DE INCENDIO

No es de aplicación.

SI 4

Instalaciones de protección contra incendios

o DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el "Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios", en sus disposiciones complementarias y en cualquier otra reglamentación específica que le sea de aplicación.

La puesta en funcionamiento de las instalaciones requiere la presentación, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, del certificado de la empresa instaladora al que se refiere el artículo 18 del citado reglamento.

Aquellas zonas cuyo uso previsto sea diferente y subsidiario del principal del edificio o del establecimiento en el que estén integradas y que, conforme a la tabla 1.1 del Capítulo 1 de la Sección 1 de este DB, deban constituir un sector de incendio diferente, deben disponer de la dotación de instalaciones que se indica para el uso previsto de la zona.

La obra dispondrá de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en las tablas siguientes:

Dotaciones en previsión de Garaje exterior		
Uso previsto: Locales de riesgo especial bajo o medio		
Altura de evacuación ascendente: 0,0 m.		
Altura de evacuación descendente: 0,0 m.		
Superficie: 31.43		
Dotacion Extintor portátil	Condiciones:	Uno de eficacia 21A -113B: <ul style="list-style-type: none">- A 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación.- En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1 de este DB. Uno de eficacia 21A -113B:

○ SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES MANUALES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Los medios de protección existentes contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se señalizan mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1 con este tamaño:

- a) 210 x 210 mm. cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m.
- b) 420 x 420 mm. cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m.
- c) 594 x 594 mm. cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m.

Las señales existentes son visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal y cuando son fotoluminiscentes, sus características de emisión luminosa cumplen lo establecido en la norma UNE 23035 - 4:2003.

SI 5

Intervención de bomberos

○ CONDICIONES DE APROXIMACIÓN Y ENTORNO.

No es necesario cumplir condiciones de aproximación y entorno pues La altura de evacuación descendente es menor de 9 m.

No es necesario disponer de espacio de maniobra con las condiciones establecidas en el DB-SI (Sección SI 5) pues la altura de evacuación descendente es menor de 9m.

No es necesario disponer de un espacio suficiente para la maniobra de los vehículos del servicio de extinción de incendios en los términos descritos en el DB-SI sección 5, pues no existen vías de acceso sin salida de más de 20 m. de largo.

○ ACCESIBILIDAD POR FACHADA

Los huecos de fachada proyectados permiten el acceso al interior de la vivienda al personal del servicio de extinción de incendios.

SI 6

Resistencia al fuego de la estructura

- GENERALIDADES.

Tal y como se expone en el punto 1 de la sección SI 6 del DB SI:

1. La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes. Por un lado, los materiales ven afectadas sus propiedades, modificándose de forma importante su capacidad mecánica. Por otro, aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos, que generalmente dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones.
2. En este Documento Básico se indican únicamente métodos simplificados de cálculo suficientemente aproximados para la mayoría de las situaciones habituales (véase anexos B a F). Estos métodos sólo recogen el estudio de la resistencia al fuego de los elementos estructurales individuales ante la curva normalizada tiempo temperatura.
3. Pueden adoptarse otros modelos de incendio para representar la evolución de la temperatura durante el incendio, tales como las denominadas curvas paramétricas o, para efectos locales los modelos de incendio de una o dos zonas o de fuegos localizados o métodos basados en dinámica de fluidos (CFD, según siglas inglesas) tales como los que se contemplan en la norma UNE-EN 1991-1-2:2004.

En dicha norma se recogen, asimismo, también otras curvas nominales para fuego exterior o para incendios producidos por combustibles de gran poder calorífico, como hidrocarburos, y métodos para el estudio de los elementos externos situados fuera de la envolvente del sector de incendio y a los que el fuego afecta a través de las aberturas en fachada.

4. En las normas UNE-EN 1992-1-2:1996, UNE-EN 1993-1-2:1996, UNE-EN 1994-1-2:1996, UNE-EN 1995-1-2:1996, se incluyen modelos de resistencia para los materiales.
5. Los modelos de incendio citados en el párrafo 3 son adecuados para el estudio de edificios singulares o para el tratamiento global de la estructura o parte de ella, así como cuando se requiera un estudio más ajustado a la situación de incendio real.
6. En cualquier caso, también es válido evaluar el comportamiento de una estructura, de parte de ella o de un elemento estructural mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.
7. Si se utilizan los métodos simplificados indicados en este Documento Básico no es necesario tener en cuenta las acciones indirectas derivadas del incendio.

- RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA.

De igual manera y como se expone en el punto 2 de la sección SI 6 del DB SI:

1. Se admite que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t , no supera el valor de la resistencia de dicho elemento. En general, basta con hacer la comprobación en el instante de mayor temperatura que, con el modelo de curva normalizada tiempo-temperatura, se produce al final del mismo.
 2. En el caso de sectores de riesgo mínimo y en aquellos sectores de incendio en los que, por su tamaño y por la distribución de la carga de fuego, no sea previsible la existencia de fuegos totalmente desarrollados, la comprobación de la resistencia al fuego puede hacerse elemento a elemento mediante el estudio por medio de fuegos localizados, según se indica en el Eurocódigo 1 (UNE-EN 1991-1-2: 2004) situando sucesivamente la carga de fuego en la posición previsible más desfavorable.
 3. En este Documento Básico no se considera la capacidad portante de la estructura tras el incendio.
- ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES.
1. Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si:
 - a) Alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura, o
 - b) soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el anexo B.

La resistencia al fuego de los sectores considerados es la siguiente:

Nombre del sector: Vivienda unifamiliar
Uso previsto: Residencial vivienda
Situación: - Planta sobre rasante con altura de evacuación $h \leq 15$ m y su resistencia al fuego es de R30

La resistencia al fuego de las zonas de riesgo especial es la siguiente:

Nombre de la zona de riesgo especial: Garaje exterior

Riesgo de la zona de riesgo especial: Riesgo Bajo

Tiempo equivalente de exposición al fuego: R90

Nombre de la zona de riesgo especial: Sala caldera

Riesgo de la zona de riesgo especial: Riesgo Bajo

Tiempo equivalente de exposición al fuego: R90

Los elementos estructurales de una escalera protegida o de un pasillo protegido que estén contenidos en el recinto de éstos, serán como mínimo R-30. Cuando se trate de escaleras especialmente protegidas no se exige resistencia al fuego a los elementos estructurales.

○ ELEMENTOS ESTRUCTURALES SECUNDARIOS.

Cumpliendo los requisitos exigidos a los elementos estructurales secundarios (punto 4 de la sección SI6 del BD-SI) Los elementos estructurales secundarios, tales como los cargaderos o los de las entreplantas de un local, tienen la misma resistencia al fuego que a los elementos principales si su colapso puede ocasionar daños personales o compromete la estabilidad global, la evacuación o la compartimentación en sectores de incendio del edificio. En otros casos no precisan cumplir ninguna exigencia de resistencia al fuego.

Al mismo tiempo las estructuras sustentantes de elementos textiles de cubierta integrados en edificios, tales como carpas serán R 30, excepto cuando, además de ser clase M2 conforme a UNE 23727:1990 ,según se establece en el Capítulo 4 de la Sección 1 de este DB, el certificado de ensayo acredite la perforación del elemento, en cuyo caso no precisan cumplir ninguna exigencia de resistencia al fuego.

○ DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES DURANTE EL INCENDIO.

1. Deben ser consideradas las mismas acciones permanentes y variables que en el cálculo en situación persistente, si es probable que actúen en caso de incendio.
2. Los efectos de las acciones durante la exposición al incendio deben obtenerse del Documento Básico DB - SE.
3. Los valores de las distintas acciones y coeficientes deben ser obtenidos según se indica en el Documento Básico DB - SE, apartado 4.2.2.
4. Si se emplean los métodos indicados en este Documento Básico para el cálculo de la resistencia al fuego estructural puede tomarse como efecto de la acción de incendio únicamente el derivado del efecto de la temperatura en la resistencia del elemento estructural.

5. Como simplificación para el cálculo se puede estimar el efecto de las acciones de cálculo en situación de incendio a partir del efecto de las acciones de cálculo a temperatura normal, como:

$$E_{fi,d} = \zeta_{fi} E_d \text{ siendo:}$$

E_d : efecto de las acciones de cálculo en situación persistente (temperatura normal).

ζ_{fi} : factor de reducción, donde el factor ζ_{fi} se puede obtener como:

$$\eta_{fi} = \frac{G_K + \psi_{1,1} Q_{K,1}}{Y_G G_K + Y_{Q,1} Q_{K,1}}$$

donde el subíndice 1 es la acción variable dominante considerada en la situación persistente.

o DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO.

1. La resistencia al fuego de un elemento puede establecerse de alguna de las formas siguientes:
 - a) Comprobando las dimensiones de su sección transversal con lo indicado en las distintas tablas, según el material, dadas en los anexos C a F, para las distintas resistencias al fuego.
 - b) Obteniendo su resistencia por los métodos simplificados dados en los mismos anexos.
 - c) Mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.
2. En el análisis del elemento puede considerarse que las coacciones en los apoyos y extremos del elemento durante el tiempo de exposición al fuego no varían con respecto a las que se producen a temperatura normal.
3. Cualquier modo de fallo no tenido en cuenta explícitamente en el análisis de esfuerzos o en la respuesta estructural deberá evitarse mediante detalles constructivos apropiados.
4. Si el anexo correspondiente al material específico (C a F) no indica lo contrario, los valores de los coeficientes parciales de resistencia en situación de incendio deben tomarse iguales a la unidad: $\tilde{\alpha}_{M,fi} = 1$
5. En la utilización de algunas tablas de especificaciones de hormigón y acero se considera el coeficiente de sobredimensionado $\tilde{\iota}_{fi}$, definido como:

$$\mu_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}$$

siendo:

$R_{fi,d,0}$ resistencia del elemento estructural en situación de incendio en el instante inicial $t=0$, a temperatura normal.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

4.3 Justificación DB-SUA de utilización y accesibilidad

SUA 1

Seguridad frente al riesgo de caídas

○ RESBALADICIDAD DE LOS SUELOS

La vivienda unifamiliar objeto de este proyecto de ejecución no está dentro del ámbito de aplicación de este apartado.

○ DISCONTINUIDADES EN LOS PAVIMENTOS

La vivienda unifamiliar objeto de este proyecto de ejecución no está dentro del ámbito de aplicación de este apartado.

○ DESNIVELES

● Protección de los desniveles

Con el fin de limitar el riesgo de caída, existen barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas (tanto horizontales como verticales) balcones, ventanas, etc. con una diferencia de cota mayor que 55 cm.

● Características de las barreras de protección

Las barreras de protección tienen, una altura de 0,90 m porque la diferencia de cota que protegen no excede de 6 m. La altura se medirá verticalmente desde el nivel de suelo o, en el caso de escaleras, desde la línea de inclinación definida por los vértices de los peldaños, hasta el límite superior de la barrera.

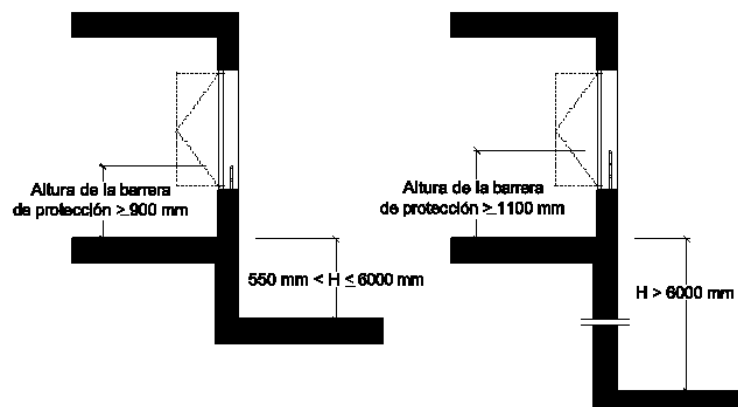


Figura 3.1 Barreras de protección en ventanas.

Las barreras de protección tendrán una resistencia y una rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal establecida en el apartado 3.2.1 del Documento Básico SE-AE, en función de la zona en que se encuentren.

Las barreras de protección, incluidas las de las escaleras, están diseñadas de forma que:

- a) No puedan ser fácilmente escaladas por los niños, para lo cual:
 - a) En la altura comprendida entre 30 cm y 50 cm sobre el nivel del suelo o sobre la línea de inclinación de la escalera no existen puntos de apoyo, incluidos salientes sensiblemente horizontales con más de 5 cm de saliente.
 - b) En la altura comprendida entre 50 cm y 80 cm sobre el nivel del suelo no existen salientes que tengan una superficie sensiblemente horizontal con más de 15 cm de fondo.
- c) No tienen aberturas que puedan ser atravesadas por una esfera de 10 cm de diámetro, exceptuándose las aberturas triangulares que forman la huella y la contrahuella de los peldaños con el límite inferior de la barandilla, siempre que la distancia entre este límite y la línea de inclinación de la escalera no exceda de 5 cm

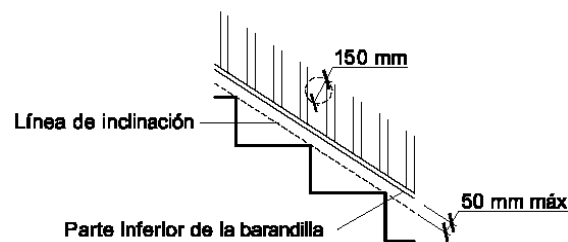


Figura 3.2 Línea de inclinación y parte inferior de la barandilla

El hueco entre el canto de forjado y la barrera se puede asimilar, en cuanto a la exigencia para su dimensión máxima, a las aberturas en barreras para las cuales el apartado SUA 1-3.2.3 establece que no pueden ser atravesadas por una esfera de 10 cm de diámetro

o ESCALERAS Y RAMPAS

- Escaleras de uso restringido

El ancho de cada tramo es $\geq 0.80\text{m}$.

La contrahuella es $\leq 20\text{ cm}$ y la huella $\geq 22\text{ cm}$, ambas dimensiones se miden en cada peldaño según la dirección de la marcha.

Se disponen mesetas partidas con peldaños a 45° .

Dispone de barandilla en sus lados abiertos.

- Escaleras de uso general

La vivienda unifamiliar objeto de este proyecto de ejecución no incluye escaleras de uso general.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

- Rampas
Las rampas incluidas en este proyecto de ejecución son de uso restringido por lo que no están dentro del ámbito de aplicación de este apartado.
- Pasillos escalonados de acceso a localidades en graderíos y tribunas
La vivienda unifamiliar objeto de este proyecto de ejecución no está dentro del ámbito de aplicación de este apartado.

○ LIMPIEZA DE LOS ACRISTALAMIENTOS EXTERIORES

Los acristalamientos que se encuentran a una altura de más de 6m sobre la rasante exterior con vidrio transparente son practicables y su limpieza puede realizarse desde el interior. Las ventanas giratorias de cubierta están equipadas con un dispositivo que las mantiene bloqueadas en la posición invertida durante su limpieza.

SUA 2

Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento

- IMPACTO

- Impacto con elementos fijos

La altura libre de paso en zonas de circulación será, como mínimo, 2.100 mm en zonas de uso restringido y 2.200 mm en el resto de las zonas. En los umbrales de las puertas la altura libre será 2.000 mm, como mínimo. Los elementos fijos que sobresalgan de las fachadas y que estén situados sobre zonas de circulación estarán a una altura de 2,20 m, como mínimo.

En zonas de circulación, las paredes carecerán de elementos salientes que no arranquen del suelo, que vuelen más de 150 mm en la zona de altura comprendida entre 150 mm y 2200 mm medida a partir del suelo y que presenten riesgo de impacto.

Se limitará el riesgo de impacto con elementos volados cuya altura sea menor que 2 m, tales como mesetas o tramos de escalera, de rampas, etc., disponiendo elementos fijos que restrinjan el acceso hasta ellos y permitirán su detección por los bastones de personas con discapacidad visual.

- Impacto con elementos practicables

No es necesario cumplir ninguna condición de impacto en los términos del apartado 1.2 de la sección 2 del DB SU.

- Impacto con elementos frágiles

Los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto de las superficies acristaladas que no dispongan de una barrera de protección conforme al apartado 3.2 de SUA 1, tendrán una clasificación de prestaciones X(Y)Z determinada según la norma UNE-EN 12600:2003 cuyos parámetros cumplan lo que se establece en la tabla 1.1. Se excluyen de dicha condición los vidrios cuya mayor dimensión no exceda de 30 cm.

Diferencia de cotas a ambos lados de la superficie acristalada	Valor del parámetro		
	X	Y	Z
Mayor que 12m	cualquiera	B o C	1
Comprendida entre 0,55m y 12m	cualquiera	B o C	1 ó 2
Menor que 0,55m	1, 2 ó 3	B o C	cualquiera

Las áreas con riesgo de impacto son las identificadas en el punto 2 del Apartado 1.3 de la sección 2 del DB SU.

Las partes vidriadas de puertas y de cerramientos de duchas y bañeras estarán constituidas por elementos laminados o templados que resistan sin rotura un impacto de nivel 3, conforme al procedimiento descrito en la norma UNE EN 12600:2003.

- Impacto con elementos insuficientemente perceptibles
No existen grandes superficies acristaladas que se puedan confundir con puertas o aberturas.

Las puertas de vidrio disponen de elementos que permitan identificarlas, tales como cercos o tiradores, cumpliendo así el punto 2 del apartado 1.4 de la sección 2 del DB SUA.

- ATRAPAMIENTO

No existe riesgo de atrapamiento en las puertas correderas.

No existen elementos de apertura y cierre automáticos.

SUA 3

Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento

- APRISIONAMIENTO

Cuando las puertas de un recinto tengan dispositivo para su bloqueo desde el interior y las personas puedan quedar accidentalmente atrapadas dentro del mismo, existirá algún sistema de desbloqueo de las puertas desde el exterior del recinto. Excepto en el caso de los baños o los aseos de viviendas, dichos recintos tendrán iluminación controlada desde su interior.

La fuerza de apertura de las puertas de salida será de 140 N, como máximo.

Para determinar la fuerza de maniobra de apertura y cierre de las puertas de maniobra manual batientes/pivotantes y deslizantes equipadas con pestillos de media vuelta y destinadas a ser utilizadas por peatones (excluidas puertas con sistema de cierre automático y puertas equipadas con herrajes especiales, como por ejemplo los dispositivos de salida de emergencia) se empleará el método de ensayo especificado en la norma UNE-EN 12046-2:2000.

SUA 4

Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada

- ALUMBRADO NORMAL EN ZONAS DE CIRCULACIÓN

En cada zona se dispondrá una instalación de alumbrado capaz de proporcionar, una iluminancia mínima de 20 lux en zonas exteriores y de 100 lux en zonas interiores, excepto aparcamientos interiores en donde será de 50 lux, medida a nivel del suelo.

El factor de uniformidad media será del 40% como mínimo.

- ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El garaje dispone de alumbrado de emergencia por ser locales de riesgo especial.

- a) Se situarán al menos a 2 m por encima del nivel del suelo;
- b) Se dispondrá una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad. Como mínimo se dispondrán en los siguientes puntos:
 - en las puertas existentes en los recorridos de evacuación;

- Características de la instalación

1. La instalación será fija, estará provista de fuente propia de energía y debe entrar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación en la instalación de alumbrado normal en las zonas cubiertas por el alumbrado de emergencia. Se considera como fallo de alimentación el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal.
2. El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación debe alcanzar al menos el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de los 5 s y el 100% a los 60 s.
3. La instalación cumplirá las condiciones de servicio que se indican a continuación durante una hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo:
 - a) En las vías de evacuación cuya anchura no exceda de 2 m, la *iluminancia* horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.
 - b) En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios

de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la *iluminancia* horizontal será de 5 lux, como mínimo.

- c) A lo largo de la línea central de una vía de evacuación, la relación entre la *iluminancia* máxima y la mínima no debe ser mayor que 40:1.
- d) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.
- e) Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las lámparas será 40.

- Iluminación de las señales de seguridad

1. La iluminación de las señales de evacuación indicativas de las salidas y de las señales indicativas de los medios manuales de protección contra incendios y de los de primeros auxilios, deben cumplir los siguientes requisitos:
 - a) La *luminancia* de cualquier área de color de seguridad de la señal debe ser al menos de 2 cd/m² en todas las direcciones de visión importantes;
 - b) La relación de la *luminancia* máxima a la mínima dentro del color blanco o de seguridad no debe ser mayor de 10:1, debiéndose evitar variaciones importantes entre puntos adyacentes;
 - c) La relación entre la *luminancia* Lblanca, y la *luminancia* Lcolor >10, no será menor que 5:1 ni mayor que 15:1.
 - d) Las señales de seguridad deben estar iluminadas al menos al 50% de la *iluminancia* requerida, al cabo de 5 s, y al 100% al cabo de 60 s.

SUA 5

Seguridad frente al riesgo causado por situaciones de alta ocupación

Las condiciones establecidas en esta sección no son de aplicación en el proyecto de ejecución de esta vivienda unifamiliar.

SUA 6

Seguridad frente al riesgo de ahogamiento

Las condiciones establecidas en el punto 1 de esta sección no son de aplicación en este proyecto.

Los pozos, depósitos, o conducciones abiertas que sean accesibles a personas y presenten riesgo de ahogamiento estarán equipados con sistemas de protección, tales como tapas o rejillas, con la suficiente rigidez y resistencia, así como con cierres que impidan su apertura por personal no autorizado.

SUA 7

Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento

Las condiciones establecidas en esta sección no son de aplicación en el garaje de una vivienda unifamiliar.

SUA 8

Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo

- PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN
Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos N_e sea mayor que el riesgo admisible N_a .
- Cálculo de N_e

La densidad de impactos sobre el terreno N_g , obtenida según la figura 1.1, de la sección 8 del DB SU es igual a 1,5 (nº impactos/año,km²).

A_e , la superficie de captura equivalente del edificio aislado en m^2 es de 2.756,34, esta superficie es la delimitada por una línea trazada a una distancia $3H$ de cada uno de los puntos del perímetro del edificio siendo H (8,55 m) la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.

El edificio está rodeado de edificios más bajos, eso supone un valor del coeficiente relacionado con el entorno C_1 de 0,75 (tabla 1,1 de la sección 8 del DB SU).

La frecuencia esperada de impactos, determinada mediante la expresión:

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

N_g (Santiago de Compostela) = 1.50 impactos/año, km^2 $A_e = 3064 \text{ m}^2$ C_1 (próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos) = 0,5
$N_e = 0.0023 \text{ impactos/año}$

- Cálculo de N_a

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

Siendo:

- C_2 : Coeficiente en función del tipo de construcción.
- C_3 : Coeficiente en función del contenido del edificio.
- C_4 : Coeficiente en función del uso del edificio.
- C_5 : Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio.

C_2 (estructura de hormigón/cubierta de hormigón) = 1.00 C_3 (otros contenidos) = 1.00 C_4 (resto de edificios) = 1.00 C_5 (resto de edificios) = 1.00
$N_a = 0.0055 \text{ impactos/año}$

- Verificación

$$N_e < N_a$$

$$0,0023 \text{ impactos/año} < 0,0055 \text{ impactos/año}$$

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

La frecuencia esperada de impactos Ne es menor que el riesgo admisible Na. Por ello, no será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo.

SUA 9

Accesibilidad

Las condiciones establecidas en esta sección no son de aplicación en el proyecto de ejecución de esta vivienda unifamiliar.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

4.4 Justificación DB-HS Salubridad

HS 1

Protección frente a la humedad

- MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO

- Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros que están en contacto con el terreno se obtiene mediante la tabla 2.1 de CTE DB HS 1, en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

La presencia de agua depende de la posición relativa del suelo en contacto con el terreno respecto al nivel freático, por lo que se establece para cada muro, en función del tipo de suelo asignado.

Tabla 2.1 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros			
Presencia de agua ⁽¹⁾	Coeficiente de permeabilidad del terreno ⁽¹⁾		
	$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} \geq K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$K_s \geq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	5	4
Media	3	2	2
Baja	1	1	1

- Condiciones de las soluciones constructivas

- Muro de CLT
- Imp. Exterior
- Grado de impermeabilidad ≤ 2

CONDICIONES DE LAS SOLUCIONES DE MURO → I2+I3+D1+D5

- Constitución del muro:
No se establecen condiciones.
- Impermeabilización:
I2 → La impermeabilización debe realizarse mediante la aplicación de una pintura impermeabilizante o según lo establecido en I1. En muros pantalla contruidos con excavación, la impermeabilización se consigue mediante la utilización de lodos bentoníticos. (no aplica)
I3 → Cuando el muro sea de fábrica debe recubrirse por su cara interior con un revestimiento hidrófugo, tal como una capa de mortero hidrófugo sin revestir, una hoja de cartón-yeso sin yeso higroscópico u otro material no higroscópico. (no aplica)
- Drenaje y evacuación:

D1 → Debe disponerse una capa drenante y una capa filtrante entre el muro y el terreno o, cuando existe una capa de impermeabilización, entre ésta y el terreno. La capa drenante puede estar constituida por una lámina drenante, grava, una fábrica de bloques de arcilla porosos u otro material que produzca el mismo efecto.

Cuando la capa drenante sea una lámina, el remate superior de la lámina debe protegerse de la entrada de agua procedente de las precipitaciones y de las escorrentías.

D5 → Debe disponerse una red de evacuación del agua de lluvia en las partes de la cubierta y del terreno que puedan afectar al muro y debe conectarse aquélla a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior.

- Ventilación de la cámara:
No se establecen condiciones.

- Puntos singulares de los muros en contacto con el terreno
Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

- Encuentros del muro con las fachadas
En este proyecto el muro se impermeabiliza por el exterior, por lo tanto, en los arranques de las fachadas sobre el mismo, el impermeabilizante debe prolongarse más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior y el remate superior del impermeabilizante debe realizarse según lo descrito en el apartado 2.4.4.1.2 o disponiendo un zócalo según lo descrito en el apartado 2.3.3.2 de la sección 1 de DB HS Salubridad.

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación así como las de continuidad o discontinuidad, correspondientes al sistema de impermeabilización que se emplee.

- Paso de conductos
Los pasatubos se dispondrán de tal forma que entre ellos y los conductos exista una holgura que permita las tolerancias de ejecución y los posibles movimientos diferenciales entre el muro y el conducto.

Se fija el conducto al muro con elementos flexibles.

Se dispone un impermeabilizante entre el muro y el pasatubos y se sella la holgura entre el pasatubos y el conducto con un perfil expansivo o un mástico elástico resistente a la compresión.

– Esquinas y rincones

Debe colocarse en los encuentros entre dos planos impermeabilizados una banda o capa de refuerzo del mismo material que el impermeabilizante utilizado de una anchura de 15 cm como mínimo y centrada en la arista.

Cuando las bandas de refuerzo se apliquen antes que el impermeabilizante del muro deben ir adheridas al soporte previa aplicación de una imprimación.

– Juntas

Cuando las bandas de refuerzo se apliquen antes que el impermeabilizante del muro deben ir adheridas al soporte previa aplicación de una imprimación.

- a) Cuando la junta sea estructural, un cordón de relleno compresible y compatible químicamente con la impermeabilización;
- b) Sellado de la junta con una masilla elástica
- c) La impermeabilización del muro hasta el borde de la junta;
- d) Una banda de refuerzo de una anchura de 30 cm como mínimo centrada en la junta y del mismo material que el impermeabilizante con una armadura de fibra de poliéster o una banda de lámina impermeable.

En el caso de muros hormigonados in situ, tanto si están impermeabilizados con lámina o con productos líquidos, para la impermeabilización de las juntas verticales y horizontales, debe disponerse una banda elástica embebida en los dos testeros de ambos lados de la junta.

- SUELOS

- Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos que están en contacto con el terreno frente a la penetración del agua de éste y de las escorrentías se obtiene en la tabla 2.3, en función de la presencia de

agua determinada de acuerdo con 2.1.1 y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

Tabla 2.3 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos		
Presencia de agua ⁽¹⁾	Coeficiente de permeabilidad del terreno ⁽¹⁾	
	$K_s > 10^{-5}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	4
Media	4	3
Baja	2	1

- Condiciones de las soluciones constructivas
 - Muro de gravedad
 - Suelo elevado
 - Sin intervención
 - Grado de impermeabilidad ≤ 1

CONDICIONES DE LAS SOLUCIONES DE SUELO → V1

- Constitución del suelo:
No se establecen condiciones.
- Impermeabilización
No se establecen condiciones.
- Drenaje y evacuación
No se establecen condiciones.
- Tratamiento perimétrico
No se establecen condiciones.
- Sellado de juntas
No se establecen condiciones.
- Ventilación de la cámara
V1 → El espacio existente entre el suelo elevado y el terreno debe ventilarse hacia el exterior mediante aberturas de ventilación repartidas al 50% entre dos paredes enfrentadas, dispuestas regularmente y al tresbolillo. La relación entre el área efectiva total de las aberturas, S_s , en cm^2 , y la superficie del suelo elevado, A_s , en m^2 debe cumplir la condición:

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

La distancia entre aberturas de ventilación contiguas no debe ser mayor que 5 m.

- Condiciones de los puntos singulares

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

- Encuentros del suelo con los muros

Cuando el suelo y el muro sean hormigonados in situ, excepto en el caso de muros pantalla, debe sellarse la junta entre ambos con una banda elástica embebida en la masa del hormigón a ambos lados de la junta.

- FACHADAS Y MEDIANERAS DESCUBIERTAS

- Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas se obtiene de la tabla 2.5 de CTE DB HS 1, en función de la zona pluviométrica de promedios y del grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio, según las tablas 2.6 y 2.7 de CTE DB HS 1.

- Zona pluviométrica de promedios → I (figura 2.4)

- Grado de exposición al viento → **V3** (tabla 2.6)

Tabla 2.5 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

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

- Condiciones de las soluciones constructivas
 - Con revestimiento exterior
 - Grado de impermeabilidad ≤ 5

CONDICIONES DE LAS SOLUCIONES DE FACHADA → R1+B2+C2

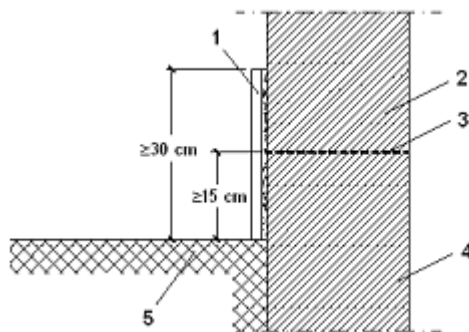
- Resistencia a la filtración del revestimiento exterior
El revestimiento exterior debe tener una resistencia muy alta a la filtración. Se considera que proporciona esta resistencia un revestimiento continuo con las siguientes características:
 - Espesor comprendido entre 10 y 15 mm, salvo los acabados con una capa plástica delgada
 - Adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad
 - Permeabilidad al vapor suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal.
 - Adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento aceptable frente a la fisuración.
 - Cuando se dispone en fachadas con el aislante por el exterior de la hoja principal, compatibilidad química con el aislante y disposición de una armadura constituida por una malla de fibra de vidrio o de poliéster.
- Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua
Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:
 - ✓ Aislante no hidrófilo dispuesto por el exterior de la hoja principal
- Composición de la hoja principal
Debe utilizarse al menos una hoja principal de espesor alto. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:
 - ✓ 24cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.
- Higroscopicidad del material componente de la hoja principal
No se establecen condiciones.

- Resistencia a la filtración de las juntas entre piezas que componen la hoja principal
No se establecen condiciones
- Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal
No se establecen condiciones
- Condiciones de los puntos singulares
Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, así como las de continuidad o discontinuidad relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

- Arranque de la fachada desde la cimentación

Debe disponerse una barrera impermeable que cubra todo el espesor de la fachada a más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior para evitar el ascenso de agua por capilaridad o adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto

Cuando la fachada esté constituida por un material poroso o tenga un revestimiento poroso, para protegerla de las salpicaduras, debe disponerse un zócalo de un material cuyo coeficiente de succión sea menor que el 3%, de más de 30 cm de altura sobre el nivel del suelo exterior que cubra el impermeabilizante del muro o la barrera impermeable dispuesta entre el muro y la fachada, y sellarse la unión con la fachada en su parte superior, o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto (véase la siguiente figura).



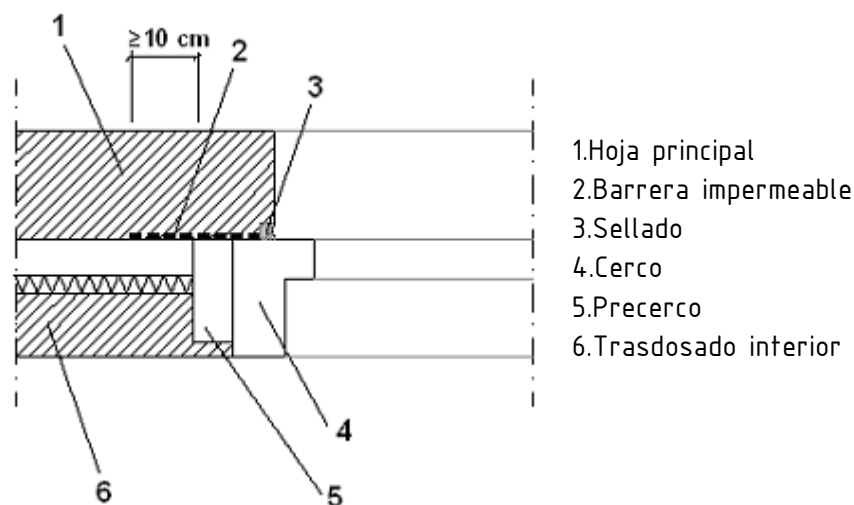
- 1.Zócalo
- 2.Fachada
- 3.Barrera impermeable
- 4.Cimentación
- 5.Suelo exterior

Cuando no sea necesaria la disposición del zócalo, el remate de la barrera impermeable en el exterior de la fachada debe realizarse según lo descrito en el apartado 2.4.4.1.2 de DB HS 1 Protección frente a la humedad o disponiendo un sellado.

– Encuentro de la fachada con la carpintería

Cuando el grado de impermeabilidad exigido sea igual a 5, si las carpinterías están retranqueadas respecto del paramento exterior de la fachada, debe disponerse precerco y debe colocarse una barrera impermeable en las jambas entre la hoja principal y el precerco, o en su caso el cerco, prolongada 10 cm hacia el interior del muro (véase la siguiente figura).

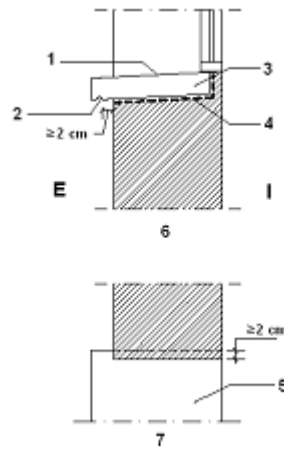
Debe sellarse la junta entre el cerco y el muro con un cordón que debe estar introducido en un llagueado practicado en el muro de forma que quede encajado entre dos bordes paralelos.



Cuando la carpintería esté retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe rematarse el alféizar con un vierteaguas para evacuar hacia el exterior el agua de lluvia que llegue a él y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo y disponerse un goterón en el dintel para evitar que el agua de lluvia discorra por la parte inferior del dintel hacia la carpintería o adoptarse soluciones que produzcan los mismos efectos.

El vierteaguas debe tener una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo, debe ser impermeable o disponerse sobre una barrera impermeable fijada al cerco o al muro que se prolongue por la parte trasera y por ambos lados del vierteaguas y que tenga una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo. El vierteaguas debe disponer de un goterón en la cara inferior del saliente, separado del paramento exterior de la fachada al menos 2 cm, y su entrega lateral en la jamba debe ser de 2 cm como mínimo (véase la siguiente figura).

La junta de las piezas con goterón debe tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.



1.Pendiente hacia el exterior

2.Goterón

3.Vierteaguas

4.Barrera impermeable

5.Vierteaguas

6.Sección

7.Planta

I.Interior

E.Exterior

– Antepechos y remates superiores de las fachadas

Los antepechos deben rematarse con albardillas para evacuar el agua de lluvia que llegue a su parte superior y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.

Las albardillas deben tener una inclinación de 10° como mínimo, deben disponer de goterones en la cara inferior de los salientes hacia los que discurre el agua, separados de los paramentos correspondientes del antepecho al menos 2 cm y deben ser impermeables o deben disponerse sobre una barrera impermeable que tenga una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo. Deben disponerse juntas de dilatación cada dos piezas cuando sean de piedra o prefabricadas y cada 2 m cuando sean cerámicas. Las juntas entre las albardillas deben realizarse de tal manera que sean impermeables con un sellado adecuado.

– Anclajes a la fachada

Cuando los anclajes de elementos tales como barandillas o mástiles se realicen en un plano horizontal de la fachada, la junta entre el anclaje y la fachada debe realizarse de tal forma que se impida la entrada de agua a través de ella mediante el sellado, un elemento de goma, una pieza metálica u otro elemento que produzca el mismo efecto.

– Aleros y cornisas

Los aleros y las cornisas de constitución continua deben tener una pendiente hacia el exterior para evacuar el agua de 10° como mínimo

y los que sobresalgan más de 20 cm del plano de la fachada, deben:

a) ser impermeables o tener la cara superior protegida por una barrera impermeable, para evitar que el agua se filtre a través de ellos;

b) disponer en el encuentro con el paramento vertical de elementos de protección prefabricados o realizados in situ que se extiendan hacia arriba al menos 15 cm y cuyo remate superior se resuelva de forma similar a la descrita en el apartado 2.4.4.1.2, para evitar que el agua se filtre en el encuentro y en el remate;

c) disponer de un goterón en el borde exterior de la cara inferior para evitar que el agua de lluvia evacuada alcance la fachada por la parte inmediatamente inferior al mismo.

En el caso de que no se ajusten a las condiciones antes expuestas debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.

La junta de las piezas con goterón deben tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.

- CUBIERTAS

- Grado de impermeabilidad

Para las cubiertas el grado de impermeabilidad exigido es único e independiente de factores climáticos. Cualquier solución constructiva alcanza este grado de impermeabilidad siempre que cumpla las condiciones indicadas el DB-HS 1.

- Condiciones de las soluciones constructivas y componentes

- Sistema de formación de pendientes

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

El sistema de formación de pendientes debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las sollicitaciones mecánicas y térmicas, y su constitución debe ser adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes.

Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él.

El sistema de formación de pendientes en cubiertas inclinadas, cuando éstas no tengan capa de impermeabilización, debe tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua mayor que la obtenida en la tabla 2.10 en función del tipo de tejado.

Tabla 2.10 Pendientes de cubiertas inclinadas				
			Pendiente mínima en %	
Tejado ^{(1) (2)}	Teja	Teja curva	32	
		Teja mixta y plana monocanal	30	
		Teja plana marsellesa o alicantina	40	
		Teja plana con encaje	50	
	Pizarra		60	
	Placas y perfiles	Cinc		10
		Fibrocemento	Placas simétricas de onda grande	10
			Placas asimétricas de nervadura grande	10
			Placas asimétricas de nervadura media	25
		Sintéticos	Perfiles de ondulado grande	10
			Perfiles de ondulado pequeño	15
			Perfiles de grecado grande	5
			Perfiles de grecado medio	8
			Perfiles nervados	10
		Galvanizados	Perfiles de ondulado pequeño	15
			Perfiles de grecado o nervado grande	5
			Perfiles de grecado o nervado medio	8
			Perfiles de nervado pequeño	10
			Paneles	5
	Aleaciones ligeras	Perfiles de ondulado pequeño	15	
Perfiles de nervado medio		5		

(1) En caso de cubiertas con varios sistemas de protección superpuestos se establece como pendiente mínima la menor de las pendientes para cada uno de los sistemas de protección.

(2) Para los sistemas y piezas de formato especial las pendientes deben establecerse de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.

(3) Estas pendientes son para faldones menores a 6,5m, una situación de exposición normal y una situación climática desfavorable; para condiciones diferentes a éstas, se debe tomar el valor de la pendiente mínima establecida en norma UNE 127100 ("Tejas de hormigón. Código de práctica para la concepción

y el montaje de cubiertas con tejas de hormigón”) ó en norma UNE 136020 (“Tejas cerámicas. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas cerámicas”).

- Barrera contra el vapor
Se colocará inmediatamente por debajo del aislante térmico.
- Capa separadora
Se colocará bajo el aislante térmico cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.
- Aislante térmico
El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las sollicitaciones mecánicas.
Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.
- Capa de impermeabilización
Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma.

Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados:

Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.

Cuando la pendiente de la cubierta esté comprendida entre 5 y 15%, deben utilizarse sistemas adheridos

Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.

Cuando se utilicen sistemas no adheridos debe emplearse una capa de protección pesada.

Impermeabilización con un sistema de placas:

El solapo de las placas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como *zona eólica*, tormentas y altitud topográfica.

Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, del tipo de piezas y del solapo de las

mismas, así como de la zona geográfica del emplazamiento del edificio.

– Cámara de aire ventilada

Cuando se disponga una cámara de aire, ésta debe situarse en el lado exterior del *aislante térmico* y ventilarse mediante un conjunto de aberturas de tal forma que el cociente entre su *área efectiva* total, S_s , en cm^2 , y la superficie de la cubierta, A_c , en m^2 cumpla la siguiente condición:

$$30 > S_s/A_c > 3$$

– Capa de protección

Cuando se disponga una *capa de protección*, el material que forma la capa debe ser resistente a la intemperie en función de las condiciones ambientales previstas y debe tener un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento.

Se pueden usar los materiales siguientes u otro material que produzca el mismo efecto:

- a) cuando la cubierta no sea transitable, grava, solado fijo o flotante, mortero, tejas y otros materiales que conformen una capa pesada y estable;
- b) cuando la cubierta sea transitable para peatones, solado fijo, flotante o capa de rodadura;
- c) cuando la cubierta sea transitable para vehículos, capa de rodadura.

Tejado

Debe estar constituido por piezas de cobertura tales como tejas, pizarra, placas, etc. El solapo de las piezas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como *zona eólica*, tormentas y altitud topográfica.

Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, la altura máxima del faldón, el tipo de piezas y el solapo de las mismas, así como de la ubicación del edificio.

– Sistema de evacuación de aguas

Constará de canalones, dimensionados según el DB HS 5.

Constará de sumideros y rebosaderos, dimensionados según el DB HS 5.

- Puntos singulares de las cubiertas planas

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

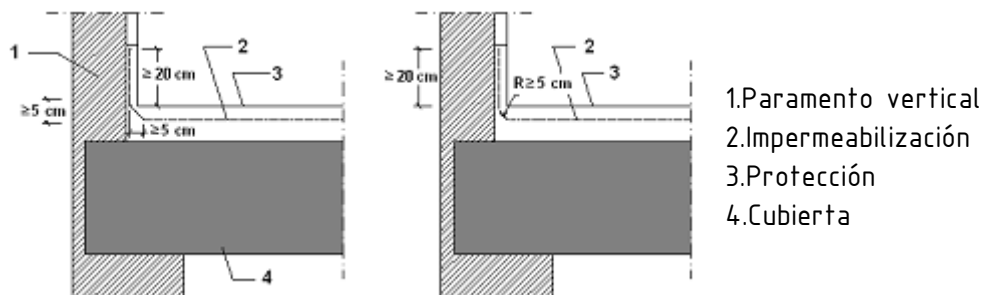
– Juntas de dilatación

Deben disponerse juntas de dilatación de la cubierta y la distancia entre juntas de dilatación contiguas debe ser como máximo 15 m. Siempre que exista un encuentro con un paramento vertical o una junta estructural debe disponerse una junta de dilatación coincidiendo con ellos. Las juntas deben afectar a las distintas capas de la cubierta a partir del elemento que sirve de soporte resistente. Los bordes de las juntas de dilatación deben ser romos, con un ángulo de 45° aproximadamente, y la anchura de la junta debe ser mayor que 3 cm.

En las juntas debe colocarse un sellante dispuesto sobre un relleno introducido en su interior. El sellado debe quedar enrasado con la superficie de la capa de protección de la cubierta.

– Encuentro de la cubierta con un paramento vertical

La impermeabilización debe prolongarse por el paramento vertical hasta una altura de 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta (véase la siguiente figura).



El encuentro con el paramento debe realizarse redondeándose con un radio de curvatura de 5 cm aproximadamente o achaflanándose una medida análoga según el sistema de impermeabilización.

Para que el agua de las precipitaciones o la que se deslice por el paramento no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, dicho remate debe realizarse mediante un perfil metálico inoxidable provisto de una pestaña al menos en su parte superior, que sirva de base a un cordón de sellado entre el perfil y el muro. Si en la parte inferior no lleva pestaña, la arista debe ser redondeada para evitar que pueda dañarse la lámina.

– Encuentro de la cubierta con el borde lateral

El encuentro debe realizarse mediante una de las formas siguientes:

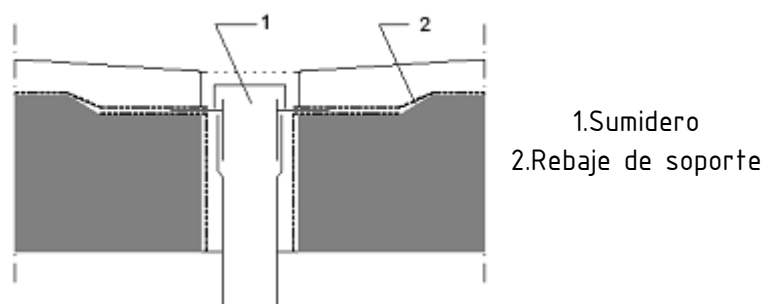
- a) Prolongando la impermeabilización 5 cm como mínimo sobre el frente del alero o el paramento;
- b) Disponiéndose un perfil angular con el ala horizontal, que debe tener una anchura mayor que 10 cm, anclada al faldón de tal forma que el ala vertical descuelgue por la parte exterior del paramento a modo de goterón y prolongando la impermeabilización sobre el ala horizontal.

– Encuentro de la cubierta con un sumidero

El sumidero debe ser una pieza prefabricada, de un material compatible con el tipo de impermeabilización que se utilice y debe disponer de un ala de 10 cm de anchura como mínimo en el borde superior.

El sumidero debe estar provisto de un elemento de protección para retener los sólidos que puedan obturar la bajante. En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección y en cubiertas no transitables, este elemento debe sobresalir de la capa de protección.

El elemento que sirve de soporte de la impermeabilización debe rebajarse alrededor de los sumideros o en todo el perímetro de los canalones (véase la siguiente figura) lo suficiente para que después de haberse dispuesto el impermeabilizante siga existiendo una pendiente adecuada en el sentido de la evacuación.



La impermeabilización debe prolongarse 10 cm como mínimo por encima de las alas.

La unión del impermeabilizante con el sumidero debe ser estanca. Cuando el sumidero se disponga en la parte horizontal de la cubierta, debe situarse separado 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales o con cualquier otro elemento que sobresalga de la cubierta.

El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.

– Encuentro de la cubierta con elementos pasantes

Los elementos pasantes deben situarse separados 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales y de los elementos que sobresalgan de la cubierta.

Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben ascender por el elemento pasante 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.

– Anclaje de elementos

Los anclajes de elementos deben realizarse de una de las formas siguientes:

- a) Sobre un paramento vertical por encima del remate de la impermeabilización;
- b) Sobre la parte horizontal de la cubierta de forma análoga a la establecida para los encuentros con elementos pasantes o sobre una bancada apoyada en la misma.

– Rincones y esquinas

En los rincones y las esquinas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ hasta una distancia de 10 cm como mínimo desde el vértice formado por los dos planos que conforman el rincón o la esquina y el plano de la cubierta.

– Accesos y aberturas

Los accesos y las aberturas situados en un paramento vertical deben realizarse de una de las formas siguientes:

- a) Disponiendo un desnivel de 20 cm de altura como mínimo por encima de la protección de la cubierta, protegido con un impermeabilizante que lo cubra y ascienda por los laterales del hueco hasta una altura de 15 cm como mínimo por encima de dicho desnivel;
- b) Disponiéndolos retranqueados respecto del paramento vertical 1 m como mínimo. El suelo hasta el acceso debe tener una pendiente del 10% hacia fuera y debe ser tratado como la cubierta, excepto para los casos de accesos en balconeras que vierten el agua libremente sin antepechos, donde la pendiente mínima es del 1%.

Los accesos y las aberturas situados en el paramento horizontal de la cubierta deben realizarse disponiendo alrededor del hueco un

antepecho de una altura por encima de la protección de la cubierta de 20 cm como mínimo e impermeabilizado según lo descrito en el apartado 2.4.4.1.2 de DB HS 1 Protección frente a la humedad.

- Puntos singulares de las cubiertas inclinadas

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

- Encuentro de la cubierta con un paramento vertical

En el encuentro de la cubierta con un paramento vertical deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

Los elementos de protección deben cubrir como mínimo una banda del paramento vertical de 25 cm de altura por encima del tejado y su remate debe realizarse de forma similar a la descrita en las cubiertas planas.

Cuando el encuentro se produzca en la parte inferior del faldón, debe disponerse un canalón y realizarse según lo dispuesto en el apartado 2.4.4.2.9.

Cuando el encuentro se produzca en la parte superior o lateral del faldón, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro (Véase la figura 2.16).

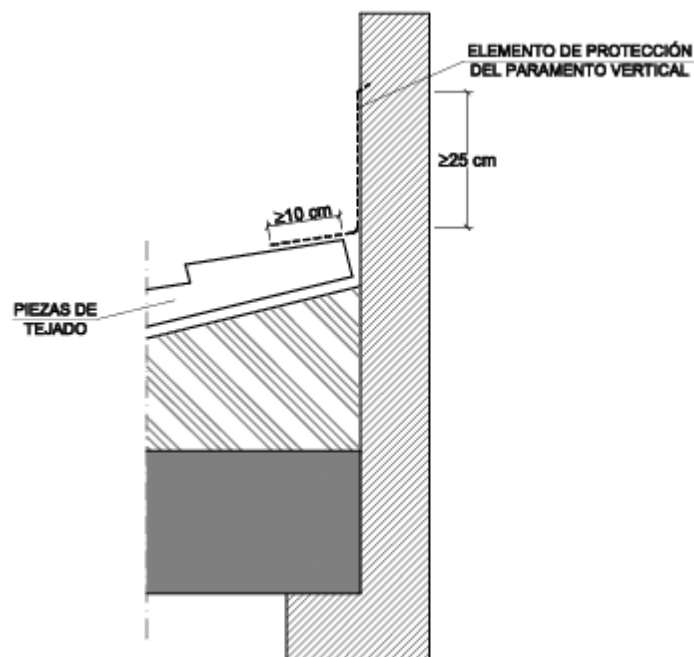


Figura 2.16 Encuentro en la parte superior del faldón

- Alero

Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo y media pieza como máximo del soporte que conforma el alero.

Cuando el tejado sea de pizarra o de teja, para evitar la filtración de agua a través de la unión de la primera hilada del tejado y el alero, debe realizarse en el borde un recalce de asiento de las piezas de la primera hilada de tal manera que tengan la misma pendiente que las de las siguientes, o debe adoptarse cualquier otra solución que produzca el mismo efecto.

– Borde lateral

En el borde lateral deben disponerse piezas especiales que vuelen lateralmente más de 5 cm o baberos protectores realizados in situ. En el último caso el borde puede rematarse con piezas especiales o con piezas normales que vuelen 5 cm.

– Limahoyas

En las *limahoyas* deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre la *limahoya*.

La separación entre las piezas del tejado de los dos faldones debe ser 20 cm como mínimo.

– Cumbreiras y limatesas

En las cumbreiras y *limatesas* deben disponerse piezas especiales, que deben solapar 5 cm como mínimo sobre las piezas del tejado de ambos faldones.

Las piezas del tejado de la última hilada horizontal superior y las de la cumbreira y la limatesa deben fijarse.

Cuando no sea posible el solape entre las piezas de una cumbreira en un cambio de dirección o en un encuentro de cumbreiras este encuentro debe impermeabilizarse con piezas especiales o baberos protectores.

– Encuentros de la cubierta con elementos pasantes

Los *elementos pasantes* no debe disponerse en las *limahoya*.

La parte superior del encuentro del faldón con el *elemento pasante* debe resolverse de tal manera que se desvíe el agua hacia los lados del mismo.

En el perímetro del encuentro deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del *elemento pasante* por encima del tejado de 20 cm de altura como mínimo.

– Lucernarios

Deben impermeabilizarse las zonas del faldón que estén en contacto con el precerco o el cerco del lucernario mediante elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

En la parte inferior del lucernario, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro y en la superior por debajo y prolongarse 10 cm como mínimo.

– Anclaje de elementos

Los anclajes no deben disponerse en las *limahoyas*.

Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del elemento anclado de una altura de 20 cm como mínimo por encima del tejado.

– Canalones

Para la formación del canalón deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

Los canalones deben disponerse con una pendiente hacia el desagüe del 1% como mínimo.

Las piezas del tejado que vierten sobre el canalón deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre el mismo.

Cuando el canalón sea visto, debe disponerse el borde más cercano a la fachada de tal forma que quede por encima del borde exterior del mismo.

Cuando el canalón esté situado junto a un paramento vertical deben disponerse:

- a) cuando el encuentro sea en la parte inferior del faldón, los elementos de protección por debajo de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo (Véase la figura 2.17);
- b) cuando el encuentro sea en la parte superior del faldón, los elementos de protección por encima de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo (Véase la figura 2.17);
- c) elementos de protección prefabricados o realizados in situ de tal forma que cubran una banda del paramento vertical por encima del tejado de 25 cm como mínimo y su remate se realice de forma similar a la descrita para cubiertas planas (Véase la figura 2.17).

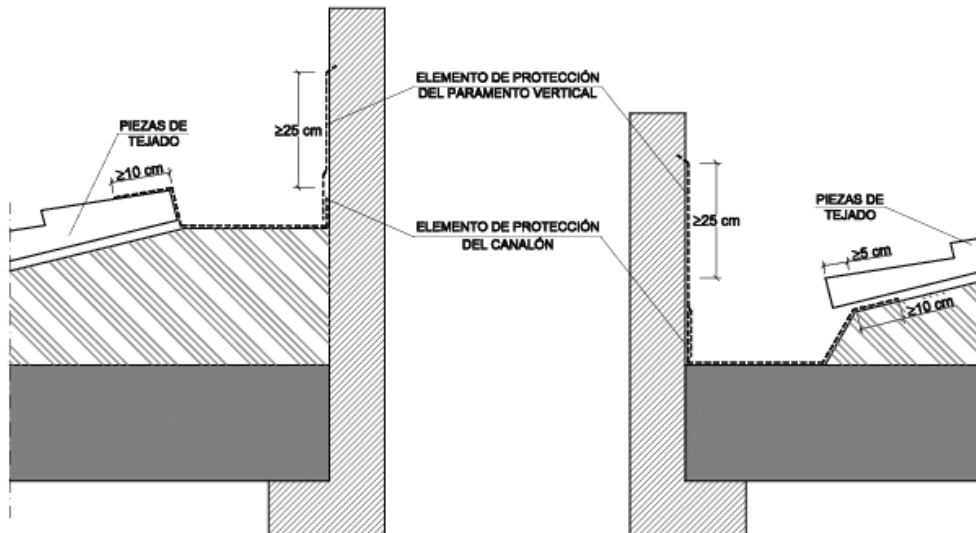


Figura 2.17 Canalones

Cuando el canalón esté situado en una zona intermedia del faldón debe disponerse de tal forma que

- el ala del canalón se extienda por debajo de las piezas del tejado 10 cm como mínimo;
- la separación entre las piezas del tejado a ambos lados del canalón sea de 20 cm como mínimo;
- el ala inferior del canalón debe ir por encima de las piezas del tejado.

- DIMENSIONADO

- Tubos de drenaje

Las pendientes mínima y máxima y el diámetro nominal mínimo de los tubos de drenaje cumplen lo que se indican en la tabla 3.1 del HS1.

Tabla 3.1 Tubos de drenaje				
Grado de impermeabilidad	Pendiente mínima %	Pendiente máxima %	Diámetro nominal mínimo mm	
			Drenes bajo suelo	Drenes en el perímetro del muro
MURO Y SUELO → 1	2	14	125	150
2	3	14	125	150
3	5	14	150	200
4	5	14	150	200
5	8	14	200	250

La superficie de orificios del tubo drenante por metro lineal debe ser como mínimo la obtenida de la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Superficie mínima de orificios de los tubos de drenaje	
Diámetro nominal	Superficie total mínima de orificios Cm ² /m
125	10
150	10
200	12
250	17

- PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

- Características exigibles a los productos

- Introducción

El comportamiento de los edificios frente al agua se caracteriza mediante las propiedades hídricas de los productos de construcción que componen sus cerramientos.

Los productos para aislamiento térmico y los que forman la hoja principal de la fachada se definen mediante las siguientes propiedades:

- a) La absorción de agua por capilaridad ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$ ó $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$).
- b) La succión o tasa de absorción de agua inicial ($\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$).
- c) La absorción al agua a largo plazo por inmersión total ($\%$ ó g/cm^3).

Los productos para la barrera contra el vapor se definirán mediante la resistencia al paso del vapor de agua ($\text{MN} \cdot \text{s}/\text{g}$ ó $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{mg}$).

Los productos para la impermeabilización se definirán mediante las siguientes propiedades, en función de su uso: (apartado 4.1.1.4)

- a) estanquidad;
- b) resistencia a la penetración de raíces;
- c) envejecimiento artificial por exposición prolongada a la combinación de radiación ultravioleta, elevadas temperaturas y agua;
- d) resistencia a la fluencia ($^{\circ}\text{C}$);
- e) estabilidad dimensional ($\%$);
- f) envejecimiento térmico ($^{\circ}\text{C}$);
- g) flexibilidad a bajas temperaturas ($^{\circ}\text{C}$);
- h) resistencia a la carga estática (kg);
- i) resistencia a la carga dinámica (mm);
- j) alargamiento a la rotura ($\%$);
- k) resistencia a la tracción ($\text{N}/5\text{cm}$).

– Aislante térmico

Cuando el aislante térmico se disponga por el exterior de la hoja principal, debe ser no hidrófilo.

• Control de recepción en obra de productos

En el pliego de condiciones del proyecto deben indicarse las condiciones de control para la recepción de los productos, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.

Debe comprobarse que los productos recibidos:

- a) Corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto
- b) Disponen de la documentación exigida
- c) Están caracterizados por las propiedades exigidas
- d) Han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra con el visto bueno del director de obra, con la frecuencia establecida.

En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.2 de la parte I del CTE.

- CONSTRUCCIÓN

- Ejecución

Las obras de construcción del edificio, en relación con esta sección, se ejecutarán con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7 de la parte I del CTE. En el pliego de condiciones se indicarán las condiciones de ejecución de los cerramientos.

- Muros

- a) Condiciones de los pasatubos

Los pasatubos serán estancos y suficientemente flexibles para absorber los movimientos previstos.

- b) Condiciones de las láminas impermeabilizantes

- Las láminas deben aplicarse en unas condiciones ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.
- Las láminas deben aplicarse cuando el muro esté suficientemente seco de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.
- Las láminas deben aplicarse de tal forma que no entren en contacto materiales incompatibles químicamente.
- En las uniones de las láminas deben respetarse los solapos mínimos prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.
- El paramento donde se va aplicar la lámina no debe tener rebabas de mortero en las fábricas de ladrillo o bloques ni ningún resalto de material que pueda suponer riesgo de punzonamiento.
- Cuando se utilice una lámina impermeabilizante adherida deben aplicarse imprimaciones previas y cuando se utilice una lámina impermeabilizante no adherida deben sellarse los solapos.
- Cuando la impermeabilización se haga por el interior, deben colocarse bandas de refuerzo en los cambios de dirección.

- c) Condiciones del revestimiento hidrófugo de mortero

- El paramento donde se va aplicar el revestimiento debe estar limpio.

- Deben aplicarse al menos cuatro capas de revestimiento de espesor uniforme y el espesor total no debe ser mayor que 2 cm.
- No debe aplicarse el revestimiento cuando la temperatura ambiente sea menor que 0°C ni cuando se prevea un descenso de la misma por debajo de dicho valor en las 24 horas posteriores a su aplicación.
- En los encuentros deben solaparse las capas del revestimiento al menos 25 cm.

d) Condiciones de los productos líquidos de impermeabilización

- Revestimientos sintéticos de resinas

Las fisuras grandes deben cajearse mediante rozas de 2 cm de profundidad y deben rellenarse éstas con mortero pobre.

Las coqueras y las grietas deben rellenarse con masillas especiales compatibles con la resina.

Antes de la aplicación de la imprimación debe limpiarse el paramento del muro.

No debe aplicarse el revestimiento cuando la temperatura sea menor que 5°C o mayor que 35°C. Salvo que en las especificaciones de aplicación se fijen otros límites.

El espesor de la capa de resina debe estar comprendido entre 300 y 500 de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo μm .

Cuando existan fisuras de espesor comprendido entre 100 y 250 μm debe aplicarse una imprimación en torno a la fisura. Luego debe aplicarse una capa de resina a lo largo de toda la fisura, en un ancho mayor que 12 cm y de un espesor que no sea mayor que 50 μm . Finalmente deben aplicarse tres manos consecutivas, en intervalos de seis horas como mínimo, hasta alcanzar un espesor total que no sea mayor que 1 mm.

Cuando el revestimiento esté elaborado a partir de poliuretano y esté total o parcialmente expuesto a la intemperie debe cubrirse con una capa adecuada para protegerlo de las radiaciones ultravioleta.

- Polímeros acrílicos

El soporte debe estar seco, sin restos de grasa y limpio.

El revestimiento debe aplicarse en capas sucesivas cada 12 horas aproximadamente. El espesor no debe ser mayor que 100 μm .

- Caucho acrílico y resinas acrílicas

El soporte debe estar seco y exento de polvo, suciedad y lechadas superficiales.

e) Condiciones del sellado de juntas

- Masillas a base de poliuretano

En juntas mayores de 5 mm debe colocarse un relleno de un material no adherente a la masilla para limitar la profundidad.

La junta debe tener como mínimo una profundidad de 8 mm.

La anchura máxima de la junta no debe ser mayor que 25 mm.

- Masillas a base de siliconas

En juntas mayores de 5 mm debe colocarse un relleno de un material no adherente a la masilla para obtener la sección adecuada.

- Masillas a base de resinas acrílicas

Si el soporte es poroso y está excesivamente seco deben humedecerse ligeramente los bordes de la junta.

En juntas mayores de 5 mm debe colocarse un relleno de un material no adherente a la masilla para obtener la sección adecuada.

La junta debe tener como mínimo una profundidad de 10 mm.

La anchura máxima de la junta no debe ser mayor que 25 mm.

- Masillas asfálticas

Deben aplicarse directamente en frío sobre las juntas.

f) Condiciones de los sistemas de drenaje

El tubo drenante debe rodearse de una capa de árido y ésta, a su vez, envolverse totalmente con una lámina filtrante.

Si el árido es de aluvión el espesor mínimo del recubrimiento de la capa de árido que envuelve el tubo drenante debe ser, en cualquier punto, como mínimo 1,5 veces el diámetro del dren.

Si el árido es de machaqueo el espesor mínimo del recubrimiento de la capa de árido que envuelve el tubo drenante debe ser, en cualquier punto, como mínimo 3 veces el diámetro del dren.

– Suelos

a) Condiciones de los pasatubos

Los pasatubos deben ser flexibles para absorber los movimientos previstos y estancos.

b) Condiciones de las láminas impermeabilizantes

Las láminas deben aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

Las láminas deben aplicarse cuando el suelo esté suficientemente seco de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.

Las láminas deben aplicarse de tal forma que no entren en contacto materiales incompatibles químicamente. Deben respetarse en las uniones de las láminas los solapos mínimos prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

La superficie donde va a aplicarse la impermeabilización no debe presentar algún tipo de resaltos de materiales que puedan suponer un riesgo de punzonamiento.

Deben aplicarse imprimaciones sobre los hormigones de regulación o limpieza y las cimentaciones en el caso de aplicar láminas adheridas y en el perímetro de fijación en el caso de aplicar láminas no adheridas.

En la aplicación de las láminas impermeabilizantes deben colocarse bandas de refuerzo en los cambios de dirección.

c) Condiciones de las arquetas

Deben sellarse todas las tapas de arquetas al propio marco mediante bandas de caucho o similares que permitan el registro.

d) Condiciones del hormigón de limpieza

El terreno inferior de las soleras y placas drenadas debe compactarse y tener como mínimo una pendiente del 1%. Cuando deba colocarse una lamina impermeabilizante sobre el hormigón de limpieza del suelo o de la cimentación, la superficie de dicho hormigón debe allanarse.

– Fachadas

a) Condiciones de la hoja principal

- Cuando la *hoja principal* sea de ladrillo, deben sumergirse en agua brevemente antes de su colocación, excepto los ladrillos hidrofugados y aquellos cuya succión sea inferior a 1 kg/(m².min) según el ensayo descrito en UNE EN-772 11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006. Cuando se utilicen juntas con resistencia a la filtración alta o media, el material constituyente de la hoja debe humedecerse antes de colocarse.
- Deben dejarse *enjarjes* en todas las hiladas de los encuentros y las esquinas para trabar la fábrica.
- Cuando la *hoja principal* no esté interrumpida por los pilares, el anclaje de dicha hoja a los pilares debe realizarse de tal forma que no se produzcan agrietamientos en la misma. Cuando se ejecute la *hoja principal* debe evitarse la adherencia de ésta con los pilares.
- Cuando la *hoja principal* no esté interrumpida por los forjados el anclaje de dicha hoja a los forjados, debe realizarse de tal forma que no se produzcan agrietamientos en la misma. Cuando se ejecute la *hoja principal* debe evitarse la adherencia de ésta con los forjados.

b) Condiciones del revestimiento intermedio

- Debe disponerse adherido al elemento que sirve de soporte y aplicarse de manera uniforme sobre éste.
- c) Condiciones del aislante térmico
 - Debe colocarse de forma continua y estable.
 - Cuando el *aislante térmico* sea a base de paneles o mantas y no rellene la totalidad del espacio entre las dos hojas de la fachada, el *aislante térmico* debe disponerse en contacto con la hoja interior y deben utilizarse elementos separadores entre la hoja exterior y el aislante.
- d) Condiciones de la cámara de aire ventilada
 - Durante la construcción de la fachada debe evitarse que caigan cascotes, rebabas de mortero y suciedad en la cámara de aire y en las llagas que se utilicen para su ventilación.
- e) Condiciones del revestimiento exterior
 - Debe disponerse adherido o fijado al elemento que sirve de soporte.
- f) Condiciones de los puntos singulares
 - Las juntas de dilatación deben ejecutarse aplomadas y deben dejarse limpias para la aplicación del relleno y del sellado.
- Cubiertas
 - a) Condiciones de la formación de pendientes
 - Cuando la formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte de la impermeabilización, su superficie debe ser uniforme y limpia.
 - b) Condiciones de la barrera contra el vapor
 - La *barrera contra el vapor* debe extenderse bajo el fondo y los laterales de la capa de *aislante térmico*.
 - Debe aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.
 - c) Condiciones del aislante térmico
 - Debe colocarse de forma continua y estable.
 - d) Condiciones de la impermeabilización
 - Las láminas deben aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

- Cuando se interrumpan los trabajos deben protegerse adecuadamente los materiales.
 - La impermeabilización debe colocarse en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente.
 - Las distintas capas de la impermeabilización deben colocarse en la misma dirección y a cubrejuntas.
 - Los solapos deben quedar a favor de la corriente de agua y no deben quedar alineados con los de las hileras contiguas.
- e) Condiciones de la cámara de aire ventilada
- Durante la construcción de la cubierta debe evitarse que caigan cascos, rebabas de mortero y suciedad en la cámara de aire.
- Control de la ejecución
- El control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anejos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.
- Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.
- Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra quedará en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico.
- Control de la obra terminada
- En el control se seguirán los criterios indicados en el artículo 7.4 de la parte I del CTE. En esta sección del DB no se prescriben pruebas finales.

- MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Se realizarán las operaciones de mantenimiento que, junto con su periodicidad, se incluyen en la tabla 6.1 y las correcciones pertinentes en el caso de que se detecten defectos.

Tabla 6.1 Operaciones de mantenimiento		
	Operación	Periodicidad
Muros	Comprobación del correcto funcionamiento de los canales y bajantes de evacuación de los muros parcialmente estancos	1 año (1)
	Comprobación de que las aberturas de ventilación de la cámara de los muros parcialmente estancos no están obstruidas	1 año
	Comprobación del estado de la impermeabilización interior	1 año
Suelos	Comprobación del estado de limpieza de la red de drenaje y de evacuación	1 año (2)
	Limpieza de las arquetas	1 año (2)
	Comprobación del estado de las bombas de achique, incluyendo las de reserva, si hubiera sido necesarias su implantación para poder garantizar el drenaje	1 año
	Comprobación de la posible existencia de filtraciones por fisuras y grietas	1 año
Fachadas	Comprobación del estado de conservación del revestimiento: posible aparición de fisuras, desprendimientos, humedades y manchas	3 años
	Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años
	Comprobación de la posible existencia de grietas y fisuras, así como desplomes u otras deformaciones, en la hoja principal	5 años
	Comprobación del estado de limpieza de las llagas o de las aberturas de ventilación de la cámara	10 años
Cubiertas	Limpieza de los elementos de desagüe (sumideros, canalones y rebosaderos) y comprobación de su correcto funcionamiento	1 años
	Recolocación de la grava	1 años
	Comprobación del estado de conservación de la protección o tejado	3 años
	Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años
(1) Además debe realizarse cada vez que haya habido tormentas importantes.		
(2) Debe realizarse cada año al final del verano.		

HS 2

RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS

- **Diseño y dimensionado**

- **Espacio de reserva**

El número estimado de ocupantes habituales del edificio, a efectos del cálculo correspondiente al HS2, es de 8 personas.

El espacio de reserva se sitúa en la parcela aneja, fuera del edificio, y está a una distancia del acceso al edificio menor que 25 m.

Fracción	Factor de fracción [m ² /persona] $F_f = T_f \cdot G_f \cdot C_f$	Superficie del espacio de reserva según HS	Superficie útil de almacén de proyecto
Papel / Cartón	0,039	2,144	2,250
Envases ligeros	0,060		
Materia orgánica	0,005		
Vidrio	0,012		
Varios	0,038		

- **Espacios de almacenamiento inmediato en las viviendas**

Se dispondrán en cada vivienda espacios para almacenar cada una de las cinco fracciones de los residuos ordinarios generados en ella.

Fracción	CA	Pv	C exigida [dm ³]	C proyecto [dm ³]	Superficie en planta	Situación
Envases ligeros	7,8	8	62,40	82,5	30x50cm	Cocina
Materia orgánica	3	8	24	82,5	30x50cm	Cocina
Papel / Cartón	10,85	8	86,80	110	40x50cm	Sala caldera
Vidrio	3,36	8	26,88	82,5	30x50cm	Sala caldera
Varios	10,50	8	84	110	40x50cm	Sala caldera

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Siendo:

C → la capacidad de almacenamiento en la vivienda por fracción [dm^3];

CA → el coeficiente de almacenamiento [$\text{dm}^3/\text{persona}$]

Pv → el número estimado de ocupantes habituales de la vivienda que equivale a la suma del número total de dormitorios sencillos y el doble de número total de dormitorios dobles.

HS 3

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

CTE DB HS-3. Calidad del aire interior

La vivienda dispondrá de una instalación que asegure el correcto aporte y renovación de aire a cada una de las estancias del proyecto.

La descripción de la instalación de ventilación se ha detallado en el **anexo memoria de instalaciones** de este proyecto en su parte de instalación de **ventilación**.

HS 4

SUMINISTRO DE AGUA

CTE DB HS-4. Suministro de agua

La vivienda dispondrá de una instalación que asegure el correcto suministro de agua fría y caliente a cada uno de los puntos de consumo.

La descripción de la instalación de fontanería se ha detallado en **el anexo de instalaciones** de este proyecto en su parte de instalación de **fontanería** y agua caliente sanitaria.

HS5

EVACUACIÓN DE AGUA

CTE DB HS-5. Evacuación de aguas

La vivienda dispondrá de una instalación que asegure la calidad en la evacuación de aguas residuales.

La descripción de la instalación de evacuación de aguas se ha detallado en el **anexo de instalaciones** de este proyecto en su parte de instalación de **saneamiento**.

HS 6

Protección frente a la exposición al radón

- ÁMBITO DE APLICACIÓN

El objeto de este proyecto es la construcción de una vivienda unifamiliar. Se trata de un edificio de nueva construcción, por lo tanto es de aplicación el presente documento.

- CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Para limitar el riesgo de exposición de los usuarios a concentraciones inadecuadas de radón procedente del terreno en el interior de los locales habitables, se establece un nivel de referencia para el promedio anual de concentración de radón en el interior de los mismos de 300 Bq/m³.

- VERIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA

MUNICIPIO	ZONA
Santiago de Compostela	2

En los municipios de la zona II, se dispondrá de una barrera de protección, con las características indicadas en el apartado 3.1 junto con un sistema adicional que en este caso será:

- Un espacio de contención ventilado con las características indicadas en el apartado 3.2, situado entre el terreno y los locales a proteger, para mitigar la entrada de radón proveniente del terreno a los locales habitables mediante ventilación natural o mecánica.

- BARRERA DE PROTECCIÓN

- Características de la barrera

La barrera de protección será todo aquel elemento que limite el paso de los gases provenientes del terreno y cuya efectividad pueda demostrarse.

Se proyecta una barrera anti-radón ChovAPLAST ALUM BV 30 E2 de CHOVA.

Es una barrera tipo lámina con un coeficiente de difusión frente al radón menor que 10⁻¹¹ m²/s y un espesor mínimo de 2mm.

ChovAPLAST ALUM BV 30 E2 de CHOVA

Coefficiente de difusión frente al gas radón	Espesor
$7 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	2.00 mm

La *barrera de protección* presentará además las siguientes características:

- tener continuidad: juntas y encuentros sellados;
- tener sellados los encuentros con los elementos que la interrumpan, como pasos de conducciones o similares;
- las puertas de comunicación que interrumpan la continuidad de la barrera deberán ser estancas y estar dotadas de un mecanismo de cierre automático;
- no presentar fisuras que permitan el paso por convección del radón del terreno; (se considera que las fisuras que permiten el paso por convección del radón del terreno son las fisuras que conectan las dos caras de la barrera).
- tener una durabilidad adecuada a la vida útil del edificio, sus condiciones y el mantenimiento previsto.

○ ESPACIO DE CONTENCIÓN VENTILADO

El espacio de contención estará constituido por una cámara de aire, pudiendo ser ésta vertical u horizontal en función del cerramiento a proteger, o por un local no habitable. Este espacio dispondrá en todo caso de ventilación natural o mecánica.

Se proyecta una cámara de aire horizontal que consiste en una solera ventilada formada por piezas tipo Cavity de altura 25 cm.

Para asegurar la ventilación, el espacio de contención deberá conectarse con el exterior mediante aberturas de ventilación que deberán mantenerse libres de obstrucciones.

Se dispondrá de dos sistemas adicionales de **ventilación mecánica**. Dicho sistema estará compuesto por tubos de captación en fachada mediante tubos de pvc de 125 que acomenten a sendas rejillas situadas en arquetas de ventilación al exterior y un tubo vertical de policloruro de vinilo no plastificado de 125 mm que discurrirá desde la solera hasta una tubo vertical, y un extractor circular en línea tipo SODECA modelo CA/LINE o similar, para caudal máximo de 470 m³/h.

Con el caudal mencionado de 470 m³/h se consigue una ventilación mucho mayor que con una ventilación natural.

La eficacia de la solución se deberá comprobar experimentalmente con mediciones de concentración de radón posteriores a la intervención de acuerdo al apéndice C.

Cuando no se cumplan las condiciones necesarias para el establecimiento de ventilación natural o se considere necesario aumentar la eficacia de la instalación en el caso de que las mediciones de concentración de radón posteriores a la intervención no ofrezcan valores aceptables, se dispondrán extractores mecánicos. En este caso las aberturas se dimensionarán según las características específicas de la cámara y las aberturas de admisión se situarán lo más lejos posible de la abertura de extracción para facilitar la ventilación del espacio. Las bocas de expulsión estarán situadas conforme a lo especificado en el apartado 3.2.1 del DB HS3, excepto lo relativo a la disposición en cubierta, que se considera opcional.

- DESPRESURIZACIÓN DEL TERRENO
No se aplica.
- PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN
 - CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LOS PRODUCTOS
De forma general, todos los materiales que se vayan a utilizar en los sistemas de protección frente al radón deben cumplir las siguientes condiciones:
 - a) lo especificado en los apartados anteriores;
 - b) lo especificado en la legislación vigente;
 - c) que sean capaces de funcionar eficazmente en las condiciones previstas de servicio.
 - CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA DE PRODUCTOS
 - En el pliego de condiciones del proyecto deben indicarse las condiciones particulares de control para la recepción de los productos, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.
 - Debe comprobarse que los productos recibidos:
 - a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
 - b) disponen de la documentación exigida;
 - c) están caracterizados por las propiedades exigidas;

- d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra con el visto bueno del director de obra, con la frecuencia establecida.
 - En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.2 de la Parte I del CTE.
- CONSTRUCCIÓN
- En el proyecto deben definirse y justificarse las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el artículo 6 de la Parte I del CTE
- EJECUCIÓN
- Barrera tipo lámina
- La barrera se colocará sobre una superficie limpia y uniforme, de tal forma que no se produzcan fisuras que permitan la entrada del gas radón.
 - Cuando la lámina se vaya a colocar sobre el terreno o sobre una capa de material granular, será necesario garantizar la uniformidad y limpieza de la superficie de asiento, asegurando la ausencia de elementos que puedan dañar la barrera. Para ello se deberá disponer una capa de hormigón de limpieza o mortero de cal hidráulico.
 - Si la barrera no tiene características de antipunzonamiento se colocarán *capas de protección antipunzonamiento*.
 - La barrera se reforzará en las esquinas, los rincones, los puntos en los que atraviesa los muros, en el paso de conducciones y en otros puntos débiles en los que se pueda prever una reducción de sus propiedades, salvo que en las especificaciones de la barrera se establezcan condiciones particulares.
 - Los encuentros con otros elementos, los puntos de paso de conducciones, los solapes y las uniones entre distintas partes de la barrera se sellarán convenientemente según las especificaciones de la barrera para evitar las discontinuidades entre los diferentes tramos. El sellado debe realizarse con productos que garanticen la estanquidad al gas radón, como pinturas aislantes, recubrimientos de capas plásticas, masillas flexibles, perfiles de goma u otra solución que produzca el mismo efecto.

- La barrera horizontal deberá prolongarse por los paramentos verticales (muros, fachadas) hasta 20 cm por encima de la cota exterior del terreno.
- Los pozos de registro, arquetas de acometida, huecos o patinillos en contacto con el terreno y todos aquellos elementos que supongan una discontinuidad de la barrera, serán en la medida de lo posible estancos a los gases y se realizarán:
 - a) con hormigón armado impermeable al agua;
 - b) con una capa de material impermeable al agua; o
 - c) disponiendo de una barrera frente al radón.
- Cámara de aire horizontal ventilada
En el caso de cámara de aire horizontal la superficie del terreno bajo la cámara es conveniente que disponga de una capa de hormigón de limpieza.
- Cámara de aire vertical ventilada
Como cámara de aire vertical ventilada podría considerarse una cámara bufa exterior o un patio inglés continuos, aunque no estén totalmente abiertos por la parte superior.
- Sistemas de despresurización
Los elementos de captación, tanto arquetas como tubos perforados, deben situarse centrados en el espesor de la capa de relleno especificada en el apartado 3.3, para que se utilice toda su superficie en la extracción del aire.
Cuando se vierta directamente el hormigón de la solera sobre la capa de relleno, ésta se protegerá, por ejemplo, mediante una capa de geotextil, para evitar que sus huecos se saturen, así como que se inutilicen las arquetas o los tubos perforados.
- CONTROL DE LA EJECUCIÓN
El control de la ejecución de las obras debe realizarse de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anejos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la Parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.
Debe comprobarse que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.

Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra debe quedar en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en esta sección.

○ CONTROL DE LA OBRA TERMINADA

En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.4 de la Parte I del CTE.

● MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Las operaciones necesarias durante la vida de los sistemas de protección frente al radón para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se englobarán en un plan de mantenimiento.

Deben realizarse al menos las operaciones de mantenimiento que, junto con su periodicidad, se incluyen en la tabla 6.1 y las correcciones pertinentes en el caso de que se detecten defectos. Deben además seguirse las especificaciones concretas de los materiales y sistemas empleados para garantizar la durabilidad de los sistemas de protección:

Tabla 6.1 Operaciones de mantenimiento		
	Operación	Periodicidad
Conductos	Limpieza	1 año
	Comprobación de la estanquidad aparente	5 años
Aberturas	Limpieza	1 año
Extractores	Limpieza	1 año
	Revisión del estado de funcionalidad	5 años
Filtros	Revisión del estado Limpieza o sustitución	6 meses 1 año
Sistemas de Control	Revisión del estado de sus automatismos	2 años

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

4.5 Justificación DB-HR Protección Frente al Ruído

ÍNDICE

1. AISLAMIENTO ACÚSTICO

1.1. Resultados de la estimación del aislamiento acústico

1.2. Justificación de resultados del cálculo del aislamiento acústico

1.2.1. Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior

AISLAMIENTO ACÚSTICO

El presente estudio del aislamiento acústico del edificio es el resultado del cálculo de todas las posibles combinaciones de parejas de emisores y receptores acústicos presentes en el edificio, conforme a la normativa vigente (CTE DB HR), obtenido en base a los métodos de cálculo para la estimación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, nivel de ruido de impacto entre recintos y aislamiento a ruido aéreo proveniente del exterior, descritos en las normas UNE EN 12354-1,2,3.

1.1. Resultados de la estimación del aislamiento acústico

Se presentan aquí los resultados más desfavorables de aislamiento acústico calculados en el edificio, clasificados de acuerdo a las distintas combinaciones de recintos emisores y receptores presentes en la normativa vigente.

En concreto, se comprueba aquí el cumplimiento de las exigencias acústicas descritas en el Apartado 2.1 (CTE DB HR), sobre los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo interior y exterior, y de aislamiento acústico a ruido de impactos, para los recintos habitables y protegidos del edificio.

Los resultados finales mostrados se acompañan de los valores intermedios más significativos, presentando el detalle de los resultados obtenidos en el capítulo de justificación de resultados de este mismo documento, para cada una de las entradas en las tablas de resultados.

Aislamiento a ruido aéreo exterior

Id Recinto receptor	% huecos (dBA)	$R_{Atr, Dd}$ (dBA)	R'_{Atr} (dBA)	S_s (m ²)	V (m ³)	$D_{2m, nT, Atr}$ (dBA) exigido proyecto
1 salon (Salón / Comedor), Planta baja	16.7	33.6	33.6	53.53	155.6	32
2 dormitorio3 (Dormitorio), Planta 1	9.9	33.7	31.3	22.68	47.4	37
3 dormitorio3 (Dormitorio), Planta baja	14.0	35.5	35.5	7.28	40.6	37

Notas:

Id: Identificador de la ficha de cálculo detallado para la entrada de resultados en la tabla

% huecos: Porcentaje de área hueca respecto al área total

$R_{Atr, Dd}$: Índice ponderado de reducción acústica para la transmisión directa

R'_{Atr} : Índice de reducción acústica aparente

S_s : Área total en contacto con el exterior

V: Volumen del recinto receptor

$D_{2m, nT, Atr}$: Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A

1.2. Justificación de resultados del cálculo del aislamiento acústico

1.2.1. Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior

Se presenta a continuación el cálculo detallado de la estimación de aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior, para los valores más desfavorables presentados en las tablas resumen del capítulo anterior, según el modelo simplificado para la transmisión estructural descrito en UNE EN 12354-3:2000, que utiliza para la predicción del índice ponderado de reducción acústica aparente global, los índices ponderados de los elementos involucrados, según los procedimientos de ponderación descritos en la norma UNE EN ISO 717-1.

Para la adecuada correspondencia entre la justificación de cálculo y la presentación de resultados del capítulo anterior, se numeran las fichas siguientes conforme a la numeración de las entradas en las tablas resumen de resultados.

1 Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$

Tipo de recinto receptor:	salon (Salón / Comedor)	Protegido (Estancia)
Situación del recinto receptor:		Planta baja
Índice de ruido día considerado, L_d :		70 dBA
Tipo de ruido exterior:		Automóviles
Área total en contacto con el exterior, S_g :		53.5 m ²
Volumen del recinto receptor, V:		155.6 m ³

$$D_{2m,nT,Atr} = R'_{Atr} + \Delta L_{fs} + 10 \log \left(\frac{V}{6T_0 S} \right) = 33 \text{ dBA} \approx 32 \text{ dBA}$$



= 33.6
dBA

Datos de entrada para el cálculo:

Fachada

Elemento estructural básico	m (kg/m ²)	R_{Atr} (dBA)	Revestimiento interior	$DR_{g,Atr}$ (dBA)	S_i (m ²)
Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	10.66
Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.18
Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	12.47
Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	9.00
Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	10.29

Huecos en fachada

Huecos en fachada	R_w (dB)	C_{tr} (dB)	R_{Atr} (dBA)	S_i (m ²)
Puerta de entrada a la vivienda, de madera (Sin caracterización acústica)	25.0	0	25.0	1.67
Puerta de entrada a la vivienda, de madera (Sin caracterización acústica)	25.0	0	25.0	1.67
Ventana de triple acristalamiento sgg climalit plus planitherm xn f2 planitherm xn f5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "saint gobain"	32.0	-5	27.0	1.20

Ventana de triple acristalamiento sgg climalit plus planitherm xn f2 planitherm xn f5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "saint gobain" 32.0 -5 27.0 1.63

Ventana de triple acristalamiento sgg climalit plus planitherm xn f2 planitherm xn f5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "saint gobain" 31.0 -5 26.0 2.74

Elementos de flanco

	Elemento	m	R _{Atr}	Revestimiento	DR _{Atr}	L _f	S _i	Uniones
	estructural básico	(kg/m ²)	(dBA)		(dBA)	(m)	(m ²)	
F1	Sin flanco emisor							
f1	Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.5	13.5	
F2	Sin flanco emisor							
f2	Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.5	13.5	
F3	Sin flanco emisor							
f3	Forjado sanitario	372	50.3	Suelo flotante con poliestireno expandido. Entarimado tradicional sobre rastreles	6	5.5	13.5	
F4	Fachada P1	80	20.0		0			
f4	Forjado de piso	195	37.0	Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado, con estructura metálica	15	3.6	13.5	
F5	Fachada P1	80	20.0		0			
f5	Forjado de piso	195	37.0	Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado, con estructura metálica	15	1.8	13.5	
F6	Fachada PB	1353	69.8		0			
f6	Tabique PYL 78/600(48) LM	23	36.0		0	2.5	2.2	
F7	Sin flanco emisor							
f7	Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.5	2.2	
F8	Sin flanco emisor							
f8	Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.5	14.1	
F9	Sin flanco emisor							
f9	Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.5	14.1	
F10	Sin flanco emisor							
f10	Forjado sanitario	372	50.3	Suelo flotante con poliestireno expandido. Entarimado tradicional sobre rastreles	6	5.0	14.1	
F11	Sin flanco emisor							
f11	Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.5	10.7	
F12	Sin flanco emisor							
f12	Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.8	10.7	
F13	Sin flanco emisor							
f13	Forjado sanitario	372	50.3	Suelo flotante con poliestireno expandido. Entarimado tradicional sobre rastreles	6	3.3	10.7	
F14	Sin flanco emisor							
f14	Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	2.8	13.0	
F15	Fachada PB	1353	69.8		0			
f15	Tabique PYL 78/600(48) LM	23	36.0		0	2.8	13.0	
F16	Sin flanco emisor							
f16	Forjado sanitario	372	50.3	Suelo flotante con poliestireno expandido. Entarimado tradicional sobre rastreles	6	4.6	13.0	

Flanco	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$DR_{Df,Atr}$ (dBA)	K_{Df} (dB)	L_f (m)	S_f (m ²)	$R_{Df,Atr}$ (dBA)	$S_f/S_s \cdot t_{Df}$
1	69.8	69.8	0	1.7*	2.5	13.5	78.9	3.24772e-009
2	69.8	69.8	0	-2.0	2.5	13.5	75.2	7.61339e-009
3	69.8	50.3	6	5.4	5.5	13.5	75.4	7.27073e-009
4	69.8	37.0	15	9.7	3.6	13.5	83.8	1.05094e-009
5	69.8	37.0	15	9.7	1.8	13.5	86.8	5.26718e-010
6	69.8	36.0	0	10.0	2.5	2.2	62.4	2.34813e-008
7	69.8	69.8	0	1.7*	2.5	2.2	71.0	3.24132e-009
8	69.8	69.8	0	-2.0	2.5	14.1	75.4	7.62025e-009
9	69.8	69.8	0	-2.0	2.5	14.1	75.4	7.62025e-009
10	69.8	50.3	6	5.4	5.0	14.1	76.0	6.63696e-009
11	69.8	69.8	0	-2.0	2.5	10.7	74.2	7.58132e-009
12	69.8	69.8	0	-2.0	2.8	10.7	73.6	8.70452e-009
13	69.8	50.3	6	5.4	3.3	10.7	76.6	4.36259e-009
14	69.8	69.8	0	-2.0	2.8	13.0	74.4	8.8395e-009
15	69.8	36.0	0	27.7	2.8	13.0	87.2	4.63904e-010
16	69.8	50.3	6	5.4	4.6	13.0	76.0	6.11544e-009
							69.8	1.04377e-007

(*) Valor mínimo para el índice de reducción vibracional, obtenido según relaciones de longitud y superficie en la unión entre elementos constructivos, conforme a la ecuación 23 de UNE EN 12354-1.

Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, R'_{Atr} :

	R'_{Atr} (dBA)	t
$R_{Dd,Atr}$	33.6	0.000432388
$R_{Ff,Atr}$	59.9	1.01948e-006
$R_{Ffd,Atr}$	66.6	2.18257e-007
$R_{Df,Atr}$	69.8	1.04377e-007
	33.6	0.00043373

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$:

R'_{Atr} (dBA)	DL_{fs} (dBA)	V (m ³)	T_0 (s)	S_s (m ²)	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)
33.6	0	155.6	0.5	53.5	33

2 Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$

Tipo de recinto receptor:	dormitorio3 (Dormitorio)	Protegido (Dormitorio)
Situación del recinto receptor:		Planta 1
Índice de ruido día considerado, L_d :		70 dBA
Tipo de ruido exterior:		Automóviles
Área total en contacto con el exterior, S_g :		22.7 m ²
Volumen del recinto receptor, V:		47.4 m ³

$$D_{2m,nT,Atr} = R'_{Atr} + \Delta L_{fs} + 10 \log \left(\frac{V}{6T_0 S} \right) = 33 \text{ dBA} \approx 32 \text{ dBA}$$



= 33.6
dBA

Datos de entrada para el cálculo:

Fachada

Elemento estructural básico	m (kg/m ²)	R_{Atr} (dBA)	Revestimiento interior	$DR_{g,Atr}$ (dBA)	S_i (m ²)
Fachada P1	80	20.0	TR1.1	16	11.32
Fachada P1	80	20.0	TR1.1	16	9.12

Huecos en fachada

Huecos en fachada	R_w (dB)	C_{tr} (dB)	R_{Atr} (dBA)	S_i (m ²)
Ventana de triple acristalamiento sgg climalit plus planitherm xn f2 planitherm xn f5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "saint gobain"	32.0	-5	27.0	2.24

Elementos de flanco

Elemento estructural básico	m (kg/m ²)	R_{Atr} (dBA)	Revestimiento	DR_{Atr} (dBA)	L_f (m)	S_i (m ²)	Uniones
F1 Fachada P1	80	20.0		0			
f1 Tabique PYL 78/600(48) LM	23	36.0		0	2.8	11.3	
F2 Sin flanco emisor							
f2 Fachada P1	80	20.0	TR1.1	16	2.8	11.3	
F3 Fachada PB	1353	69.8		0			
f3 Forjado de piso	195	37.0	Suelo flotante con poliestireno expandido. Solado de baldosas cerámicas colocadas en capa fina	19	3.6	11.3	
F4 Sin flanco emisor							
f4 Fachada P1	80	20.0	TR1.1	16	2.8	11.4	
F5 Fachada P1	80	20.0		0	2.8	11.4	

f5	Tabique PYL 78/600(48) LM	23	36.0		
----	------------------------------	----	------	--	--

0



Cálculo de aislamiento acústico a ruido aéreo en fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior:

Contribución directa, $R_{Dd,Atr}$:

Elemento separador	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$DR_{Dd,Atr}$ (dBA)	$R_{Dd,Atr}$ (dBA)	S_s (m ²)	S_i (m ²)	$R_{Dd,m,Atr}$ (dBA)	t_{Dd}
Fachada P1	20.0	16	36.0	22.7	11.3	39.0	0.000125344
Fachada P1	20.0	16	36.0	22.7	9.1	40.0	0.000100987
Ventana de triple acristalamiento sgg climalit plus planitherm xn f2 planitherm xn f5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "saint gobain"	27.0		27.0	22.7	2.2	37.0	0.000197452
						33.7	0.000423783

Contribución de Flanco a flanco, $R_{Ff,Atr}$:

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$DR_{Ff,Atr}$ (dBA)	K_{Ff} (dB)	L_f (m)	S_i (m ²)	$R_{Ff,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot t_{Ff}$
1	20.0	36.0	0	7.4	2.8	11.3	4.14	3.61497e-005
3	69.8	37.0	19	9.7	3.6	11.3	87.1	9.72982e-010
5	20.0	36.0	0	7.4	2.8	11.4	4.14	3.62939e-005
							4.14	7.24446e-005

Contribución de Flanco a directo, $R_{Fd,Atr}$:

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{d,Atr}$ (dBA)	$DR_{Fd,Atr}$ (dBA)	K_{Fd} (dB)	L_f (m)	S_i (m ²)	$R_{Fd,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot t_{Fd}$
1	20.0	20.0	16	-0.3	2.8	11.3	4.17	3.37369e-005
3	69.8	20.0	16	-2.1	3.6	11.3	63.8	2.0802e-007
5	20.0	20.0	16	-0.3	2.8	11.4	4.17	3.38714e-005
							4.17	6.78163e-005

Contribución de Directo a flanco, $R_{Df,Atr}$:

Flanco	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$DR_{Df,Atr}$ (dBA)	K_{Df} (dB)	L_f (m)	S_i (m ²)	$R_{Df,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot t_{Df}$
1	20.0	36.0	0	7.4	2.8	11.3	4.14	3.61497e-005
2	20.0	20.0	16	-2.0	2.8	11.3	4.00	4.99005e-005
3	20.0	37.0	19	6.5	3.6	11.3	59.0	6.2821e-007
4	20.0	20.0	16	-2.0	2.8	11.4	4.00	5.00995e-005
5	20.0	36.0	0	7.4	2.8	11.4	4.14	3.62939e-005
							37.6	0.000173072

Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, R'_{Atr} :

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

	R'_{Atr} (dBA)	t
$R_{Dd,Atr}$	33.7	0.000423783
$R_{Ff,Atr}$	41.4	7.24446e-005
$R_{Fd,Atr}$	41.7	6.78163e-005
$R_{Df,Atr}$	37.6	0.000173072
	31.3	0.000737115

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$:

R'_{Atr} (dBA)	DL_{fs} (dBA)	V (m^3)	T_0 (s)	S_S (m^2)	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)
31.3	0	47.4	0.5	22.7	30

3 Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$

Tipo de recinto receptor:	dormitorio3 (Dormitorio)	Protegido (Dormitorio)
Situación del recinto receptor:		Planta baja
Índice de ruido día considerado, L_d :		70 dBA
Tipo de ruido exterior:		Automóviles
Área total en contacto con el exterior, S_e :		7.3 m ²
Volumen del recinto receptor, V:		40.6 m ³

$$D_{2m,nT,Atr} = R'_{Atr} + \Delta L_{fs} + 10 \log \left(\frac{V}{6T_0 S} \right) = 38 \text{ dBA} \text{ } ^3 \text{ } 37 \text{ dBA}$$



= 35.5
dBA

Datos de entrada para el cálculo:

Fachada

Elemento estructural básico	m	R_{Atr}	Revestimiento interior	$DR_{d,Atr}$	S_i
	(kg/m ²)	(dBA)		(dBA)	(m ²)
Fachada PB	1353	69.8	TR1.1	0	6.26

Huecos en fachada

Huecos en fachada	R_w	C_{tr}	R_{Atr}	S_i
	(dB)	(dB)	(dBA)	(m ²)
Ventana de triple acristalamiento sgg climalit plus planitherm xn f2 planitherm xn f5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "saint gobain"	32.0	-5	27.0	1.02

Elementos de flanco

Elemento estructural básico	m	R_{Atr}	Revestimiento	DR_{Atr}	L_f	S_i	Uniones
	(kg/m ²)	(dBA)		(dBA)	(m)	(m ²)	
F1 Fachada PB	1353	69.8		0			
f1 Tabique PYL 78/600(48) LM	23	36.0		0	2.5	7.3	
F2 Fachada PB	1353	69.8		0			
f2 Tabique PYL 78/600(48) LM	23	36.0		0	2.5	7.3	
F3 Sin flanco emisor							
f3 Forjado sanitario	372	50.3	Suelo flotante con poliestireno expandido. Solado de baldosas cerámicas colocadas en capa fina	6	3.0	7.3	
F4 Fachada P1	80	20.0		0			
f4 Forjado de piso	195	37.0	Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado, con estructura metálica	15	3.0	7.3	

Contribución directa, $R_{Dd,Atr}$:

Elemento separador	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$DR_{Dd,Atr}$ (dBA)	$R_{Dd,Atr}$ (dBA)	S_s (m ²)	S_i (m ²)	$R_{Dd,m,Atr}$ (dBA)	t_{Dd}
Fachada PB	69.8	0	69.8	7.3	6.3	70.5	9.00408e-008
Ventana de triple acristalamiento sgg climalit plus planitherm xn f2 planitherm xn f5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "saint gobain"	27.0		27.0	7.3	1.0	35.5	0.00027957
						35.5	0.00027966

Contribución de Flanco a flanco, $R_{Ff,Atr}$:

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$DR_{Ff,Atr}$ (dBA)	K_{Ff} (dB)	L_f (m)	S_i (m ²)	$R_{Ff,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot t_{Ff}$
1	69.8	36.0	0	27.7	2.5	7.3	85.3	2.95121e-009
2	69.8	36.0	0	27.7	2.5	7.3	85.3	2.95121e-009
4	20.0	37.0	15	6.5	3.0	7.3	53.9	4.0738e-006
							53.9	4.07971e-006

Contribución de Flanco a directo, $R_{Fd,Atr}$:

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{d,Atr}$ (dBA)	$DR_{Fd,Atr}$ (dBA)	K_{Fd} (dB)	L_f (m)	S_i (m ²)	$R_{Fd,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot t_{Fd}$
1	69.8	69.8	0	-1.8*	2.5	7.3	72.7	5.37032e-008
2	69.8	69.8	0	-0.9*	2.5	7.3	73.6	4.36516e-008
4	20.0	69.8	0	12.0	3.0	7.3	60.8	8.31764e-007
							60.3	9.29119e-007

Contribución de Directo a flanco, $R_{Df,Atr}$:

Flanco	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$DR_{Df,Atr}$ (dBA)	K_{Df} (dB)	L_f (m)	S_i (m ²)	$R_{Df,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot t_{Df}$
1	69.8	36.0	0	27.7	2.5	7.3	85.3	2.95121e-009
2	69.8	36.0	0	27.7	2.5	7.3	85.3	2.95121e-009
3	69.8	50.3	6	5.4	3.0	7.3	75.4	2.88403e-008
4	69.8	37.0	15	9.7	3.0	7.3	82.0	6.30957e-009
							73.9	4.10523e-008

(*) Valor mínimo para el índice de reducción vibracional, obtenido según relaciones de longitud y superficie en la unión entre elementos constructivos, conforme a la ecuación 23 de UNE EN 12354-1.

Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, R'_{Atr} :

R'_{Atr} t

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

(dBA)

$R_{Dd,Atr}$	35.5	0.00027966
$R_{Ff,Atr}$	53.9	4.07971e-006
$R_{Fd,Atr}$	60.3	9.29119e-007
$R_{Df,Atr}$	73.9	4.10523e-008
	35.5	0.00028471

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$:

R'_{Atr}	DL_{fs}	V	T_0	S_S	$D_{2m,nT,Atr}$
(dBA)	(dBA)	(m ³)	(s)	(m ²)	(dBA)
35.5	0	40.6	0.5	7.3	38

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

4.6 Justificación DB-HE Ahorro de Energía

HE 0

Limitación del consumo energético

DB HE 0 LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

ÍNDICE

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA
3. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA HE 0
4. PROCEDIMIENTO Y DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO
5. JUSTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

La sección HE 0 del Documento Básico de Ahorro de energía es de aplicación al presente proyecto, dado que se trata de una rehabilitación de vivienda unifamiliar se enmarca dentro del epígrafe 1.1.b) de la Sección HE 0 del DB HE, en el que se indica que ésta es aplicable a intervenciones en edificios de nueva construcción.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

La caracterización de la exigencia de limitación del consumo energético del edificio consiste en la limitación del consumo energético en función de la zona climática del lugar de ubicación del proyecto y del uso previsto.

Para edificios nuevos y ampliaciones de uso residencial privado, la sección HE0 del DB HE establece que el consumo de energía primaria no renovable del edificio no debe superar el valor límite $C_{ep,nren,lim}$ establecido en el apartado 3.1.1 de la sección DB HE 0.

Además de las exigencias definidas en esta sección, debe tenerse en cuenta que el RITE, en la Instrucción Técnica 1.2.4.6.4, establece que el consumo energético de las instalaciones fijas de climatización que se dispongan para el acondicionamiento de espacios abiertos de forma permanente que formen parte de los edificios, sólo podrá ser satisfecho mediante la utilización de energía procedente de fuentes renovables o residuales.

En este caso, en el que el edificio pertenece a la zona climática D1,

$$C_{ep,nren} \leq C_{ep,nren,lim} = 38 \text{ kWh/m}^2\text{.año.}$$

En cuanto a la energía primaria total para edificios de uso residencial privado y zona climática de invierno D1, la exigencia es:

$$C_{ep,tot} \leq C_{ep,tot,lim} = 76 \text{ kWh/m}^2\text{.año.}$$

3. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA HE 0

3.1. Consumo de energía primaria no renovable

El consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren}$) de los espacios contenidos en el interior de la *envolvente térmica* del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ($C_{ep,nren,lim}$) obtenido de la tabla 3.1.a-HE0 (para uso residencial privado) o la tabla 3.1.b-HE0 (para uso distinto del residencial privado).

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

En edificios que tengan unidades de uso residencial privado junto a otras de distinto uso, el valor límite del consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren,lim}$) se deberá aplicar de forma independiente a cada una de las partes del edificio con uso diferenciado.

3.2. Consumo de energía primaria total

1 El consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ($C_{ep,tot,lim}$) obtenido de la tabla 3.2.a-HE0 (para uso residencial privado) o de la tabla 3.2.b-HE0 (para uso distinto del residencial privado).

En edificios que tengan unidades de uso residencial privado junto a otras de distinto uso, el valor límite del consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot,lim}$) se deberá aplicar de forma independiente a cada una de las partes del edificio con uso diferenciado.

4. PROCEDIMIENTO Y DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

4.1. Procedimiento de cálculo

El cálculo se ha realizado con la herramienta CYPE. Con esta herramienta se desglosa el consumo energético de energía final en función del vector energético utilizado (tipo de combustible o electricidad) para satisfacer las necesidades energéticas de cada uno de los servicios técnicos (calefacción, refrigeración, ACS, ventilación, control de la humedad y, en su caso, iluminación).

5. JUSTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

5.1. Cuantificación de la exigencia

Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable

$$C_{ep,nren} = 35.50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,nren,lim} = 38.00 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

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

$C_{ep,nren,lim}$: Valor límite del consumo de energía primaria no renovable (tabla 3.1.a, CTE DB HE 0), kWh/m²·año.

Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria total

$$C_{ep,tot} = 52.40 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \quad \& \quad C_{ep,tot,lim} = 76.00 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

$C_{ep,tot}$: Valor calculado del consumo de energía primaria total, kWh/m²·año.

$C_{ep,tot,lim}$: Valor límite del consumo de energía primaria total (tabla 3.2.a, CTE DB HE 0), kWh/m²·año.

Horas fuera de consigna

$$h_{fc} = 0 \text{ h/año} \quad \& \quad 0.04 \cdot t_{ocu} = 350.4 \text{ h/año}$$



donde:

h_{fc} : Horas fuera de consigna del edificio al año, h/año.

t_{ocu} : Tiempo total de ocupación del edificio al año, h/año.

5.2. Resultados del cálculo del consumo energético

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

Se muestra el consumo anual de energía final, energía primaria y energía primaria no renovable correspondiente a los distintos servicios técnicos del edificio. Los consumos de los servicios de calefacción y refrigeración incluyen el consumo eléctrico de los equipos auxiliares de los sistemas de climatización.

EDIFICIO ($S_u = 216.39 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF (kWh/año)	EF (kWh/m ² ·año)	EP _{tot} (kWh/año)	EP _{tot} (kWh/m ² ·año)	EP _{nren} (kWh/año)	EP _{nren} (kWh/m ² ·año)
Calefacción	2309.72	11.00	4502.77	21.45	3883.62	18.50
Refrigeración	1.12	0.01	2.52	0.01	2.10	0.01
ACS	3015.15	14.37	4167.38	19.86	1645.67	7.84
Ventilación	982.10	4.68	2325.47	11.08	1918.93	9.14
	6308.09	30.06	10998.35	52.40	7450.54	35.50

donde:

S_u : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m².

EF: Energía final consumida por el servicio técnico en punto de consumo.

EP_{tot}: Consumo de energía primaria total.

EP_{nren}: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

Resultados mensuales

Consumo de energía final del edificio

		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 -año)
EDIFICIO ($S_u = 209.88 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	707.1	335.5	192.1	22.5	5.5	--	--	--	--	7.9	133.3	643.1	2046.9	9.8
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	3.4	--	--	--	3.4	0.0
	ACS	273.4	246.9	268.1	250.0	253.1	239.8	237.2	237.2	234.7	252.2	254.3	268.1	3015.2	14.4
	TOTAL	980.5	582.4	460.2	272.5	258.6	239.8	237.2	237.2	238.1	260.1	387.7	911.2	5065.5	24.1
Electricidad	Calefacción	499.9	260.2	148.7	10.3	3.2	--	--	--	--	4.8	94.4	464.2	1485.6	7.1
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	ACS	76.4	69.0	74.9	69.8	70.7	67.0	66.3	66.3	65.6	70.5	71.0	74.9	842.2	4.0
	Ventilación	93.9	84.8	93.9	90.8	93.9	60.6	62.6	62.6	60.6	93.9	90.8	93.9	982.1	4.7
	Control de la humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricidad (Sistema de sustitución)	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	1.1	--	--	--	1.1	0.0
	ACS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Gas natural (Sistema de sustitución)	Calefacción	310.4	131.9	60.4	3.7	0.8	--	--	--	--	3.2	34.7	278.9	824.1	3.9
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	ACS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Medioambiente	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	ACS	197.0	178.0	193.2	180.2	182.4	172.8	171.0	171.0	169.1	181.8	183.3	193.2	2172.9	10.4
C_{ef,total}		1177.6	723.9	571.1	354.9	351.0	300.4	299.8	299.8	296.4	354.1	474.2	1105.1	6308.1	30.1

donde:

S_u : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m^2 .

$C_{ef,total}$: Consumo de energía en punto de consumo (energía final), $\text{kWh}/\text{m}^2\text{-año}$.

Horas fuera de consigna

Se indica el número de horas en las que la temperatura del aire de los espacios habitables acondicionados del edificio se sitúa, durante los periodos de ocupación, fuera del rango de las temperaturas de consigna de calefacción o de refrigeración, con un margen superior a 1°C para calefacción y 1°C para refrigeración. Se considera que el edificio se encuentra fuera de consigna cuando cualquiera de dichos espacios lo está.

Zonas acondicionadas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
		(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)
Zona habitable	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Edificio	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	TOTAL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5.3. Energía producida y aportación de energía procedente de fuentes renovables

Energía eléctrica producida in situ.

El edificio no dispone de sistemas de producción de energía eléctrica.

Energía térmica producida in situ.

El edificio no dispone de sistemas de producción de energía térmica a partir de fuentes totalmente renovables.

Aportación de energía procedente de fuentes renovables.

Se indica la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio que procede de fuentes renovables no fósiles, como son la biomasa, la electricidad consumida que se produce en el edificio a partir de fuentes renovables y la energía térmica captada del medioambiente.

EDIFICIO ($S_0 = 216.39 \text{ m}^2$)

	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 ·año)
Electricidad autoconsumida de origen renovable	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Medioambiente	197.0	178.0	193.2	180.2	182.4	172.8	170.9	170.9	169.1	181.8	183.3	193.2	2172.9	10.4
Biomasa	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Biomasa densificada (pellets)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

donde:

S_u : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m².

DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación del consumo energético HE 0, corresponde a la suma de la energía demandada de calefacción, refrigeración y ACS del edificio según las condiciones operacionales definidas.

Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio se obtiene mediante el procedimiento de cálculo descrito en el apartado 5.3, determinando para cada hora el consumo energético de un sistema ideal con potencia instantánea e infinita con rendimiento unitario.

Se muestran 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} (kWh/año)	D_{cal} (kWh/m ² ·año)	D_{ref} (kWh/año)	D_{ref} (kWh/m ² ·año)
Zona habitable	209.88	2046.93	9.75	3.40	0.02
	209.88	2046.93	9.75	3.40	0.02

donde:

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

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

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

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 4.1.8 de CTE DB HE 0.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia definida en la zona, 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	8.3	8.3	9.3	11.2	12.2	13.2	15.2	15.2	14.2	12.3	10.3	9.3

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.

Zonas habitables	Q_{ACS} (l/día)	T_{ref} (°C)	S_u (m ²)	D_{ACS} (kWh/año)	D_{ACS} (kWh/m ² ·año)
Zona habitable	140.0	60.0	209.88	3015.17	14.37
	140.0		209.88	3015.17	14.37

donde:

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

T_{ref} : Temperatura de referencia, °C.

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

D_{ACS} : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria incluyendo pérdidas por acumulación, distribución y recirculación, kWh/m²·año.

MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Santiago de Compostela (provincia de A Coruña)**, con una altura sobre el nivel del mar de **180.000 m**. Le corresponde, conforme al Anejo B de CTE DB HE, la zona climática **C1**.

La pertenencia a dicha zona climática define las solicitudes exteriores para el procedimiento de cálculo, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático

Definición de los espacios del edificio.

Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio.

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh/año)	ΣQ _{ocup,l} (kWh/año)	ΣQ _{equip,s} (kWh/año)	ΣQ _{equip,l} (kWh/año)	ΣQ _{lum} (kWh/año)	Perfil de uso	Condiciones operacionales
Zona habitable (Zona habitable acondicionada)										
Cocina-Salón-Comedor	53.00	151.00	0.38	701.35	442.78	766.09	--	766.09		
Vestíbulo	5.88	16.92	0.85	77.78	49.11	84.96	--	84.96		
Distribuidor	22.43	83.03	--	296.87	187.42	324.27	--	324.27		
Dormitorio 1	22.36	89.59	0.32	295.88	186.79	323.19	--	323.19		
Dormitorio 2	12.48	60.00	0.24	165.14	104.26	180.39	--	180.39		
Dormitorio 3	12.48	50.57	0.28	165.14	104.26	180.39	--	180.39		
Dormitorio 4	12.48	51.58	0.28	165.14	104.26	180.39	--	180.39	Residencial	Residencial, con ventilación natural en verano
Baño 1	5.00	24.25	1.19	66.16	41.77	72.27	--	72.27		
Baño 2	5.40	21.49	1.34	71.46	45.11	78.05	--	78.05		
Aseo	3.84	12.89	2.24	50.77	32.05	55.45	--	55.45		
Lavandería	14.80	56.65	0.51	195.83	123.63	213.90	--	213.90		
Escaleras	3.67	11.19	3.22	48.59	30.68	53.08	--	53.08		
Estudio	36.06	65.43	0.55	477.14	301.23	521.18	--	521.18		
	209.88	694.59	0.48/0.98*	2777.24	1753.33	3033.61	--	3033.61		

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m².

V: Volumen interior neto del recinto, m³.

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.

Q_{ocup,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh/año.

Q_{ocup,l}: Sumatorio de la carga interna latente debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh/año.

Q_{equip,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh/año.

Q_{equip,l}: Sumatorio de la carga interna latente debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh/año.

Q_{lum}: Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, kWh/año.

Condiciones operacionales

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	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	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	20	17

Solicitaciones interiores y niveles de ventilación

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)																									
Ocupación sensible (W/m²)																									
Laboral	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado y Festivo	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
Ocupación latente (W/m²)																									
Laboral	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado y Festivo	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Iluminación (W/m²)																									
Laboral, Sábado y Festivo	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	2.20
Equipos (W/m²)																									
Laboral, Sábado y Festivo	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	2.20
Ventilación (ren/h)																									
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ventilación verano (junio a septiembre) (ren/h)																									
Laboral, Sábado y Festivo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

donde:

*: Número de renovaciones por hora del aire de la zona.

Ventilación: En las zonas en las que se ha seleccionado la opción de ventilación natural en verano, se aplica el perfil "Ventilación verano" entre los meses de junio y septiembre. El resto del año, se aplica el perfil "Ventilación".

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 renovables y no renovables. Para ello, se ha empleado el CYPE. Mediante dicho programa, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo térmico 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 para mantener las condiciones operacionales definidas, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada y la energía final consumida, desglosando el consumo energético por equipo, servicio técnico y vector energético utilizado.

El cálculo de la energía primaria que corresponde a la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio se realiza mediante el programa CYPE

La metodología descrita considera los aspectos recogidos en el apartado 4.1 de CTE DB HE 0.

Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes renovables y no renovables corresponden a los publicados en el Documento Reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) 'Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España', conforme al apartado 4.1.5 de CTE DB HE0.

Para las fuentes de energía utilizadas en el edificio que no se encuentran definidas en dicho documento, se han considerado los factores de conversión correspondientes a los vectores energéticos "Red 1" y "Red 2".

Vector energético	$f_{cep,ren}$	$f_{cep,ren}$
Medioambiente	0	1.000
Electricidad obtenida de la red	1.954	0.414

donde:

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

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

$f_{cep,ren}$: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes renovables.

HE1

CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

ÍNDICE

1. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

1.1. Demanda energética anual por superficie útil.

1.2. Resumen del cálculo de la demanda energética.

1.3. Resultados mensuales.

1.3.1. Balance energético anual del edificio.

1.3.2. Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

1.3.3. Evolución de la temperatura.

2. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

2.1. Zonificación climática

2.2. Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

2.2.1. Agrupaciones de recintos.

2.2.2. Perfiles de uso utilizados.

2.3. Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

2.3.1. Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

2.3.2. Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

2.3.3. Composición constructiva. Puentes térmicos.

2.4. Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

1. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

1.1. Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{\text{cal,edificio}} = 11.88 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \text{ } \& \text{ } D_{\text{cal,lim}} = D_{\text{cal,base}} + F_{\text{cal,sup}}/S = 35.6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$

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), 27 kWh/(m²·año).

$F_{\text{cal,sup}}$: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

S : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 232.68 m².

$$D_{\text{ref,edificio}} = 1.71 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \text{ } \& \text{ } D_{\text{ref,lim}} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$

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).

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}		$D_{\text{cal,base}}$ (kWh /(m ² ·año))	$F_{\text{cal,sup}}$	$D_{\text{cal,lim}}$ (kWh /(m ² ·año))	D_{ref}		$D_{\text{ref,lim}}$ (kWh /(m ² ·año))
		(kWh /año)	(kWh/ (m ² ·a))				(kWh /año)	(kWh/ (m ² ·a))	
Vivienda unifamiliar	232.68	2763.5	11.9	27	2000	35.6	397.3	1.7	15.0
	232.68	2763.5	11.9	27	2000	35.6	397.3	1.7	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).

$D_{\text{cal,base}}$: 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), 27 kWh/(m²·año).

$F_{\text{cal,sup}}$: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

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

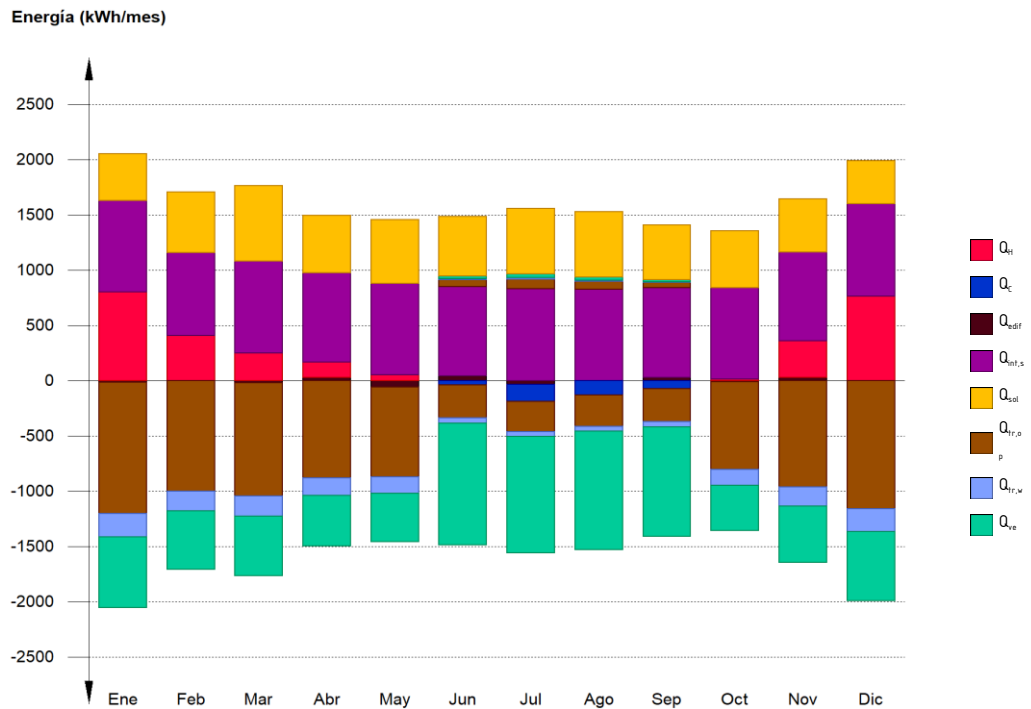
D_{ref} : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m²·año).

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

1.3. Resultados mensuales.

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 ($Q_{\text{tr,op}}$ y $Q_{\text{tr,wa}}$ respectivamente), la energía intercambiada por ventilación (Q_{ve}), la ganancia interna sensible neta ($Q_{\text{int,s}}$), 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 (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh /año) (kWh/ (m ² ·a))	
Balance energético anual del edificio.														
$Q_{tr,op}$	--	--	--	--	0.1	63.8	85.3	71.3	48.4	0.0	--	--	-8702.7	-37.4
$Q_{tr,w}$	-1187.1	-999.8	-1024.6	-880.0	-816.9	-297.4	-271.5	-282.2	-294.9	-793.8	-964.4	-1159.0	-1554.8	-6.7
Q_{ve}	-639.5	-530.7	-538.7	-458.4	-436.7	-1102.8	-1051.3	-1068.8	-990.4	-409.0	-507.7	-623.4	-8251.5	-35.5
$Q_{int,s}$	828.7	752.4	833.7	808.3	828.7	808.3	833.7	828.7	813.3	828.7	803.3	838.7	9795.3	42.1
Q_{sol}	426.6	550.4	681.8	522.3	577.5	540.5	592.0	590.5	495.3	513.4	481.2	390.8	6347.6	27.3
Q_{edif}	-15.7	0.8	-17.4	28.5	-55.7	44.3	-34.7	1.0	28.3	-10.4	28.9	2.0		
Q_H	802.5	408.5	251.3	139.0	51.6	--	--	--	--	15.2	333.8	761.5	2763.5	11.9
Q_c	--	--	--	--	--	-38.6	-154.6	-130.2	-73.8	--	--	--	-397.3	-1.7
Q_{HC}	802.5	408.5	251.3	139.0	51.6	38.6	154.6	130.2	73.8	15.2	333.8	761.5	3160.7	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_{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).

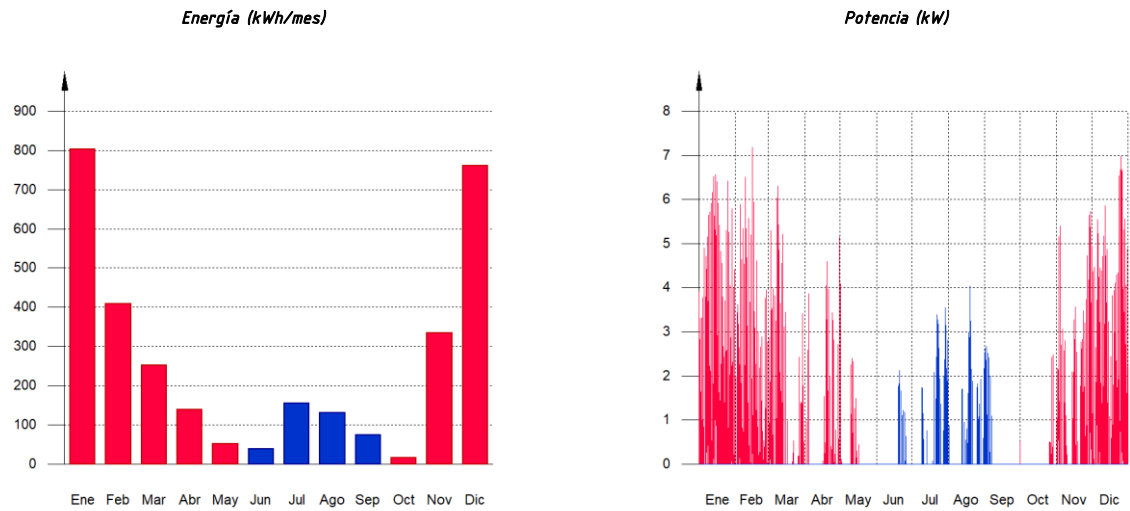
Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).

Q_c : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).

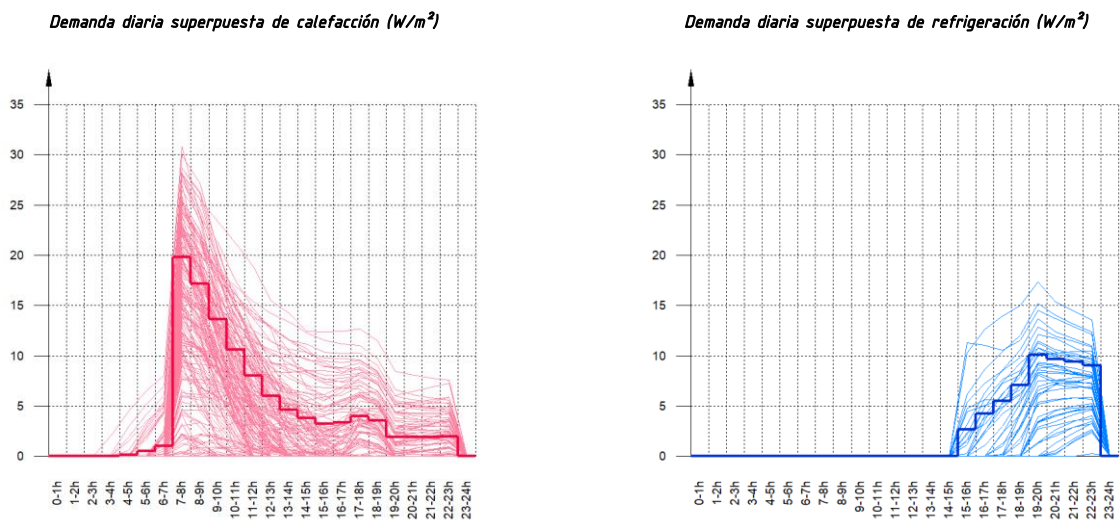
Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

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:



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:



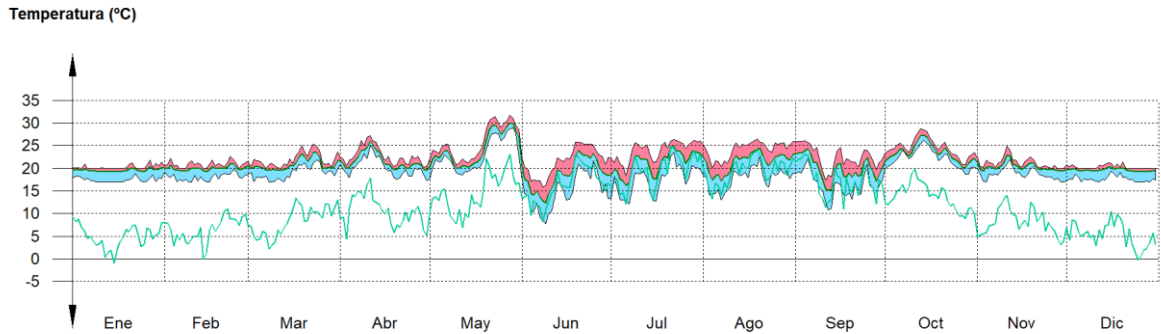
La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

	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	187	171	1632	9	7.28	0.0695
Refrigeración	44	44	254	5	6.72	0.0388

1.3.3. Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo, junto a la temperatura exterior media diaria:

Vivienda unifamiliar



2. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

2.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Santiago de Compostela (provincia de A Coruña)**, con una altura sobre el nivel del mar de **260 m**. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática **D1**. 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.

2.2. Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

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 _{vs}	ren _h (1/h)	ΣQ _{sup,s} (kWh /año)	ΣQ _{sup,eqp} (kWh /año)	ΣQ _{int} (kWh /año)	T ^a calef. media (°C)	T ^a refrig. media (°C)
Vivienda unifamiliar (Zona habitable, Perfil: Residencial)									
baño2	5.13	12.63	1.00	0.25	67.9	74.1	74.1	19.0	26.0
baño3	4.46	10.99	1.00	0.25	59.0	64.5	64.5	19.0	26.0
baño4	2.39	5.89	1.00	0.25	31.6	34.5	34.5	19.0	26.0
dormitorio3	16.48	40.59	1.00	0.25	218.2	238.2	238.2	19.0	26.0
salon	60.99	155.57	1.00	0.25	807.4	881.5	881.5	19.0	26.0
comedor	26.46	72.58	1.00	0.25	350.3	382.5	382.5	19.0	26.0
cocina	8.36	23.37	1.00	0.25	110.7	120.8	120.8	19.0	26.0
lavandería	11.30	27.85	1.00	0.25	149.6	163.3	163.3	19.0	26.0
baño4	16.40	46.72	1.00	0.25	217.1	237.0	237.0	19.0	26.0
dormitorio1	28.21	80.35	1.00	0.25	373.4	407.7	407.7	19.0	26.0
dormitorio2	18.36	52.29	1.00	0.25	243.1	265.4	265.4	19.0	26.0
dormitorio3	16.65	47.41	1.00	0.25	220.4	240.7	240.7	19.0	26.0
dormitorio4	6.29	17.91	1.00	0.25	83.3	90.9	90.9	19.0	26.0
corredor	11.20	31.80	1.00	0.25	148.3	161.9	161.9	19.0	26.0
	232.68	625.94	1.00	0.25/0.688*/4**	3080.3	3363.2	3363.2	19.0	26.0

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_{re,frac} · h_{rec}), donde h_{rec} es el rendimiento de la unidad de recuperación y f_{re,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^{ca}: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.
calef.
media:
- T^{ref}: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.
refrig.
media:

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	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	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	20	17
Ocupación sensible (W/m²)																									
Laboral	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	2.15
Sábado y Festivo	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
Ocupación latente (W/m²)																									
Laboral	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	1.36
Sábado y Festivo	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Iluminación (W/m²)																									
Laboral, Sábado y Festivo	.44	.44	.44	.44	.44	.44	.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	2.2
Equipos (W/m²)																									
Laboral, Sábado y Festivo	.44	.44	.44	.44	.44	.44	.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	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.

2.3. Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

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 (-22.3 kWh/(m²·año)) supone el 50.5% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-44.1 kWh/(m²·año)).

Tipo	S (m ²)	c (kJ/ (m ² ·K))	U (W/ (m ² ·K))	Q _{tr} (kWh /año)	a	l. (°)	O. (°)	F _{shp}	Q _{sol} (kWh /año)
Vivienda unifamiliar									
Fachada PB	3157	16.35	0.19	-476.1	0.4	V	E(90)	1.00	51.1
Tabique PYL 78/600(48) LM	377.48	11.29							
Forjado sanitario	48.13	106.08	0.19	-706.8					
Forjado de piso	73.05	13.24							
Fachada PB	30.86	16.35	0.19	-465.5	0.4	V	N(0)	1.00	9.5
Fachada PB	11.56	16.35	0.19	-174.3	0.4	V	O(-90)	1.00	19.3
Fachada PB	2.33	16.35	0.19	-35.1	0.4	V	N(0)	0.89	0.6
Fachada PB	13.40	16.35	0.19	-202.2	0.4	V	S(180)	0.94	31.7
Fachada PB	9.66	16.35	0.19	-145.7	0.4	V	O(-90)	0.99	15.9
Fachada PB	15.54	16.35	0.19	-234.5	0.4	V	S(180)	1.00	39.0
Forjado sanitario	87.45	73.08	0.18	-1249.7					
Forjado de piso	10.64	13.22							
Fachada PB	7.75	16.35	0.19	-117.0	0.4	V	O(-89.2)	0.95	12.2
Fachada P1	26.35	16.65	0.14	-303.3	0.4	V	O(-90)	0.21	6.9
Fachada P1	36.97	16.65	0.14	-425.6	0.4	V	N(0)	0.76	6.6
Fachada P1	23.56	16.65	0.14	-271.3	0.4	V	E(90)	0.21	6.2
Forjado de piso	73.05	104.65							
Fachada P1	23.51	16.65	0.14	-270.6	0.4	V	S(180)	0.18	8.0
Fachada P1	9.12	16.65	0.14	-104.9	0.4	V	S(179.87)	0.18	3.1
Forjado de piso	10.64	72.00							
									-5182.7
									210.3

donde:

S: Superficie del elemento.

c: 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.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

l.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F_{shp}: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.

Q_{sol}: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

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 (-6.7 kWh/(m²·año)) supone el 15.2% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-44.1 kWh/(m²·año)).

Tipo	S (m ²)	U _g (W/ (m ² ·K))	F _F (%)	U _t (W/ (m ² ·K))	Q _{tr} (kWh /año)	g _{gl}	a	l. (°)	O. (°)	F _{shp}	F _{sho}	Q _{sol} (kWh /año)
Vivienda unifamiliar												
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"	3.07	0.60			-143.8	0.43	0.6	V	E(90)	0.61	1.00	653.6
Puerta de entrada a la vivienda, de madera	1.68		1.00	1.78	-233.5		0.6	V	S(180)	0.00	0.78	51.4
Puerta de entrada a la vivienda, de madera	1.68		1.00	1.78	-233.5		0.6	V	O(-90)	0.00	0.95	44.1

	Tipo	S (m ²)	U _t (W/ (m ² ·K))	F _f (%)	U _t (W/ (m ² ·K))	Q _{tr} (kWh /año)	g _{tr}	a	l (°)	O (°)	F _{sh,gr}	F _{sh,o}	Q _{sol} (kWh /año)
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		2.84	0.60			-132.8	0.43	0.6	V	O(-90)	0.61	1.00	615.5
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		2.75	0.60			-128.6	0.43	0.6	V	S(180)	0.51	1.00	699.7
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		1.98	0.60			-92.8	0.43	0.6	V	O(-89.2)	0.68	0.94	447.8
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		1.59	0.60			-74.5	0.43	0.6	V	N(0)	1.00	1.00	263.6
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		0.96	0.60			-45.0	0.43	0.6	V	S(180)	0.39	1.00	187.1
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		1.18	0.60			-55.0	0.43	0.6	V	E(90)	0.82	1.00	336.3
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		2.31	0.60			-108.2	0.43	0.6	V	E(90)	0.86	1.00	693.4
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		0.64	0.60			-30.0	0.43	0.6	V	E(90)	0.76	1.00	169.8
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		1.73	0.60			-81.1	0.43	0.6	V	S(180)	0.67	1.00	579.3
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		2.25	0.60			-105.2	0.43	0.6	V	S(179.87)	0.76	1.00	852.7
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		1.23	0.60			-57.4	0.43	0.6	V	O(-90)	0.82	1.00	357.5
Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"		0.71	0.60			-33.5	0.43	0.6	V	S(180)	0.56	1.00	200.1
						-1554.8							6152.0

donde:

S: Superficie del elemento.

U_t: Transmitancia térmica de la parte translúcida.

F_f: Fracción de parte opaca del elemento ligero.

U_t: Transmitancia térmica de la parte opaca.

Q_{tr}: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

g_{tr}: Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.

l: Inclinación de la superficie (elevación).

O: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F_{sh,gr}: Valor medio anual del factor reductor de sombreado 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.

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 (-15.1 kWh/(m²·año)) supone el **34.3%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-44.1 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 (-37.4 kWh/(m²·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el **40.4%**.

	Tipo	L (m)	γ (W/(m·K))	Q _{tr} (kWh /año)
Vivienda unifamiliar				
Contorno de ventana		80.19	0.010	-63.7
Frente de forjado		47.80	0.811	-3079.6
Frente de forjado		18.36	0.069	-100.3
Esquina saliente		15.90	0.042	-52.4
Esquina entrante		7.37	-0.090	52.7
Esquina entrante		5.69	-0.071	32.3

Tipo	L (m)	y (W/(m·K))	$\dot{a}Q_{p,r}$ (kWh /año)
Esquina saliente	14.24	0.037	-4.18
Frente de forjado	18.36	0.183	-267.2
			-3520.0

donde:

L: Longitud del puente térmico lineal.

y: Transmitancia térmica lineal del puente térmico.

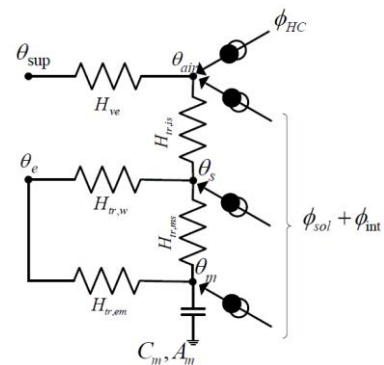
n: Número de puentes térmicos puntuales.

X: Transmitancia térmica puntual del puente térmico.

$Q_{p,r}$: Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

2.4. 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 solicitudes interiores, solicitudes 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.

MATERIALES Y COMPONENTES

ÍNDICE

1. SISTEMA ENVOLVENTE

1.1. Suelos en contacto con el terreno

1.1.1. Forjados sanitarios

193

1.2. Fachadas

1.2.1. Parte ciega de las fachadas

1.2.2. Huecos en fachada

2. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

2.1. Compartimentación interior vertical

2.1.1. Parte ciega de la compartimentación interior vertical

2.1.2. Huecos verticales interiores

2.2. Compartimentación interior horizontal

3. MATERIALES

1. SISTEMA ENVOLVENTE

1.1. Suelos en contacto con el terreno

1.1.1. Forjados sanitarios

Forjado sanitario - Suelo flotante con poliestireno expandido. Solado de baldosas cerámicas colocadas en capa fina Superficie total 48.12 m²

REVESTIMIENTO DEL SUELO

PAVIMENTO: Solado de baldosas cerámicas de gres porcelánico, acabado pulido, de 30x30 cm, capacidad de absorción de agua $E < 0,5\%$, grupo Bla, resistencia al deslizamiento $R_d \leq 15$, clase 0, recibidas con adhesivo cementoso de fraguado normal, C1, color gris y rejuntadas con mortero de juntas cementoso tipo L; BASE DE PAVIMENTACIÓN: Suelo flotante, compuesto de: BASE AUTONIVELANTE: capa fina de pasta niveladora de suelos, de 2 mm de espesor, previa aplicación de imprimación monocomponente a base de resinas sintéticas modificadas sin disolventes. Incluso banda de panel rígido de poliestireno expandido para la preparación de las juntas perimetrales de dilatación; AISLAMIENTO: aislamiento termoacústico, formado por panel rígido de poliestireno expandido, de 100 mm de espesor, resistencia térmica $3,35 \text{ m}^2\text{K/W}$, conductividad térmica $0,03 \text{ W/(mK)}$, colocado a tope, simplemente apoyado, cubierto con film de polietileno de 0,2 mm de espesor y desolidarización perimetral realizada con el mismo material aislante. Incluso cinta autoadhesiva para sellado de juntas; CAPA DE REGULARIZACIÓN: base para pavimento, de 40 mm de espesor, de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"; y posterior aplicación de líquido de curado incoloro. Incluso banda de panel rígido de poliestireno expandido para la preparación de las juntas perimetrales de dilatación.

ELEMENTO ESTRUCTURAL

Forjado sanitario ventilado de hormigón armado, canto $30 = 25+5 \text{ cm}$, realizado con hormigón HA-25/F/20/XC2, y acero UNE-EN 10080 B 500 S en zona de refuerzo de negativos y conectores de viguetas y zunchos; formado por: vigueta pretensada T-18; bovedilla de hormigón, $60 \times 20 \times 25 \text{ cm}$; capa de compresión de 5 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada ME 15x15 Ø 6-6 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, sobre murete de apoyo de 80 cm de altura de bloque hueco de hormigón, para revestir, color gris, con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel, acabado con lámina asfáltica. Incluso agente filmógeno, para el curado de hormigones y morteros.

	Listado de capas:	
	1 - Solado de baldosas cerámicas de gres porcelánico	1 cm
	2 - Mortero autonivelante de cemento	0.2 cm
	3 - Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"	4 cm
	4 - Poliestireno expandido	10 cm
5 - Forjado unidireccional 25+5 cm (Bovedilla de hormigón)	30 cm	
	Espesor total:	45.2 cm

	Altura libre: 80 cm
Limitación de demanda energética	$U_s: 0.19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (Para una longitud característica $B' = 6.3 \text{ m}$)
Detalle de cálculo (U_s)	Superficie del forjado, A: 180.78 m^2 Perímetro del forjado, P: 57.57 m Profundidad media de la cámara sanitaria por debajo del nivel del terreno, z: 1.25 m Altura media de la cara superior del forjado por encima del nivel del terreno, h: 0.00 m Resistencia térmica del forjado, $R_f: 3.58 \text{ m}^2\text{K/W}$ Coeficiente de transmisión térmica del muro perimetral, $U_w: 1.09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Autor: Denís Prieto Giraldo

Protección frente al ruido

Factor de protección contra el viento, f_w : 0.05
 Tipo de terreno: Arcilla semidura
 Masa superficial: 479.13 kg/m^2
 Masa superficial del elemento base: 372.33 kg/m^2
 Caracterización acústica, $R_w(C; C_{tr})$: $56.3(-1; -6) \text{ dB}$
 Mejora del índice global de reducción acústica, debida al suelo flotante, DR: 6 dB
 Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, $L_{n,w}$: 74.0 dB
 Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al suelo flotante, $DL_{0,w}$: 29 dB

Forjado sanitario - Suelo flotante con poliestireno expandido. Entarimado tradicional sobre rastreles Superficie total 87.45 m^2

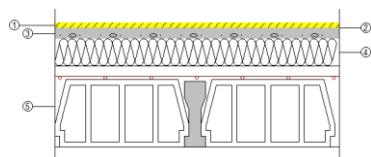
REVESTIMIENTO DEL SUELO

PAVIMENTO: Entarimado tradicional de tablas de madera maciza de pino gallego de $70 \times 22 \text{ mm}$, colocado sobre rastreles de madera de pino de $50 \times 25 \text{ mm}$, fijados mecánicamente al soporte; BASE DE PAVIMENTACIÓN: Suelo flotante, compuesto de: BASE AUTONIVELANTE: capa fina de pasta niveladora de suelos, de 2 mm de espesor, previa aplicación de imprimación monocomponente a base de resinas sintéticas modificadas sin disolventes. Incluso banda de panel rígido de poliestireno expandido para la preparación de las juntas perimetrales de dilatación; AISLAMIENTO: aislamiento termoacústico, formado por panel rígido de poliestireno expandido, de 100 mm de espesor, resistencia térmica $3,35 \text{ m}^2\text{K/W}$, conductividad térmica $0,03 \text{ W/(mK)}$, colocado a tope, simplemente apoyado, cubierto con film de polietileno de $0,2 \text{ mm}$ de espesor y desolidarización perimetral realizada con el mismo material aislante. Incluso cinta autoadhesiva para sellado de juntas; CAPA DE REGULARIZACIÓN: base para pavimento, de 40 mm de espesor, de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"; y posterior aplicación de líquido de curado incoloro. Incluso banda de panel rígido de poliestireno expandido para la preparación de las juntas perimetrales de dilatación.

ELEMENTO ESTRUCTURAL

Forjado sanitario (tipo caviti) ventilado de hormigón armado, canto $25 = 20+5 \text{ cm}$, realizado con hormigón HA-25/F/20/XC2, y acero UNE-EN 10080 B 500 S en zona de refuerzo de negativos y conectores de viguetas y zunchos; formado por: módulos prefabricados tipo cáviti (el programa propone un forjado con bovedilla de hormigón), $60 \times 20 \times 25 \text{ cm}$; capa de compresión de 5 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada ME $15 \times 15 \text{ } \varnothing 6-6 \text{ B } 500 \text{ T } 6 \times 2,20 \text{ UNE-EN } 10080$, sobre murete de apoyo de 80 cm de altura de bloque hueco de hormigón, para revestir, color gris, con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel, acabado con lámina asfáltica. Incluso agente filmógeno, para el curado de hormigones y morteros.

Listado de capas:	
1	1 - Entarimado de tablas de madera maciza 1.8 cm
2	2 - Mortero autonivelante de cemento 0.2 cm
3	3 - Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM" 4 cm
4	4 - Poliestireno expandido 10 cm
5	5 - Forjado unidireccional $25+5 \text{ cm}$ (Bovedilla de hormigón) 30 cm
Espesor total: 46 cm	



Altura libre: 80 cm

Limitación de demanda energética

U_s : $0.18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 (Para una longitud característica $B' = 6.3 \text{ m}$)

Detalle de cálculo (U_s)

Superficie del forjado, A: 180.78 m^2
 Perímetro del forjado, P: 57.57 m

Autor: Denís Prieto Giraldo

Protección frente al ruido

Profundidad media de la cámara sanitaria por debajo del nivel del terreno, z: 1.26 m
 Altura media de la cara superior del forjado por encima del nivel del terreno, h: 0.00 m
 Resistencia térmica del forjado, Rf: 3.70 m²·K/W
 Coeficiente de transmisión térmica del muro perimetral, Uw: 1.09 W/(m²·K)
 Factor de protección contra el viento, fw: 0.05
 Tipo de terreno: Arcilla semidura
 Masa superficial: 462.77 kg/m²
 Masa superficial del elemento base: 372.33 kg/m²
 Caracterización acústica, R_w(C; C_r): 56.3(-1; -6) dB
 Mejora del índice global de reducción acústica, debida al suelo flotante, DR: 6 dB
 Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, L_{n,w}: 74.0 dB
 Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al suelo flotante, DL_{0,w}: 29 dB

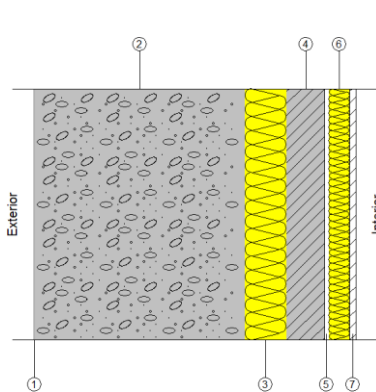
1.2. Fachadas

1.2.1. Parte ciega de las fachadas

Fachada PB

Superficie total 140.54 m²

Fachada compuesta por: muro de mampostería de 50 cm, XPS de 100mm, Panel CLT de 90mm, Trasdosado interior de 60mm de MW y plana de yeso laminado de 15mm; ACABADO INTERIOR: Aplicación manual de dos manos de pintura plástica, color blanco, acabado mate, textura lisa, la primera mano diluida con un 20% de agua y la siguiente sin diluir; previa aplicación de una mano de imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa, sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado, vertical.



Listado de capas:

1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0.2 cm
2 - Granito [2500 < d < 2700]	50 cm
3 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]	10 cm
4 - Conífera pesada 520 < d < 610	9 cm
5 - Separación	1 cm
6 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	5 cm
7 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.5 cm
8 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---

Espesor total: 76.7 cm

Limitación de demanda energética

U_m: 0.19 W/(m²·K)

Protección frente al ruido

Masa superficial: 1371.23 kg/m²

Masa superficial del elemento base: 1353.10 kg/m²

Caracterización acústica, R_w(C; C_r): 76.8(-1; -7) dB

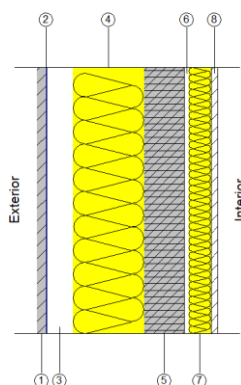
Protección frente a la humedad

Grado de impermeabilidad alcanzado: 5

Condiciones que cumple: R1+B2+C2+J1+N1

Fachada P1

Superficie total 132.14 m²



Listado de capas:

1 - Conífera ligera $d < 435$	2 cm
2 - Betún fieltro o lámina	0.1 cm
3 - Cámara de aire muy ventilada	6 cm
4 - XPS Expandido con dióxido de carbono $C02 [0.034 W/[mK]]$	16 cm
5 - Conífera pesada $520 < d < 610$	9 cm
6 - Separación	1 cm
7 - MW Lana mineral $[0.04 W/[mK]]$	5 cm
8 - Placa de yeso laminado $[PYL] 750 < d < 900$	1.5 cm
9 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---

Espesor total: 40.6 cm

Limitación de demanda energética U_m : 0.15 W/(m²·K)

Protección frente al ruido Masa superficial: 80.13 kg/m²

Mejora del índice global de reducción acústica del revestimiento, DR: 16 dBA

Protección frente a la humedad Grado de impermeabilidad alcanzado: 5

Condiciones que cumple: R2+B2+C2+J1+N2

1.2.2. Huecos en fachada

Puerta de entrada a la vivienda, de madera

Puerta interior de entrada de 203x82,5x4,5 cm, hoja tipo castellana, con cuarterones, con tablero de madera maciza de pino melis.

Dimensiones Ancho x Altura: **82.5 x 203 cm** n^º uds: 2

Caracterización térmica Transmitancia térmica, U: 1.79 W/(m²·K)

Absortividad, a_s : 0.6 (color intermedio)

Caracterización acústica Absorción, $a_{500Hz} = 0.06$; $a_{1000Hz} = 0.08$; $a_{2000Hz} = 0.10$

Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN"

VIDRIO:

Triple acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 PLANITHERM XN F5 4/(16 argón 90%)/4/(16 argón 90%)/4 "SAINT GOBAIN", conjunto formado por vidrio exterior PLANITHERM XN de 4 mm, con capa de baja emisividad térmica incorporada en la cara interior, dos cámaras deshidratadas rellenas de gas argón con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 16 mm de espesor cada una, vidrio intermedio PLANICLEAR incoloro de 4 mm y vidrio interior PLANITHERM XN de 4 mm, con capa de baja emisividad térmica incorporada en la cara exterior, para hojas de vidrio de superficie menor de 2 m²; 44 mm de espesor total, para hojas de vidrio de superficie menor de 2 m².

Características del vidrio Transmitancia térmica, U_g : 0.60 W/(m²·K)

Factor solar, g: 0.54

Aislamiento acústico, $R_w (C;C_{tr})$: 32 (-1;-5) dB

Dimensiones: **100 x 102 cm** (ancho x altura)

n^º uds: 2

Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.54	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: **118 x 102 cm** (ancho x altura) nº uds: 1

Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.21	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: **160 x 102 cm** (ancho x altura) nº uds: 1

Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.21	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: **269 x 102 cm** (ancho x altura) nº uds: 1

Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.37	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	31 (-1;-5)	dB

Dimensiones: **193.9 x 102 cm** (ancho x altura) nº uds: 1

Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.28	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: **85.1 x 102 cm** (ancho x altura) nº uds: 1

Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.33	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 94 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	W/(m ² ·K)
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.33	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 100.8 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	W/(m ² ·K)
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.54	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 70.8 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	W/(m ² ·K)
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.41	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 115 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	W/(m ² ·K)
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.54	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 226.5 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	W/(m ² ·K)
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.54	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 62.9 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	W/(m ² ·K)
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.54	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 169.5 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.44	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 220 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.46	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 120 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.36	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Dimensiones: 70.2 x 102 cm (ancho x altura)			nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	0.60	$W/(m^2 \cdot K)$
Soleamiento	F	0.54	
	F_H	0.41	
Caracterización acústica	$R_w (C;C_{tr})$	32 (-1;-5)	dB

Notas:

U_w : Coeficiente de transmitancia térmica del hueco ($W/(m^2 \cdot K)$)

F : Factor solar del hueco

F_H : Factor solar modificado

$R_w (C;C_{tr})$: Valores de aislamiento acústico (dB)

2. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

2.1. Compartimentación interior vertical

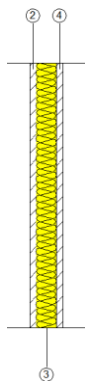
2.1.1. Parte ciega de la compartimentación interior vertical

Tabique PYL 78/600(48) LM

Superficie total 200.92 m²

Autor: Denís Prieto Giraldo

Tabique simple de placas de yeso laminado y lana mineral, sistema PYL 78/600(48) LM, catálogo ATEDY-AFELMA, de 78 mm de espesor total, con nivel de calidad del acabado estándar (Q2), formado por una estructura autoportante de perfiles metálicos formada por montantes y canales; a la que se atornilla una placa de yeso laminado, A, BA 15 "PLACO", formada por un alma de yeso de origen natural embutida e íntimamente ligada a dos láminas de cartón fuerte en cada cara y aislamiento de panel de lana mineral, Ursa Terra T18R "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 45 mm de espesor, resistencia térmica $1,3 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, conductividad térmica $0,035 \text{ W}/(\text{mK})$, colocado en el alma. Incluso banda estanca autoadhesiva, Banda 45 "PLACO"; fijaciones para el anclaje de canales y montantes metálicos; tornillería para la fijación de las placas; pasta y cinta para el tratamiento de juntas.



Listado de capas:

1 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---
2 - Placa de yeso laminado estándar A "PLACO"	1.5 cm
3 - Lana de vidrio Ursa Terra T18R "URSA IBÉRICA AISLANTES"	4.5 cm
4 - Placa de yeso laminado estándar A "PLACO"	1.5 cm
5 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---
Espesor total:	7.5 cm

Limitación de demanda energética U_m : $0.60 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Protección frente al ruido

Masa superficial: $22.75 \text{ kg}/\text{m}^2$

Caracterización acústica por ensayo, $R_w(C; C_{tr})$: $45.0(-2; -9) \text{ dB}$

Referencia del ensayo: AC3-D12-02-X

Seguridad en caso de incendio

Resistencia al fuego: EI 30

2.1.2. Huecos verticales interiores

Puerta de paso interior, de madera

Puerta interior abatible, ciega, de una hoja de $203 \times 82,5 \times 3,5 \text{ cm}$, de tablero aglomerado, chapado con pino país, con plafones de forma recta; precerco de pino país; galces de MDF, con rechapado de madera, de pino país de $90 \times 20 \text{ mm}$; tapajuntas de MDF, con rechapado de madera, de pino país de $70 \times 10 \text{ mm}$ en ambas caras. Incluso, bisagras, herrajes de colgar, de cierre y manivela sobre escudo largo de latón, color negro, acabado brillante, serie básica.

Dimensiones	Ancho x Altura: 82.5 x 203 cm	nº uds: 7
	Ancho x Altura: 78.8 x 203 cm	nº uds: 1
Caracterización térmica	Transmitancia térmica, U: $2.03 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	
	Absortividad, a_s : 0.6 (color intermedio)	
Caracterización acústica	Absorción, $a_{500\text{Hz}} = 0.06$; $a_{1000\text{Hz}} = 0.08$; $a_{2000\text{Hz}} = 0.10$	

Puerta de paso interior, de madera

Puerta interior corredera para doble tabique con hueco, ciega, de una hoja de $203 \times 82,5 \times 3,5 \text{ cm}$, de tablero de fibras acabado en melamina, con alma alveolar de papel kraft; precerco de pino país; galces de MDF, con revestimiento de melamina, color blanco de $90 \times 20 \text{ mm}$; tapajuntas de MDF, con revestimiento de melamina, color blanco de $70 \times 10 \text{ mm}$ en ambas caras. Incluso, herrajes de colgar, de cierre y tirador con manecilla para cierre de aluminio, serie básica.

Dimensiones	Ancho x Altura: 82.5 x 203 cm	nº uds: 2
Caracterización térmica	Transmitancia térmica, U: $1.64 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	
	Absortividad, a_s : 0.6 (color intermedio)	

2.2. Compartimentación interior horizontal

Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado, con estructura metálica - Forjado de piso - Suelo flotante con poliestireno expandido. Solado de baldosas cerámicas colocadas en capa fina	Superficie total 73.79 m ²
---	--

Listado de capas:

	1 - Solado de baldosas cerámicas de gres porcelánico	1 cm
	2 - Mortero autonivelante de cemento	0.2 cm
	3 - Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"	4 cm
	4 - Poliestireno expandido	10 cm
	5 - Conífera ligera $d < 435$	2 cm
	6 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$	6 cm
	7 - Conífera pesada $520 < d < 610$	14 cm
	8 - Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$	0.2 cm
	9 - Cámara de aire sin ventilar	9 cm
	10 - Lana mineral Rockcalm 211 "ROCKWOOL"	6 cm
	11 - Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado	1.25 cm
	12 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---
Espesor total:	53.65 cm	

Limitación de demanda energética

U_c refrigeración: 0.15 W/(m²·K)

U_c calefacción: 0.15 W/(m²·K)

Protección frente al ruido

Masa superficial: 322.06 kg/m²

Masa superficial del elemento base: 194.75 kg/m²

Caracterización acústica por ensayo, $R_w(C; C_{tr})$: 40.0(-1; -3) dB

Referencia del ensayo: Acústica Forjado

Mejora del índice global de reducción acústica, debida al suelo flotante, DR: 19 dB

Mejora del índice global de reducción acústica, debida al techo suspendido, DR: 15 dB

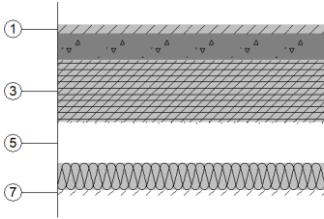
Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, por ensayo, $L_{n,w}$: 75.0 dB

Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al suelo flotante, $DL_{0,w}$: 29 dB

Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al techo suspendido, $DL_{d,w}$: 9 dB

Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado, con estructura metálica - Forjado de piso	Superficie total 9.10 m ²
--	--------------------------------------

Listado de capas:

	<table border="0"> <tr> <td>1 - Conífera ligera $d < 435$</td> <td style="text-align: right;">2 cm</td> </tr> <tr> <td>2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$</td> <td style="text-align: right;">6 cm</td> </tr> <tr> <td>3 - Conífera pesada $520 < d < 610$</td> <td style="text-align: right;">14 cm</td> </tr> <tr> <td>4 - Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$</td> <td style="text-align: right;">0.2 cm</td> </tr> <tr> <td>5 - Cámara de aire sin ventilar</td> <td style="text-align: right;">9 cm</td> </tr> <tr> <td>6 - Lana mineral Rockcalm 211 "ROCKWOOL"</td> <td style="text-align: right;">6 cm</td> </tr> <tr> <td>7 - Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado</td> <td style="text-align: right;">1.25 cm</td> </tr> <tr> <td>8 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado</td> <td style="text-align: right;">---</td> </tr> <tr> <td>Espesor total:</td> <td style="text-align: right;">38.45 cm</td> </tr> </table>	1 - Conífera ligera $d < 435$	2 cm	2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$	6 cm	3 - Conífera pesada $520 < d < 610$	14 cm	4 - Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$	0.2 cm	5 - Cámara de aire sin ventilar	9 cm	6 - Lana mineral Rockcalm 211 "ROCKWOOL"	6 cm	7 - Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado	1.25 cm	8 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---	Espesor total:	38.45 cm
1 - Conífera ligera $d < 435$	2 cm																		
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$	6 cm																		
3 - Conífera pesada $520 < d < 610$	14 cm																		
4 - Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$	0.2 cm																		
5 - Cámara de aire sin ventilar	9 cm																		
6 - Lana mineral Rockcalm 211 "ROCKWOOL"	6 cm																		
7 - Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado	1.25 cm																		
8 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---																		
Espesor total:	38.45 cm																		

Limitación de demanda energética

U_c refrigeración: $0.32 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

U_c calefacción: $0.31 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Protección frente al ruido

Masa superficial: $215.26 \text{ kg}/\text{m}^2$

Masa superficial del elemento base: $194.75 \text{ kg}/\text{m}^2$

Caracterización acústica por ensayo, $R_w(C; C_{tr})$: $40.0(-1; -3) \text{ dB}$

Referencia del ensayo: Acústica Forjado

Mejora del índice global de reducción acústica, debida al techo suspendido, DR: 15 dB

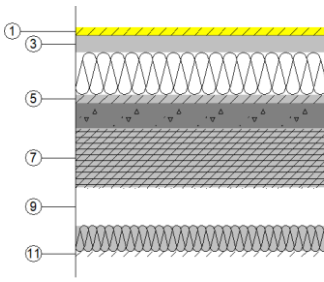
Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, por ensayo, $L_{n,w}$: 75.0 dB

Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al techo suspendido, $DL_{d,w}$: 9 dB

Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado, con estructura metálica - Forjado de piso - Suelo flotante con poliestireno expandido. Entarimado tradicional sobre rastreles

Superficie total
10.63 m²

Listado de capas:

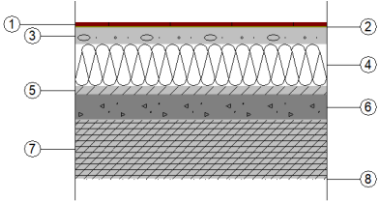
	<table border="0"> <tr> <td>1 - Entarimado de tablas de madera maciza</td> <td style="text-align: right;">1.8 cm</td> </tr> <tr> <td>2 - Mortero autonivelante de cemento</td> <td style="text-align: right;">0.2 cm</td> </tr> <tr> <td>3 - Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"</td> <td style="text-align: right;">4 cm</td> </tr> <tr> <td>4 - Poliestireno expandido</td> <td style="text-align: right;">10 cm</td> </tr> <tr> <td>5 - Conífera ligera $d < 435$</td> <td style="text-align: right;">2 cm</td> </tr> <tr> <td>6 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$</td> <td style="text-align: right;">6 cm</td> </tr> <tr> <td>7 - Conífera pesada $520 < d < 610$</td> <td style="text-align: right;">14 cm</td> </tr> <tr> <td>8 - Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$</td> <td style="text-align: right;">0.2 cm</td> </tr> <tr> <td>9 - Cámara de aire sin ventilar</td> <td style="text-align: right;">9 cm</td> </tr> <tr> <td>10 - Lana mineral Rockcalm 211 "ROCKWOOL"</td> <td style="text-align: right;">6 cm</td> </tr> <tr> <td>11 - Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado</td> <td style="text-align: right;">1.25 cm</td> </tr> <tr> <td>12 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado</td> <td style="text-align: right;">---</td> </tr> <tr> <td>Espesor total:</td> <td style="text-align: right;">54.45 cm</td> </tr> </table>	1 - Entarimado de tablas de madera maciza	1.8 cm	2 - Mortero autonivelante de cemento	0.2 cm	3 - Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"	4 cm	4 - Poliestireno expandido	10 cm	5 - Conífera ligera $d < 435$	2 cm	6 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$	6 cm	7 - Conífera pesada $520 < d < 610$	14 cm	8 - Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$	0.2 cm	9 - Cámara de aire sin ventilar	9 cm	10 - Lana mineral Rockcalm 211 "ROCKWOOL"	6 cm	11 - Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado	1.25 cm	12 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---	Espesor total:	54.45 cm
1 - Entarimado de tablas de madera maciza	1.8 cm																										
2 - Mortero autonivelante de cemento	0.2 cm																										
3 - Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"	4 cm																										
4 - Poliestireno expandido	10 cm																										
5 - Conífera ligera $d < 435$	2 cm																										
6 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$	6 cm																										
7 - Conífera pesada $520 < d < 610$	14 cm																										
8 - Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$	0.2 cm																										
9 - Cámara de aire sin ventilar	9 cm																										
10 - Lana mineral Rockcalm 211 "ROCKWOOL"	6 cm																										
11 - Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado	1.25 cm																										
12 - Pintura plástica sobre paramento interior de yeso proyectado o placas de yeso laminado	---																										
Espesor total:	54.45 cm																										

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA
Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Limitación de demanda energética	U _c refrigeración: 0.15 W/(m ² ·K) U _c calefacción: 0.15 W/(m ² ·K)
Protección frente al ruido	Masa superficial: 305.70 kg/m ² Masa superficial del elemento base: 194.75 kg/m ² Caracterización acústica por ensayo, R _w (C; C _{tr}): 40.0(-1; -3) dB Referencia del ensayo: Acústica Forjado Mejora del índice global de reducción acústica, debida al suelo flotante, DR: 19 dB Mejora del índice global de reducción acústica, debida al techo suspendido, DR: 15 dB Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, por ensayo, L _{n,w} : 75.0 dB Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al suelo flotante, DL _{D,w} : 29 dB Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al techo suspendido, DL _{d,w} : 9 dB

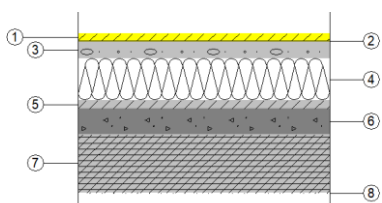
Forjado de piso – Suelo flotante con poliestireno expandido. Solado de baldosas cerámicas colocadas en capa fina Superficie total 12.12 m²

	Listado de capas:	
	1 – Solado de baldosas cerámicas de gres porcelánico	1 cm
	2 – Mortero autonivelante de cemento	0.2 cm
	3 – Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales “LAFARGEHOLCIM”	4 cm
	4 – Poliestireno expandido	10 cm
	5 – Conífera ligera d < 435	2 cm
	6 – Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	6 cm
	7 – Conífera pesada 520 < d < 610	14 cm
8 – Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0.2 cm	
	Espesor total:	37.4 cm

Limitación de demanda energética	U _c refrigeración: 0.22 W/(m ² ·K) U _c calefacción: 0.21 W/(m ² ·K)
Protección frente al ruido	Masa superficial: 309.35 kg/m ² Masa superficial del elemento base: 194.75 kg/m ² Caracterización acústica por ensayo, R _w (C; C _{tr}): 40.0(-1; -3) dB Referencia del ensayo: Acústica Forjado Mejora del índice global de reducción acústica, debida al suelo flotante, DR: 19 dB Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, por ensayo, L _{n,w} : 75.0 dB Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al suelo flotante, DL _{D,w} : 29 dB

Forjado de piso – Suelo flotante con poliestireno expandido. Entarimado tradicional sobre rastreles Superficie total 0.57 m²

Listado de capas:



1	Entarimado de tablas de madera maciza	1.8 cm
2	Mortero autonivelante de cemento	0.2 cm
3	Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"	4 cm
4	Poliestireno expandido	10 cm
5	Conífera ligera $d < 435$	2 cm
6	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < $d < 2000$	6 cm
7	Conífera pesada 520 < $d < 610$	14 cm
8	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < $d < 900$	0.2 cm
Espesor total:		38.2 cm

Limitación de demanda energética

U_c refrigeración: 0.21 W/(m²·K)

U_c calefacción: 0.21 W/(m²·K)

Protección frente al ruido

Masa superficial: 292.99 kg/m²

Masa superficial del elemento base: 194.75 kg/m²

Caracterización acústica por ensayo, $R_w(C; C_{1,2})$: 40.0(-1; -3) dB

Referencia del ensayo: Acústica Forjado

Mejora del índice global de reducción acústica, debida al suelo flotante, DR: 19 dB

Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, por ensayo, $L_{n,w}$: 75.0 dB

Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, debida al suelo flotante, $DL_{0,w}$: 29 dB

3. MATERIALES

Material	Capas					
	e	r	l	RT	Cp	m
Base de mortero autonivelante de sulfato cálcico, Agilia Suelo C Especiales "LAFARGEHOLCIM"	4	1900	1.3	0.0308	1000	10
Betún fieltro o lámina	0.1	1100	0.23	0.0043	1000	50000
Conífera ligera $d < 435$	2	390	0.13	0.1538	1600	20
Conífera pesada 520 < $d < 610$	9	565	0.18	0.5	1600	20
Conífera pesada 520 < $d < 610$	14	565	0.18	0.7778	1600	20
Entarimado de tablas de madera maciza	1.8	480	0.15	0.12	1600	20
Falso techo continuo suspendido, liso de placas de yeso laminado	1.25	825	0.25	0.05	1000	4
Forjado unidireccional 25x5 cm (Bovedilla de hormigón)	30	1241.11	1.429	0.21	1000	80
Granito [2500 < $d < 2700$]	50	2600	2.8	0.1786	1000	10000
Lana de vidrio Ursa Terra T18R "URSA IBÉRICA AISLANTES"	4.5	18	0.035	1.2857	800	1
Lana mineral Rockcalm 211 "ROCKWOOL"	6	40	0.035	1.7143	840	1
Mortero autonivelante de cemento	0.2	1900	1.3	0.0015	1000	10
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < $d < 1250$	0.2	1125	0.55	0.0036	1000	10
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < $d < 2000$	6	1900	1.3	0.0462	1000	10
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	5	40	0.041	1.2195	1000	1
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < $d < 900$	0.2	825	0.25	0.008	1000	4
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < $d < 900$	1.5	825	0.25	0.06	1000	4
Placa de yeso laminado estándar A "PLACO"	1.5	731.333	0.25	0.06	1000	10

Capas						
Material	e	r	l	RT	Cp	m
Poliestireno expandido	10	20	0.03	3.3333	1210	30
Solado de baldosas cerámicas de gres porcelánico	1	2500	2.3	0.0043	1000	30
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]	10	37.5	0.034	2.9412	1000	20
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]	16	37.5	0.034	4.7059	1000	20
Abreviaturas utilizadas						
e	Espesor (cm)		RT	Resistencia térmica ($m^2 \cdot K/W$)		
r	Densidad (kg/m^3)		Cp	Calor específico ($J/(kg \cdot K)$)		
l	Conductividad térmica ($W/(m \cdot K)$)		m	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (l)		

HE 2

Condiciones de las instalaciones térmica

ÍNDICE

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN
2. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN
 - 2.1. DATOS GENERALES
 - 2.2. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE CERRAMIENTOS
 - 2.3. ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA Y DATOS DE LA OBRA
3. DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUC. DE ACS
 - 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN
 - 3.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN
 - 3.3. DEMANDA Y CAPACIDAD DE RADIADORES Y SUELO RADIANTE
 - 3.4. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS DEL RITE
4. MONTAJE, PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN
5. MANTENIMIENTO Y USO

1.-OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El objeto del presente anexo es la descripción de la instalación de calefacción y producción de ACS proyectada para una vivienda, en la localidad de SANTIAGO DE COMPOSTELA (provincia de Pontevedra), así como la justificación del Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE 2007, aprobado por el Real Decreto 1027/2007, del 20 de julio).

El artículo 15 del RITE establece que cuando la potencia térmica nominal a instalar en la generación de calor o frío sea mayor que 70 kW, se requerirá la realización de un proyecto, cuyo contenido mínimo se establece en el artículo 16 del RITE.

Cuando la potencia de térmica nominal a instalar se encuentre entre 5 y 70 kW, es suficiente con una memoria técnica.

En el presente proyecto, la potencia térmica nominal a instalar es inferior a 70 kW, por lo que se presenta la documentación correspondiente a la memoria técnica establecida en el RITE.

2.-DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

2.1.-DATOS GENERALES

La vivienda se desarrolla en dos plantas sobre rasante

Las instalaciones térmicas descritas en el presente proyecto tienen por objeto la cobertura de la demanda energética de calefacción y producción de ACS de la vivienda objeto.

Dado las características de la vivienda y su construcción bajo el estándar Passivhaus y por tanto su baja demanda térmica se plantea un sistema de aportación de térmica a través del recuperador de calor mediante una resistencia eléctrica de 1,5 KW. Se refuerza el sistema con el aporte de dos toalleros eléctricos en los baños y espejos radiante en baños y aseo

Para el sistema de ACS se propone un Aerotermo Bomba de calor con un COP de 3,14 y un volumen de agua de 270 litros.

2.2.-TRANSMITANCIA TÉRMICA DE CERRAMIENTOS

Se remite a los apartados de la justificación del DB HE 1 del presente anexo para la descripción gráfica del modelo tridimensional empleado para la realización de cálculos y la enumeración de los elementos que componen la envolvente térmica del edificio, donde se indica además la transmitancia térmica calculada para cada uno de los cerramientos.

2.3.-ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA Y DATOS DE LA OBRA

Emplazamiento: Santiago de Compostela

Altitud sobre el nivel del mar: 285 m

Percentil para invierno: 99.0 %

Temperatura seca en invierno: 2.80 °C

Humedad relativa en invierno: 90 %

Velocidad del viento: 5.8 m/s

Temperatura del terreno: 6.93 °C

Porcentaje de mayoración por la orientación N: 20 %

Porcentaje de mayoración por la orientación S: 0 %

Porcentaje de mayoración por la orientación E: 10 %

Porcentaje de mayoración por la orientación O: 10 %

Suplemento de intermitencia para calefacción: 5 %

Porcentaje de mayoración de cargas (Invierno): 10 %

3.- DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE ACS

3.1.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Generadores de calor y frío

La vivienda unifamiliar dispondrá de un sistema de calefacción y producción de ACS individual y completamente independiente.

El consumo energético para los servicios de calefacción y producción de ACS se abastecen mediante un sistema de calefacción utilizando el sistema de ventilación de la vivienda. La vivienda dispondrá de un sistema mecánico de recuperación de calor de alta eficiencia, modelo Q350 de Zehnder. En el conducto de impulsión de incorporará una resistencia eléctrica de 1,5 KW que abastecerá la demanda térmica de la vivienda. Dadas las características de la vivienda y la baja demanda se permite aportar por el aire la energía necesaria para llegar a la temperatura de confort.

Distribución de calor

La distribución de calor se realizará a través de los conductos de impulsión del sistema de ventilación. Como apoyo a este sistema se instalarán en las zonas húmedas espejos radiantes o radiadores eléctricos tipo toalleros.

3.2.- CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN

3.2.1.- DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE DISEÑO

3.2.1.1.- CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO

Para lograr el bienestar térmico de los ocupantes de los locales proyectados, se han definido las condiciones interiores en función del uso de los locales, teniendo en cuenta las prescripciones del RITE en cuanto a la calidad térmica del ambiente (IT 1.1.4.1) y calidad del aire interior (IT 1.1.4.2)

3.2.1.1.1.- CALIDAD TÉRMICA DEL AMBIENTE

3.2.1.1.1.1.- TEMPERATURA Y HUMEDAD

Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y humedad relativa se han fijado en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta, y el porcentaje de insatisfechos (PPD).

Se considerarán únicamente los parámetros determinantes para las condiciones de invierno, puesto que el edificio proyectado dispondrá únicamente de instalación de calefacción.

PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA OPERATIVA Y HUMEDAD RELATIVA		
ACTIVIDAD METABÓLICA DE LAS PERSONAS (met)	GRADO DE VESTIMENTA (clo)	PORCENTAJE DE INSATISFECHOS PPD (%)
	Invierno	
Actividad metabólica sedentaria 1,2 met	1 clo	≤10 %

Con el fin de conseguir la categoría B de ambiente térmico definida en el Informe del CEN CR 1752, correspondiente a un porcentaje de personas insatisfechas inferior al 10%, para una actividad metabólica de entre 1-1,2 met y una humedad relativa del 50%, se requiere una temperatura operativa de 22°C en invierno.

Esta categoría B de ambiente térmico se correspondería con un índice PMV entre -0,5 y 0,5, (siendo 0 la neutralidad térmica en una escala de 7 valores, de +3 a -3), que genera un PPD inferior al 10%. El índice PMV está basado en un balance térmico del cuerpo humano en su conjunto con el ambiente que le rodea. El empleo de este índice es válido únicamente cuando los parámetros siguientes se encuentran dentro del rango indicado:

Actividad metabólica: 0,8 – 4 met

Grado de vestimenta: 0 – 2 met

Temperatura seca del aire: 10 – 30 °C

Temperatura radiante media de los cerramientos: 10 – 40 °C

Velocidad del aire en la zona ocupada: 0 – 1 m/s

Humedad relativa: 30 – 70%

A pesar de que la presión parcial de vapor de agua tiene escasa influencia sobre las condiciones de bienestar mientras se mantenga dentro de los límites 30-70% de humedad relativa, es necesario que ésta se encuentre en el rango 40-60% por razones sanitarias, ya que en este intervalo el crecimiento de microorganismos es mínimo.

En el presente proyecto se selecciona una temperatura seca interior de 23°C en invierno, con el fin de lograr un PPD en torno al 10%.

Se resumen los valores objetivo de temperatura operativa y humedad relativa en la siguiente tabla:

Recinto	CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Todos los recintos calefactados	-	23	50

3.2.1.1.1.2.- VELOCIDAD MEDIA DEL AIRE

La Instrucción Técnica IT 1.1.4.1.3 establece que la velocidad del aire en la zona ocupada se mantendrá dentro de los límites de bienestar, teniendo en cuenta la actividad de las personas y su vestimenta, así como la temperatura del aire y la intensidad de la turbulencia.

El cálculo de la velocidad media admisible del aire en la zona ocupada (V) se calcula en función del modelo de difusión (mezcla o desplazamiento), de la intensidad de la turbulencia y porcentaje de insatisfechos.

En el presente proyecto, la intensidad de la turbulencia (Tu) se estima en el 40% debido al sistema de ventilación proyectado en locales calefactados.

Por tanto, para obtener un porcentaje de insatisfechos PPD inferior al 10%, la velocidad media admisible de aire se calcula como:

$$V = \frac{t_a}{100} - 0,07$$

Siendo t_a la temperatura seca del aire (23 °C en este caso).

Resulta por tanto una velocidad media admisible del aire de $V = 0,16$ m/s en la zona ocupada.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

La IT 1.1.4.1.3 permite, sin embargo, que la velocidad del aire sea superior a la admisible en lugares del espacio que estén fuera de la zona ocupada.

La ventilación y grado de calidad de aire requerido por la normativa vigente en los recintos calefactados se logra mediante un sistema de ventilación mecánica según las prescripciones del Documento básico de Salubridad, sección HS3, consistente en una ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor de alta eficiencia. Las características del sistema de ventilación proyectado pueden consultarse en el anexo de salubridad del presente proyecto; de este modo se garantiza que en las zonas ocupadas la velocidad es en todo caso inferior a 0,16 m/s, por lo que se cumplen las condiciones establecidas en la IT 1.1.4.1.3.

3.2.1.1.2.- CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO

Las condiciones climáticas exteriores consideradas en el proyecto han sido tomadas en base a criterios de niveles percentiles, para cuya selección se han tenido en cuenta las indicaciones de la norma UNE 100014, mostradas en la tabla:

CONDICIONES EXTERIORES: SELECCIÓN DE PERCENTILES			
CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO PARA INVIERNO		CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO PARA VERANO	
Norma UNE 100014	Proyecto	Norma UNE 100014	Proyecto
Hospitales, residencias de ancianos y centros de cálculo: percentil 99%	Resto de edificios: Uso residencial Percentil 97,5 %	Hospitales, residencias de ancianos y centros de cálculo: percentil 1%	Resto de edificios: Uso residencial Percentil 5 %
Resto de edificios: Percentil 97,5 %		Edificios y espacios de especial consideración: percentil 2,5 %	
		Resto de edificios/espacios: percentil 5 %	

Dado que la norma no contiene datos específicos para la localidad de SANTIAGO DE COMPOSTELA, se consideran las condiciones exteriores proporcionadas por el programa CYPECAD MEP para SANTIAGO DE COMPOSTELA

Se resumen en la siguiente tabla las condiciones exteriores de proyecto consideradas:

CONDICIONES EXTERIORES: TEMPERATURA SECA	
CONDICIONES DE INVIERNO	
Proyecto	
Para nivel percentil seleccionado (99 %):	
Temperatura seca 2,8 °C	

Se han tenido en cuenta además para el cálculo la intensidad del viento, altitud sobre el nivel del mar, humedad relativa y latitud del lugar de emplazamiento del edificio, según UNE 10001:2001.

3.2.2.- CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

3.2.2.1.- MODELO Y MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

En el cálculo de las cargas térmicas se emplean una serie de parámetros que se agrupan en tres tipos:

- Datos exteriores: Para realizar el cálculo de las cargas térmicas se han tenido en cuenta las condiciones exteriores de diseño según Norma UNE 100001:2001 para el emplazamiento del edificio, definidos con anterioridad. Se han empleado datos de radiación solar en función de la orientación.
- Datos de los cerramientos: Un recinto está delimitado por elementos constructivos, tales como paredes, forjados y huecos. La orientación debe ser definida para el caso de los elementos verticales en contacto con el exterior.
- Datos de los recintos: Los recintos se definen con unas condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa. Se definen asimismo la ocupación, iluminación, ventilación y la simulación de otras cargas del recinto cuando sea necesario. Además, la selección del tipo de suelo es necesaria para tener en cuenta la acumulación de calor en el recinto.

La composición de los cerramientos del edificio es la indicada en el apartado "Descripción de la envolvente térmica de la edificación", donde se presentan los coeficientes de transmisión de calor obtenidos para cada cada cerramiento, así como la descripción de acristalamientos y su factor solar. Se han tenido en cuenta las protecciones solares para el cálculo, tales como contraventanas, persianas o cortinas.

Los valores de los coeficientes de transmisión de calor, proporcionados en el apartado "Descripción de la envolvente térmica de la edificación" del presente Anexo, han sido calculados empleando la base de datos de la Herramienta unificada Lider Calener.

Los coeficientes de mayoración empleados en función de la orientación son los mostrados en la siguiente tabla:

COEFICIENTES DE MAYORACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ORIENTACIÓN			
NORTE	ESTE	SUR	OESTE
20%	10%	0%	10%

Para orientaciones diferentes a las definidas, se ha realizado la interpolación pertinente.

Para efectuar el cálculo exacto de las necesidades caloríficas, se analiza local por local y se determinan las pérdidas de calor totales como suma de pérdidas por transmisión en paredes, ventanas, suelo, techo, puertas, añadiendo los incrementos debidos a intermitencia, como se especifica en el DB-HE1: "Limitación de demanda energética".

En el cálculo de los cerramientos exteriores se emplea el coeficiente de transmisión de calor, el área y la superficie del elemento, mediante la siguiente fórmula:

$$Q_T = A \cdot K \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

Donde:

Q_T : Calor total a través de un cerramiento sin inercia (W).

A: Área del cerramiento (m²).

K: Coeficiente de transmisión de calor (W/m² °C).

T_{ext} : Temperatura exterior (°C).

T_{int} : Temperatura exterior (°C).

Los huecos exteriores se calculan de la misma forma que los cerramientos, ya que se realiza una aproximación en el cálculo de la radiación.

Los cerramientos interiores se calculan tomando la temperatura de otro recinto, o en su defecto la media aritmética entre el exterior y el recinto que se va a calcular.

Para el cálculo de calefacción sí se tiene en cuenta la ventilación con recuperador de calor en las estancias que tiene impulsión, en las que tienen extracción no se contemplan, también se tienen en cuenta otras cargas internas..

Se han añadido los siguientes suplementos a las cargas calculadas:

Suplemento de intermitencia para calefacción: 5%

Porcentaje de mayoración de cargas (Invierno): 10%

Las cargas térmicas de cada recinto se calculan considerando el funcionamiento simultáneo del sistema de calefacción y ventilación con recuperación de calor en todos los recintos calefactados de la vivienda.

La potencia requerida para calefacción se calcula considerando la suma de todas las demandas máximas simultáneas de los recintos, obtenidas del cálculo anterior.

Se tiene en cuenta, para las cargas térmicas de ventilación, la demanda térmica generada por ésta.

3.2.2.2.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

3.2.2.2.1.- RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS

A continuación se expone el resumen de los resultados de cargas térmicas por recintos para la vivienda unifamiliar proyectada:

Conjunto: Vivienda							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m ³ /h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m ²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Cocina-Salón-Comedor	Planta baja	561.27	57.60	55.15	11.63	616.42	616.42
Vestíbulo	Planta baja	152.08	14.40	6.89	27.04	158.97	158.97
Distribuidor	Planta baja	304.44	0.00	0.00	13.57	304.44	304.44
Dormitorio 1	Planta baja	427.24	28.80	27.58	20.34	454.81	454.81
Dormitorio 2	Planta baja	157.89	14.40	13.79	13.76	171.68	171.68
Dormitorio 3	Planta baja	104.80	14.40	13.79	9.50	118.59	118.59
Dormitorio 4	Planta baja	100.75	14.40	13.79	9.18	114.54	114.54
Baño 1	Planta baja	59.23	28.80	91.92	30.23	151.14	151.14
Baño 2	Planta baja	83.50	28.80	91.92	32.49	175.42	175.42
Aseo	Planta baja	10.82	28.80	91.92	26.78	102.74	102.74
Lavandería	Planta baja	184.52	28.80	91.92	18.68	276.44	276.44
Escaleras	Planta baja	32.79	0.00	0.00	8.93	32.79	32.79
Estudio	Planta 1	413.21	36.00	34.47	12.42	447.68	447.68
Total			295.2	Carga total simultánea		3125.7	

La demanda máxima de calefacción simultánea de la vivienda asciende a 4.8 kW.

Demanda de ACS de la vivienda

La demanda de ACS de la vivienda es de 140L/día (4 habitaciones, 5 personas, 28 L/día persona), considerando una temperatura de ACS de 60°C, según las prescripciones del CTE DB HE4 en función del número de dormitorios.

Consumo diario ACS = 140 L de agua a 60°C o 160 L a 45 °C.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Se instala un Aerotermino bomba de calor con una potencia 1900 w y un COP estacional (SCOP para clima medio) de 3,14 . Capacidad del depósito 270 litros, siendo ésta superior a la demanda diaria de ACS establecida para la vivienda. Se prescribe un depósito MAGNA AQUA de 270 LITROS DE SAUNIER DUVAL

Dado que se opta por un sistema de producción de ACS por acumulación, se calcula la potencia necesaria para la producción de ACS en función de los siguientes parámetros:

Temperatura agua red = 10°C

Temperatura de almacenamiento: 45 °C

Potencia: 2 kW (para temperatura exterior 0°C y temperatura ACS 45°C)

Tiempo de preparación de ACS (t entre puntas de consumo de ACS para 270L) = 5 horas y 46 minutos

3.2.2.2.- DETALLE DE CÁLCULO DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN POR RECINTOS

Se presenta a continuación el detalle de cálculo de la demanda máxima de calefacción por recinto, calculado bajo las hipótesis especificadas en el apartado 2.3.2.1, y detallando las pérdidas caloríficas en cerramientos, huecos, particiones interiores y cargas de ventilación para cada uno de ellos.

3.3.- DEMANDA

La demanda máxima de calefacción simultánea de la vivienda asciende a 4,00 kW, inferior a la potencia instalada y generador de calor.

Se instala un termostato, por cada uno de los recintos, que envía la señal para la apertura o cierre de uno o varios cabezales eléctricos que abren o cierran sus correspondientes circuitos.

La pérdida de carga total, en el tramo más desfavorable, es inferior a 4 m.c.a, a las que ya se han sumado las pérdidas hasta los armarios de colectores y las pérdidas del propio grupo hidráulico de impulsión.

3.4.- VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS DEL RITE

Para la correcta aplicación de las exigencias en el diseño y dimensionado de la instalación térmica se verificará lo siguiente:

- Cumplimiento de la exigencia de bienestar e higiene (IT 1.1)
 - a) Cumplimiento de la exigencia de calidad térmica del ambiente establecida en el apartado IT.1.1.4.1 del RITE
 - b) Cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior en el apartado IT.1.1.4.2 del RITE
 - c) Cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado IT.1.1.4.3 del RITE
 - d) Cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado IT.1.1.4.4 del RITE
- Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética (IT 1.2)
- Cumplimiento de la exigencia de seguridad (IT 1.3)

3.4.1.- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

3.4.1.1.-EXIGENCIA DE CALIDAD TÉRMICA: TEMPERATURA OPERATIVA Y HUMEDAD RELATIVA

Para la determinación de las condiciones interiores de diseño (temperatura operativa y humedad relativa en condiciones de invierno, velocidad media del aire) se han tenido en cuenta las prescripciones de la IT 1.1.4.1, relativas a la calidad térmica del ambiente. Estas consideraciones realizadas en el diseño se reflejan en el apartado "Calidad térmica del ambiente" del presente Anexo.

La temperatura operativa y humedad relativa de diseño se han fijado con el objetivo de garantizar un porcentaje de insatisfechos (PPD) en torno al 10%, considerando actividad metabólica sedentaria (1,2 met) y un grado de vestimenta de 1 clo. Se alcanza un ambiente térmico próximo a la categoría B según el Informe CEN CR 1752, puesto que las condiciones seleccionadas son similares a las mencionadas en el mismo.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA
Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Las condiciones de diseño seleccionadas (temperatura interior de 23°C y humedad del 50%), y el tipo de emisor seleccionado (radiadores a 60°C de temperatura media de emisión) generan un grado de confort con el que se garantiza un PPD inferior al 10%.

TEMPERATURA OPERATIVA Y HUMEDAD RELATIVA			
ESTACIÓN	RECINTO	TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Invierno	Todos los recintos calefactados	23 ± 0,5	50%

Las condiciones exteriores de diseño han sido tomadas del CYPECAD MEP para la localidad de SANTIAGO DE COMPOSTELA estas condiciones de invierno son más desfavorables que las indicadas en la Guía Técnica De Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto (IDAE), para el nivel percentil seleccionado NPE (97,5%), y su equivalencia en NPA.

De este modo, se cumplen las condiciones de diseño establecidas por el RITE para temperaturas interior, exterior y humedad relativa.

3.4.1.2.- EXIGENCIA DE CALIDAD TÉRMICA: VELOCIDAD MEDIA DEL AIRE

En cuanto a la velocidad media del aire, mediante el sistema de ventilación adoptado (sistema establecido por el CTE en DB HS 3, consistente en extracción e impulsión mecánica ésta es inferior a la velocidad media admisible del aire requerida para un PPD inferior al 10%, habiendo sido esta última obtenida para un grado de turbulencia del 40% y un modelo de difusión (mezcla o desplazamiento).

Se cumplen, por tanto, las prescripciones de la IT 1.1.4.1.3.

3.4.1.3.- EXIGENCIA DE CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

La calidad del aire interior en los recintos calefactados está garantizado mediante la adopción de los caudales establecidos en el apartado HS 3 del Documento Básico de Salubridad para viviendas.

3.4.2.- EXIGENCIA DE HIGIENE

Según lo establecido en la IT 1.1.4.3.1, el sistema de preparación de agua caliente sanitaria debe cumplir con la legislación vigente relativa a la prevención de la legionelosis.

En el Real Decreto 865/2003, de 4 de junio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, se indica en el ámbito de aplicación lo siguiente: *“Las medidas contenidas en este real decreto se aplicarán a las instalaciones que utilicen agua en su funcionamiento, produzcan aerosoles y se encuentren ubicadas en el interior o exterior de edificios de uso colectivo, instalaciones industriales o medios de transporte que puedan ser susceptibles de convertirse en focos para la propagación de la enfermedad, durante su funcionamiento, pruebas de servicio o mantenimiento”.*

Se cumplen en el presente edificio las recomendaciones establecidas en el artículo 7, apartado 1 del RD 835/2003:

- a) Se garantiza la total estanqueidad del circuito y la correcta circulación del agua, evitando su estancamiento, y se dispone asimismo de suficientes puntos de purga que permitan el vaciado completo de la instalación. La ubicación de los puntos de vaciado puede consultarse en los esquemas y planos de las instalaciones, incluidos en el Documento de Planos.
- b) Se disponen filtros de menos de 80 micras de tamaño de poro en la entrada del agua procedente de la red de abastecimiento.
- c) La temperatura del agua en el circuito de agua fría se mantendrá en todo caso por debajo de 20°C, mediante el aislamiento térmico de las tuberías de agua fría, respetando además las distancias establecidas en el CTE HS4 con las tuberías de agua caliente.
- d) Se facilita la accesibilidad para operaciones de registro y limpieza de todos los equipos. Los depósitos, tuberías y demás equipos de la instalación estarán fuertemente aislados para evitar el descenso o aumento de la temperatura hacia el intervalo de máxima proliferación de la legionela (20-45°C), y dispondrán de registros para limpieza y válvulas de vaciado.
- e) Se dispondrán válvulas de retención que eviten retornos de agua por pérdida de presión o disminución del caudal suministrado. Su ubicación puede consultarse en los planos de la instalación.

Se cumplirá asimismo con todo lo establecido en la IT 1.1.4.3.1. *Los equipos y tuberías de la instalación de ACS proyectada poseen características adecuadas para someterse a tratamiento por choque térmico.*

3.4.3.- EXIGENCIA DE CALIDAD DE AMBIENTE ACÚSTICO

Las instalaciones térmicas proyectadas cumplen con la legislación relativa a la protección contra la contaminación acústica vigente.

3.4.4.- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se verificará el cumplimiento de la IT 1.2 del RITE, "Exigencia de eficiencia energética" mediante el procedimiento simplificado, que consiste en la limitación indirecta del consumo de energía de la instalación térmica mediante el cumplimiento de los valores límite y soluciones especificadas en esta sección.

Para ello, debe verificarse el cumplimiento de las siguientes exigencias que le sean de aplicación:

- a) Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de frío y calor (IT 1.2.4.1)
- b) Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en redes de tuberías y conductos de calor y frío (IT 1.2.4.2)
- c) Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética de control de las instalaciones térmicas (IT 1.2.4.3)
- d) Cumplimiento de la exigencia de contabilización de consumos (IT 1.2.4.4)
- e) Cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía (IT 1.2.4.5)
- f) Cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables (IT 1.2.4.6)
- g) Cumplimiento de la exigencia de limitación de utilización de energía convencional (IT 1.2.4.7)

Se desarrollan a continuación los apartados anteriores aplicables a la instalación térmica objeto del presente proyecto.

3.4.4.1.- GENERACIÓN DE CALOR

3.4.4.1.1.- CRITERIOS GENERALES

La bomba de calor seleccionada, incluida en el pack Genia Set MAX 6 con MiPro Sense cableado de Saunier Duval (o equivalente) posee un etiquetado energético (35°C) A+++ / Etiquetado energético (55°C) A++. Potencial de calentamiento atmosférico PCA=3 y rendimientos estacionales en zonas cálidas/medias/ frías de SCOP: 5,81/4,71/4,13. Con capacidad máxima de calefacción de 7,8 kW a 35°C/30°C de impulsión/retorno en condiciones exteriores de 7°C DB/6°C WB y de refrigeración de 5,6 kW a 18°C/23°C de impulsión/retorno en condiciones exteriores de 35°C DB. La torre hidráulica proyectada incluye un interacumulador de ACS 185 L de capacidad. En cuanto a la producción de ACS, el COP conforme a la norma EN 16147 para la producción de ACS para clima cálido/medio/frío es de 4,41/3,99/3,77, para lo cual se ha ensayado la bomba de calor Genia Air Max 6 con la torre hidráulica incluida en el pack Genia Set MAX 6.

Se cumple la condición establecida en la IT 1.2.4.1.1, ya que potencia del generador cubre la demanda energética de ACS y calefacción, de acuerdo con los cálculos realizados en esta memoria.

El caudal del fluido portador de calor (agua) en el generador podrá variarse entre los límites impuestos por el fabricante para adaptarse a la carga térmica instantánea.

Cuando el funcionamiento del generador se interrumpa, se interrumpirá también el de todos los equipos accesorios directamente relacionados con el mismo. Esta condición está garantizada por el sistema de regulación electrónica y las conexiones eléctricas entre los circuladores y el sistema de regulación.

3.4.4.1.3.- CONTROL

3.4.4.1.3.1.- CONTROL DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

El RITE establece que todas las instalaciones térmicas deben estar dotadas de los sistemas de control automático necesarios para que se pueda mantener en los locales las condiciones de diseño previstas, ajustando los consumos de energía a las variaciones de carga térmica.

En empleo de controles todo-nada se limita a los siguientes casos:

- límites de seguridad de temperatura y presión
- regulación de la velocidad de ventiladores de unidades terminales
- control de la emisión térmica de generadores de instalaciones individuales
- control de la temperatura de ambientes servidos por aparatos unitarios, siempre que la potencia térmica nominal total del sistema no sea mayor que 70 kW

En la instalación proyectada para se dispone de controles todo-nada para los límites de seguridad de temperatura y presión, de los indicados anteriormente.

El control de la temperatura del agua en el circuito de calefacción se realiza mediante la señal procedente de una sonda exterior ubicada en la fachada norte.

El rearme de los dispositivos de seguridad será manual.

Las válvulas de control automático se han seleccionado de modo que la pérdida de presión a válvula abierta y a caudal máximo de entre 0,6 y 1,3 veces la pérdida del elemento controlado.

3.4.4.1.3.2.- CONTROL DE LAS CONDICIONES TERMOHIGROMÉTRICAS

Según la IT 1.2.4.3.2, los sistemas de climatización deben diseñarse para controlar el ambiente interior desde el punto de vista termohigrométrico, siendo exigible una determinada categoría sistema de sistema de control de condiciones termohigrométricas en función de la capacidad del sistema de climatización para controlar la temperatura y la humedad relativa.

Se analizan las categorías requeridas para los sistemas presentes en el presente proyecto:

CONTROL DE LAS CONDICIONES TERMOHIGROMÉTRICAS			
Sistema	Categoría	Equipamiento mínimo de control THM	Equipamiento proyectado de control THM

Ventilación	THM-C0	Sin requerimientos	Funcionamiento continuo con bypass para disipación nocturna
Calefacción	THM-C1	Variación de la temperatura del agua en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura ambiente por zona térmica	Control de la temperatura ambiente por zona térmica Variación de la temperatura del agua de calefacción en función de la temperatura exterior

Por tanto, se verifica el cumplimiento las exigencias de la IT 1.2.4.3.2

En cuanto al control de la instalación de producción de ACS, se realiza mediante termostato en el depósito acumulador y controles de seguridad.

3.4.5.- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE SEGURIDAD

Para garantizar el cumplimiento de la IT 1.3 "Exigencia de Seguridad" se realizarán las siguientes verificaciones:

- Cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío (IT 3.4.1)
- Cumplimiento de la exigencia de seguridad de redes de tuberías y conductos de calor y frío (IT 3.4.2)
- Cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios (IT 3.4.3)
- Cumplimiento de la exigencia de seguridad de utilización (IT 3.4.4)

3.4.5.1.- EXIGENCIA DE SEGURIDAD EN GENERACIÓN DE CALOR Y FRÍO

3.4.5.2.- SALAS DE MÁQUINAS

Según la IT 1.3.4.1.2, los locales donde se alojen los equipos de producción de frío o calor con potencia superior a 70 kW tienen consideración de salas de máquinas.

En el presente proyecto, la potencia es inferior a 70 kW, por lo que no existe ningún recinto considerado como sala de máquinas.

Se respetan las distancias de mantenimiento establecidas por el fabricante del equipo generador, así como las distancias indicadas en el RITE.

4.- MONTAJE, PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN

Se cumplirán las condiciones de montaje incluidas en el RITE, ITE 05 e ITE 06

5.- MANTENIMIENTO Y USO

Para las condiciones de uso y mantenimiento de la instalación, se aplicará el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios 2007.

Según la IT 3, las instalaciones térmicas se utilizarán y mantendrán según:

- a) La instalación térmica contará con un programa de mantenimiento preventivo que cumpla con lo establecido en IT 3.3
- b) La instalación térmica dispondrá de un programa de gestión energética, que cumplirá con lo establecido en la IT 3.4
- c) La instalación térmica dispondrá de instrucciones de seguridad actualizadas de acuerdo con la IT 3.5
- d) Se utilizará de acuerdo con las instrucciones de manejo y maniobra, según la IT 3.6
- e) La instalación térmica se utilizará de acuerdo con un programa de funcionamiento, según la IT 3.7

5.1.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las instalaciones térmicas se mantendrán de acuerdo con las operaciones y periodicidades contenidas en el programa de mantenimiento preventivo establecido en el Manual de Uso y Mantenimiento”, siendo al menos las indicadas en la siguiente tabla:

OPERACIÓN	PERIODICIDAD	
	≤ 70 KW	> 70 KW
1. Limpieza de los evaporadores	t	t
2. Limpieza de los condensadores	t	t
3. Drenaje, limpieza y tratamiento del circuito de torres de refrigeración	t	2 t
4. Comprobación de la estanquidad y niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos	t	m
5. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas	t	2 t
6. Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos y chimenea	t	2 t
7. Limpieza del quemador de la caldera	t	m
8. Revisión del vaso de expansión	t	m
9. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua	t	m
10. Comprobación de material refractario	---	2 t
11. Comprobación de estanquidad de cierre entre quemador y caldera	t	m
12. Revisión general de calderas de gas	t	t
13. Revisión general de calderas de gasóleo	t	t
14. Comprobación de niveles de agua en circuitos	t	m
15. Comprobación de estanquidad de circuitos de tuberías	---	t
16. Comprobación de estanquidad de válvulas de interceptación	---	2 t
17. Comprobación de tarado de elementos de seguridad	---	m
18. Revisión y limpieza de filtros de agua	---	2 t
19. Revisión y limpieza de filtros de aire	t	m
20. Revisión de baterías de intercambio térmico	---	t
21. Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo	t	m
22. Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	t	2 t
23. Revisión de unidades terminales agua-aire	t	2 t
24. Revisión de unidades terminales de distribución de aire	t	2 t
25. Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	t	t
26. Revisión de equipos autónomos	t	2 t
27. Revisión de bombas y ventiladores	---	m
28. Revisión del sistema de preparación de agua caliente sanitaria	t	m
29. Revisión del estado del aislamiento térmico	t	t
30. Revisión del sistema de control automático	t	2 t
31. Revisión de aparatos exclusivos para la producción de agua caliente sanitaria de potencia térmica nominal ≤24,4 kW	4a	---
32. Instalación de energía solar térmica	*	*
33. Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido	s	s
34. Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido	2t	2t
35. Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido	m	m
36. Control visual de la caldera de biomasa	s	S
37. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas y conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa.	t	m
38. Revisión de los elementos de seguridad en instalaciones de biomasa	m	m

s: una vez cada semana

m: una vez al mes; la primera al inicio de la temporada.

t: una vez por temporada (año).

2 t: dos veces por temporada (año); una al inicio de la misma y otra a la mitad del período de uso, siempre que haya una diferencia mínima de 2 meses entre ambas.

4a: cada 4 años.

*: El mantenimiento de estas instalaciones se realizará de acuerdo con lo establecido en la Sección HE4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” del Código Técnico de la Edificación.

5.2.- PROGRAMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Evaluación periódica del rendimiento de los equipos

La empresa mantenedora realizará un análisis y evaluación periódica de los equipos generadores de calor en función de su potencia térmica nominal instalada, midiendo y registrando los valores que se indican en las tablas siguientes:

MEDIDAS DE GENERADORES DE CALOR	PERIODICIDAD		
	20 kW < P ≤ 70 kW	70 kW < P < 1000 kW	P > 1000 kW
1. Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor	2a	3m	m
2. Temperatura ambiente del local o sala de máquinas	2a	3m	m
3. Temperatura de los gases de combustión	2a	3m	m
4. Contenido de CO y CO ₂ en los productos de combustión	2a	3m	m
5. Índice de opacidad de los humos en combustibles sólidos o líquidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles sólidos	2a	3m	m
6. Tiro en la caja de humos de la caldera	2a	3m	m

m: una vez al mes; 3m: cada tres meses, la primera al inicio de la temporada; 2a: cada 2 años.

MEDIDAS DE GENERADORES DE FRÍO	PERIODICIDAD	
	70 kW < P ≤ 1.000 kW	P > 1.000 kW
1. Temperatura del fluido exterior en entrada y salida del evaporador	3m	m
2. Temperatura del fluido exterior en entrada y salida del condensador	3m	m
3. Pérdida de presión en el evaporador en plantas enfriadas por agua	3m	m
4. Pérdida de presión en el condensador en plantas enfriadas por agua	3m	m
5. Temperatura y presión de evaporación	3m	m
6. Temperatura y presión de condensación	3m	m
7. Potencia eléctrica absorbida	3m	m
8. Potencia térmica instantánea del generador, como porcentaje de la carga máxima	3m	m
9. CEE o COP instantáneo	3m	m
10. Caudal de agua en el evaporador	3m	m
11. Caudal de agua en el condensador	3m	m

m: una vez al mes; la primera al inicio de la temporada; 3m: cada 3 meses; la primera al inicio de la temporada

Instrucciones de seguridad

Las instrucciones de seguridad serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y su objetivo será reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios u operarios sufran daños inmediatos durante el uso de la instalación.

En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW estas instrucciones deben estar claramente visibles antes del acceso y en el interior de salas de máquinas, locales técnicos y junto a aparatos y equipos, con absoluta prioridad sobre el resto de instrucciones y deben hacer

referencia, entre otros, a los siguientes aspectos de la instalación: parada de los equipos antes de una intervención; desconexión de la corriente eléctrica antes de intervenir en un equipo; colocación de advertencias antes de intervenir en un equipo, indicaciones de seguridad para distintas presiones, temperaturas, intensidades eléctricas, etc.; cierre de válvulas antes de abrir un circuito hidráulico; etc.

Instrucciones de manejo y maniobra

Las instrucciones de manejo y maniobra, serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y deben servir para efectuar la puesta en marcha y parada de la instalación, de forma total o parcial, y para conseguir cualquier programa de funcionamiento y servicio previsto.

En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW estas instrucciones deben estar situadas en lugar visible de la sala de máquinas y locales técnicos y deben hacer referencia, entre otros, a los siguientes aspectos de la instalación: secuencia de arranque de bombas de circulación; limitación de puntas de potencia eléctrica, evitando poner en marcha simultáneamente varios motores a plena carga; utilización del sistema de enfriamiento gratuito en régimen de verano y de invierno.

Instrucciones de funcionamiento

El programa de funcionamiento, será adecuado a las características técnicas de la instalación concreta con el fin de dar el servicio demandado con el mínimo consumo energético.

En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW comprenderá los siguientes aspectos:

- a) horario de puesta en marcha y parada de la instalación;
- b) orden de puesta en marcha y parada de los equipos;
- c) programa de modificación del régimen de funcionamiento;
- d) programa de paradas intermedias del conjunto o de parte de equipos;
- e) programa y régimen especial para los fines de semana y para condiciones especiales de uso del edificio o de condiciones exteriores excepcionales.

5.3.- INSPECCIÓN

Según la IT 4.2, serán inspeccionados los generadores de calor de potencia térmica nominal instalada igual o mayor que 20 kW.

La inspección del generador de calor comprenderá:

a) análisis y evaluación del rendimiento;

En las sucesivas inspecciones o medidas el rendimiento tendrá un valor no inferior a 2 unidades con respecto al determinado en la puesta en servicio;

b) inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, relacionadas con el generador de calor y de energía solar térmica, para verificar su realización periódica, así como el cumplimiento y adecuación del "Manual de Uso y Mantenimiento" a la instalación existente;

c) la inspección incluirá la instalación de energía solar, caso de existir, y comprenderá la evaluación de la contribución solar mínima en la producción de agua caliente sanitaria y calefacción solar.

En el caso de inspección de generadores de frío con potencia instalada mayor que 12 kW, la inspección comprenderá:

a) análisis y evaluación del rendimiento;

b) inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, relacionadas con el generador de frío, para verificar su realización periódica, así como el cumplimiento y adecuación del "Manual de Uso y Mantenimiento" a la instalación existente;

c) la inspección incluirá la instalación de energía solar, caso de existir, y comprenderá la evaluación de la contribución de energía solar al sistema de refrigeración solar.

Cuando la instalación térmica de calor o frío tenga más de 15 años de antigüedad, contados a partir de la fecha de emisión del primer certificado de la instalación, y la potencia instalada sea superior a 20 kW en calor o 12 kW en frío, se realizará una inspección de la instalación térmica completa, que comprenderá:

a) inspección de todo el sistema relacionado con la exigencia de eficiencia energética regulada en la IT.1 de este RITE;

b) inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, para la instalación térmica completa y comprobación del cumplimiento y la adecuación del "Manual de Uso y Mantenimiento" a la instalación existente;

c) elaboración de un dictamen con el fin de asesorar al titular de la instalación, proponiéndole mejoras o modificaciones de su instalación, para mejorar su eficiencia energética y contemplar la incorporación de energía solar. Las medidas técnicas estarán justificadas en base a su rentabilidad energética, medioambiental y económica.

La periodicidad de las inspecciones de los generadores de calor se muestra en la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Tipo de combustible	Períodos de inspección
$20 \leq P \leq 70$	Gases y combustibles renovables	Cada 5 años
	Otros combustibles	Cada 5 años
$P > 70$	Gases y combustibles renovables	Cada 4 años
	Otros combustibles	Cada 2 años

La inspección de la instalación térmica completa se hará coincidir con la primera inspección de calor o frío desde que se hayan superado los 15 años de antigüedad, y a partir de esta, cada 15 años.

HE 3

Condiciones de las instalaciones de iluminación

1. AMBITO DE APLICACIÓN

1 Esta sección es de aplicación a las instalaciones de iluminación interior en:

- a) edificios de nueva construcción;
- b) intervenciones en edificios existentes con:
 - renovación o ampliación de una parte de la instalación
 - cambio de uso característico del edificio.
 - cambios de actividad en una zona del edificio.

2 Se excluyen del ámbito de aplicación:

- a) las instalaciones interiores de viviendas.
- b) las instalaciones de alumbrado de emergencia.
- c) los edificios protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, en la medida en que el cumplimiento de determinadas exigencias básicas de eficiencia energética pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, siendo la autoridad que dicta la protección oficial quien determine los elementos inalterables;
- d) construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años;
- e) edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m²
- f) edificios industriales, de la defensa y agrícolas, o parte de los mismos, en la parte destinada a talleres y procesos industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales.

3 En el caso de intervenciones en edificios existentes, se considerarán los siguientes criterios de aplicación:

- a) se aplicará esta sección a las instalaciones de iluminación interior de todo el edificio, en los siguientes
- a) casos:
 - intervenciones en edificios existentes con una superficie útil total final (incluidas las partes ampliadas, en su caso) superior a 1000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
 - cambios de uso característico.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA
Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

- c) cuando se renueve o amplíe una parte de la instalación, se adecuará la parte de la instalación renovada o ampliada para que se cumplan los valores de eficiencia energética límite en función de la actividad.
- d) cuando la renovación afecte a zonas del edificio para las cuales se establezca la obligatoriedad de sistemas de control o regulación, se dispondrá de estos sistemas.
- e) en cambios de actividad en una zona del edificio que impliquen un valor más bajo del Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) límite respecto al de la actividad inicial, se adecuará la instalación de dicha zona.

La sección DB HE 3 del CTE DB HE **no es de aplicación al interior de viviendas**, como se establece en su ámbito de aplicación.

Por tanto, no procede la justificación de la sección DB HE3 al presente proyecto de vivienda unifamiliar.

HE 4

Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria

ÍNDICE

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN
2. CARACTERIZACIÓN DE LA EXIGENCIA
3. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA
4. JUSTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las condiciones establecidas en la sección HE4 del DB HE son de aplicación a:

- a) edificios de nueva construcción con una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 100 l/d, calculada de acuerdo al Anejo F.
- b) edificios existentes con una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 100 l/d, calculada de acuerdo al Anejo F, en los que se reforme íntegramente, bien el edificio en sí, o bien la instalación de generación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo.
- c) ampliaciones o intervenciones, no cubiertas en el punto anterior, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial;
- d) climatizaciones de: piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación de generación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas.

El edificio objeto se encuentra en el supuesto a), al tratarse de un edificio nuevo, y siendo la demanda de ACS del edificio superior a 100 L/día. **POR LO QUE ESTA SECCIÓN ES DE APLICACIÓN.**

2. CARACTERIZACIÓN DE LA EXIGENCIA

Los edificios satisfarán sus necesidades de ACS y de climatización de piscina cubierta empleando en gran medida energía procedente de fuentes renovables o procesos de cogeneración renovables; bien generada en el propio edificio o bien a través de la conexión a un *sistema urbano de calefacción*.

3. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

1 La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS y para climatización de piscina, obtenida a partir de los valores mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d.

Se considerará únicamente la aportación renovable de la energía con origen in situ o en las proximidades del edificio, o procedente de biomasa sólida.

2 En el caso de ampliaciones e intervenciones en edificios existentes, contemplados en el punto 1 c) del ámbito de aplicación, la contribución renovable mínima se establece sobre el incremento de la demanda de ACS respecto a la demanda inicial.

3 Las fuentes renovables que satisfagan la contribución renovable mínima de ACS y/o climatización de piscina, pueden estar integradas en la propia generación térmica del edificio o ser accesibles a través de la conexión a un sistema urbano de calefacción.

4 Las bombas de calor destinadas a la producción de ACS y/o climatización de piscina, para poder considerar su contribución renovable a efectos de esta sección, deberán disponer de un valor de rendimiento medio estacional (SCOP_{dhw}) superior a 2,5 cuando sean accionadas eléctricamente y superior a 1,15 cuando sean accionadas mediante energía térmica. El valor de SCOP_{dhw} se determinará para la temperatura de preparación del ACS, que no será inferior a 45°C.

Teniendo en cuenta lo anterior, se establece que, de acuerdo con el punto 3.1.1 de la sección HE4, **la contribución mínima de energía procedente de fuentes de energía renovables a la demanda energética anual para ACS es del 60%**, dado que la demanda de ACS del edificio objeto es inferior a 5.000 L/día.

2.- CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS

Dado que el uso considerado es el de vivienda, se ha considerado el número de dormitorios, asignándole a cada persona un valor de 28 L diarios de ACS a 60°C, según se indica en la tabla 4.1 de la Sección HE4 del DB HE.

Aplicando el caudal recomendado por el DB HE 4 por persona, se obtiene la demanda de agua caliente sanitaria del edificio. El resultado de los cálculos se muestra en la siguiente tabla:

DEMANDA DE ACS SEGÚN DB HE 4 – RESULTADOS	
Tipo de edificio	Vivienda
Caudal de ACS	28 L ACS a 60 °C/persona·día
Nº personas	4 dormitorios; 5pers Total 4 pers x 28 L/día =140 L Factor de centralización; 1
DEMANDA DE ACS DE LA EDIFICACIÓN	140L /día

En el edificio objeto del presente proyecto, el 100% de la demanda energética para la producción de ACS se cubre con fuentes de energía renovables, dado que la producción de ACS se realiza de manera individual para cada vivienda mediante una bomba de calor aire-agua marca Saunier Duval modelo Genia Air Max 4, en combinación con una torre hidráulica que integra un interacumulador de ACS de 185 L de capacidad. El conjunto de estas unidades constituye el pack comercial denominado "Genia Set Max 4".

Se verifica además que el conjunto bomba de calor aire-agua + interacumulador ACS pueden considerarse como fuente de energía renovable conforme al punto 3.1.4 de la sección HE4, dado que el valor del rendimiento medio estacional conforme a la norma EN 16147 es superior a 2,5. Se presenta a continuación la declaración de rendimientos del fabricante, donde se resalta en amarillo el valor correspondiente al sistema seleccionado:

EN 16.147

Por la presente, declaramos los siguientes datos obtenidos conforme a la normativa europea EN 16.147 obtenidos por laboratorio homologado, según VDE Test Report HP 1022020S1 y TÜV HP 1132020S1 para las combinaciones con torre hidráulica integrada FW 200-6, garantizando el siguiente valor:

Magna Aqua sobre suelo

Características técnicas	Magna Aqua 200	Magna Aqua 200 C	Magna Aqua 270	Magna Aqua 270 C
Modelo	Magna Aqua 200	Magna Aqua 200 C	Magna Aqua 270	Magna Aqua 270 C
Capacidad nominal del depósito	200 L	195 L	270 L	265 L
Alimentación eléctrica	230V - 50Hz	230V - 50Hz	230V - 50Hz	230V - 50Hz
Material del depósito	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Aislamiento térmico	50 mm poliur. inyect.	50 mm poliur. inyect.	50 mm poliur. inyect.	50 mm poliur. inyect.
Protección contra la corrosión	No precisa ánodo	No precisa ánodo	No precisa ánodo	No precisa ánodo
Tipo de refrigerante y carga	R290 (150g)	R290 (150g)	R290 (150g)	R290 (150g)
Presión máxima	6 bar	6 bar	6 bar	6 bar
Condiciones de trabajo	-7°C ≤ T ^a Aire ≤ 35°C	-7°C ≤ T ^a Aire ≤ 35°C	-7°C ≤ T ^a Aire ≤ 35°C	-7°C ≤ T ^a Aire ≤ 35°C
Máx. temperatura (BC/resistencia)	60 °C / 70 °C	60 °C / 70 °C	60 °C / 70 °C	60 °C / 70 °C
Dim. (Ancho/Profundo/Alto)	634/634/1.458	634/634/1.458	634/634/1.783	634/634/1.783
Diámetro conexión de ventilación	160 mm	160 mm	160 mm	160 mm
Dist. máx. vent. (Ø 160 mm flexible)	10 m	10 m	10 m	10 m
Dist. máx. vent. (Ø 160 mm rígido)	20 m	20 m	20 m	20 m
Potencia sonora (EN 12102)	50 dB(A)	50 dB(A)	50 dB(A)	50 dB(A)
Resistencia eléctrica	1.200 W en titanio	1.200 W en titanio	1.200 W en titanio	1.200 W en titanio
Consumo eléctrico máximo	1.900 W	1.900 W	1.900 W	1.900 W
Superficie serpentín	-	0,8 m ²	-	0,8 m ²
Etiqueta ErP (rango A+ - F)	A+	A+	A+	A+
Perfil de demanda	L	L	L	L
SCOP _{DHW} (A14 - clima cálido)	3,57	3,47	3,58	3,53
SCOP _{DHW} (A7 - clima medio)	3,19	2,99	3,14	3,00
Referencia	0010028217	0010026826	0010026828	0010026829

El rendimiento medio estacional conforme a la norma UNE 16147 para clima cálido A14 es de **3,14**, siendo notablemente superior al valor mínimo de 2,5 exigido.

Se concluye por tanto que el 100% de la producción de ACS en el edificio se realiza mediante fuentes de energía renovables.

HE 5

Generación mínima de energía eléctrica

1 Esta sección es de aplicación a edificios con uso distinto al residencial privado en los siguientes casos:

- a) edificios de nueva construcción y ampliaciones de edificios existentes, cuando superen o incrementen la superficie construida en más de 3.000 m².*
- b) edificios existentes que se reformen íntegramente, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, cuando se superen los 3.000 m² de superficie construida;*

Por tanto, el edificio objeto del presente proyecto no se encuentra dentro del ámbito de aplicación del DB-HE 5.

5.CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS

5.1 CUMPLIMIENTO NORMAS HÁBITAT DE GALICIA

VIVIENDA UNIFAMILIAR

El presente proyecto cumple con la Normativa establecida en el Decreto 29/2010, de 4 de marzo, por el que se aprueban las Normas de Habitabilidad de Viviendas en Galicia, de aplicación en todas las viviendas de nueva construcción, así como las que sean objeto o resultado de obras de ampliación o rehabilitación el ámbito de la Comunidad Autónoma de Galicia (art.2), y que regula las condiciones de habitabilidad aplicables a las viviendas de nueva construcción, así como los requisitos que deben cumplir las obras de rehabilitación o ampliación de edificaciones existentes, con el fin de que las viviendas objeto de dichas obras alcancen unas condiciones mínimas de habitabilidad

1 En la columna de Proyecto se han justificado los parámetros más desfavorables del conjunto de las viviendas. En este caso llega con completar una copia del apartado I.A y una copia del apartado I.B. siempre de forma comparada. En caso de escoger esta opción 1, el redactor debe incluir también en la columna de Proyecto a qué parte del edificio corresponde cada caso.

2 En la columna de Proyecto se han justificado los parámetros más desfavorables de cada vivienda tipo. En este caso habrá que completar tantas copias del apartado I.A como viviendas tipo existan y sólo una copia del apartado I.B. siempre de forma comparada.

(art.1); las viviendas (A) y los edificios de viviendas (B).

I.A. VIVIENDA

CONCEPTO	PARAMETRO		NORMATIVA	PROYECTO	
I.A.1 CONDICIONES DE DISEÑO CALIDAD Y SOSTENIBILIDAD	I.A.11 Condiciones de vivienda exterior	La vivienda tiene la consideración de VIVIENDA EXTERIOR	SI	SI	
		Condiciones definidas por el Planeamiento Urbanístico. (1)		SI / NO	
		No existe planeamiento aprobado o este no define las condiciones de vivienda exterior	La estancia mayor en todos os casos, o estancia mayor y otra estancia (cuando haya más de una estancia), tienen iluminación y ventilación natural y relación con el exterior a través de	Calles, plazas y espacios libres públicos definidos por el planeamiento o normativa urbanística aplicables	SI
	I.A.12 Iluminación, ventilación natural y relación con el exterior	Toda pieza vividera tiene iluminación natural y luz directa (7) desde el exterior a través de uno de los espacios definidos en I.A.11, o bien a través de los patios definidos en el I.B.2, mediante una ventana ubicada en el plano de la envolvente exterior.		SI	SI
		Sup. Mín. de ventana para iluminación en las piezas vivideras		1/8 de la sup. útil de la pieza	SI
		Altura máx. de antepecho en ventanas proyectadas para cumplir estas condiciones de habitabilidad, medida hasta el pavimento rematado de la pieza.		1,10 m	1,10 m
		Altura máx. del suelo de los espacios exteriores a que ventilen las estancias por encima del pavimento rematado de estas		0,50 m	0,00 m
		Patios de manzana o espacios libres públicos o privados: inscripción círculo Ø 0,7H m (2)			

I.A.1 CONDICIONES DE DISEÑO CALIDAD Y SOSTENIBILIDAD	I.A.1.2 Iluminación, ventilación natural y relación con el exterior	Protección de vistas desde la calle o espacios públicos	Altura mín. de la cara inferior de las ventanas de piezas viveras que abren estos espacios	1,80 m por encima del suelo del espacio exterior de uso público	-	
			Existe un espacio de uso privativo de la vivienda entre la fachada en la que se emplaza la ventana y el espacio público de ancho	≥ 2 m	14.14 m	
		Piezas viveras, que se iluminan a través de una terraza cubierta de profundidad superior a 2 m.	Superficie mínima de iluminación	1/6 de la superficie útil de la pieza	-	
			Profundidad máxima	3 m	-	
			Longitud	\geq profundidad	-	
		Piezas viveras, cuando éstas se iluminan a través de una galería (huecos situados en la envolvente principal de la edificación)	Superficie mínima de iluminación	1/6 de la sup. útil	-	
			Se mantiene la continuidad de la envolvente principal de la edificación	SI	-	
		Sup. Mín. de la ventana para iluminación si la profundidad de la pieza medida perpendicularmente a la fuente de iluminación natural (P)	$P \leq 7,50$ m	1/8 de la superficie útil de la pieza	SI	
			$7,50$ m < P < 2,2 A (3)	1/6 de la superficie útil de la pieza	-	
		Ventanas situadas en los faldones de la cubierta:	Sup. Mín. de la ventana para iluminación	1/8 de la superficie útil de la pieza	-	
			Altura desde la parte inferior de la ventana hasta el pavimento rematado de la estancia	$\leq 1,20$ m	-	
			Altura desde la parte superior de la ventana hasta el pavimento rematado de la estancia	$\geq 2,00$ m	-	
		Sup. mín real de ventilación en las piezas viveras			1/3 de la superficie mín. de iluminación	SI
		*REHABILITACIÓN: No es exigible el cumplimiento de las determinaciones relativas a dimensiones de huecos de iluminación/ventilación porque:	Se mantienen los huecos de iluminación y ventilación existentes en obras de remodelación de viviendas y obras de adecuación funcional de edificios.	SI/NO	SI	
			Las determinaciones de la Normativa Urbanística o de Protección del Patrimonio no permiten su cumplimiento	SI/NO	-	
I.A.2 CONDICIONES ESPACIALES	I.A.2.1 Condiciones de acceso e indivisibilidad de las viviendas	La vivienda tiene acceso desde un espacio público o un espacio común del edificio o urbanización con comunicación directa con el espacio público:	Directo		SI	
			A través de un anexo vinculado a ella			
			A través de una parcela de su propiedad		SI	
			A través de una parcela sobre la que se tiene derecho de paso			

I.A.2 CONDICIONES ESPACIALES	I.A.2.1 Condiciones de acceso e indivisibilidad de las viviendas	La vivienda es paso obligado para acceder a cualquier local o parcela que no sea de uso exclusivo de la misma.		NO	NO	
		Las dependencias de la vivienda se comunican entre sí a través de espacios cerrados de uso exclusivo de sus moradores.		SI	SI	
	I.A.2.2 Composición y compartimentación	Paso obligado a las piezas vivideras desde el acceso a la vivienda a través de espacios de comunicación.		SI	SI	
		Paso obligado a piezas vivideras o cocina a través de la estancia mayor (salvo que la cocina esté integrada en la estancia mayor y esta no sea de paso obligado para ninguna otra estancia)		Aumento de la superficie de la estancia mayor de 2 m ²	-	
	I.A.2.2 Composición y compartimentación	Acceso al cuarto de baño obligatorio a través de los espacios de comunicación.		SI	SI	
		Acceso al cuarto de aseo a través de espacios de comunicación o de estancias distintas de la estancia mayor.		SI	SI	
	I.A.2.3 Programa mínimo	Estancia más cocina, cuarto de baño, lavadero, tendedal y espacio de almacenamiento general.		SI	SI	
	I.A.2.4.1 Alturas libres mínimas	Entre pavimento y techo acabado	Vestíbulos, pasillos, aseos, baños, lavaderos y tenderos.	2,20 m	2,20 m	
			Resto de la vivienda	2,50 m	2,60 m	
			La altura anterior se puede reducir a 2,20 m	En el 30% de la Sup. Útil	10%	
		Entre forjados de suelo y techo		2,70 m	2,90 m	
		* REHABILITACIÓN: En actuaciones de rehabilitación de edificios o viviendas, salvo que se modifique la posición de los forjados existentes se proceda a la adaptación para uso de vivienda de locales que no tenían dicho uso.		Pueden mantenerse las alturas existentes		
	I.A.2.4 Alturas mínimas	I.A.2.4.2 Piezas bajo cubierta	El volumen mín. de la pieza es igual a la superficie útil mínima de la pieza multiplicada por la altura exigible a la pieza (2,50 ó 2,20 según usos)	SI	-	
			% de la superficie mínima exigible a la pieza que tiene una altura $\geq 2,50$ m (estancias/cocinas) ó 2,20 m (aseos/baños...)	$\geq 70\%$	-	
			Altura mín. de pasillos y vestíbulos abuhardillados que sirvan de acceso a piezas	2,20 m	-	
			Altura mín. de pasillos y vestíbulos abuhardillados que sirvan de acceso a piezas	1,80 m	-	
	I.A.3 CONDICIONES DIMENSIONALES, FUNCIONALES Y DOTACIONALES	I.A.3.1 ESTANCIAS	E1 (Estancia mayor)	Sup. Útil mín. de estancia E1 para nº estancias =1	25,00 m ²	
				Sup. Útil mín. de estancia E1 para nº estancias =2	16,00 m ²	
				Sup. Útil mín. de estancia E1 para nº estancias =3	18,00 m ²	
				Sup. Útil mín. de estancia E1 para nº estancias =4	20,00 m ²	25,91 m ²
Sup. Útil mín. de estancia E1 para nº estancias =5				22,00 m ²		
Sup. Útil mín. de estancia E1 para nº estancias >5				25,00 m ²		
Reducción de la superficie de E1 por aumentarla superficie de la cocina en 4 m ² o más.				≤ 4 m ²		
Cuadrado Base inscribible en su planta (4)				3,30 m de lado	3,30 m	
Sup. Total de estrechamientos puntuales admisibles que no sobresalgan más de 0,30 m (en uno o más lados del cuadrado)				0,15 m ²		
Ancho mínimo entre paramentos enfrentados			2,70 m	>2,70 m		
E1 (Estancia mayor)			*EXCEPCIÓN: Caso de solares de geometría irregular con frente de fachada < 15m, cuando la estancia mayor es contigua a la medianera no perpendicular a la fachada, esta estancia cumple:	Círculo tangente a la cara interior del paramento de fachada	$\varnothing 3,00$ m	
				Ancho mín. paramento de fachada	2,50 m	
			Ancho mín. entre paramentos enfrentados	2,50 m		

I.A.3 CONDICIONES DIMENSIONAL ES, FUNCIONALES Y DOTACIONALES	I.A.3.1 ESTANCIAS	E2	Sup. Útil min. de estancia E2 para cualquier nº de estancias	12,00 m ²	14.88 m ²
			Cuadrado Base inscribible en su planta (4)	2,60 m de lado	>2,60 m
			Sup. Total de estrechamientos puntuales admisibles que no sobresalgan más de 0,30 m (en un solo lado del cuadrado).	0,15 m ²	
			Ancho mínimo entre paramentos enfrentados	2,60 m	2,60 m
			% de sup. Útil de espacios de acceso a la estancia, con distancias inferiores a 2,60 m entreparamentos, pero que computan a efectos de sup. mín. porque sirven como acceso directo a almacenamiento personal o baños/aseos complementarios de la misma.	≤ 10% de la sup. útil de la estancia	
		E3	Sup. Útil min. de estancia E3 para cualquier nº de estancias	8,00 m ²	13.54 m ²
			Cuadrado Base inscribible en su planta (4)	2,20 m de lado	2,20 m
			Sup. Total de estrechamientos puntuales admisibles que no sobresalgan más de 0,30 m (en un solo lado del cuadrado).	0,15 m ²	
			Ancho mínimo entre paramentos enfrentados	2,00 m	>2.00 m
			% de sup. Útil de espacios de acceso a la estancia, con distancias inferiores a 2,60 m entreparamentos, pero que computan a efectos de sup. mín. porque sirven como acceso directo a almacenamiento personal o baños/aseos complementarios de la misma.	≤ 10% de la sup. útil de la estancia	
		E4	Sup. Útil min. de estancia E4 para cualquier nº de estancias	8,00 m ²	16.06 m ²
			Cuadrado Base inscribible en su planta (4)	2,20 m de lado	2,20 m
			Sup. Total de estrechamientos puntuales admisibles que no sobresalgan más de 0,30 m (en un solo lado del cuadrado).	0,15 m ²	
			Ancho mínimo entre paramentos enfrentados	2,00 m	>2.00 m
			% de sup. Útil de espacios de acceso a la estancia, con distancias inferiores a 2,60 m entreparamentos, pero que computan a efectos de sup. mín. porque sirven como acceso directo a almacenamiento personal o baños/aseos complementarios de la misma.	≤ 10% de la sup. útil de la estancia	
		E5	Sup. Útil min. de estancia E5 para cualquier nº de estancias	6,00 m ²	16.38 m ²
			Cuadrado Base inscribible en su planta (4)	2,20 m de lado	2.20m
			Sup. Total de estrechamientos puntuales admisibles que no sobresalgan más de 0,30 m (en un solo lado del cuadrado).	0,15 m ²	
			Ancho mínimo entre paramentos enfrentados	2,00 m	>2.00 m
			% de sup. Útil de espacios de acceso a la estancia, con distancias inferiores a 2,60 m entreparamentos, pero que computan a efectos de sup. mín. porque sirven como acceso directo a almacenamiento personal o baños/aseos complementarios de la misma.	≤ 10% de la sup. útil de la estancia	
		En	Sup. Útil min. de estancia E6 para nº de estancias > 5	6,00 m ²	-
Cuadrado Base inscribible en su planta (4)	2,20 m de lado		-		
Sup. Total de estrechamientos puntuales admisibles que no sobresalgan más de 0,30 m (en un solo lado del cuadrado).	0,15 m ²				
Ancho mínimo entre paramentos enfrentados	2,00 m		-		
% de sup. Útil de espacios de acceso a la estancia, con distancias inferiores a 2,60 m entreparamentos, pero que computan a efectos de sup. mín. porque sirven como acceso directo a almacenamiento personal o baños/aseos complementarios de la misma.	≤ 10% de la sup. útil de la estancia		-		
Reducción de 2 m ² de superficie mín. en cocina y estancia mayor	Nº de viviendas de la promoción sobre el que se aplica la reducción	≤ 10% del conjunto de viviendas de la promoción	-		

I.A.3 CONDICIONES DIMENSIONAL ES, FUNCIONALES Y DOTACIONALES	I.A.3.1 ESTANCIAS	Reducción de 2 m ² de superficie mín. en cocina y estancia mayor	Sup. útil real de E3 y E4 en viviendas de 4 estancias (5)	< 9 m ²		
		La superficie útil computable a efectos de habitabilidad del conjunto de estancias de la vivienda supera los 100 m ²		SI / NO	SI	
		Existen piezas distintas de los servicios de sup. > 3 m ² que no cumplan las condiciones establecidas para las estancias.		SI / NO	NO	
	I.A.3.2 SERVICIOS	Cocinas	Sup. Útil mín. de cocina para nº estancias =1		5,00 m ²	
			Sup. Útil mín. de cocina para nº estancias =2		7,00 m ²	
			Sup. Útil mín. de cocina para nº estancias =3		7,00 m ²	
			Sup. Útil mín. de cocina para nº estancias =4		9,00 m ²	
			Sup. Útil mín. de cocina para nº estancias =5		9,00 m ²	15,00 m ²
			Sup. Útil mín. de cocina para nº estancias >5		10,00 m ²	
			La cocina se integra en un único espacio con la estancia mayor; superficie mínima de dicho espacio		La suma de las superficies mín. establecidas para cada una de las piezas	
			Cocina integrada en E1: superficie vertical abierta de relación entre estos espacios		≥ 3,5 m ²	
			Ancho mínimo entre paramentos enfrentados libre de obstáculos		1,80 m	>1.80 m
			Longitud mín. frente dedicado a mesado (sin contar el espacio destinado al frigorífico)		2,40 m si sup. < 7 m ²	
					3,00 m si sup. ≥ 7 m ²	5,09 m
			Paso libre mín. entre mesados y aparatos enfrentados		0,90 m	0,90 m
			En caso de aumento de la superficie de la cocina de 4 m ² , deberá poder inscribirse un Cuadrado (4) no invadido por el mesado, delado.		≥ 2,20 m	-
			Sup. Total de estrechamientos puntuales admisibles que no sobresalgan más de 0,30 m (en un solo lado del cuadrado).		0,15 m ²	-
	Superficie de espacios de la cocina situados en su entrada, con distancias entre paramentos enfrentados inferiores a 1,80 m, pero que computan a efectos de sup. mín. porque sirve de acceso a otros usos complementarios de la misma.		≤10% de la superficie útil de la misma	-		
	Almacenamiento personal	Superficie del espacio de almacenamiento personal en estancias (menos la estancia mayor)	Estancia ≥ 12 m ²	1,20 m ²	> 1,20 m ²	
			Estancia < 12 m ²	0,80 m ²	> 0,80 m ²	
		Altura del espacio de almacenamiento personal		2,20 m	>2.20 m	
		Fondo del espacio de almacenamiento personal (AP)		0,60 m < AP < 0,75 m	> 0,60 m	
		Situación del espacio de almacenamiento personal		Estancias	SI	
			Vestidor / espacios comunicación	SI		
	Almacenamiento general	Superficie del espacio de almacenamiento general		1,00 m ²	> 1,00 m ²	
		Altura del espacio de almacenamiento general		2,20 m	2.50 m	
		Fondo del espacio de almacenamiento general (AG)		0,60 m < AG < 0,75 m	0,60 m	
Situación del espacio de almacenamiento general			Vestíbulo / pasillos	SI		
			Recinto independiente	SI		
Acceso al almacenamiento general		Desde espacios de comunicación	SI			
Cuarto de baño	Sup. Útil mín. de cuarto de baño para cualquier nº estancias		5,00 m ²	5,29 m ²		

I.A.3 CONDICIONES DIMENSIONALES, FUNCIONALES Y DOTACIONALES	I.A.3.2 SERVICIOS	Cuarto de baño	Ancho libre mínimo entre paramentos enfrentados		1,60 m	>1.60 m	
			Disposición de los aparatos sanitarios que permita convertirlo en baño de uso practicable según la Normativa de Accesibilidad.		SI	SI	
		Cuarto de aseo	Sup. útil mín. de cuarto de aseo		1,50 m ²	3.62 m ²	
			Ancho libre mínimo entre paramentos enfrentados		1,20 m	>1.20 m	
		Lavadero	Sup. Útil mín. del lavadero para cualquier nº estancias		1,50 m ²	>1,50 m ²	
			Ancho libre mínimo entre paramentos enfrentados		1,20 m	>1.20 m	
			Acceso al lavadero	Si la vivienda tiene una única estancia	desde esta o desde el cuarto de baño		
				En el resto de casos	desde cocina o espacios de comunicación	SI	
			* REHABILITACIÓN: En las obras de remodelación de viviendas no será preciso reservar este espacio destinado a lavadero.			-	
		Tendal	Sup. Útil mín. de tendal para cualquier nº estancias		1,50 m ²	> 1,50 m ²	
			Está cubierto y protegido de vistas desde el espacio público		SI	SI	
			Interfiere en la ventilación / iluminación de las piezas vidieras		NO	NO	
			Ventilación	Natural	Directa desde espacio exterior patio	SI	SI
					Situación fuera de la envolvente térmica del edificio	SI	SI
					Ventilación permanente	SI	SI
					Sup. Mín. de ventilación = Sup. Útil en planta	SI	SI
					Si ventila a través de patio interior: sup. mín. del conducto de entrada de aire desde el exterior en parte inferior del patio	0,20 m ²	-
			Mecánica	Cuenta con calefacción		SI	-
				Paredes revestidas de material impermeable al agua en toda su altura		SI	SI
				Condiciones ventilación: las establecidas en el DB HS3 del CTE para aseos y cuartos de baño		SI	SI

I.A.3 CONDICIONES DIMENSIONALES, FUNCIONALES Y DOTACIONALES	I.A.3.2 SERVICIOS	Tendal	El espacio de secado de la ropa se dispone en laparcela, garantizando la protección de vistas desde la calle o espacio público, la ventilación y la protección frente a la lluvia. * REHABILITACIÓN: En las actuaciones de remodelación de viviendas no será preciso reservar este espacio destinado a tendal.	SI / NO	-	
	I.A.3.3 ESPACIOS DE COMUNICACIÓN	Pasillos	Ancho libre mínimo entre paramentos	1,00 m	1,00 m	
			Estrechamientos puntuales	≥ 0,90 m	0,00 m	
		Puertas de paso	Ancho libre mínimo	0,80 m	>0,80 m	
			Altura libre mínima	2,03 m	2,03 m	
		Espacio de acceso interior (vestíbulo)	Lado del cuadrado a inscribir en contacto con lapuerta de entrada y libre de obstáculos (6)	1,50 m	1,50 m	
I.A.4 DOTACIÓN MÍNIMA DE INSTALACIONES EN LA VIVIENDA	Compatibilidad del diseño de instalaciones con el CTE y demás Normativa Sectorial			SI	SI	
	Instalaciones	Instalación de suministro de agua fría, agua caliente sanitaria, calefacción, evacuación de aguas, telecomunicaciones, interfonía, electricidad y ventilación		SI	SI	
	Accesibilidad: altura de los botones del interfono situado en el portal del edificio			Entre 1,00 y 1,20 m	-	
	* REHABILITACIÓN: En las actuaciones de remodelación de viviendas será exigible la instalación de sistema de calefacción y/o ventilación si la vivienda existente cuenta con dicho sistema o si es exigible ejecutarla de acuerdo al CTE.			SI		
	I.A.4.1 Equipo y aparatos	Cocina	Reserva de espacio y preinstalaciones exigidas para: fregadero, lavavajillas, frigorífico, horno, cocina, almacén inmediato de basura, sistema de extracción mecánica para vapores y contaminantes de lacocción.		SI	SI
			Conductos de extracción para la ventilación general de las viviendas y conducto de extracción específico de humos de cocción de la campana, individualizados llevados hasta cubierta.		SI	SI
			Zonas expuestas al agua revestidas de material impermeable.		SI	SI
			Viviendas adaptadas: instalación de mobiliario de cocina de accesibilidad adaptable		SI	-
		Cuarto de baño general	Compuesto de bañera /ducha, lavabo, inodoro y preinstalación para bidé		SI	SI
			Zonas expuestas al agua revestidas de material impermeable.		SI	SI
		Cuarto de aseo	Cuando sea exigible de acuerdo al número estancias de la vivienda (>4), contará mín. con lavabo e inodoro.		SI	SI
		Lavadero	Preinstalación exigida para lavadora, lavadero y secadora.		SI	SI
	Revestimiento en todos sus paramentos de material impermeable hasta altura de		1,80 m	2,20 m		

		Con sótano	No se exige	-
		Aislamiento respectodel terreno para viviendas en planta baja	Sin sótano: Cámara de aire ventilada de alturamínima: * REHABILITACIÓN: En viviendas reformadas, rehabilitadas o ampliadas	0,20 m	0,25 m
I.A.5 SALUBRIDAD	Garantizada la impermeabilidad de muros en contacto con el terreno		SI	SI
	Si no existe saneamiento urbano: previsión de tratamiento individual deaguas residuales según CTE.		SI	-
	Distancia mínima de pozos de abastecimiento de agua respecto de cualquier fosa séptica o fuente de contaminación, según LegislaciónUrbanística o Sectorial correspondiente		SI	SI
	Distancia mínima a linderos de los pozos y fosas según LegislaciónUrbanística vigente.		SI	SI

- (1) El arquitecto deberá reflejar las determinaciones que al respecto fija el Planeamiento Urbanístico en vigor.
- (2) Considerando H la media ponderada de la máxima altura de coronación permitida por la legislación urbanística aplicable de los edificios que conformen el espacio libre. $H = \frac{\sum (h_i \times f_i)}{\sum f_i}$, siendo h_i la alturamáxima de coronación permitida de cada edificio y f_i su frente de fachada al patio.
- (3) Considerando A como el ancho de la pieza.
- (4) El Cuadrado Base (C.B.) definido en el punto I.A.2.2 del Anexo de las Normas de Habitabilidad de Viviendas (NHV), deberá cumplir:
 - a. Estar en contacto, por lo menos en un punto, con el plano definido por la cara interior del cerramiento de fachada a través de la cual ilumine y ventile la pieza.
 - b. La superficie del C.B. podrá ser invadida por elementos puntuales siempre y cuando.
 - i. No sobresalgan más de 0.30 m de las caras del cuadrado.
 - ii. La suma total de las superficies ocupadas en planta por dichos elementos sea $< 0.15m^2$.
 - iii. Excepto en la estancia mayor, cuando existan varios estrechamientos puntuales no podrán estar emplazados en lados opuestos del cuadrado.
 - iv. El espacio del C.B. no podrá ser invadido por los espacios de almacenamiento personal.
- (5) Se entiende por Superficie Real la medida de acuerdo con lo dispuesto en la Ley de Vivienda, con independencia de que no resulte computable a efectos de cumplimiento de las superficies mínimas exigibles por las NHV.
- (6) Esta sup. Se puede incluir dentro de la sup. útil min. de la estancia mayor, si el acceso a la vivienda se realizade forma directa a través de ella.
- (7) Luz directa es aquella luz natural recibida a través de ventanas que cumplan las condiciones:
 - a. En piezas vivideras cualquier punto de la ventana debe tener visión dentro de un ángulo de 90° cuyabisectriz sea perpendicular a la fachada, de un segmento horizontal de 3m situado paralelamente a la fachada a una distancia de 3 metros
 - b. En ventanas situadas en la vertiente de la cubierta, se analizará el cumplimiento de esta determinación sustituyendo la ventana de la cubierta por su proyección sobre un plano que forme 90° con la horizontal, sea paralelo al marco inferior y pase por el centro de la ventana.

6.ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO I – MEMORIA ESTRUCTURAS

ANEJO I – MEMORIA DE ESTRUCTURAS

1.OBJETO

El objeto del presente informe es documentar y justificar la solución estructural adoptada para el proyecto de rehabilitación de una vivienda unifamiliar aislada en rua da Carballa, 97 en el ayuntamiento de Santiago de Compostela. En él se recogen las características de los materiales y las comprobaciones de acuerdo con la normativa vigente.

2.BASES DE CÁLCULO

2.1 NORMATIVA DE REFERENCIA

En la elaboración del presente proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Código Técnico de la Edificación (CTE):
 - CTE-DB-SE: Seguridad estructural.
 - CTE-DB-SE AE: Acciones en la edificación.
 - CTE-DB-SE M: Madera.
 - CTE-DB-SI: Seguridad en caso de incendio.
- Norma UNE-EN 1995-1-1 Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de Madera.
 - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación.
 - Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
- Norma UNE-EN 338: 2016 Madera estructural. Clases resistentes.
- Norma UNE-EN 1912:2012 Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies.
- Norma UNE-EN 14080:2013 Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos.
- Borrador Anexo Nacional de la norma UNE-EN 1995-1-1. Ejemplos de asignación a las clases de servicio.
- Norma: EN 335: 2013 "Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Definición de las clases de uso".

2.2 MODELOS Y MÉTODO DE CÁLCULO

El cálculo, comprobación y diseño de los paneles de madera contralaminada de la vivienda se ha realizado a partir de un modelo de cálculo independiente a cada elemento estructural del proyecto realizado mediante la aplicación web "CALCULATIS" by Stora Enso. El proyecto se ha dividido en los cuatro módulos independientes que lo forman y se han comprobado los elementos estructurales de forma individualizada a cada módulo.

2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

2.3.1 PANELES DE MADERA CONTRALAMINADA

Se prevé que el fabricante de los paneles de CLT emplee madera de las especies *Pinus radiata* y *Pinus pinaster* de procedencia española con laminas de tablero encoladas cruzadas en 3 y 5 capas. Según la norma UNE-EN 1912:2012 Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies ambas especies con dicha procedencia pueden clasificarse para uso estructural bajo las calidades visuales AB: calidad vista para viviendas, BC: calidad vista industrial a una cara y NH-C: no vista que se corresponderían con unas clases resistentes C24 y C18 respectivamente. La norma UNE-EN 14080:2013 Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos asigna a esas clases resistentes una clase resistente de tracción T14 y T11, y a la madera encolada fabricada con dichas clases resistentes de tracción, una clase resistente de GL24h y GL20h respectivamente. Considerando la posibilidad de que se emplee madera clasificada NH-C, se realizan los cálculos considerando las propiedades resistentes y de rigidez de una clase GL20h y GL24h:

PANELES DE MADERA CONTRALAMINADA Y MADERA LAMINADA ENCOLADA

PROPIEDADES RESISTENTES		GL20h	GL24h
FLXIÓN	$f_{m,k}$	20.00 N/mm ²	24.00 N/mm ²
TRACCIÓN PARALELA	$f_{t,0,k}$	16.00 N/mm ²	19.20 N/mm ²
TRACCIÓN PERPENDICULAR	$f_{t,90,k}$	0.50 N/mm ²	0.50 N/mm ²
COMPRESIÓN PARALELA	$f_{c,0,k}$	20.00 N/mm ²	24.00 N/mm ²
COMPRESIÓN PERPENDICULAR	$f_{c,90,k}$	2.50 N/mm ²	2.50 N/mm ²
CORTANTE (CORTANTE Y TORSIÓN)	$f_{v,k}$	3.50 N/mm ²	3.50 N/mm ²
CORTANTE POR RODADURA	$f_{r,g,k}$	1.20 N/mm ²	1.20 N/mm ²
RIGIDEZ		GL20h	GL24h
MÓDULO ELASTICIDAD PARALELA MEDIO	$E_{0,mean}$	8400 N/mm ²	11500 N/mm ²
MÓDULO ELASTICIDAD PARALELA 5%	$E_{0,05}$	7000 N/mm ²	9600 N/mm ²
MÓDULO ELASTICIDAD PERPENDICULAR MEDIO	$E_{90,mean}$	300 N/mm ²	300 N/mm ²
MÓDULO ELASTICIDAD PERPENDICULAR 5%	$E_{90,05}$	250 N/mm ²	250 N/mm ²
MÓDULO CORTANTE MEDIO	G_{mean}	690 N/mm ²	650 N/mm ²
MÓDULO CORTANTE 5%	G_{05}	540 N/mm ²	540 N/mm ²
MÓDULO CORTANTE POR RODADURA MEDIO	$G_{r,mean}$	65 N/mm ²	65 N/mm ²
MÓDULO CORTANTE POR RODADURA 5%	$G_{r,5\%}$	54 N/mm ²	54 N/mm ²
DENSIDAD		GL20h	GL24h
DENSIDAD CARACTERÍSTICA	ρ_k	340 Kg/m ³	385 Kg/m ³
DENSIDAD MEDIA	ρ_{mean}	370 Kg/m ³	420 Kg/m ³

2.4 HIPÓTESIS DE CÁLCULO

2.4.1 CLASES DE SERVICIO

Las piezas de madera de la estructura se clasifican atendiendo a las condiciones ambientales a las que estén expuestas según borrador del Anexo Nacional de la norma UNE-EN 1995-1-1.

COMPONENTE ESTRUCTURAL	EXPOSICIÓN	CLASE DE SERVICIO
Muros de madera contralaminada	Interior Cubierto	1
Paneles de cubierta de madera contralaminada	Interior Cubierto	1
Cargaderos	Interior Cubierto	1
Paneles de forjado	Interior Cubierto	1

2.4.2 DURACIÓN DE LA CARGA

La duración de las cargas influye de manera significativa en la resistencia de la madera y se define por cada acción de carga según el Código Técnico de la Edificación:

ACCIÓN	DURACIÓN DE LA CARGA
Peso propio del material estructural	Permanente
Peso de los materiales de cubierta y revestimiento	Permanente
Sobre carga de uso en cubierta: Tipo A1: viviendas	Media
Sobrecarga de uso en cubierta: Tipo G: Cubiertas accesibles únicamente para conservación	Corta
Nieve: Localidades con altitud ≤ 1000 msnm (Santiago de Compostela)	Corta
Viento	Corta

2.4.3 COEFICIENTES DE LOS MATERIALES Y LAS ACCIONES

COEFICIENTES DE SEGURIDAD

	SITUACIÓN ORDINARIA	SITUACIÓN EXTRAORDINARIA
Madera contralaminada	1.25	1.00
Madera laminada encolada	1.25	1.00
Uniones	1.30	1.00

VALORES K_{mod} PARA LOS MATERIALES, CLASE DE SERVICIO Y DURACIÓN DE CARGA

MATERIAL	NORMA	CLASE DE SERVICIO	CLASE DE DURACIÓN DE LA CARGA				
			PERMANENTE	LARGA	MEDIA	CORTA	INSTANT.
CLT Y MLE	EN 14080	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		2					
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90

COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD DE LAS ACCIONES

Para la evaluación de los Estados Límite Últimos (ELU) y los Estados Límite de Servicio (ELS) se consideran los siguientes coeficientes parciales de seguridad de las acciones según las recomendaciones expuestas en CTE-DB-SE Tabla 4.1.:

TIPO DE CARGA	SITUACION ORDINARIA	SITUACIÓN EXTRAORDINARIA
Cargas permanentes	1.35	1.00
Sobrecarga de uso	1.50	1.00
Nieve	1.50	1.00
Viento	1.50	1.00

COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD

Los valores numéricos de los coeficientes de simultaneidad para estructuras de edificación utilizados en los cálculos se recogen en la siguiente tabla:

TIPO DE CARGA	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de uso (A, residenciales)	0.7	0.5	0.3
Sobrecarga de uso (G, cubiertas accesibles únicamente para conservación)	0	0	0
Nieve $h \leq 1000$ msnm (Santiago de Compostela)	0.5	0.2	0
Viento	0.6	0.5	0

FACTOR DE FLUENCIA

MATERIAL	NORMA	CLASE DE SERVICIO		
		1	2	3
CLT Y MLE	UNE-EN 14080	0.60	0.80	2.00

2.4.4 SITUACIONES DE CÁLCULO

Se han efectuado las siguientes comprobaciones en el proyecto, correspondientes a Estado Límite Último (ELU) y Estado Límite de Servicio (ELS):

- Comprobación de paneles de cubierta en ELU y ELS
- Comprobación de paneles de muro en ELU y ELS
- Comprobación de vigas y pilares de madera laminada en ELU y ELS

2.4.5 CRITERIOS DE LIMITACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

El CTE considera tres criterios para la limitación de las flechas:

Integridad de los elementos constructivos (*flecha activa*)

$$w_{act} = k_{def} \cdot w_G + w_{Q,1} + k_{def} \cdot \psi_{2,1} \cdot w_{Q,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot w_{Q,i} + \sum \psi_{0,i} \cdot k_{def} \cdot \psi_{2,i} \cdot w_{Q,i}$$

Confort de los usuarios (*flecha instantánea*)

$$w_{inst} = w_{Q,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot w_{Q,i}$$

Apariencia de la obra (flecha neta final, incluyendo el efecto de una posible contraflecha inicial, en el caso en el que sea necesario)

$$w_{net,fin} = w_G \cdot (1 + k_{def}) + \sum \psi_{2,i} \cdot w_{Q,i} \cdot (1 + k_{def}) - w_c$$

Para la verificación en ELS (Estado Límite de Servicio) de los elementos estructurales según normativa aplicable se han tomado las siguientes limitaciones de deformaciones [según CTE-DB-SE, apartado 4.3.3.]:

	INTEGRIDAD DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	CONFORT DE LOS USUARIOS	APARIENCIA DE LA OBRA
CUBIERTA	l/400	-	l/300
FORJADOS	l/400	350	l/300
HUECOS CARPINTERÍAS	l/500	-	-

2.4.6 SITUACIÓN DE EXPOSICIÓN AL FUEGO

Se toma como referencia para la obtención del valor de la resistencia al fuego necesaria de la estructura una vivienda unifamiliar con planta sobre rasante con altura de evacuación inferior a 15 metros. De este modo según la tabla 3.1. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales recogida en CTE-DB-SI la resistencia al fuego de los elementos estructurales deberá ser, al menos, de 30 minutos.

En las secciones estructurales protegidas del fuego por otro elemento continuo (panel de yeso laminado) se puede considerar el efecto protector de los paneles que permiten que el incendio no afecte a la estructura hasta transcurridos t_f minutos desde su inicio según el apartado E.2.3.2 del CTE DB-SI.

TIEMPO DE INICIO DE CARBONIZACIÓN DE TABLERO

Para muros o forjados formados por tablero unido a un entramado de madera CTE DB SI, apartado E.2.3.2.2.

TIPO DE TABLERO	PANEL DE YESO LAMINADO A, F o H	
ESPESOR DE TABLERO (hp)	15.00	mm
TIEMPO DE INICIO DE CARBONIZACIÓN (tch)	28.00	min

La duración de la protección pasiva de estos elementos es de 28 minutos, por lo que la estructura de madera solo debe resistir por sí misma los 2 minutos restantes hasta cumplir con la duración de incendio exigible.

2.5 ACCIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO

2.5.1 ACCIONES PERMANENTES

2.5.1.1 CUBIERTAS

CAPA	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kN/m ³)	PESO (kN/m ²)
Acabado chapa de zinc	150	71.0	0,1
Rastrelado formación de cámara ventilada	50	-	0,062
Tablero OSB	20	9.0	0,18
Aislamiento térmico XPS	200	0.7	0,14
Instalaciones colgadas	-	-	0,1
Falso techo subestructura + PYL	-	-	0,15
TOTAL CUBIERTA			0,732

2.5.1.2 FORJADO MÓDULO1 (Central)

CAPA	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kN/m ³)	PESO (kN/m ²)
Tabiquerías PYL	-	-	0,15
Acabado suelo	20	3,5	0,07
Instalaciones colgadas	-	-	0,1
Falso techo subestructura + PYL	-	-	0,15
TOTAL CUBIERTA			0,47

2.5.1.3 FORJADO ALTILLO MÓDULO3

CAPA	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kN/m ³)	PESO (kN/m ²)
Tabiquerías PYL	-	-	0,15
Acabado suelo	15	-	0,33
Recrecido	60	10.00	0,6
Instalaciones colgadas	-	-	0,1
Falso techo subestructura + PYL	-	-	0,15
TOTAL CUBIERTA			1,33

2.5.1.4 PANELES MURO

CAPA	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kN/m ³)	PESO (kN/m ²)
Fachada ventilada	20	3,5	0,07
Rastreses c/400	60	-	0,074
XPS exterior	160	0,7	0,11
Lana mineral (MW)	60	0,7	0,042
Panel Yeso Laminado	15	-	0,1
TOTAL CUBIERTA			0,396

2.5.2 ACCIONES VARIABLES

2.5.2.1 SOBRECARGA DE USO

CUBIERTA	CARGA UNIFORME	G1: Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento	1 kN/m ²
	CARGA PUNTUAL	G1: Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento	2 kN/m ²
FORJADOS	CARGA UNIFORME	A1: Viviendas	2 kN/m ²
	CARGA PUNTUAL	A1: Viviendas	2 kN/m ²

2.5.2.2 SOBRECARGA DE NIEVE

CÁLCULO DE LA CARGA DE NIEVE SEGÚN CTE DB SE AE ANEJO E		
Ciudad	Santiago de Compostela (Rua da Carballa)	
Zona climática invernal	Zona1	
Altura sobre el nivel del mar	285	
Inclinación de cubierta	≤30º	
μ	1	
Valor característico carga de nieve sobre terreno horizontal [sk]	kN/m ² Tabla E.2 0,54 Anejo E CTE DB-SE-AE	
Carga de nieve [qn]	0,54 kN/m²	

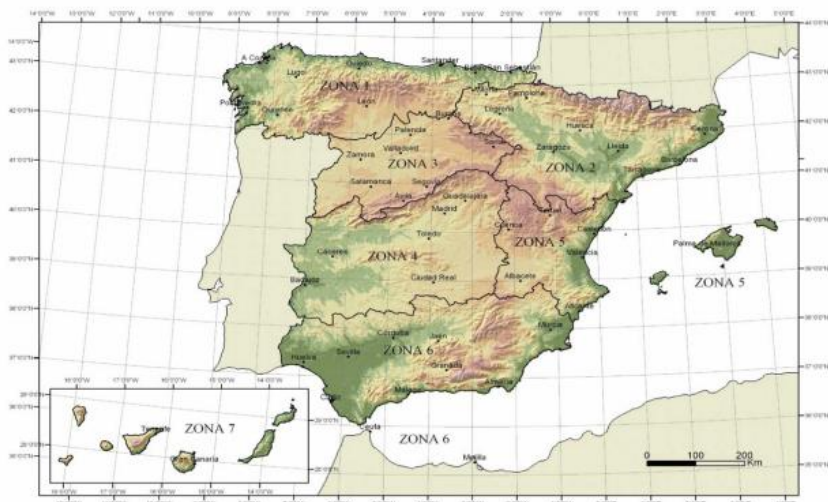


Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

2.5.2.3 SOBRECARGA DE VIENTO

Según CTE-DB-SE-AE, la vivienda se encuentra situado en zona eólica B. Para el cálculo del coeficiente de exposición se considera un entorno con grado de aspereza III, zona rural con obstáculos aislados [Anejo D, CTE-DB-SE AE].

La acción que provoca el viento en la estructura se calcula a partir de la presión estática q_e .

Presión estática del viento		$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$
PRESIÓN DINÁMICA (q_b)		$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot V_b^2$
zona		B
Período de retorno		50 años
Coef. Corrector		1
V_b (T)		27 m/s
ρ		1,25 kg/m ³
q_b		0,456 kN/m ²
COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN (c_e)		$c_e = F \cdot (F + 7 k)$
Entorno		III Zona rural con obstáculos aislados
z		6,5 m
k		0,19
L		0,05 m
Z		2 m
F		0,88
c_e		1,95

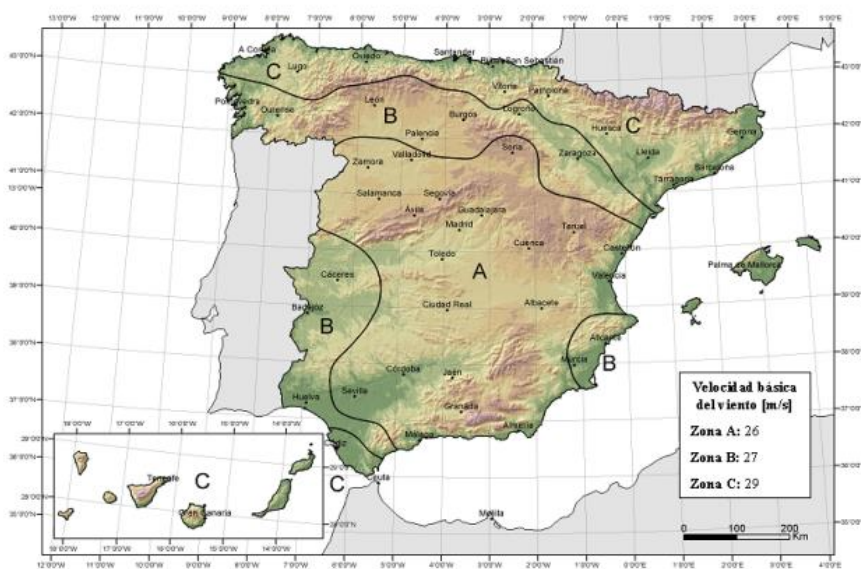
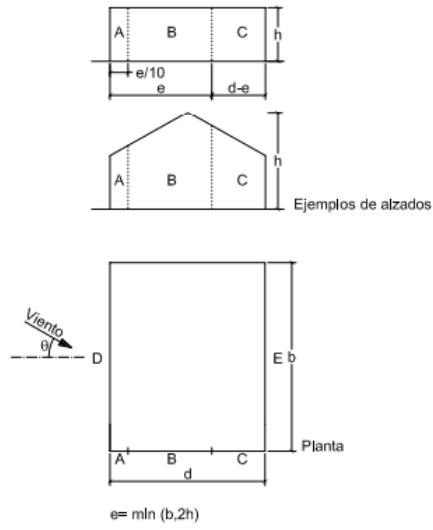


Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

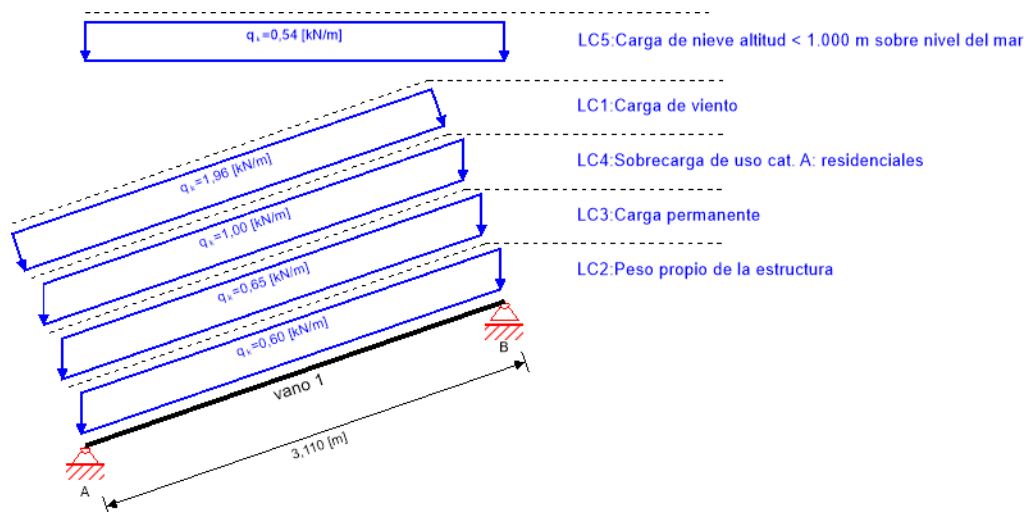
3 COMPROBACIÓN DE PANELES DE CLT

Las comprobaciones estructurales de los paneles de madera laminada cruzada (CLT) que corresponden al presente proyecto de rehabilitación de una vivienda unifamiliar situada en rua da Carballa, 97 en el ayuntamiento de Santiago de Compostela han sido comprobados mediante el uso de la aplicación web *Calculatis* by Stora Enso, teniendo en cuenta las bases de cálculo y acciones descritas en el presente documento

3.1 PANELES DE CUBIERTA

3.1.1 PANEL DE CUBIERTA MÓDULO1

Sistema



Índice de aprovechamiento total					61 %
ULS	18 %	ULS Fuego	39 %	SLS	61 %
				SLS Vibración	0 %
				Apoyos	-1 %

Sección: CLT 120 L5s					
	Capa	Espesor	Orientación α	Material	
	1	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)	
	2	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)	
	3	20,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)	
	4	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)	
	5	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)	
t_{CLT}	120,0 mm				

Sección Fuego: CLT 120 L5s									
	Capa	Espesor		Orientación		Material			
	1	30,0 mm		0°		C24 Pino ETA (2019)			
	2	6,0 mm		90°		C24 Pino ETA (2019)			
	tCLT	36,0 mm							
Clase de resistencia al fuego: R 90	Tiempo	90 min							
Estratigrafía para protección al fuego : 15.0 mm Tablero de yeso laminado (cartón-yeso) Tipo F + 50 mm aislamiento de lana mineral Placa de cartón-yeso (según NORM B 3410 y DIN 18180) Placa de yeso contra incendios (según NORM B 3410 y DIN 18180) El aislamiento de lana de roca en el nivel de instalación debe tener una densidad aparente mínima de 26 kg/m ³ y un punto de fusión > 1000 °C	t _{ch,h}	t _{f,h}	t _{a,h}	d _{ta,h}	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	def,h	
	[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	
	27	27	46	25	1	7	77,0	84,0	

Valores del material										
Material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	G _{r,mean}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino ETA (2019)	24,00	14,00	0,12	21,00	2,50	4,00	1,70	12.000,00	690,00	50,00

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	
LC2	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	
LC3	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	
LC4	Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	Q	Media duración	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3	
LC5	Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,5	0,2	0	
LC1	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0	

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,60

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,732

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	1,00

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,54

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	1,96

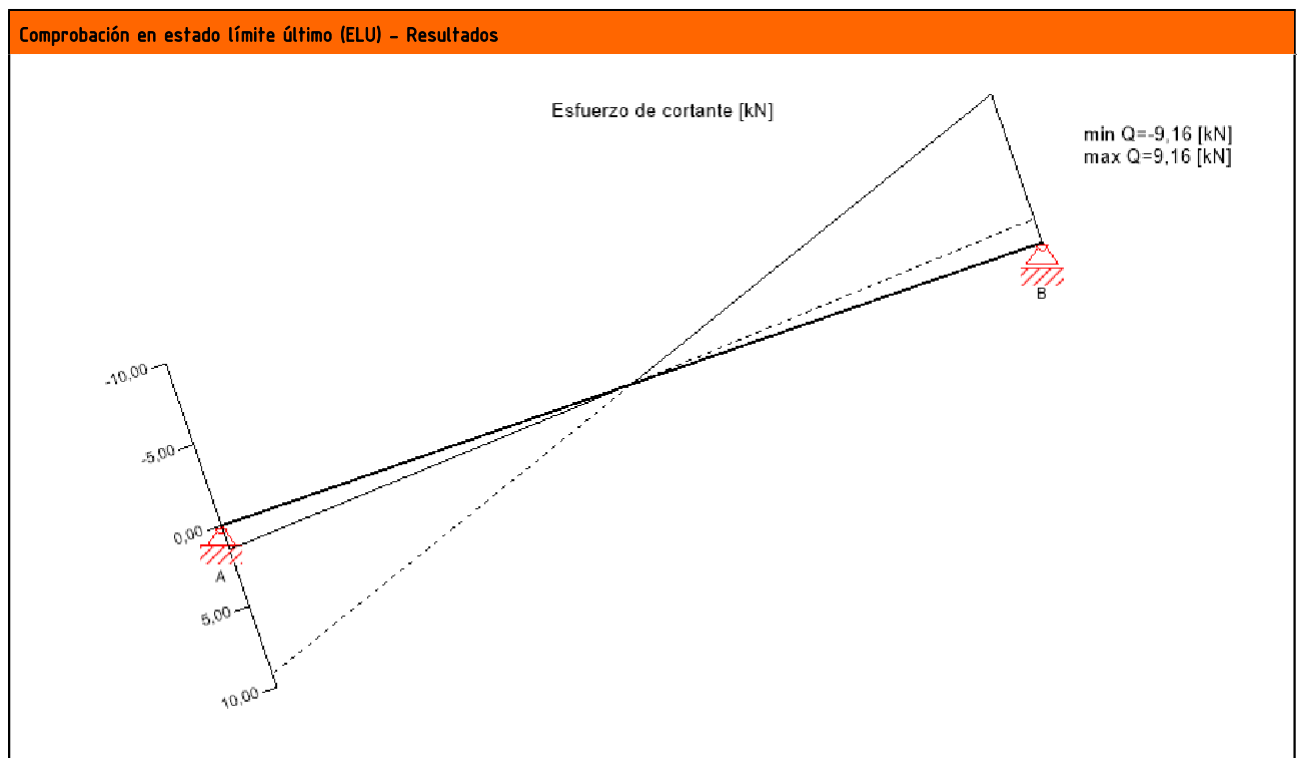
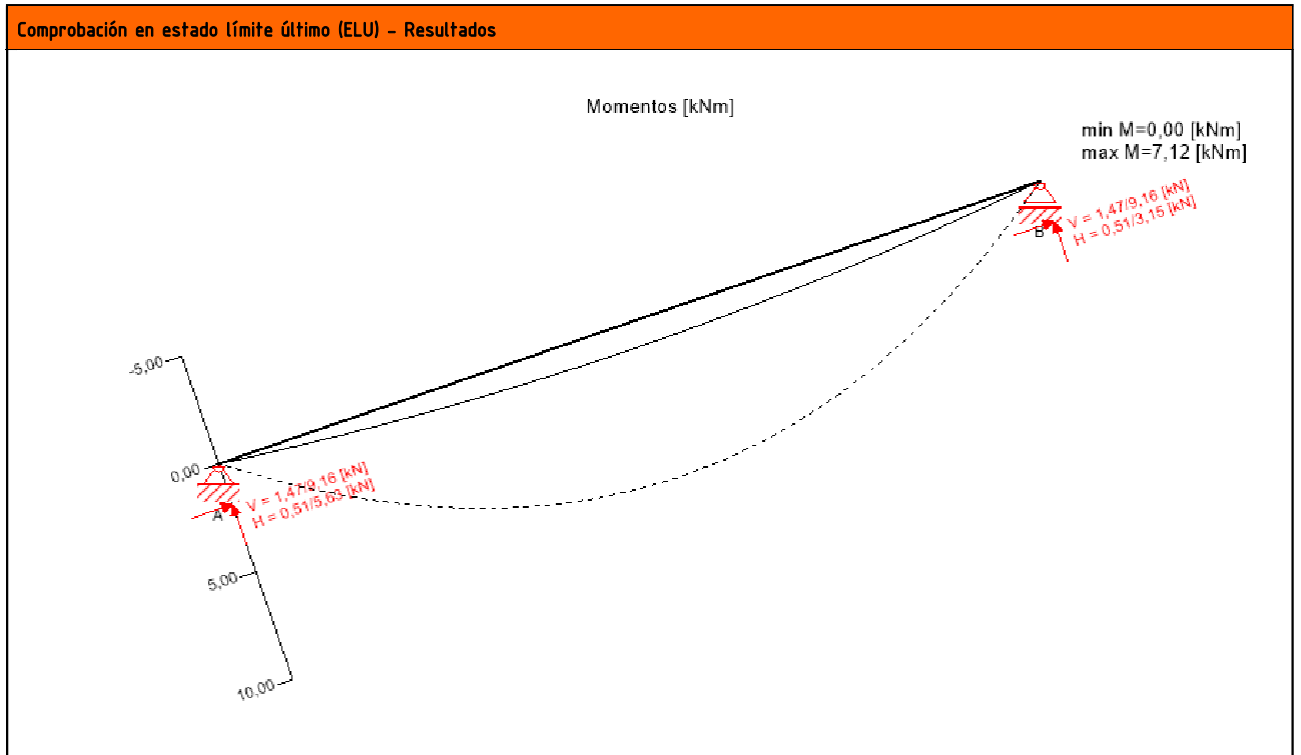
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LC01	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3$

ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LC02	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC4$
LC03	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC5$
LC04	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,60 * LC1$
LC05	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC5$
LC06	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC4$
LC07	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,60 * LC1$
LC08	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC1$
LC09	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC1 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC4$
LC010	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC1 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC5$

ULS Combinaciones Fuego	
	Regla de combinación
LC011	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3$
LC012	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4$
LC013	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC014	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC1$
LC015	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC016	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4$
LC017	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC1$
LC018	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC1$
LC019	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC1 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4$
LC020	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC1 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$

SLS Característico Combinación	
	Regla de combinación
LC021	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3$
LC022	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,50 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,60 * LC1$
LC023	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,70 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,60 * LC1$
LC024	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * LC1 + 1,00/0,00 * 0,70 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,50 * LC5$

SLS Casi permanente Combinación	
	Regla de combinación
LC025	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3$
LC026	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC1$
LC027	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC1$
LC028	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC1 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$



ULS Comprobación a flexión

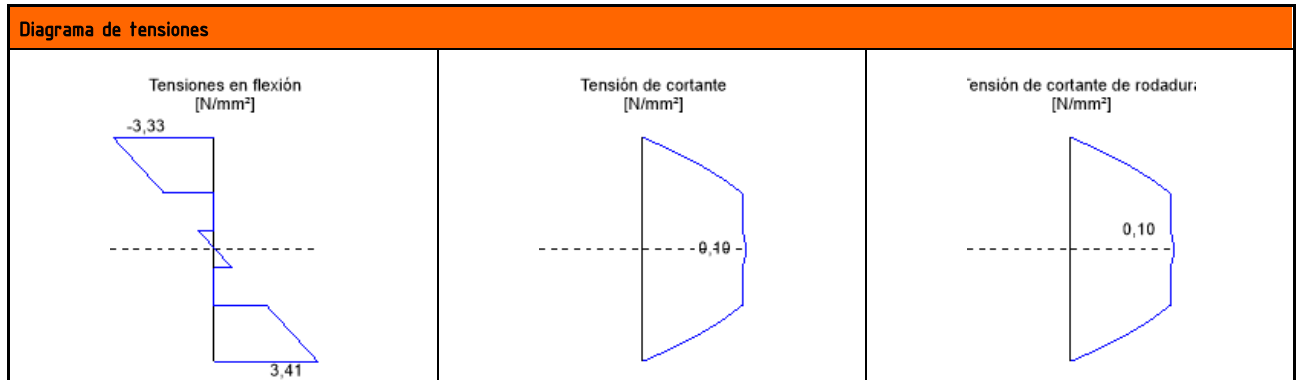
vano	dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	1,56	1,25	0,90	1,10	24,00	19,01	10,08	15,12
vano	$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice	
	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		

Autor: Denís Prieto Giraldo

1	7,12	0,00	3,15	3,41	0,00	0,04	18 %	LC010
---	------	------	------	------	------	------	------	-------

ULS Análisis de cortantes									
vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,11	4,00	1,25	0,90	2,88	-9,16	0,10	4 %	LC010

ULS Cortante de rodadura									
vano	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,11	1,70	1,25	0,90	1,22	-9,16	0,10	8 %	LC010

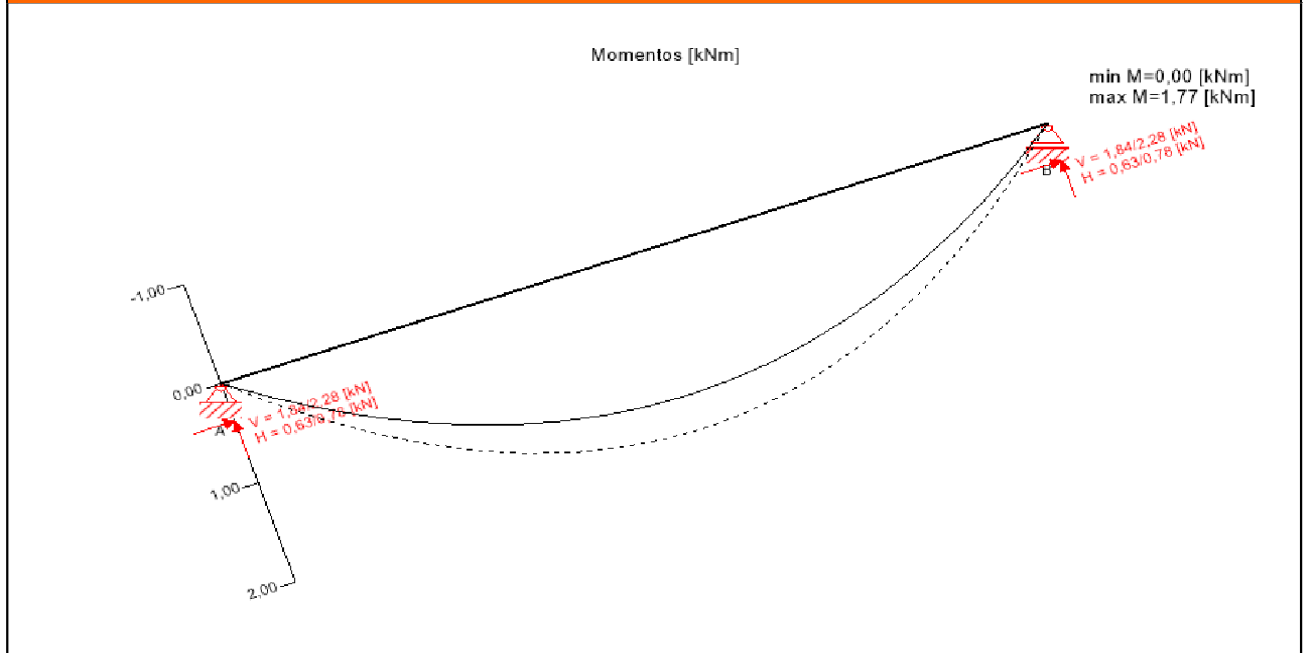


Análisis de tensiones en flexión			
$M_{y,d} =$	7,12 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	3,15 kN	$\gamma_m =$	1,25 -
		$k_{mod} =$	0,90 -
		$k_{sys,y} =$	1,10 -
		$k_{h,m,y} =$	1,00 -
		$k_{h,m,z} =$	1,00 -
		$k_l =$	1,00 -
$\sigma_{t,d} =$	0,04 N/mm ²	$f_{t,d} =$	10,08 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	3,41 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	19,01 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²
			□
Índice de aprovechamiento			18 %

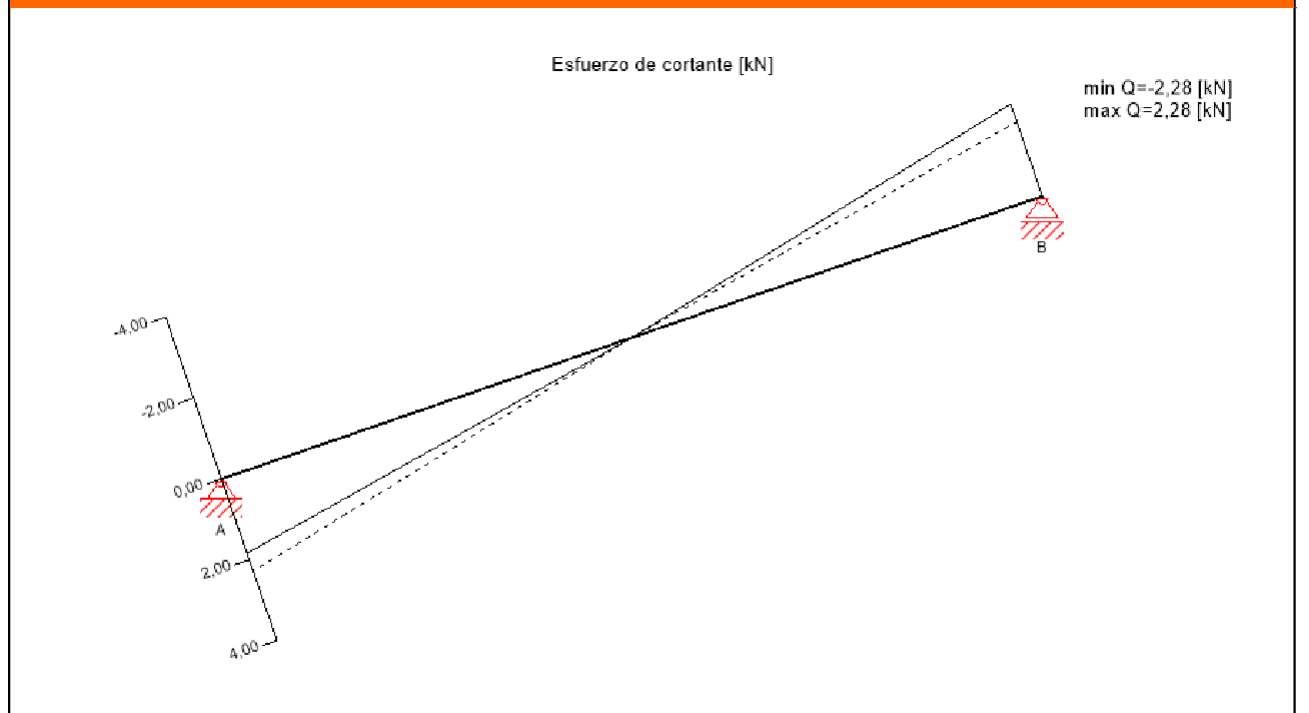
Análisis de la tensión del cortante			
$V_d =$	-9,16 kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,25
		$k_{mod} =$	0,90
$\tau_{v,d} =$	0,10 N/mm ²	$f_{v,d} =$	2,88 N/mm ²
			□
Índice de aprovechamiento			4 %

Análisis del cortante de rodadura			
$V_d =$	-9,16 kN	$f_{r,k} =$	1,70 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,25 -
		$k_{mod} =$	0,90 -
$\tau_{r,d} =$	0,10 N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,22 N/mm ²
			□
Índice de aprovechamiento			8 %

Comprobación en estado límite último (ELU) en situación de incendio - Resultados



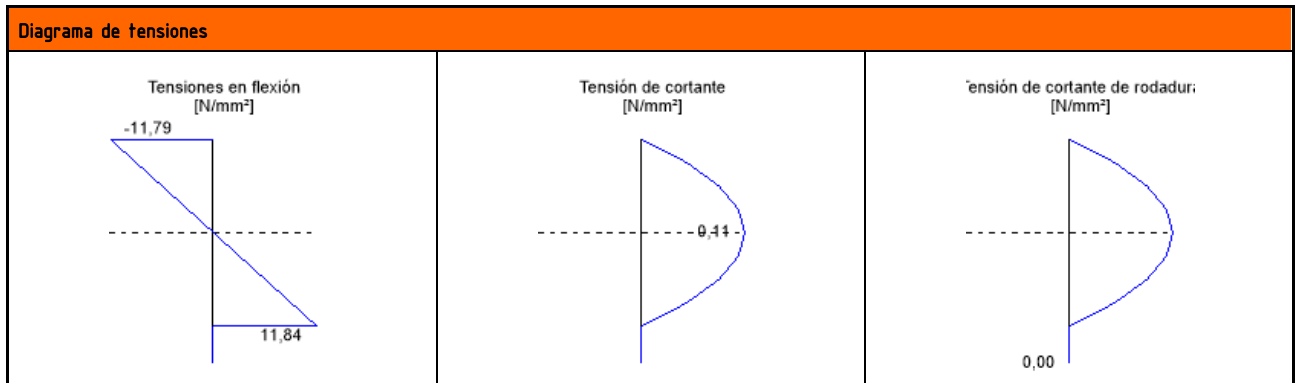
Comprobación en estado límite último (ELU) en situación de incendio - Resultados



ULS Fuego Comprobación a flexión									
vano	dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	1,56	1,00	1,00	1,10	1,15	24,00	30,36	16,10	24,15
vano	$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice		
	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
1	1,77	0,00	0,78	11,84	0,00	0,03	39 %		LC012

ULS Fuego Análisis de cortantes										
vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,11	4,00	1,00	1,00	1,15	4,60	-2,28	0,11	2 %	LC012

ULS Fuego Cortante de rodadura										
vano	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,11	1,70	1,00	1,00	1,15	1,96	-2,28	0,00	0 %	LC020

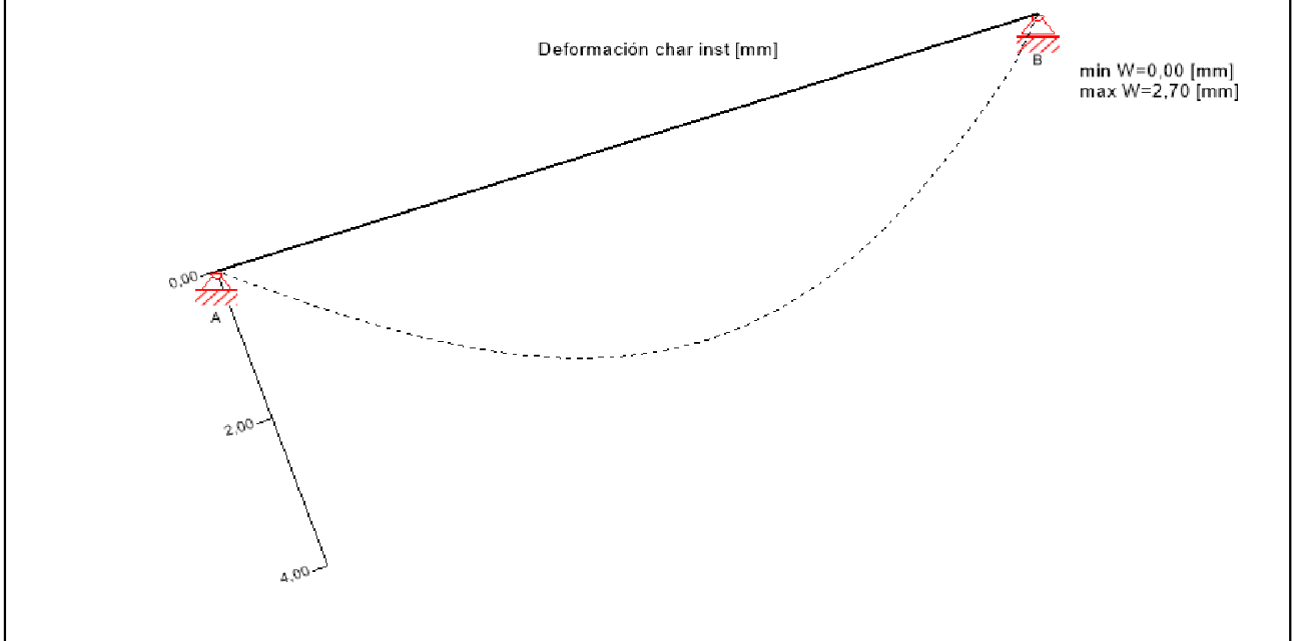


Análisis de tensiones en flexión Fuego					
$M_{y,d} =$	1,77	kNm	$f_{m,k} =$	24,00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00	kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	0,78	kN	$\gamma_m =$	1,00	-
			$k_{mod} =$	1,00	-
			$k_{sys,y} =$	1,10	-
			$k_{h,m,y} =$	1,00	-
			$k_{h,m,z} =$	1,00	-
			$k_l =$	1,00	-
			$k_{fi} =$	1,15	-
$\sigma_{t,d} =$	0,03	N/mm ²	$f_{t,d} =$	16,10	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	11,84	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30,36	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00	N/mm ²
Índice de aprovechamiento 39 %					

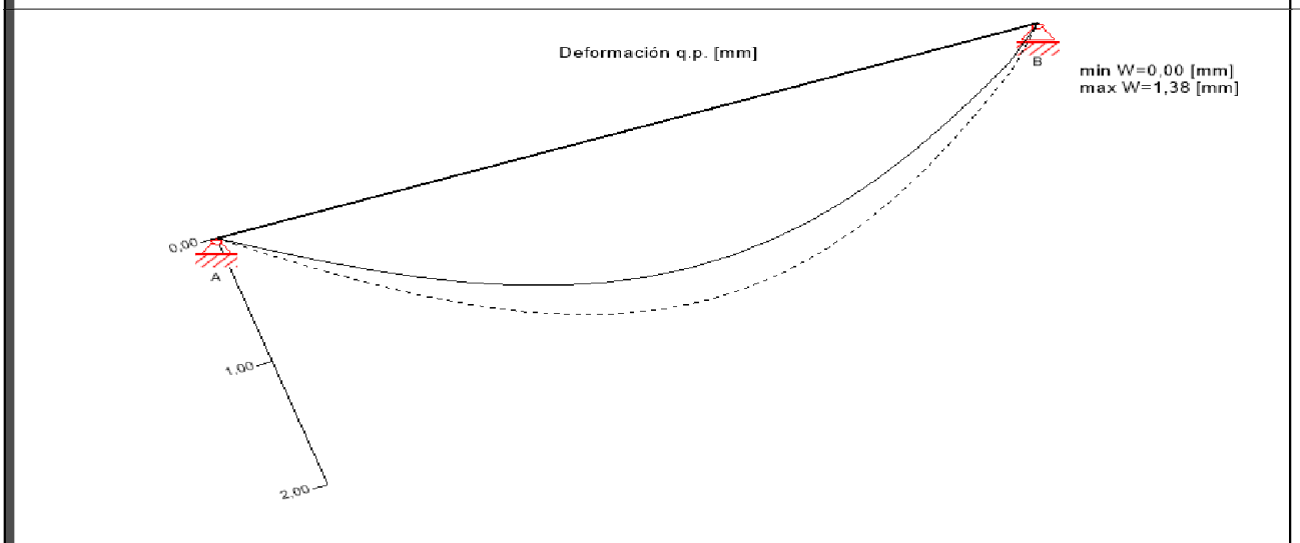
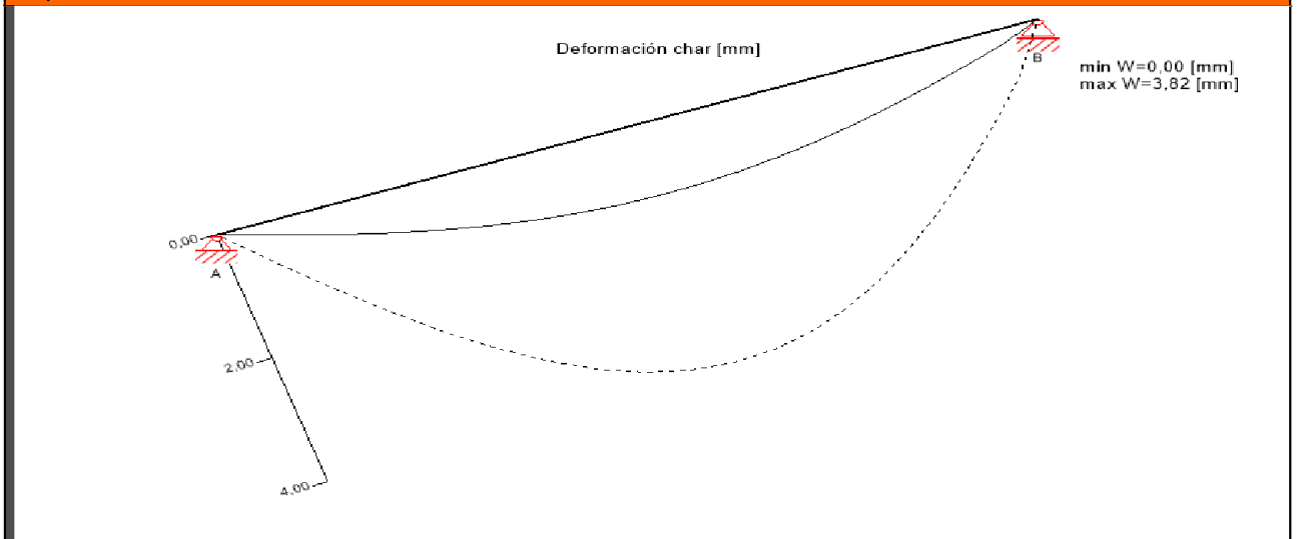
Análisis de la tensión del cortante Fuego					
$V_d =$	-2,28	kN	$f_{v,k} =$	4,00	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1,00	
			$k_{mod} =$	1,00	
			$k_{fi} =$	1,15	
$\tau_{v,d} =$	0,11	N/mm ²	$f_{v,d} =$	4,60	N/mm ²
Índice de aprovechamiento 2 %					

Análisis del cortante de rodadura Fuego					
$V_d =$	-2,28	kN	$f_{r,k} =$	1,70	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1,00	-
			$k_{mod} =$	1,00	-
			$k_{fi} =$	1,15	-
$\tau_{r,d} =$	0,00	N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,96	N/mm ²
Índice de aprovechamiento 0 %					

Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados



Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados



$w_{inst} = w[char,inst]$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/350	8,9	2,7	30 %

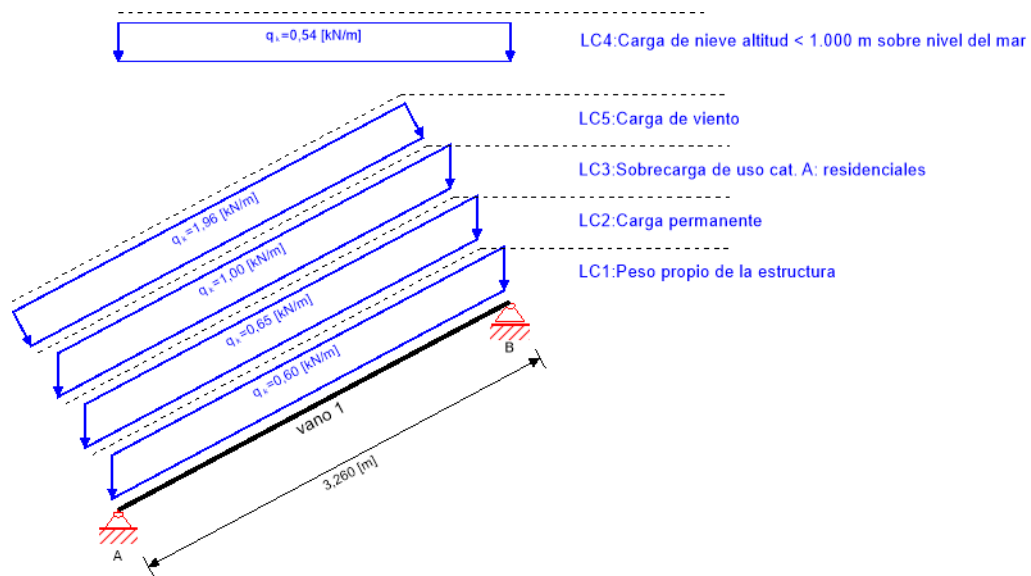
$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/500	6,2	3,8	61 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/300	10,4	2,5	24 %

Reacción en el apoyo					
Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_v	A_H	B_v	B_H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	0,93	0,00	0,93	0,00
		0,93	0,00	0,93	0,00
Carga permanente	0,6	1,01	0,00	1,01	0,00
		1,01	0,00	1,01	0,00
Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	0,8	1,55	0,00	1,55	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00
Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	0,9	0,79	0,00	0,79	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00
Carga de viento	0,9	2,54	1,98	3,22	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00

3.1.2 PANEL DE CUBIERTA MÓDULO2

Sistema



Índice de aprovechamiento total					67 %
ULS	19 %	ULS Fuego	40 %	SLS	67 %
				SLS Vibración	0 %
				Apoyos	-1 %

Sección: CLT 120 L5s				
	Capa	Espesor	Orientación	Material
	1	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	2	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	3	20,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	4	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	5	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
t_{CLT}	120,0 mm			

Sección Fuego: CLT 120 L5s								
	Capa	Espesor	Orientación	Material				
	1	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)				
	2	6,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)				
t_{CLT}	36,0 mm							
Clase de resistencia al fuego: R 90	Tiempo	90 min						
Estratigrafía para protección al fuego : 15.0 mm Tablero de yeso laminado (cartón-yeso) Tipo F + 50 mm aislamiento de lana mineral Placa de cartón-yeso (según NORM B 3410 y DIN 18180) Placa de yeso contra incendios (según NORM B 3410 y DIN 18180) El aislamiento de lana de roca en el nivel de instalación debe tener una densidad aparente mínima de 26 kg/m ³ y un punto de fusión > 1000 °C	t _{ch,h}	t _{f,h}	t _{a,h}	d _{a,h}	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}
	[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
	27	27	46	25	1	7	77,0	84,0

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino ETA (2019)	24,00	14,00	0,12	21,00	2,50	4,00	1,70	12.000,00	690,00	50,00

carga										
Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1
LC3	Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	Q	Media duración	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3	
LC4	Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,5	0,2	0	
LC5	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0	

L		Carga uniformemente distribuida	
vano		Carga al principio	
		[kN/m]	
1		0,60	

L		Carga uniformemente distribuida	
vano		Carga al principio	
		[kN/m]	
1		0,65	

L		Carga uniformemente distribuida	
vano		Carga al principio	
		[kN/m]	
1		1,00	

L		Carga uniformemente distribuida		nivel del mar
vano		Carga al principio		
		[kN/m]		
1		0,54		

L		Carga uniformemente distribuida	
vano		Carga al principio	
		[kN/m]	
1		1,96	

ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LC01	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2$

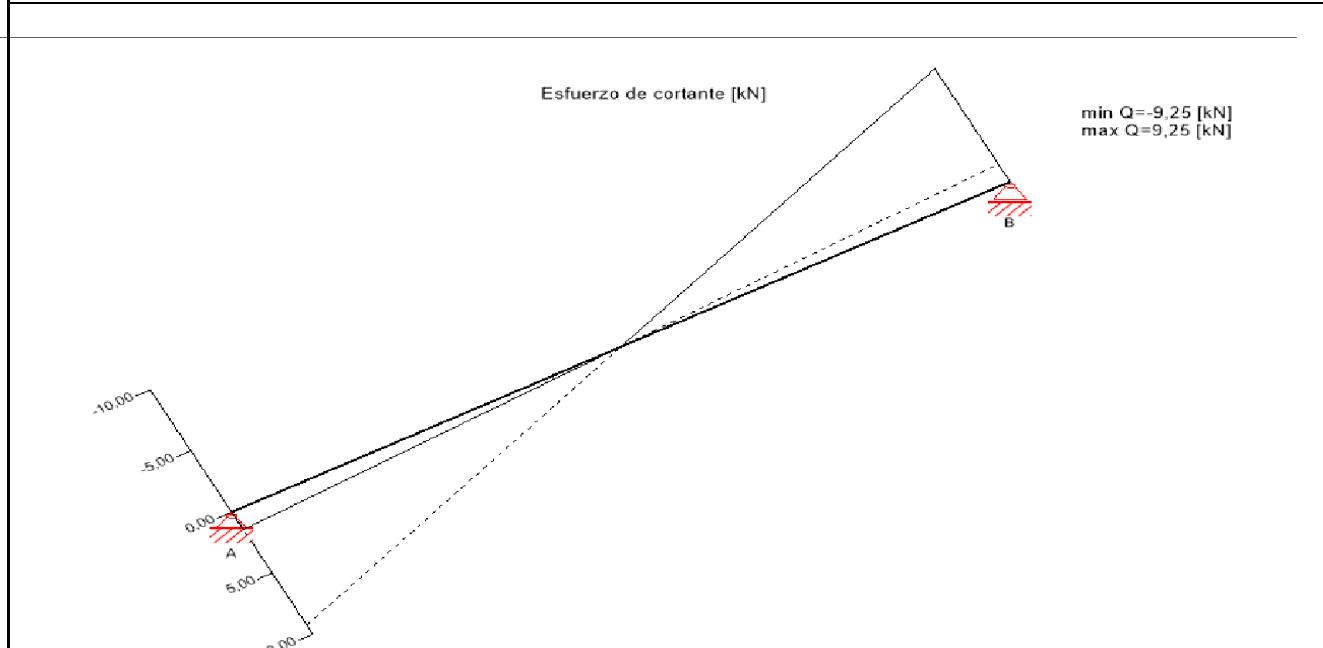
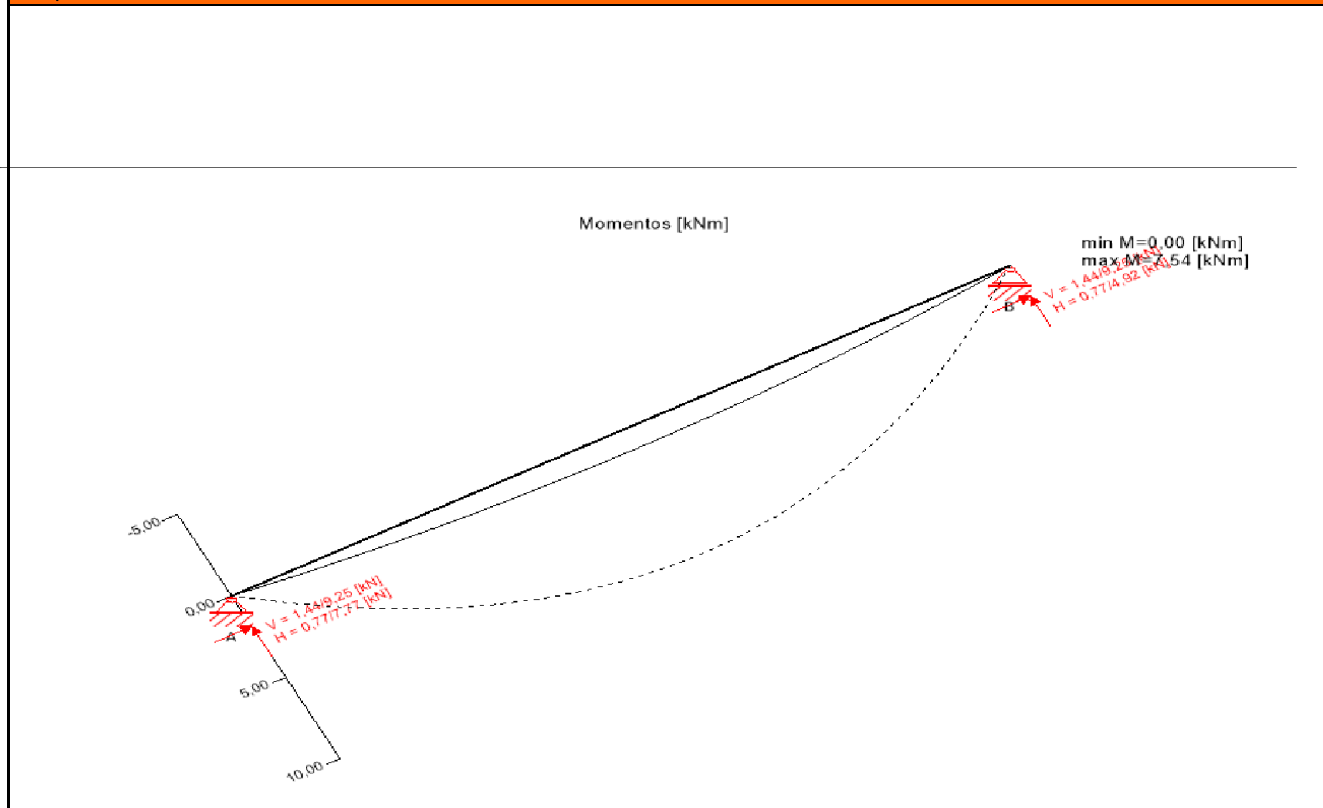
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LC02	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3$
LC03	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4$
LC04	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,60 * LC5$
LC05	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4$
LC06	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3$
LC07	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,60 * LC5$
LC08	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5$
LC09	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3$
LC010	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4$

ULS Combinaciones Fuego	
	Regla de combinación
LC011	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2$
LC012	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3$
LC013	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4$
LC014	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC015	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4$
LC016	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3$
LC017	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC018	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC019	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3$
LC020	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4$

SLS Característico Combinación	
	Regla de combinación
LC021	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2$
LC022	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,50 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,60 * LC5$
LC023	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,60 * LC5$
LC024	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,50 * LC4$

SLS Casi permanente Combinación	
	Regla de combinación
LC025	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2$
LC026	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC027	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC028	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4$

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados



ULS Comprobación a flexión

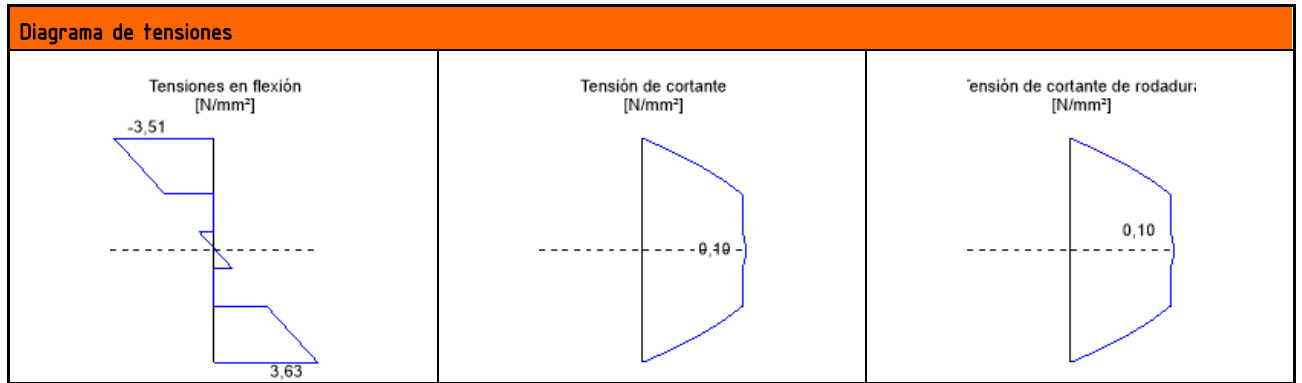
vano	dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	1,63	1,25	0,90	1,10	24,00	19,01	10,08	15,12
vano	$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice	
	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
1	7,54	0,00	4,92	3,63	0,00	0,06	19 %	LC010

ULS Análisis de cortantes

Autor: Denís Prieto Giraldo

vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,26	4,00	1,25	0,90	2,88	-9,25	0,10	4 %	LC010

ULS Cortante de rodadura									
vano	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,26	1,70	1,25	0,90	1,22	-9,25	0,10	8 %	LC010

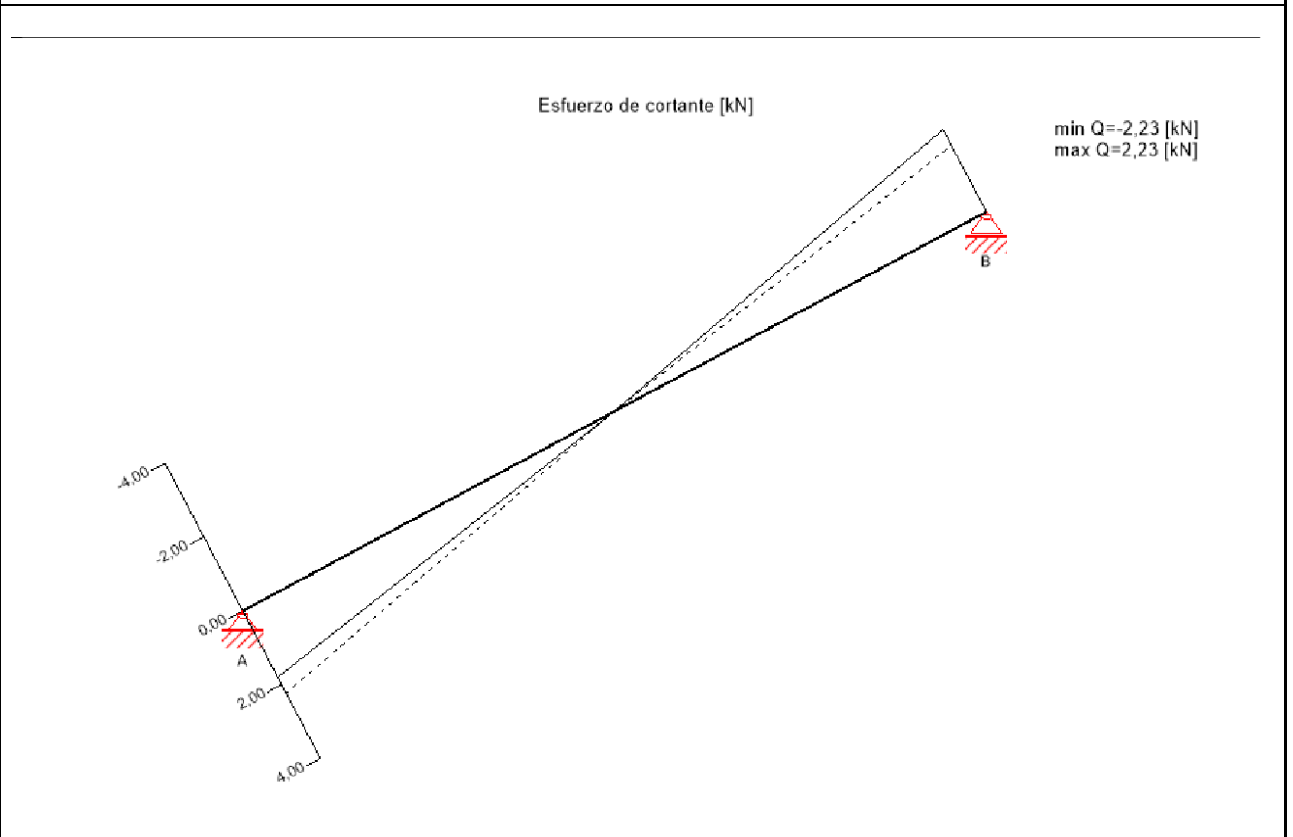
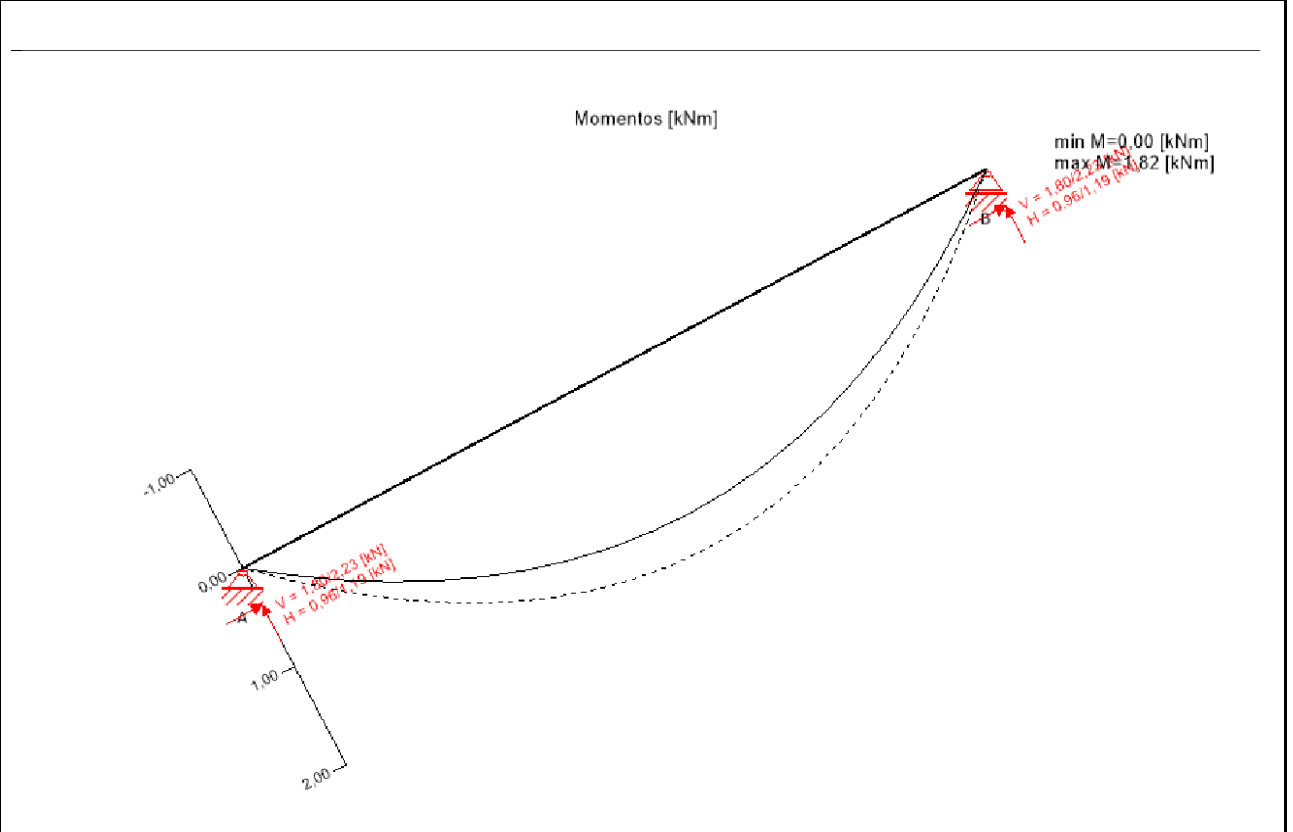


Análisis de tensiones en flexión			
$M_{y,d} =$	7,54 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	4,92 kN	$\gamma_m =$	1,25 -
		$k_{mod} =$	0,90 -
		$k_{sys,y} =$	1,10 -
		$k_{h,m,y} =$	1,00 -
		$k_{h,m,z} =$	1,00 -
		$k_l =$	1,00 -
$\sigma_{t,d} =$	0,06 N/mm ²	$f_{t,d} =$	10,08 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	3,63 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	19,01 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²
			□
Índice de aprovechamiento			19 %

Análisis de la tensión del cortante			
$V_d =$	-9,25 kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,25
		$k_{mod} =$	0,90
$\tau_{v,d} =$	0,10 N/mm ²	$f_{v,d} =$	2,88 N/mm ²
			□
Índice de aprovechamiento			4 %

Análisis del cortante de rodadura			
$V_d =$	-9,25 kN	$f_{r,k} =$	1,70 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,25 -
		$k_{mod} =$	0,90 -
$\tau_{r,d} =$	0,10 N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,22 N/mm ²
			□
Índice de aprovechamiento			8 %

Comprobación en estado límite último (ELU) en situación de incendio - Resultados



ULS Fuego Comprobación a flexión

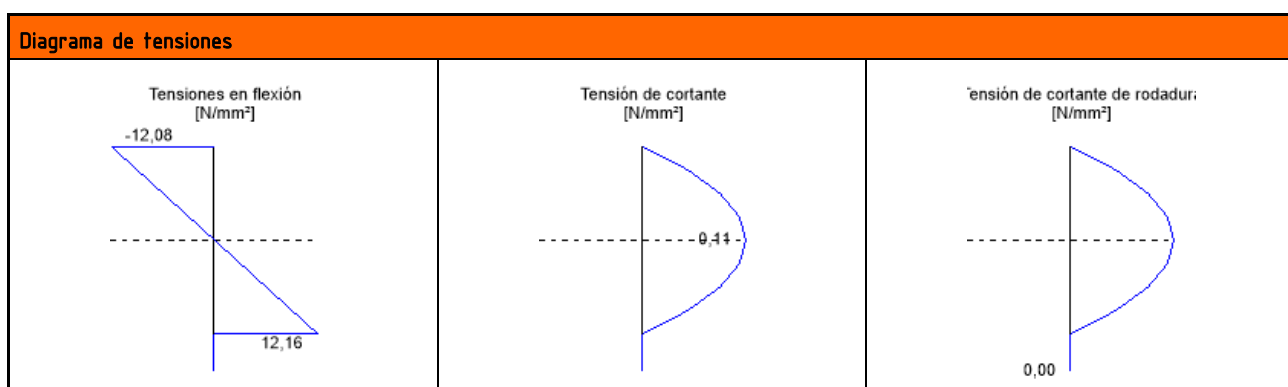
vano	dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
------	-------	------------	-----------	-------------	----------	-----------	-------------	-------------	-------------

Autor: Denís Prieto Giraldo

	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	1,63	1,00	1,00	1,10	1,15	24,00	30,36	16,10	24,15
vano	M _{y,d}	N _{c,d}	N _{t,d}	σ _{m,y,d}	σ _{c,d}	σ _{t,d}	Índice		
	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
1	1,82	0,00	1,19	12,16	0,00	0,04	40 %	LC012	

ULS Fuego Análisis de cortantes										
vano	dist.	f _{v,k}	γ _m	k _{mod}	k _{fi}	f _{v,d}	V _d	τ _{v,d}	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,26	4,00	1,00	1,00	1,15	4,60	-2,23	0,11	2 %	LC012

ULS Fuego Cortante de rodadura										
vano	dist.	f _{r,k}	γ _m	k _{mod}	k _{fi}	f _{r,d}	V _d	τ _{r,d}	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,26	1,70	1,00	1,00	1,15	1,96	-2,23	0,00	0 %	LC020

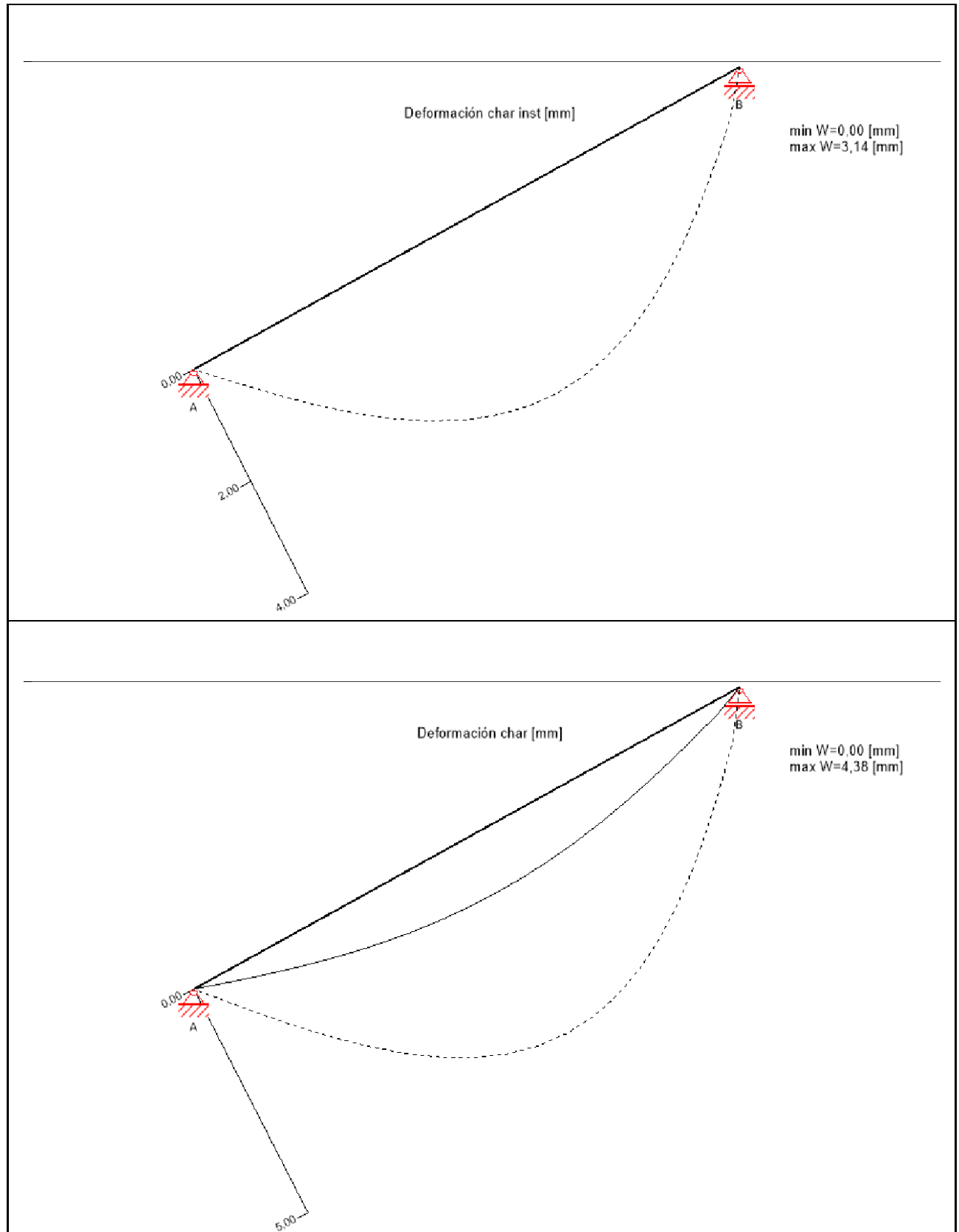


Análisis de tensiones en flexión Fuego					
M _{y,d} =	1,82	kNm	f _{m,k} =	24,00	N/mm ²
M _{z,d} =	0,00	kNm	f _{m,k,z} =	24,00	N/mm ²
N _{t,d} =	1,19	kN	γ _m =	1,00	-
			k _{mod} =	1,00	-
			k _{sys,y} =	1,10	-
			k _{h,m,y} =	1,00	-
			k _{h,m,z} =	1,00	-
			k _l =	1,00	-
			k _{fi} =	1,15	-
σ _{t,d} =	0,04	N/mm ²	f _{t,d} =	16,10	N/mm ²
σ _{m,y,d} =	12,16	N/mm ²	f _{m,y,d} =	30,36	N/mm ²
σ _{m,z,d} =	0,00	N/mm ²	f _{m,z,d} =	0,00	N/mm ²
			40 %		

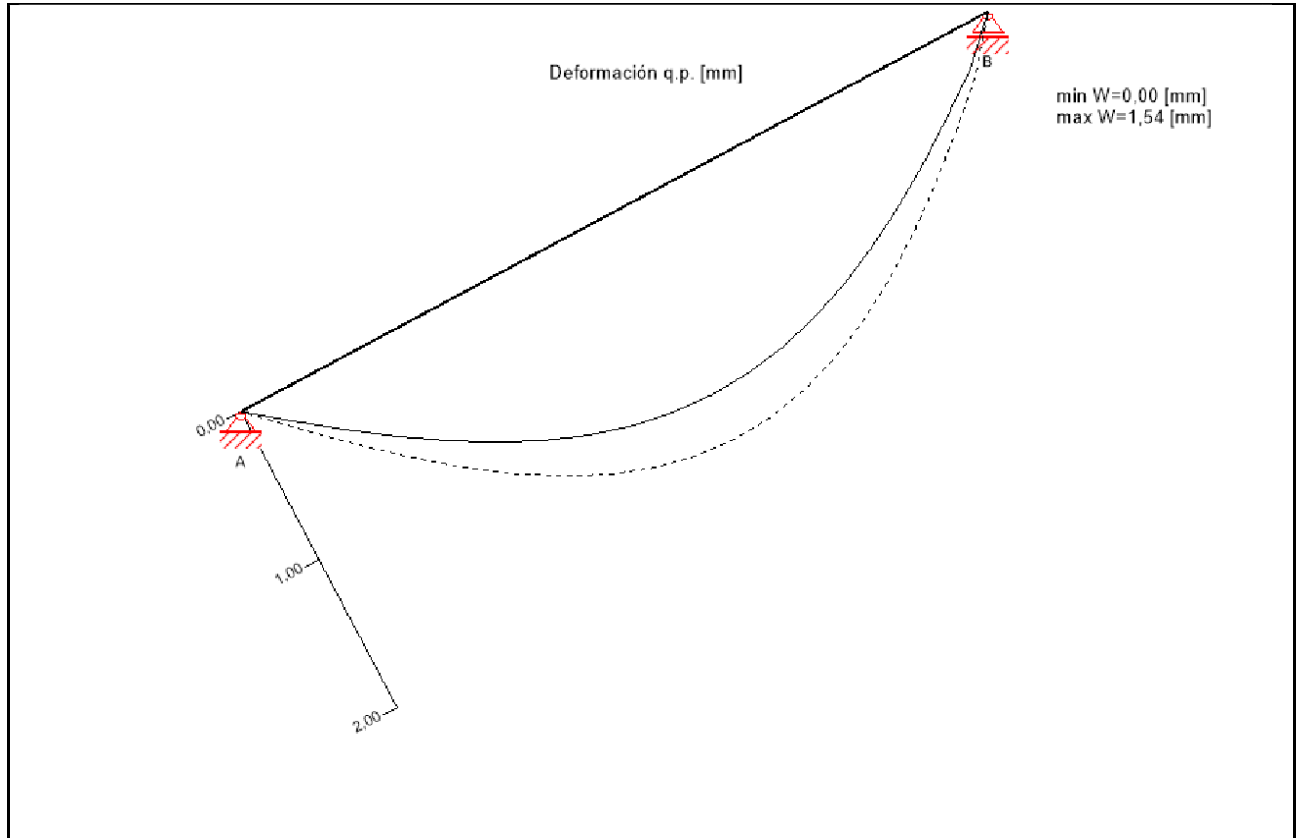
Análisis de la tensión del cortante Fuego					
V _d =	-2,23	kN	f _{v,k} =	4,00	N/mm ²
			γ _m =	1,00	-
			k _{mod} =	1,00	-
			k _{fi} =	1,15	-
τ _{v,d} =	0,11	N/mm ²	f _{v,d} =	4,60	N/mm ²
			2 %		

Análisis del cortante de rodadura Fuego					
V _d =	-2,23	kN	f _{r,k} =	1,70	N/mm ²
			γ _m =	1,00	-
			k _{mod} =	1,00	-
			k _{fi} =	1,15	-
τ _{r,d} =	0,00	N/mm ²	f _{r,d} =	1,96	N/mm ²
			0 %		

Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados



Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados



winst = w(char,inst)					
vano	Kdef	Límite	Wlimit	Wcalc.	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/350	9,3	3,1	34 %

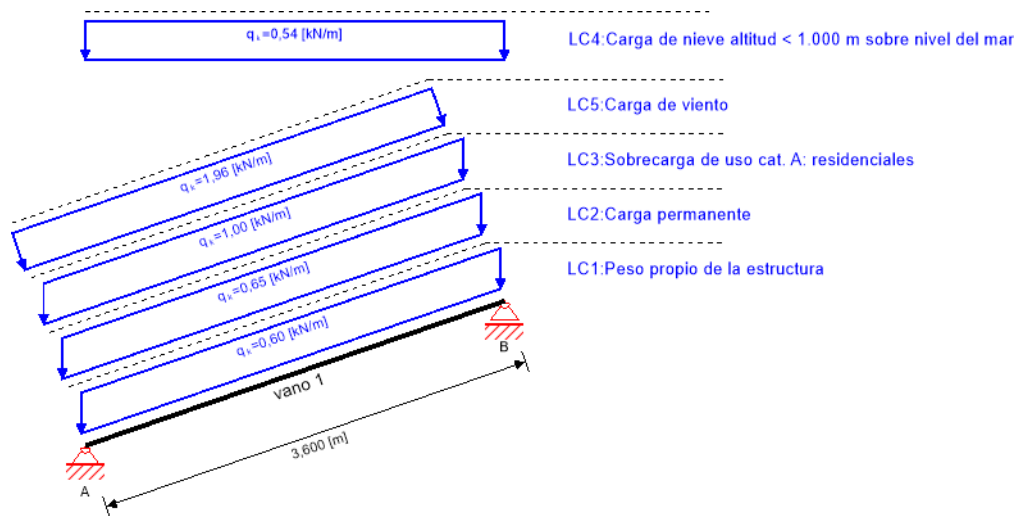
wfin = w(char,inst) + w[q.p.]*kdef					
vano	Kdef	Límite	Wlimit	Wcalc.	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/500	6,5	4,4	67 %

wnet,fin = w[q.p.] + w[q.p.]*kdef					
vano	Kdef	Límite	Wlimit	Wcalc.	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/300	10,9	2,8	25 %

Reacción en el apoyo					
Tipo de caso de carga	kmod	Av	AH	Bv	BH
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	0,98	0,00	0,98	0,00
		0,98	0,00	0,98	0,00
Carga permanente	0,6	1,06	0,00	1,06	0,00
		1,06	0,00	1,06	0,00
Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	0,8	1,63	0,00	1,63	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00
Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	0,9	0,78	0,00	0,78	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00
Carga de viento	0,9	2,02	3,00	3,62	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00

3.1.3 PANEL DE CUBIERTA MÓDULO3

Sistema



Índice de aprovechamiento total					91 %
ULS	24 %	ULS Fuego	52 %	SLS	91 %
				SLS Vibración	0 %
				Apoyos	-1 %

Sección: CLT 120 L5s				
	Capa	Espesor	Orientación	Material
	1	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	2	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	3	20,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	4	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	5	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
t_{CLT}	120,0 mm			

Sección Fuego: CLT 120 L5s								
	Capa	Espesor	Orientación	Material				
	1	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)				
	2	6,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)				
t_{CLT}	36,0 mm							
Clase de resistencia al fuego: R 90	Tiempo	90 min						
Estratigrafía para protección al fuego : 15.0 mm Tablero de yeso laminado (cartón-yeso) Tipo F + 50 mm aislamiento de lana mineral Placa de cartón-yeso (según NORM B 3410 y DIN 18180) Placa de yeso contra incendios (según NORM B 3410 y DIN 18180) El aislamiento de lana de roca en el nivel de instalación debe tener una densidad aparente mínima de 26 kg/m3 y un punto de fusión > 1000 °C	$t_{ch,h}$	$t_{f,h}$	$t_{a,h}$	$d_{ra,h}$	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$
	[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
	27	27	46	25	1	7	77,0	84,0

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino ETA (2019)	24,00	14,00	0,12	21,00	2,50	4,00	1,70	12.000,00	690,00	50,00

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1
LC3	Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	Q	Media duración	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3	
LC4	Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,5	0,2	0	
LC5	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0	

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,60

LC1: Peso propio de la estructura

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,65

LC2: Carga permanente

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	1,00

LC3: Sobrecarga de uso cat. A: residenciales

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,54

LC4: Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	1,96

LC5: Carga de viento

ULS Combinaciones

	Regla de combinación
LC01	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2$

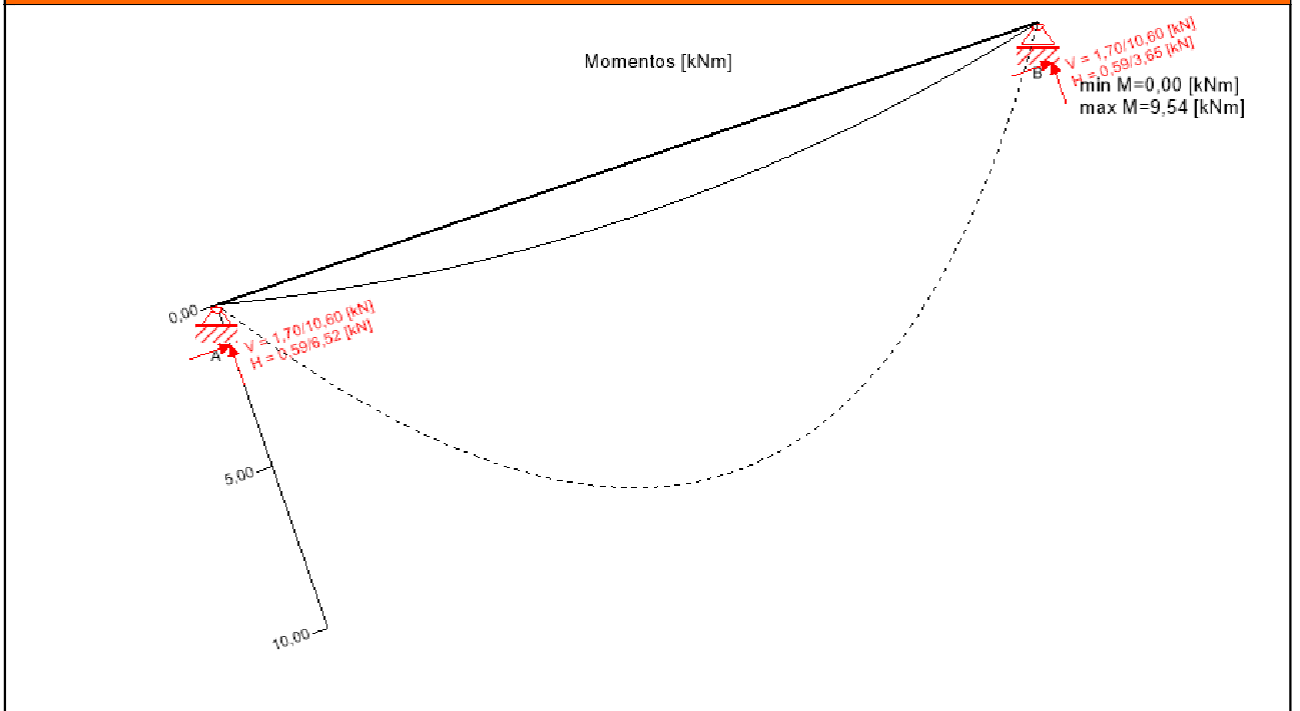
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LC02	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3$
LC03	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4$
LC04	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,60 * LC5$
LC05	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4$
LC06	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3$
LC07	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,60 * LC5$
LC08	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5$
LC09	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3$
LC010	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4$

ULS Combinaciones Fuego	
	Regla de combinación
LC011	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2$
LC012	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3$
LC013	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4$
LC014	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC015	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4$
LC016	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3$
LC017	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC018	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC019	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3$
LC020	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4$

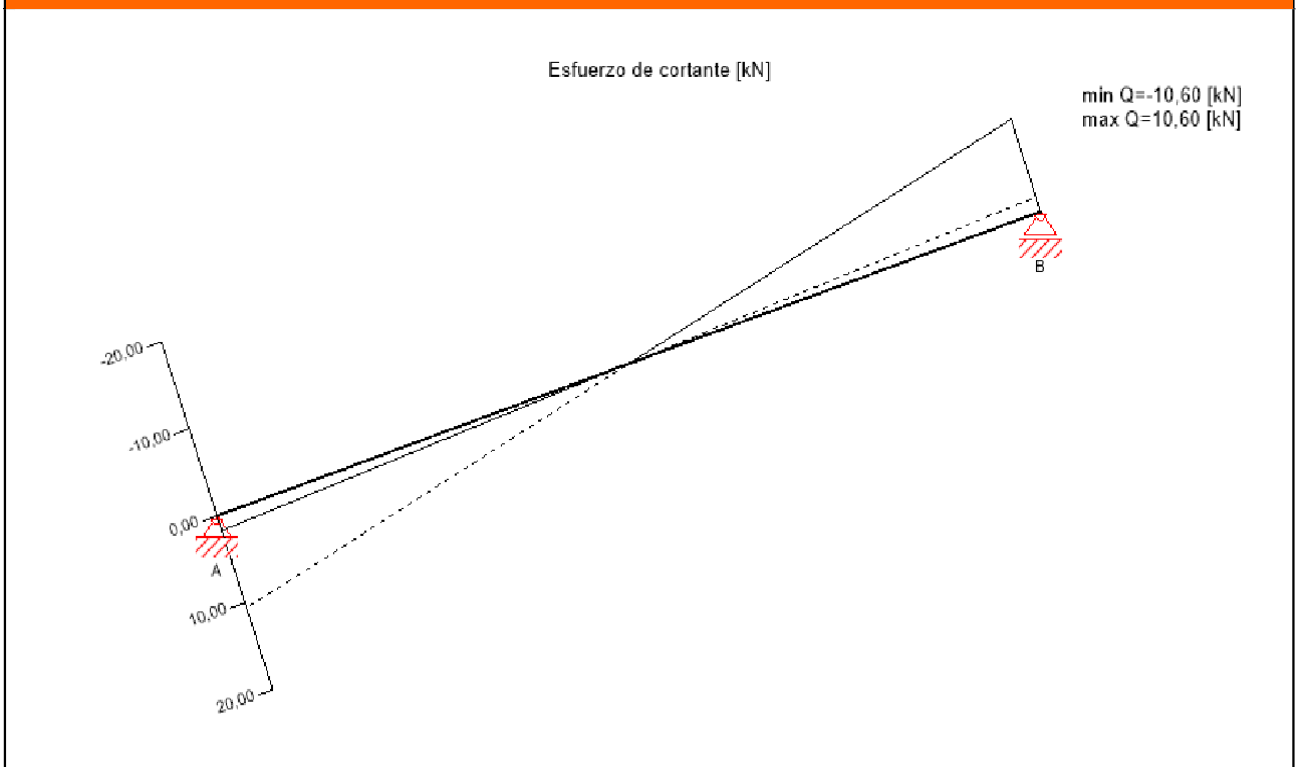
SLS Característico Combinación	
	Regla de combinación
LC021	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2$
LC022	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,50 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,60 * LC5$
LC023	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,60 * LC5$
LC024	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,50 * LC4$

SLS Casi permanente Combinación	
	Regla de combinación
LC025	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2$
LC026	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC027	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5$
LC028	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4$

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados



Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados



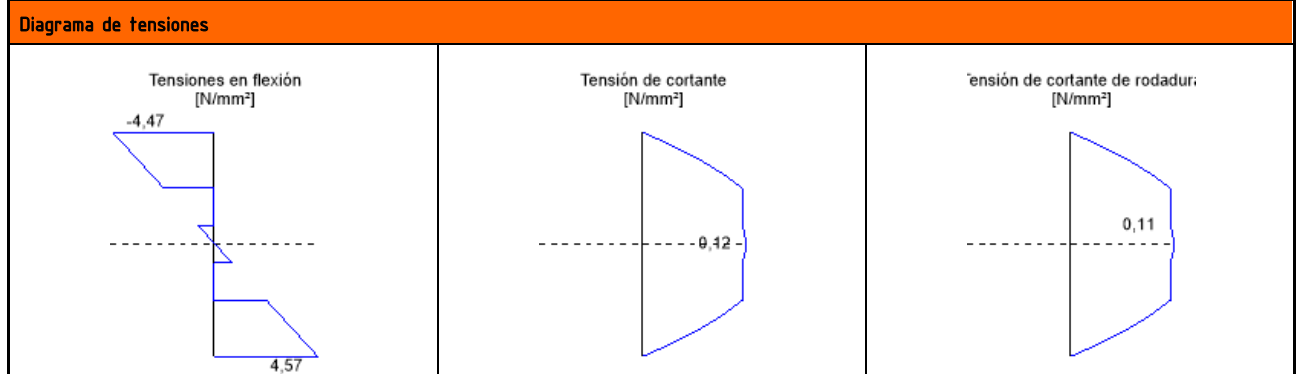
ULS Comprobación a flexión

Autor: Denís Prieto Giraldo

vano	dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	1,8	1,25	0,90	1,10	24,00	19,01	10,08	15,12
vano	$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice	
	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
1	9,54	0,00	3,65	4,57	0,00	0,05	24 %	LC010

ULS Análisis de cortantes									
vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,6	4,00	1,25	0,90	2,88	-10,60	0,12	4 %	LC010

ULS Cortante de rodadura									
vano	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,6	1,70	1,25	0,90	1,22	-10,60	0,11	9 %	LC010

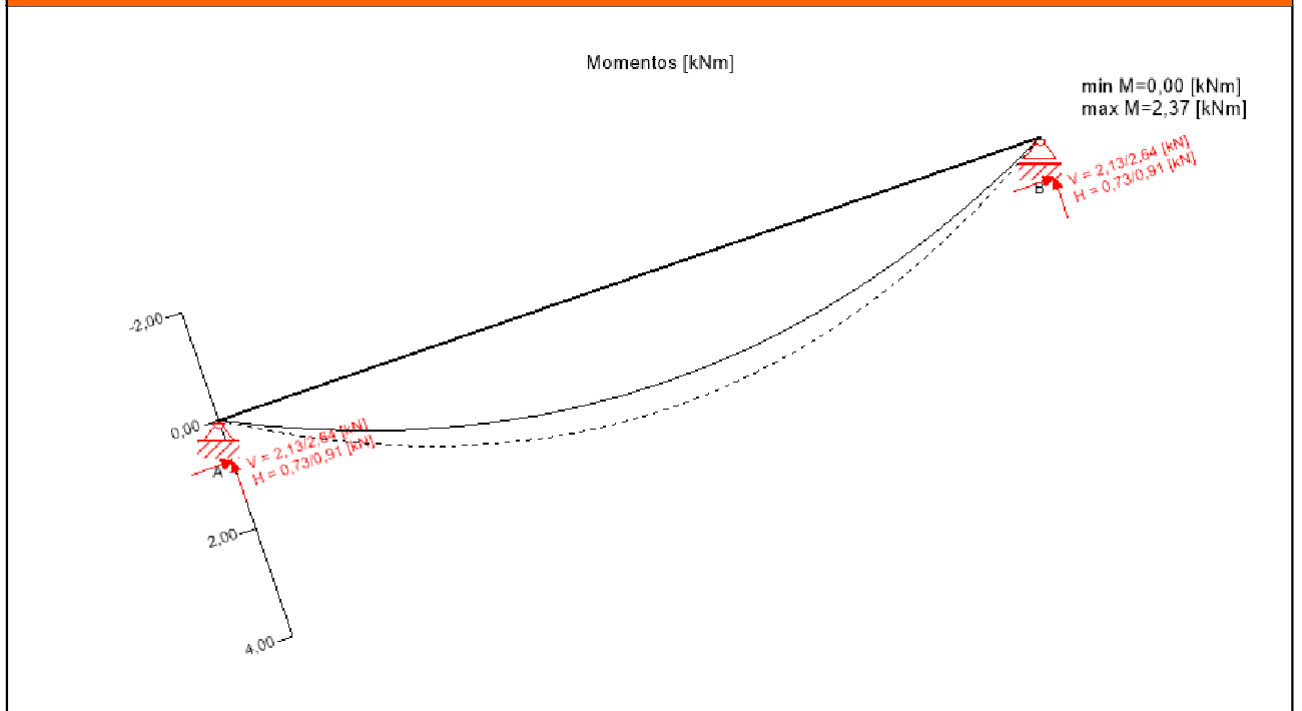


Análisis de tensiones en flexión					
$M_{y,d} =$	9,54	kNm	$f_{m,k} =$	24,00	N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00	kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00	N/mm ²
$N_{t,d} =$	3,65	kN	$\gamma_m =$	1,25	-
			$k_{mod} =$	0,90	-
			$k_{sys,y} =$	1,10	-
			$k_{h,m,y} =$	1,00	-
			$k_{h,m,z} =$	1,00	-
			$k_l =$	1,00	-
$\sigma_{t,d} =$	0,05	N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	10,08	N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	4,57	N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	19,01	N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00	N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00	N/mm ²
					□
Índice de aprovechamiento					
					34 %

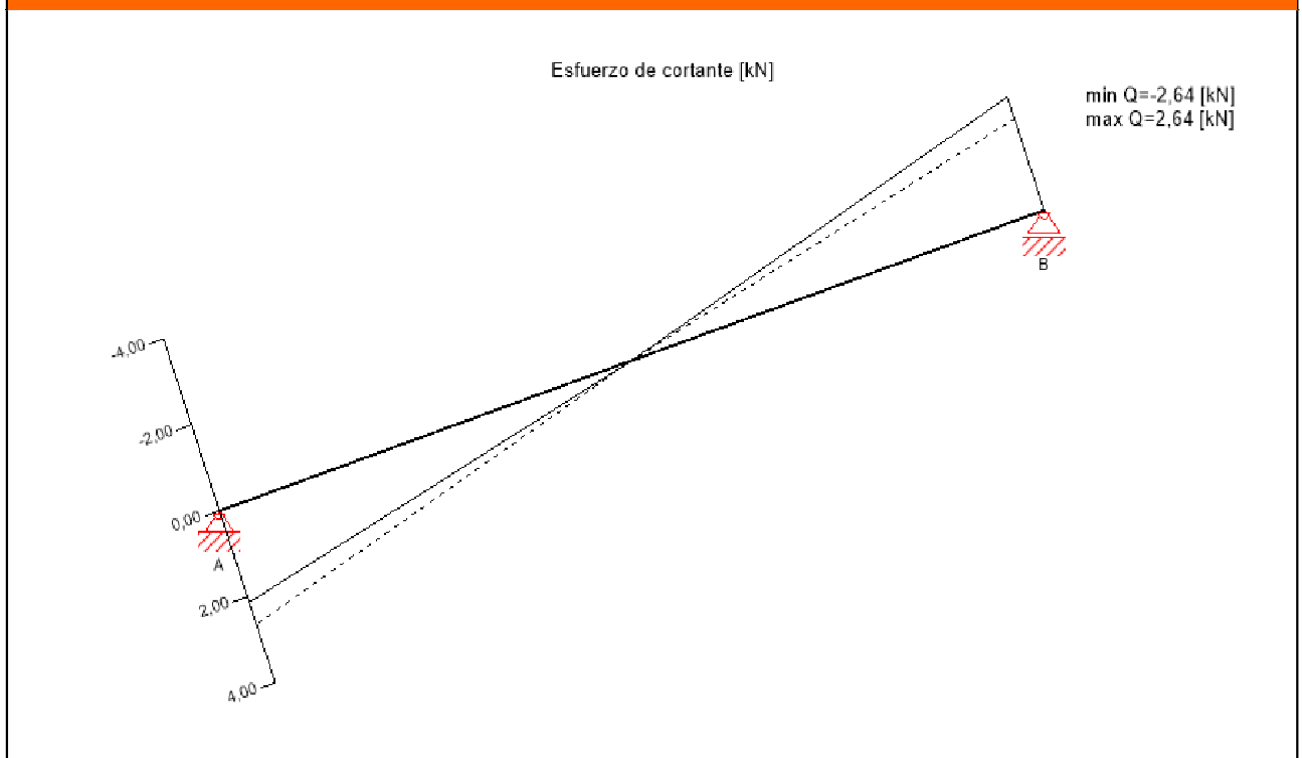
Análisis de la tensión del cortante					
$V_d =$	-	kN	$f_{v,k} =$	4,00	N/mm ²
	10,60		$\gamma_m =$	1,25	
			$k_{mod} =$	0,90	
$\tau_{v,d} =$	0,12	N/mm ²	$f_{v,d} =$	2,88	N/mm ²
					□
Índice de aprovechamiento					
					4 %

Análisis del cortante de rodadura					
$V_d =$	-10,60	kN	$f_{r,k} =$	1,70	N/mm ²
			$\gamma_m =$	1,25	-
			$k_{mod} =$	0,90	-
$\tau_{r,d} =$	0,11	N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,22	N/mm ²
					□
Índice de aprovechamiento					
					9 %

Comprobación en estado límite último (ELU) en situación de incendio - Resultados



Comprobación en estado límite último (ELU) en situación de incendio - Resultados



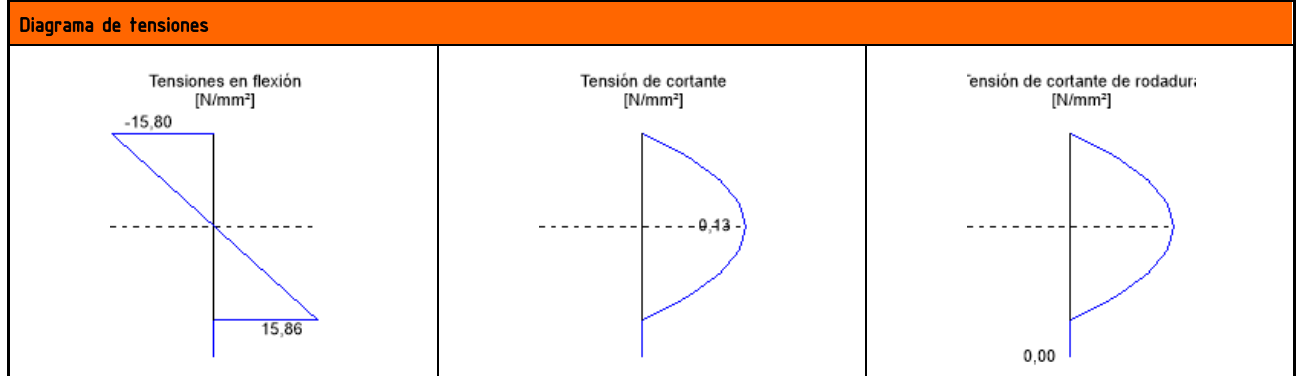
ULS Fuego Comprobación a flexión

Autor: Denís Prieto Giraldo

vano	dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	1,8	1,00	1,00	1,10	1,15	24,00	30,36	16,10	24,15
vano	$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice		
	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
1	2,37	0,00	0,91	15,86	0,00	0,03	52 % LCO12		

ULS Fuego Análisis de cortantes										
vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,6	4,00	1,00	1,00	1,15	4,60	-2,64	0,13	3 % LCO12	

ULS Fuego Cortante de rodadura										
vano	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,6	1,70	1,00	1,00	1,15	1,96	-2,64	0,00	0 % LCO20	

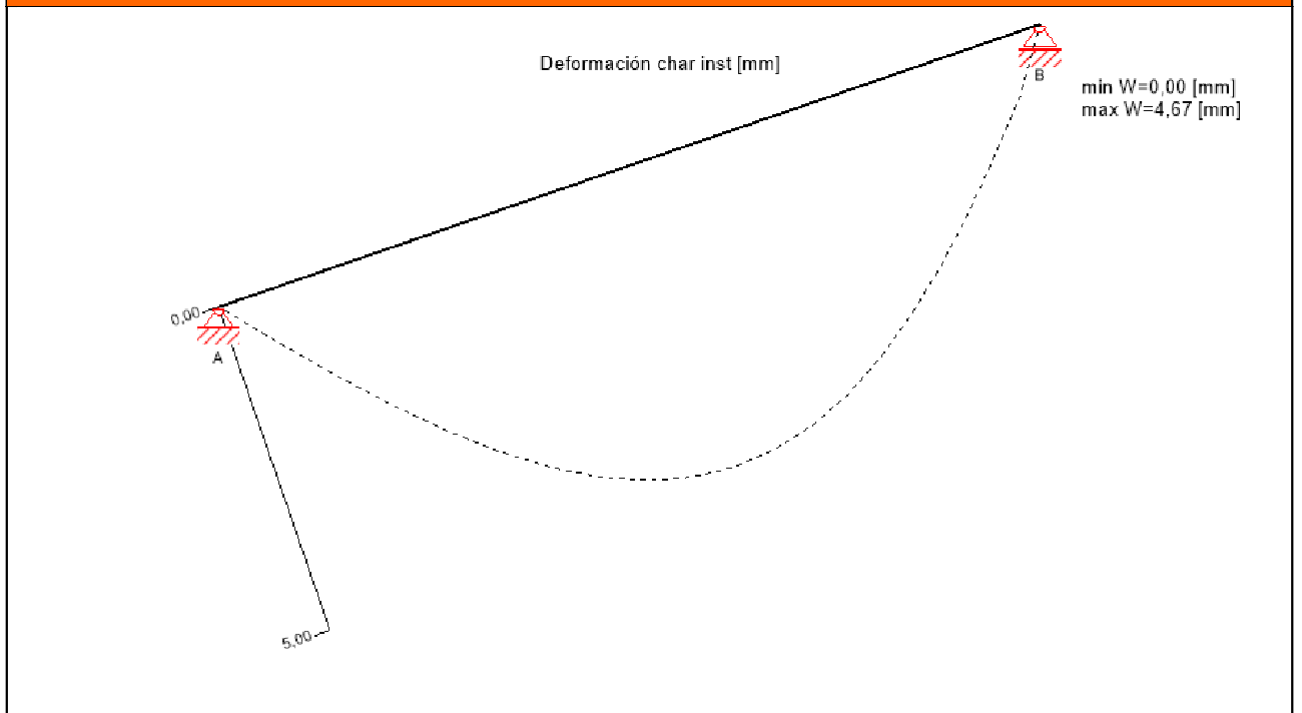


Análisis de tensiones en flexión Fuego			
$M_{y,d} =$	2,37 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	0,91 kN	$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{sys,y} =$	1,10 -
		$k_{h,m,y} =$	1,00 -
		$k_{h,m,z} =$	1,00 -
		$k_t =$	1,00 -
		$k_{fi} =$	1,15 -
$\sigma_{t,d} =$	0,03 N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	16,10 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	15,86 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30,36 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 52 %			

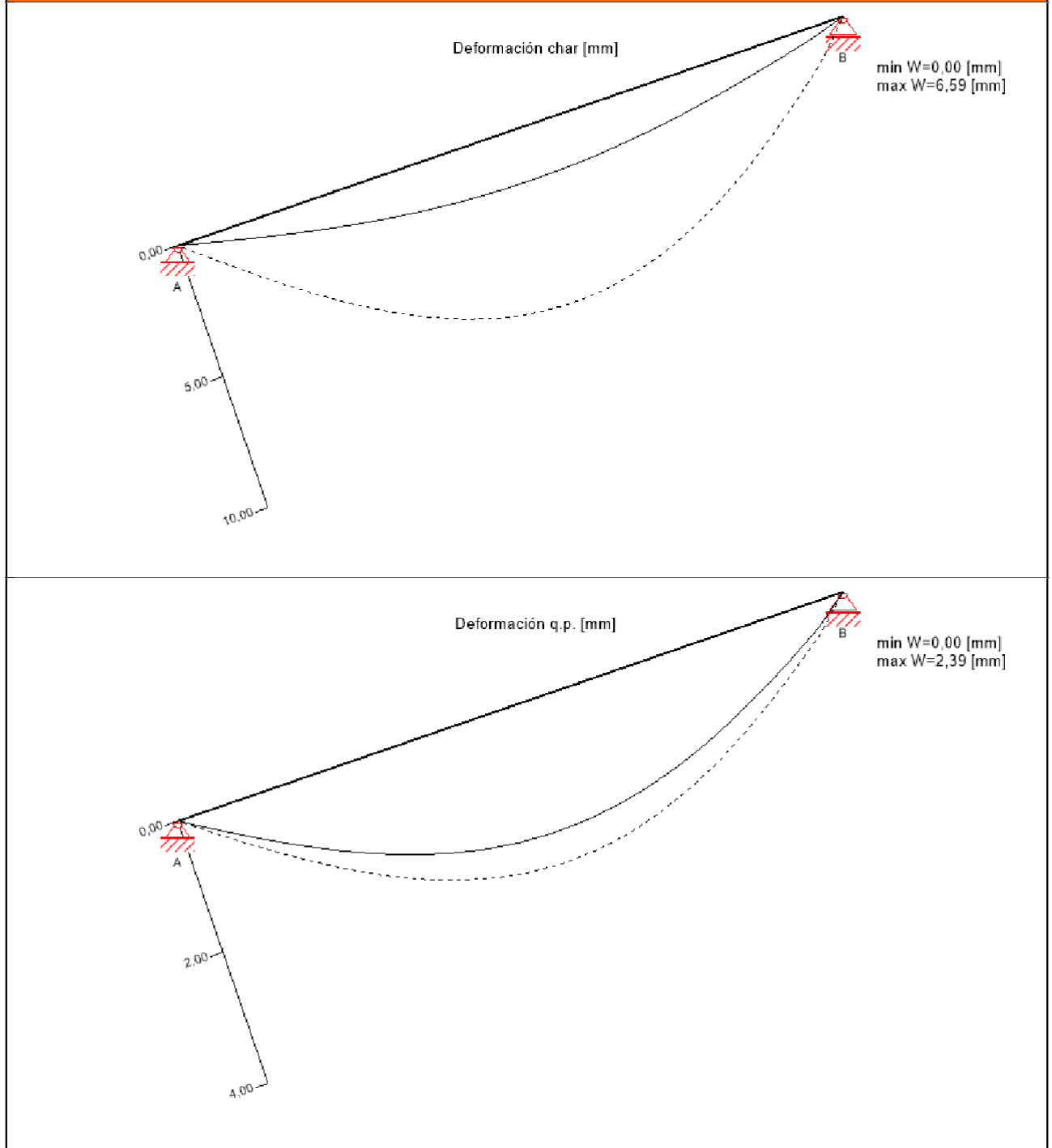
Análisis de la tensión del cortante Fuego			
$V_d =$	-2,64 kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00
		$k_{mod} =$	1,00
		$k_{fi} =$	1,15
$\tau_{v,d} =$	0,13 N/mm ²	$f_{v,d} =$	4,60 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 3 %			

Análisis del cortante de rodadura Fuego			
$V_d =$	-2,64 kN	$f_{r,k} =$	1,70 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{fi} =$	1,15 -
$\tau_{r,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,96 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 0 %			

Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados



Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados



Autor: Denís Prieto Giraldo

$w_{inst} = w(char,inst)$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/350	10,3	4,7	45 %

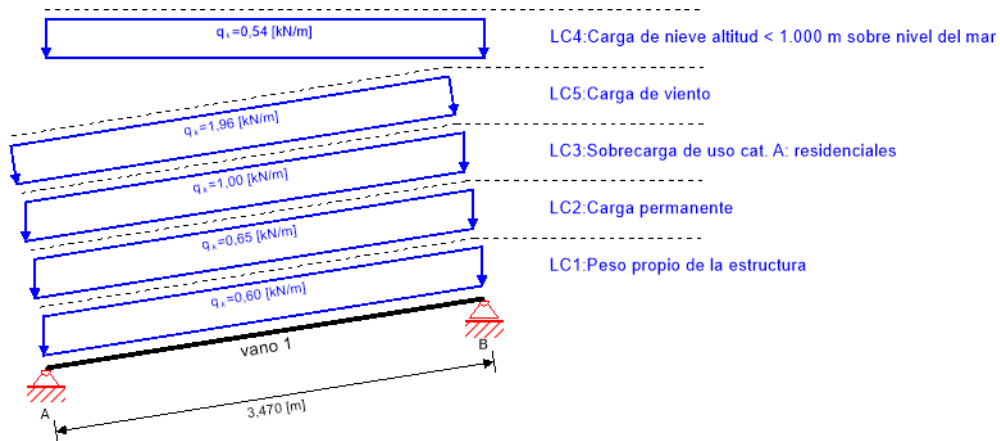
$w_{fin} = w(char,inst) + w(q.p.)*k_{def}$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/500	7,2	6,6	91 %

$w_{net,fin} = w(q.p.) + w(q.p.)*k_{def}$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/300	12,0	4,3	36 %

Reacción en el apoyo					
Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_v	A_H	B_v	B_H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	1,08	0,00	1,08	0,00
		1,08	0,00	1,08	0,00
Carga permanente	0,6	1,17	0,00	1,17	0,00
		1,17	0,00	1,17	0,00
Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	0,8	1,80	0,00	1,80	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00
Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	0,9	0,92	0,00	0,92	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00
Carga de viento	0,9	2,94	2,30	3,73	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00

3.1.4 PANEL DE CUBIERTA MÓDULO4

Sistema



Índice de aprovechamiento total					
ULS	23 %	ULS Fuego	51 %	SLS	85 %
		SLS Vibración	0 %	Apoyos	-1 %

Sección: CLT 120 L5s				
	Capa	Espesor	Orientación	Material
	1	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	2	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	3	20,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	4	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	5	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
t_{CLT}	120,0 mm			

Sección Fuego: CLT 120 L5s								
	Capa	Espesor	Orientación	Material				
	1	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)				
	2	6,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)				
t_{CLT}	36,0 mm							
Clase de resistencia al fuego: R 90	Tiempo	90 min						
Estratigrafía para protección al fuego : 15.0 mm Tablero de yeso laminado (cartón-yeso) Tipo F + 50 mm aislamiento de lana mineral Placa de cartón-yeso (según NORM B 3410 y DIN 18180) Placa de yeso contra incendios (según NORM B 3410 y DIN 18180) El aislamiento de lana de roca en el nivel de instalación debe tener una densidad aparente mínima de 26 kg/m ³ y un punto de fusión > 1000 °C	t _{ch,h}	t _{f,h}	t _{a,h}	d _{ta,h}	k ₀	d ₀	d _{char,0,h}	d _{ef,h}
	[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
	27	27	46	25	1	7	77,0	84,0

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino ETA (2019)	24,00	14,00	0,12	21,00	2,50	4,00	1,70	12.000,00	690,00	50,00

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	
LC3	Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	Q	Media duración	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3	
LC4	Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,5	0,2	0	
LC5	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0	

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,60

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,65

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	1,00

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,54

Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	1,96

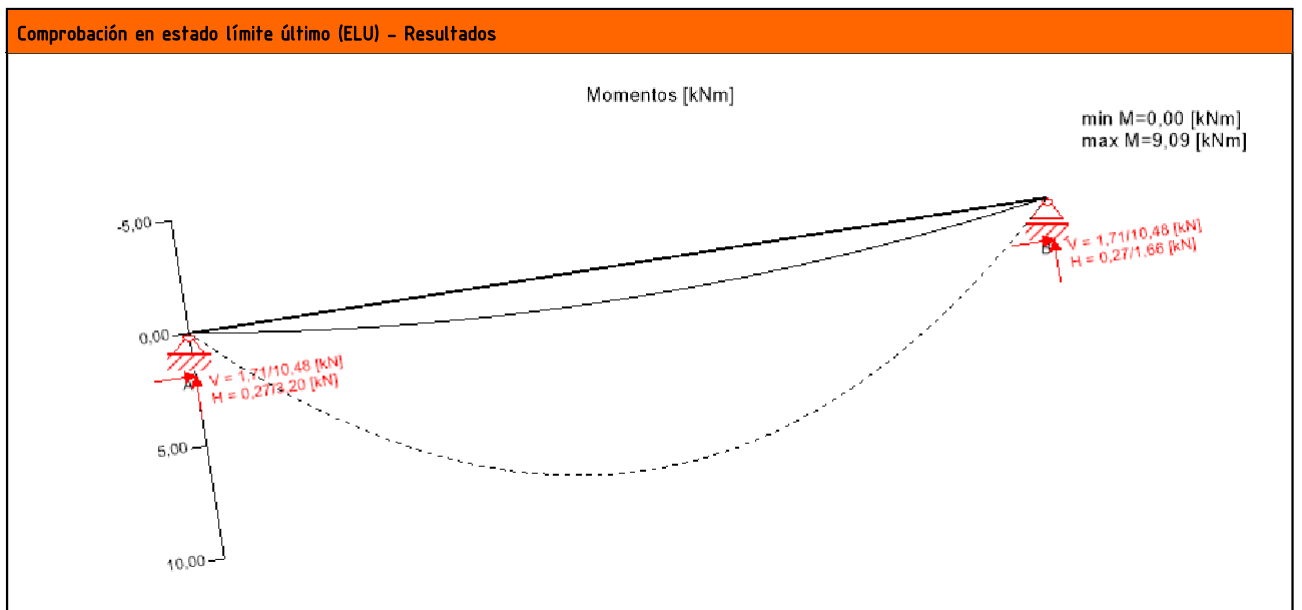
ULS Combinaciones

	Regla de combinación
LC01	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2
LC02	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3
LC03	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4
LC04	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,60 * LC5
LC05	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4
LC06	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3
LC07	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC4 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,60 * LC5
LC08	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5
LC09	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3
LC010	1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC5 + 1,50/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,50/0,00 * 0,50 * LC4

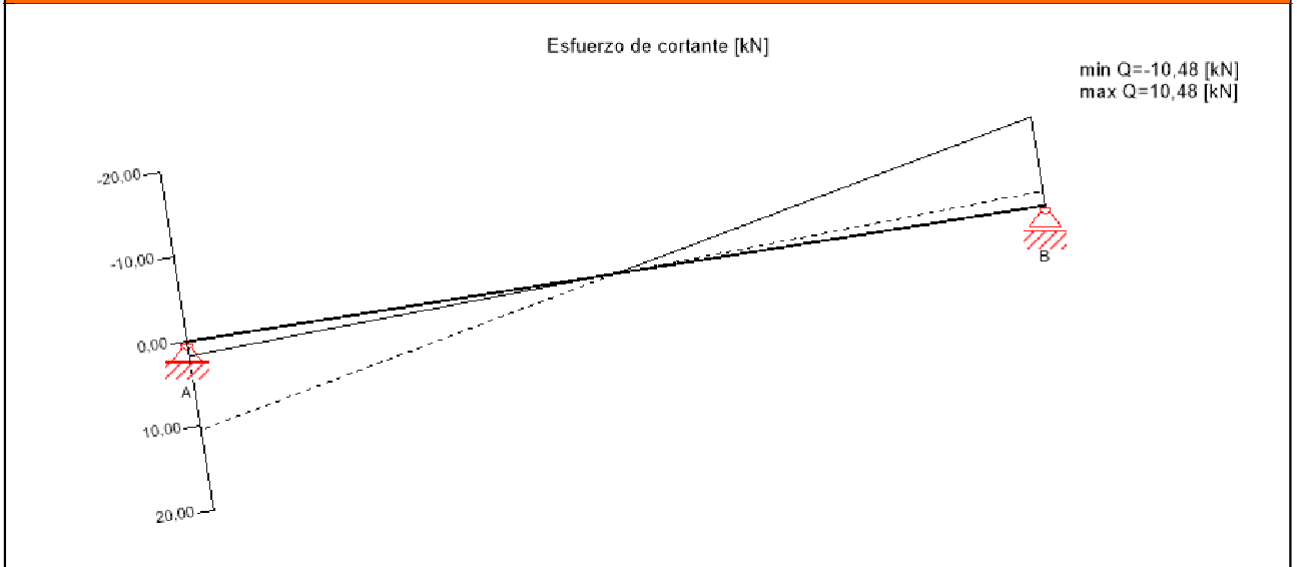
ULS Combinaciones Fuego	
	Regla de combinación
LC011	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2
LC012	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3
LC013	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4
LC014	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5
LC015	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4
LC016	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3
LC017	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5
LC018	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5
LC019	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3
LC020	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4

SLS Característico Combinación	
	Regla de combinación
LC021	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2
LC022	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,50 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,60 * LC5
LC023	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,60 * LC5
LC024	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,70 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,50 * LC4

SLS Casi permanente Combinación	
	Regla de combinación
LC025	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2
LC026	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5
LC027	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5
LC028	1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC2 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC5 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC4



Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados



ULS Comprobación a flexión

vano	dist. [m]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$k_{sys,y}$ [-]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]
1	1,74	1,25	0,90	1,10	24,00	19,01	10,08	15,12
vano	$M_{y,d}$ [kNm]	$N_{e,d}$ [kN]	$N_{f,d}$ [kN]	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{e,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Índice	
1	9,09	0,00	1,66	4,33	0,00	0,02	23 %	LC010

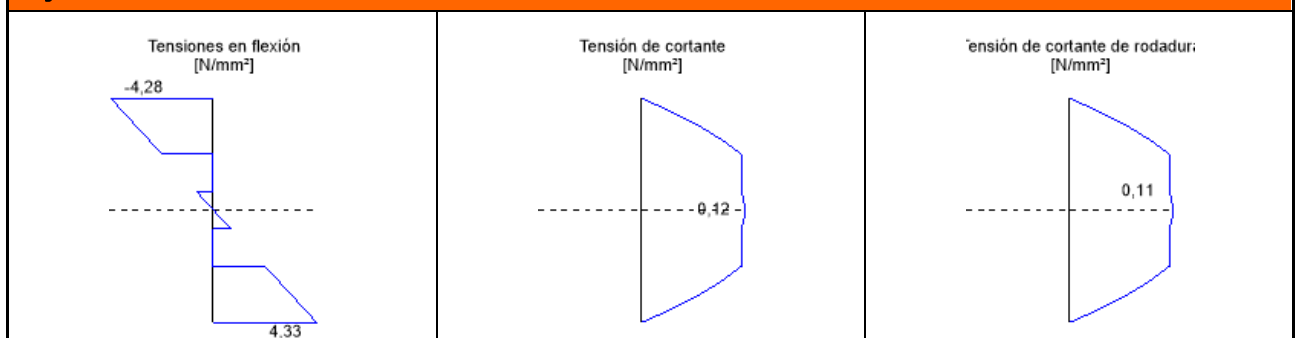
ULS Análisis de cortantes

vano	dist. [m]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$\tau_{v,d}$ [N/mm ²]	Índice	
1	3,47	4,00	1,25	0,90	2,88	-10,48	0,12	4 %	LC010

ULS Cortante de rodadura

vano	dist. [m]	$f_{r,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$f_{r,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$\tau_{r,d}$ [N/mm ²]	Índice	
1	3,47	1,70	1,25	0,90	1,22	-10,48	0,11	9 %	LC010

Diagrama de tensiones

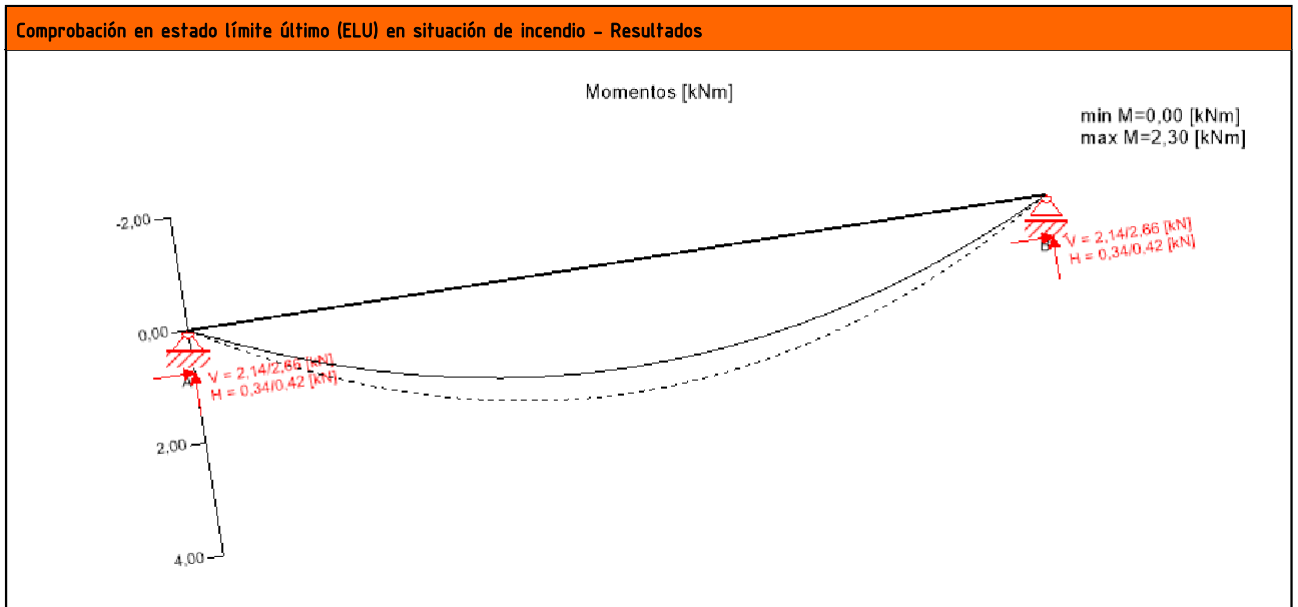


Autor: Denís Prieto Giraldo

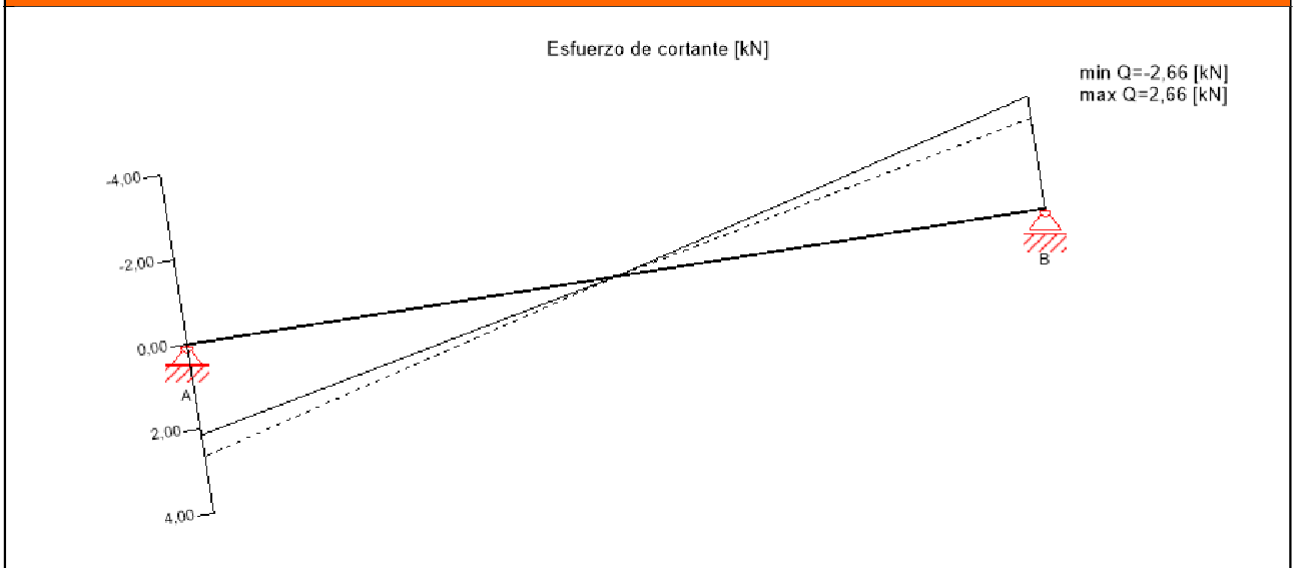
Análisis de tensiones en flexión			
$M_{y,d} =$	9,09 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00 N/mm ²
$N_{r,d} =$	1,66 kN	$\gamma_m =$	1,25 -
		$k_{mod} =$	0,90 -
		$k_{sys,y} =$	1,10 -
		$k_{h,m,y} =$	1,00 -
		$k_{h,m,z} =$	1,00 -
		$k_l =$	1,00 -
$\sigma_{t,d} =$	0,02 N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	10,08 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	4,33 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	19,01 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²
	<		□
Índice de aprovechamiento			

Análisis de la tensión del cortante			
$V_d =$	- kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²
	10,48	$\gamma_m =$	1,25
		$k_{mod} =$	0,90
$\tau_{v,d} =$	0,12 N/mm ²	$f_{v,d} =$	2,88 N/mm ²
	<		□
Índice de aprovechamiento			

Análisis del cortante de rodadura			
$V_d =$	-10,48 kN	$f_{r,k} =$	1,70 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,25 -
		$k_{mod} =$	0,90 -
$\tau_{r,d} =$	0,11 N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,22 N/mm ²
	<		□
Índice de aprovechamiento			



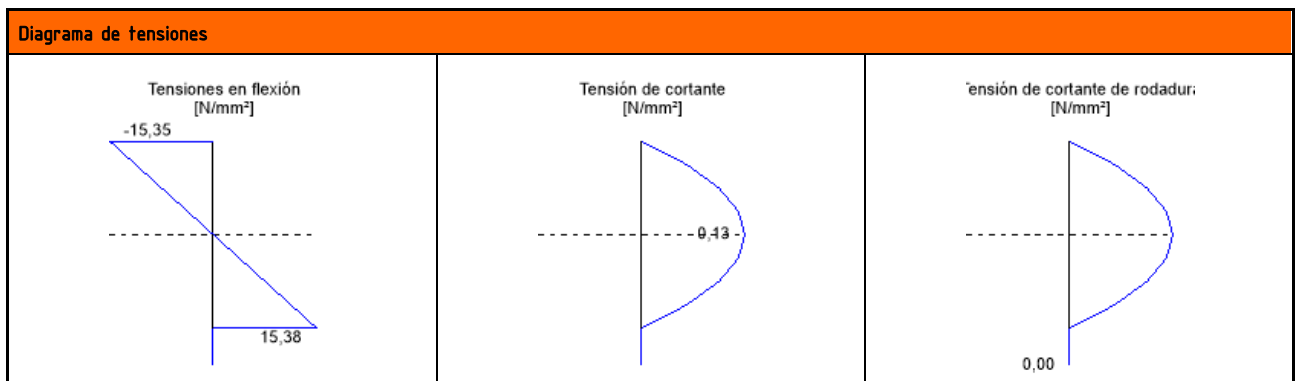
Comprobación en estado límite último (ELU) en situación de incendio - Resultados



ULS Fuego Comprobación a flexión									
vano	dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$
1	1,74	1,00	1,00	1,10	1,15	[N/mm ²] 24,00	[N/mm ²] 30,36	[N/mm ²] 16,10	[N/mm ²] 24,15
vano	$M_{y,d}$	$N_{e,d}$	$N_{f,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice		
1	[kNm] 2,30	[kN] 0,00	[kN] 0,42	[N/mm ²] 15,38	[N/mm ²] 0,00	[N/mm ²] 0,01	51 % LC012		

ULS Fuego Análisis de cortantes									
vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice
1	3,47	[N/mm ²] 4,00	1,00	1,00	1,15	[N/mm ²] 4,60	[kN] -2,66	[N/mm ²] 0,13	3 % LC012

ULS Fuego Cortante de rodadura									
vano	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice
1	3,47	[N/mm ²] 1,70	1,00	1,00	1,15	[N/mm ²] 1,96	[kN] -2,66	[N/mm ²] 0,00	0 % LC020

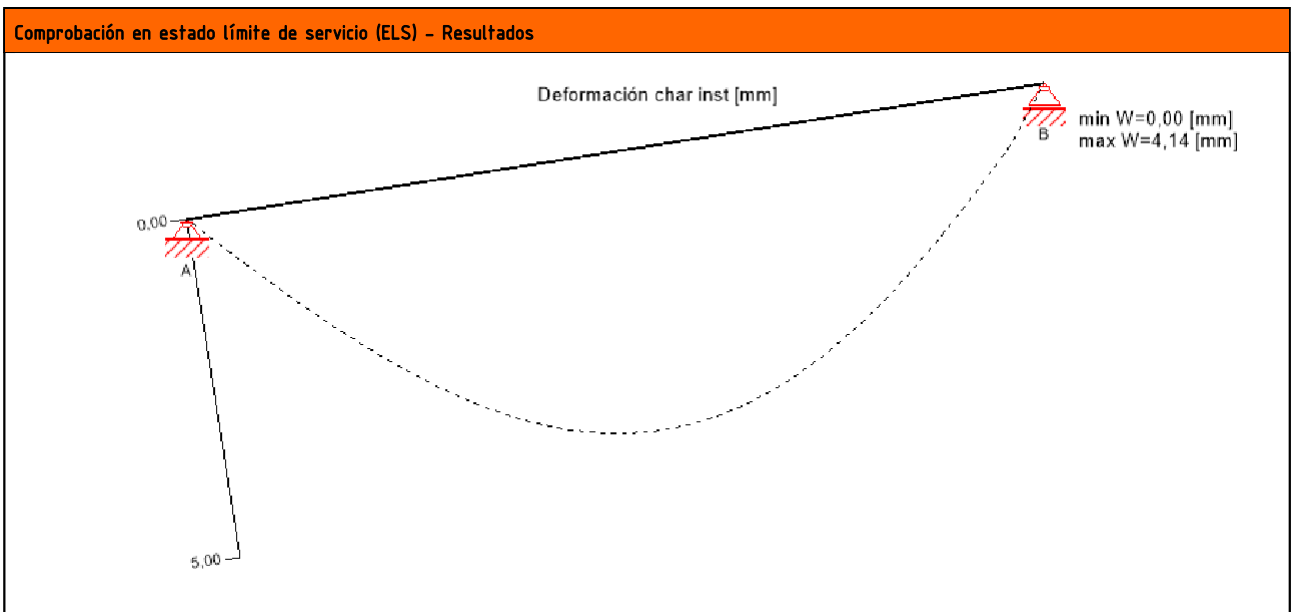


Autor: Denís Prieto Giraldo

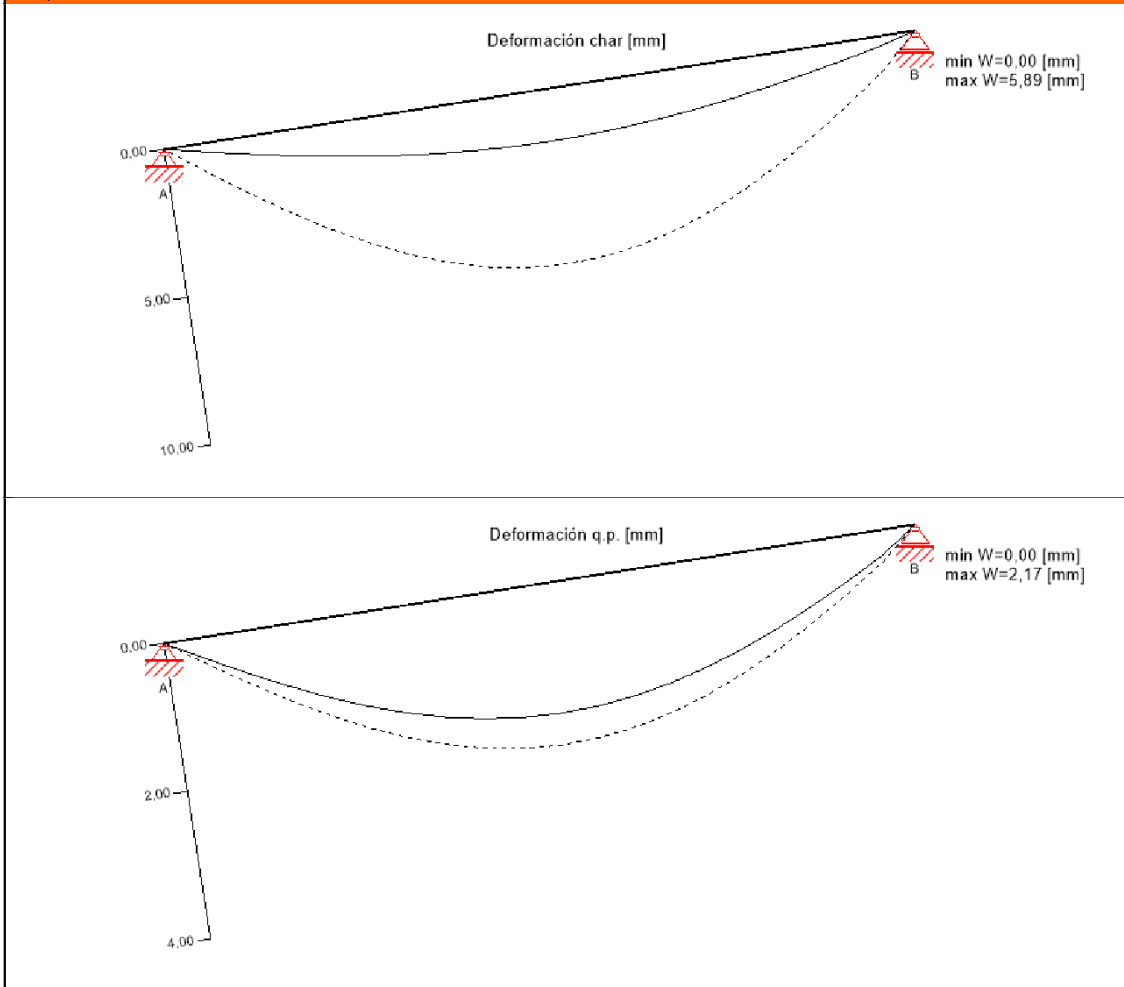
Análisis de tensiones en flexión Fuego			
$M_{y,d} =$	2,30 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	0,42 kN	$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{sys,y} =$	1,10 -
		$k_{h,m,y} =$	1,00 -
		$k_{h,m,z} =$	1,00 -
		$k_l =$	1,00 -
		$k_{fi} =$	1,15 -
$\sigma_{t,d} =$	0,01 N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	16,10 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	15,38 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30,36 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 91 %			

Análisis de la tensión del cortante Fuego			
$V_d =$	-2,66 kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00
		$k_{mod} =$	1,00
		$k_{fi} =$	1,15
$\tau_{v,d} =$	0,13 N/mm ²	$f_{v,d} =$	4,60 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 3 %			

Análisis del cortante de rodadura Fuego			
$V_d =$	-2,66 kN	$f_{r,k} =$	1,70 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{fi} =$	1,15 -
$\tau_{r,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,96 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 0 %			



Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados



w _{inst} = w(char,inst)					
vano	K _{def}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/350	9,9	4,1	42 %

w _{fin} = w(char,inst) + w(q.p.)*k _{def}					
vano	K _{def}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/500	6,9	5,9	85 %

w _{net,fin} = w(q.p.) + w(q.p.)*k _{def}					
vano	K _{def}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/300	11,6	3,9	34 %

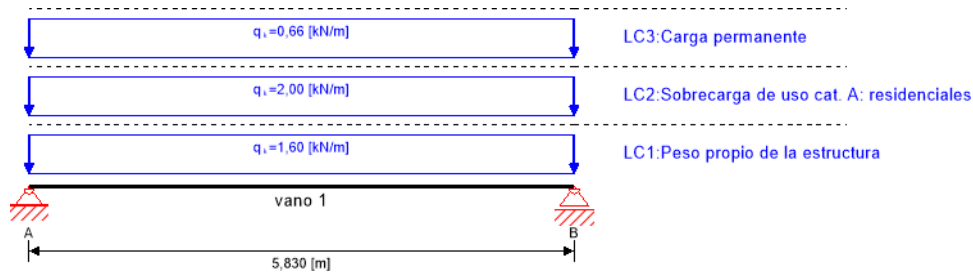
Reacción en el apoyo					
Tipo de caso de carga	k _{mod}	A _v	A _H	B _v	B _H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	1,04	0,00	1,04	0,00
		1,04	0,00	1,04	0,00
Carga permanente	0,6	1,13	0,00	1,13	0,00
		1,13	0,00	1,13	0,00

Reacción en el apoyo					
Tipo de caso de carga	k _{mod}	A _v	A _H	B _v	B _H
		[kN]			
Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	0,8	1,74	0,00	1,73	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00
Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	0,9	0,93	0,00	0,93	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00
Carga de viento	0,9	3,27	1,06	3,44	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00

3.2 PANELES FORJADOS

3.2.1 PANEL DE FORJADO MÓDULO1 (CENTRAL)

Sistema



Índice de aprovechamiento total					
ULS	20 %	ULS Fuego	18 %	SLS	81 %
				SLS Vibración	0 %
				Apoyos	-1 %

Sección: CLT 160 L5s				
	Capa	Espesor	Orientación	Material
	1	40,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	2	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	3	40,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	4	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	5	40,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
f_{cl,t}	160,0 mm			

Sección Fuego: CLT 160 L5s								
	Capa	Espesor	Orientación	Material				
	1	40,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)				
	2	20,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)				
	3	26,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)				
f_{cl,t}	86,0 mm							
Clase de resistencia al fuego: R 90	Tiempo	90 min						
Estratigrafía para protección al fuego : 15.0 mm Tablero de yeso laminado (cartón-yeso) Tipo F Gipskartonbauplatte (nach ÖNORM B 3410 und DIN 18180) Gipskartonfeuerschutzplatte (nach ÖNORM B 3410 und DIN 18180)	t_{ch,h} [min]	t_{f,h} [min]	t_{a,h} [min]	d_{ra,h} [mm]	k₀ [-]	d₀ [mm]	d_{char,0,h} [mm]	d_{ef,h} [mm]
	27	27	46	25	1	7	67,0	74,0

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino ETA (2019)	24,00	14,00	0,12	21,00	2,50	4,00	1,70	12.000,00	690,00	50,00

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1
LC2	Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	Q	Media duración	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3	
LC3	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1

LC1: Peso propio de la estructura	
Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	1,60

LC2: Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	
Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	2,00

LC3: Carga permanente	
Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,66

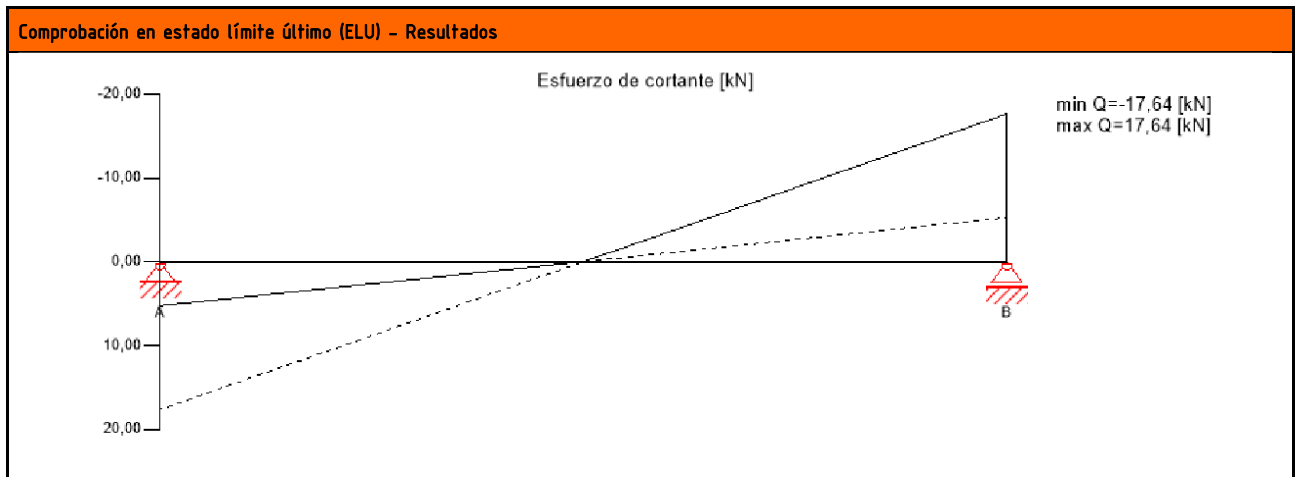
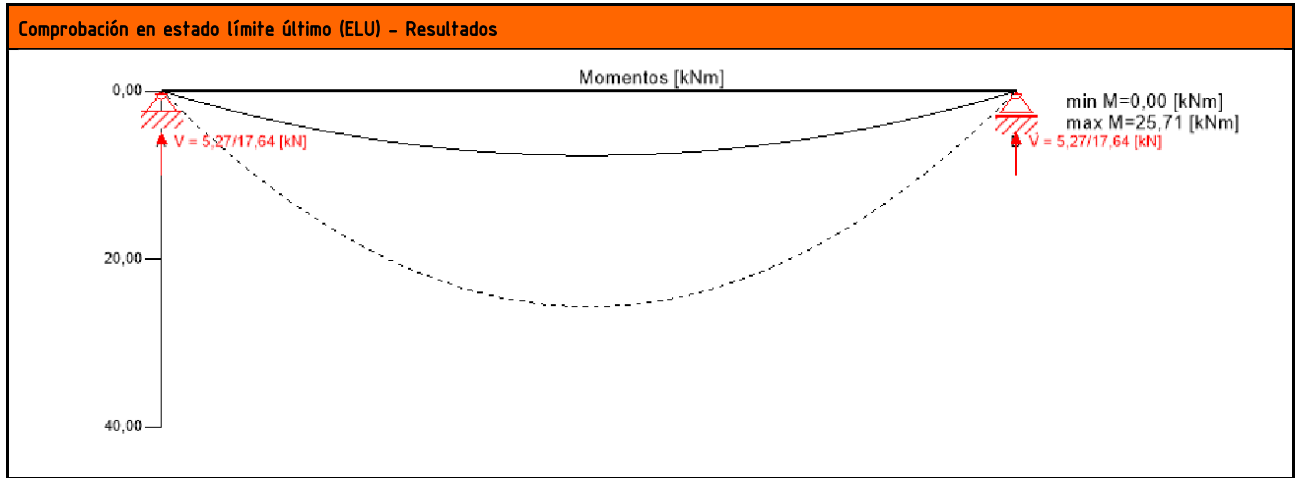
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LC01	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC3$
LC02	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC3 + 1,50/0,00 * LC2$

ULS Combinaciones Fuego	
	Regla de combinación
LC03	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC3$
LC04	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC2$

SLS Característico Combinación	
	Regla de combinación
LC05	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC3$
LC06	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * LC2$

SLS Casi permanente Combinación

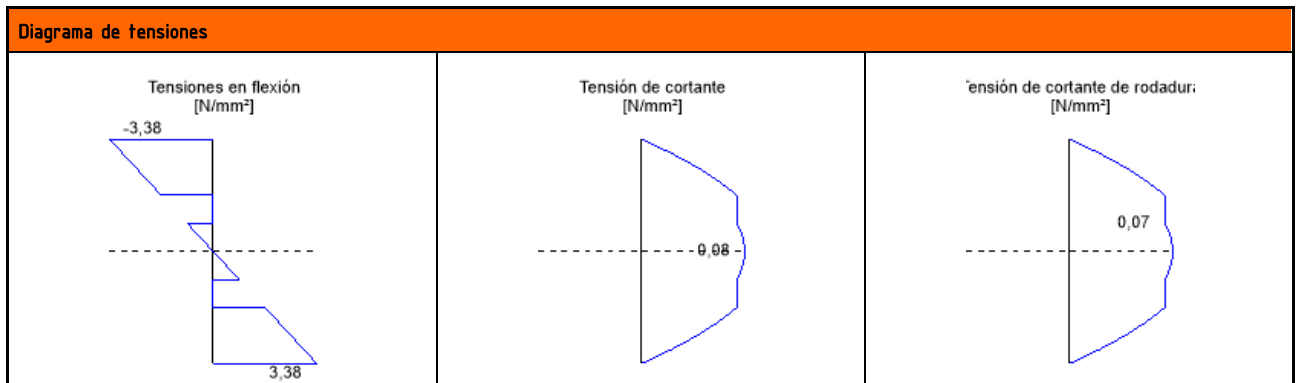
	Regla de combinación
LC07	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC3$
LC08	$1,00/1,00 * LC1 + 1,00/1,00 * LC3 + 1,00/0,00 * 0,30 * LC2$



ULS Comprobación a flexión										
vano	dist.	$f_{m,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]		
1	2,92	24,00	1,25	0,80	1,10	16,90	25,71	3,38	20 %	LC02

ULS Análisis de cortantes										
vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice		
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]			
1	5,83	4,00	1,25	0,80	2,56	-17,64	0,08	3 %	LC02	

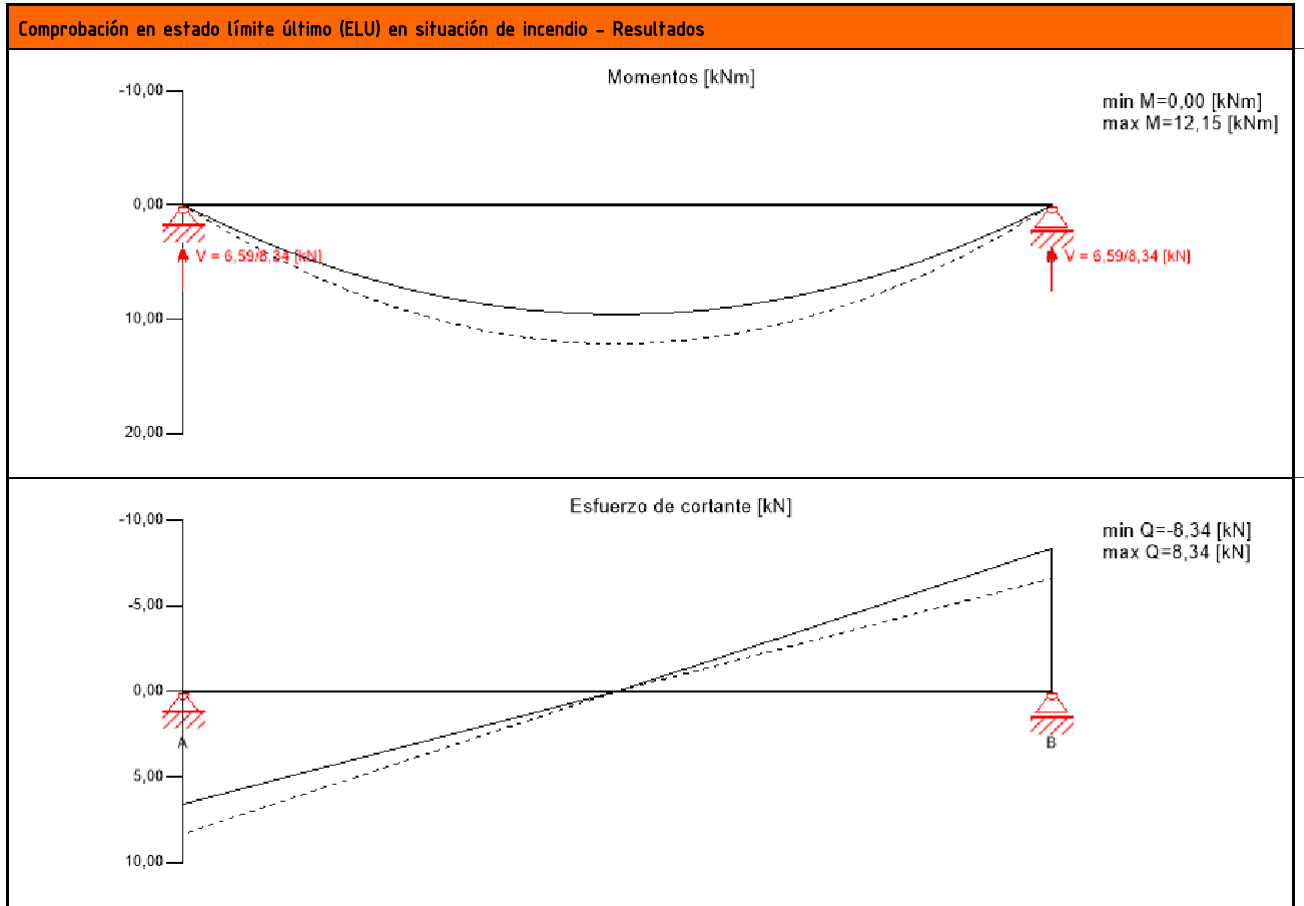
ULS Cortante de rodadura										
vano	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice		
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]			
1	5,83	1,70	1,25	0,80	1,09	-17,64	0,07	6 %	LC02	



Análisis de tensiones en flexión			
$M_{y,d} =$	25,71 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	0,00 kN	$\gamma_m =$	1,25 -
		$k_{mod} =$	0,80 -
		$k_{sys,y} =$	1,10 -
		$k_{h,m,y} =$	1,00 -
		$k_{h,m,z} =$	1,00 -
		$k_l =$	1,00 -
$\sigma_{t,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{t,d} =$	8,96 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	3,38 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	16,90 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²
		<	□
Índice de aprovechamiento		20 %	

Análisis de la tensión del cortante			
$V_d =$	-17,64 kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,25
		$k_{mod} =$	0,80
$\tau_{v,d} =$	0,08 N/mm ²	$f_{v,d} =$	2,56 N/mm ²
		<	□
Índice de aprovechamiento		3 %	

Análisis del cortante de rodadura			
$V_d =$	-17,64 kN	$f_{r,k} =$	1,70 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,25 -
		$k_{mod} =$	0,80 -
$\tau_{r,d} =$	0,07 N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,09 N/mm ²
		<	□
Índice de aprovechamiento		6 %	



ULS Fuego Comprobación a flexión

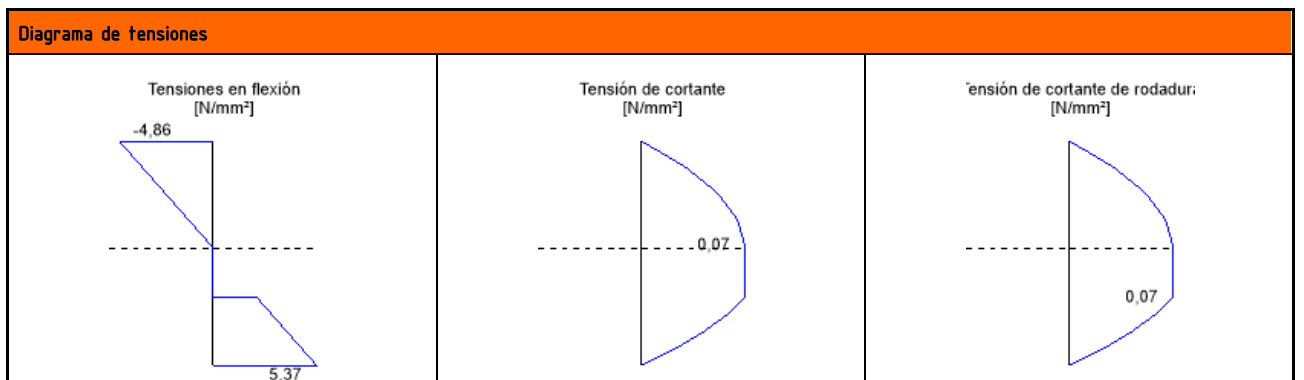
vano	dist.	$f_{m,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	k_{fi}	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]	
1	2,92	24,00	1,00	1,00	1,10	1,15	30,36	12,15	5,37	18 % LCO4

ULS Fuego Análisis de cortantes

vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	
1	5,83	4,00	1,00	1,00	1,15	4,60	-8,34	0,07	1 % LCO4

ULS Fuego Cortante de rodadura

vano	dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	k_{fi}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	
1	5,83	1,70	1,00	1,00	1,15	1,96	-8,34	0,07	3 % LCO4

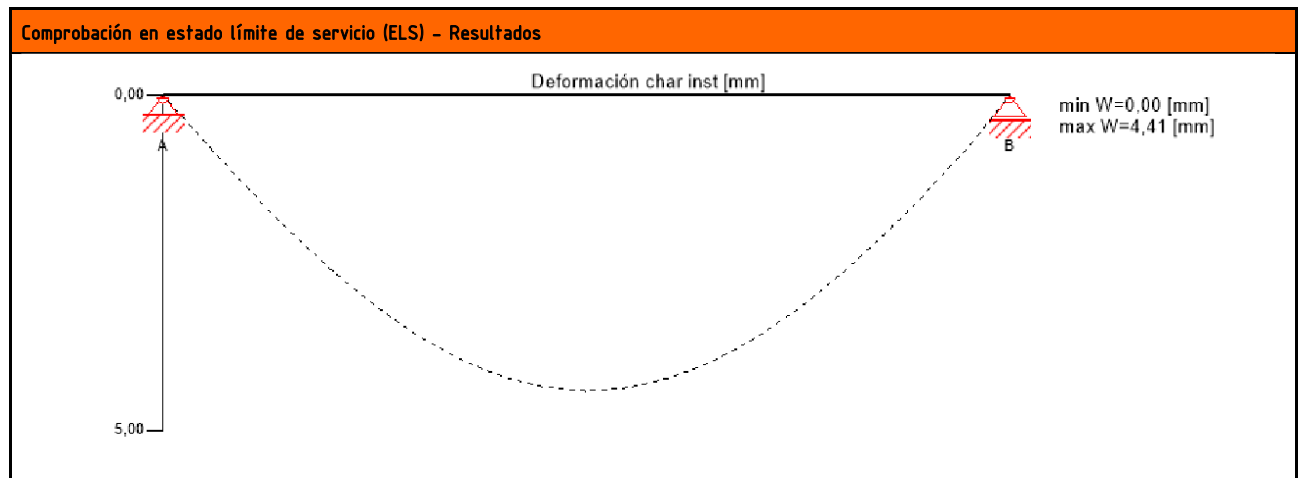


Autor: Denís Prieto Giraldo

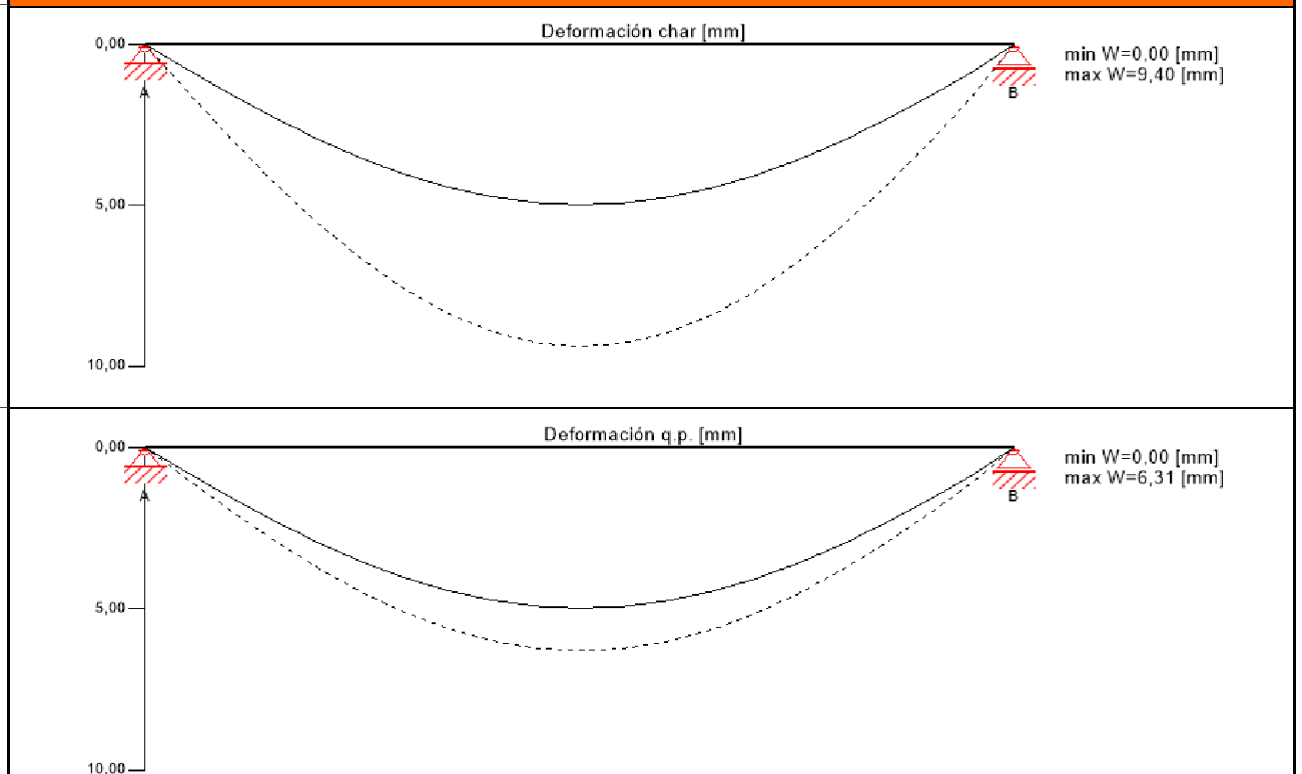
Análisis de tensiones en flexión Fuego			
$M_{y,d} =$	12,15 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$M_{z,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k,z} =$	24,00 N/mm ²
$N_{t,d} =$	0,00 kN	$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{sys,y} =$	1,10 -
		$k_{h,m,y} =$	1,00 -
		$k_{h,m,z} =$	1,00 -
		$k_l =$	1,00 -
		$k_{fi} =$	1,15 -
$\sigma_{t,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{t,0,d} =$	16,10 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	5,37 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30,36 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	0,00 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 10 %			

Análisis de la tensión del cortante Fuego			
$V_d =$	-8,34 kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00
		$k_{mod} =$	1,00
		$k_{fi} =$	1,15
$\tau_{v,d} =$	0,07 N/mm ²	$f_{v,d} =$	4,60 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 1 %			

Análisis del cortante de rodadura Fuego			
$V_d =$	-8,34 kN	$f_{r,k} =$	1,70 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{fi} =$	1,15 -
$\tau_{r,d} =$	0,07 N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,96 N/mm ²
Índice de aprovechamiento 3 %			



Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados



$w_{inst} = w[char,inst]$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/350	16,7	4,4	26 %

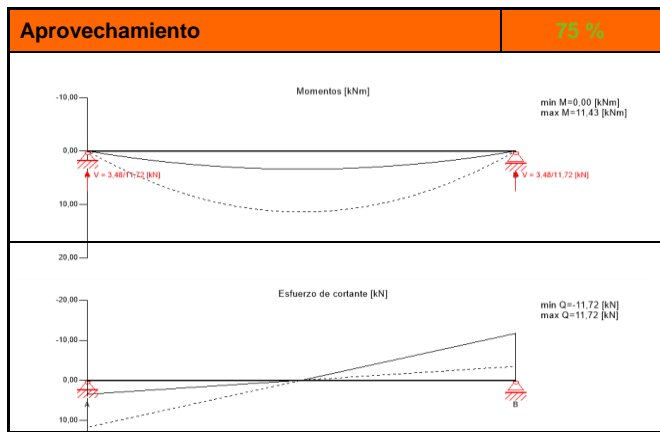
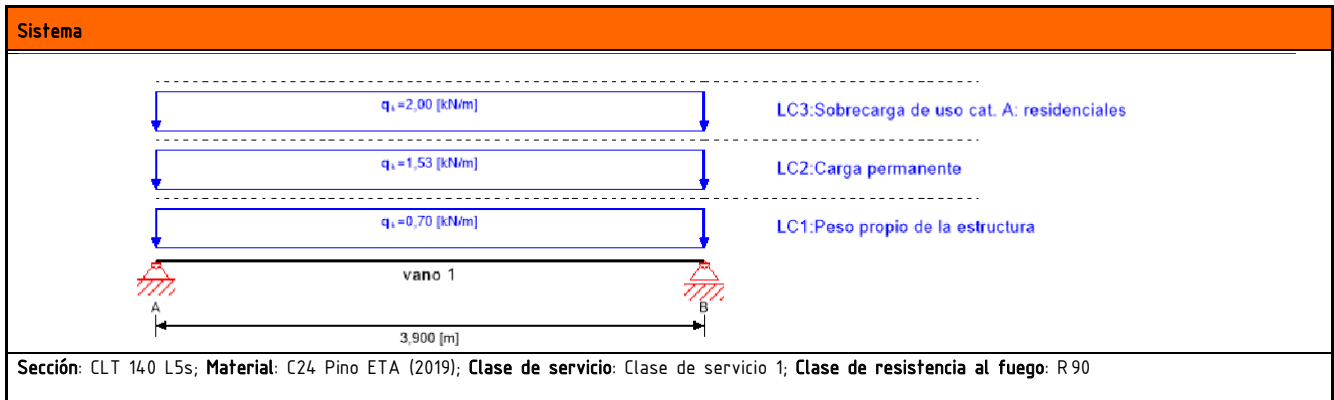
$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/500	11,7	9,5	81 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$					
vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/300	19,4	11,4	58 %

Reacción en el apoyo			
Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_v	B_v
		[kN]	
Peso propio de la estructura	0,6	4,66	4,66
		4,66	4,66
Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	0,8	5,83	5,83
		0,00	0,00
Carga permanente	0,6	1,92	1,92
		1,92	1,92

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1:Reglas generales y reglas para edificación.

3.2.2 PANEL DE FORJADO ALTILLO MÓDULO3



Análisis de tensiones en flexión		32 %
$M_{y,d} = 11,43$ kNm	$f_{m,k} = 24,0$ N/mm ²	
$M_{z,d} = 0,00$ kNm	$f_{m,k,z} = 24,0$ N/mm ²	
$N_{t,d} = 0,00$ kN	$f_{t,0,k} = 0,00$ N/mm ²	
$\sigma_{t,d} = 0,00$ N/mm ²	$f_{t,0,d} = 8,96$ N/mm ²	
$\sigma_{m,y,d} = -3,79$ N/mm ²	$f_{m,y,d} = 16,9$ N/mm ²	
$\sigma_{m,z,d} = 0,00$ N/mm ² <	$f_{m,z,d} = 0,00$ N/mm ²	✓
Análisis de la tensión del cortante		4 %
$V_d =$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/m ²	
$T_{v,d} = \frac{11,7}{2} = 0,1$ N/mm ² <	$f_{v,d} = 2,56$ N/m ²	✓
Análisis del cortante de rodadura		14 %
$V_d = -11,72$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	
$T_{r,d} = 0,11$ N/mm ² <	$f_{r,d} = 0,80$ N/mm ²	✓
Análisis de tensiones en flexión Fuego		48 %
$M_{y,d} = 5,38$ kNm	$f_{m,k} = 24,0$ N/mm ²	
$M_{z,d} = 0,00$ kNm	$f_{m,k,z} = 24,0$ N/mm ²	
$N_{t,d} = 0,00$ kN	$f_{t,0,k} = 0,00$ N/mm ²	
$\sigma_{t,d} = 0,00$ N/mm ²	$f_{t,0,d} = 16,1$ N/mm ²	
$\sigma_{m,y,d} = 14,49$ N/mm ²	$f_{m,y,d} = 30,3$ N/mm ²	
$\sigma_{m,z,d} = 0,00$ N/mm ² <	$f_{m,z,d} = 0,00$ N/mm ²	✓
Análisis de la tensión del cortante Fuego		3 %
$V_d = -5,52$ kN	$f_{v,k} = 4,60$ N/m ²	
$T_{v,d} = \frac{5,52}{2} = 0,1$ N/mm ² <	$f_{v,d} =$ N/m ²	✓
Análisis del cortante de rodadura Fuego		8 %
$V_d = -5,52$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	
$T_{r,d} = 0,08$ N/mm ² <	$f_{r,d} = 1,44$ N/mm ²	✓
$W_{inst} = w[\text{char,inst}]$		

Reacción en el apoyo			
Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_v	B_v
		[kN]	
Peso propio de la estructura	0,6	1,36	1,37
		1,36	1,37
Carga permanente	0,6	2,98	2,98
		2,98	2,98
Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	0,8	3,90	3,90

Reacción en el apoyo			
Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_v	B_v
		[kN]	
		0,00	0,00

3.3 PANELES MUROS

3.3.1 PANELES MUROS ESTRUCTURALES

Sistema



Índice de aprovechamiento total			
ULS	45 %	ULS Fuego	!
SLS	4 %		

Sección: CLT 90 C3s				
	Capa	Espesor	Orientación	Material
	1	30,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	2	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	3	30,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	t_{CLT}	90,0 mm		

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0, \text{mean}}$	G_{mean}	$G_{r, \text{mean}}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino ETA (2019)	24,00	14,00	0,12	21,00	2,50	4,00	1,70	12.000,00	690,00	50,00

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	
LC3	Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	Q	Media duración	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3	
LC4	Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,5	0,2	0	
	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0	

LC2:Carga permanente	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
2,62	

LC3:Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
5	

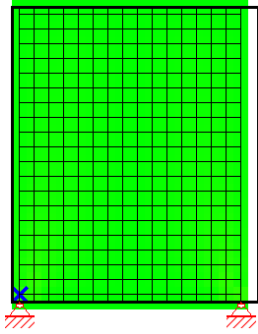
LC4:Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
1,35	

:Carga de viento	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
4,88	

ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LC01	$1.35/0.80 * LC2$
LC02	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 * LC3$
LC03	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC4$
LC04	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.60 *$
LC05	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 * LC4$
LC06	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC3$
LC07	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.60 *$
LC08	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 *$
LC09	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 * + 1.50/0.00 * 0.70 * LC3$
LC010	$1.35/0.80 * LC2 + 1.50/0.00 * + 1.50/0.00 * 0.70 * LC3 + 1.50/0.00 * 0.50 * LC4$

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta

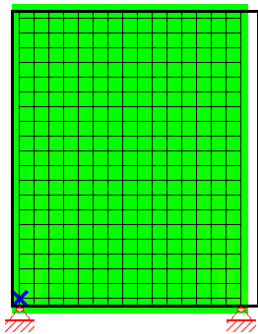


0.0 % 100.0 %

LC010

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
17	0,075	0,075	0,9	3,9	2,26	0,25	9 %

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta

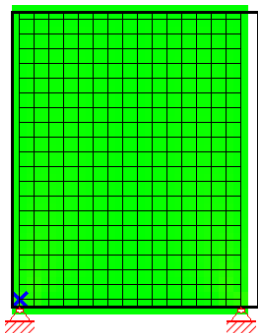


0.0 % 100.0 %

LC010

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
17	0,075	0,075	0,9	3,5	2,26	0,17	7 %

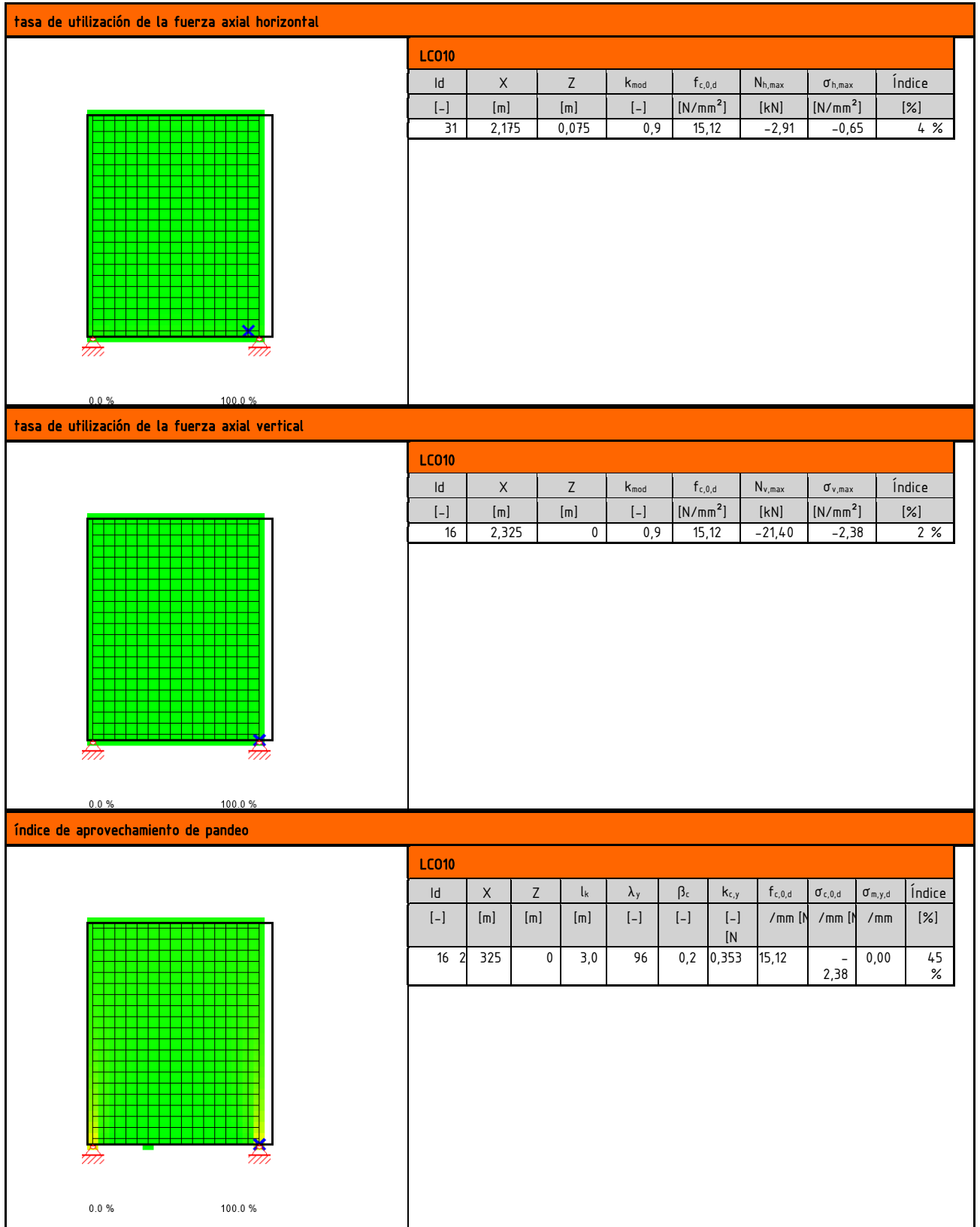
Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas



0.0 % 100.0 %

LC010

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
17	0,075	0,075	0,9	2,5	2,26	0,15	8 %

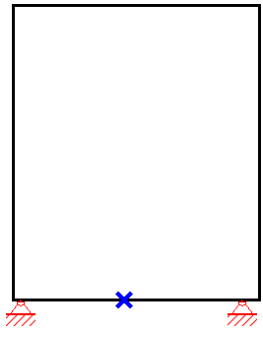


Comprobación en estado límite de servicio (ELS) – Resultados

deformación horizontal																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">LC04</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th>w_{limit}</th> <th>Límite</th> <th>$v_{h,max}$</th> <th>Índice</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>0,225</td> <td>0</td> <td>10,0</td> <td>$L/300 = 10,0$</td> <td>0,0326</td> <td>0,3 %</td> </tr> </tbody> </table>	LC04							Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$v_{h,max}$	Índice	[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]	2	0,225	0	10,0	$L/300 = 10,0$	0,0326	0,3 %									
	LC04																																					
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$v_{h,max}$	Índice																																
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]																																
2	0,225	0	10,0	$L/300 = 10,0$	0,0326	0,3 %																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">LC04</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th>K_{def}</th> <th>L_{ref}</th> <th>Límite</th> <th>w_{limit}</th> <th>$w_{calc.}$</th> <th>Índice</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>1,125</td> <td>0</td> <td>0,8</td> <td>2,5</td> <td>1/350</td> <td>7,1</td> <td>0,1</td> <td>2 %</td> </tr> </tbody> </table>	LC04										Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice	[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		8	1,125	0	0,8	2,5	1/350	7,1	0,1	2 %	
LC04																																						
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice																														
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]																															
8	1,125	0	0,8	2,5	1/350	7,1	0,1	2 %																														
<p>$w_{inst} = w[char,inst]$</p>																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">LC04</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th>K_{def}</th> <th>L_{ref}</th> <th>Límite</th> <th>w_{limit}</th> <th>$w_{calc.}$</th> <th>Índice</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>1,125</td> <td>0</td> <td>0,8</td> <td>2,5</td> <td>1/350</td> <td>7,1</td> <td>0,1</td> <td>2 %</td> </tr> </tbody> </table>	LC04										Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice	[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		8	1,125	0	0,8	2,5	1/350	7,1	0,1	2 %
	LC04																																					
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice																														
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]																															
8	1,125	0	0,8	2,5	1/350	7,1	0,1	2 %																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">LC04</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th>K_{def}</th> <th>L_{ref}</th> <th>Límite</th> <th>w_{limit}</th> <th>$w_{calc.}$</th> <th>Índice</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>1,125</td> <td>0</td> <td>0,8</td> <td>2,5</td> <td>1/500</td> <td>5,0</td> <td>0,2</td> <td>4 %</td> </tr> </tbody> </table>	LC04										Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice	[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		8	1,125	0	0,8	2,5	1/500	5,0	0,2	4 %	
LC04																																						
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice																														
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]																															
8	1,125	0	0,8	2,5	1/500	5,0	0,2	4 %																														
<p>$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$</p>																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">LC04</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th>K_{def}</th> <th>L_{ref}</th> <th>Límite</th> <th>w_{limit}</th> <th>$w_{calc.}$</th> <th>Índice</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>1,125</td> <td>0</td> <td>0,8</td> <td>2,5</td> <td>1/500</td> <td>5,0</td> <td>0,2</td> <td>4 %</td> </tr> </tbody> </table>	LC04										Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice	[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		8	1,125	0	0,8	2,5	1/500	5,0	0,2	4 %
	LC04																																					
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice																														
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]																															
8	1,125	0	0,8	2,5	1/500	5,0	0,2	4 %																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">LC04</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th>K_{def}</th> <th>L_{ref}</th> <th>Límite</th> <th>w_{limit}</th> <th>$w_{calc.}$</th> <th>Índice</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>1,125</td> <td>0</td> <td>0,8</td> <td>2,5</td> <td>1/500</td> <td>5,0</td> <td>0,2</td> <td>4 %</td> </tr> </tbody> </table>	LC04										Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice	[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		8	1,125	0	0,8	2,5	1/500	5,0	0,2	4 %	
LC04																																						
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice																														
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]																															
8	1,125	0	0,8	2,5	1/500	5,0	0,2	4 %																														

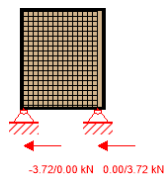
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	W _{limit}	W _{calc.}	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
8	1,125	0	0,8	2,5	L/300	8,3	0,1	1 %

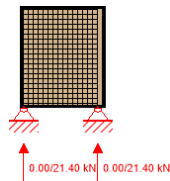


Reacción en apoyo

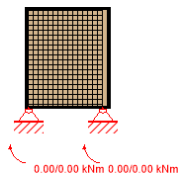
Reacción horizontal en apoyo min/max



Reacción vertical en apoyo min/max



Momento en apoyo min/max



3.3.2 PANELES MUROS ACCESO MÓDULO2

Sistema



Índice de aprovechamiento total					
ULS	83 %	ULS Fuego	!	SLS	39 %

Sección: CLT 90 C3s				
	Capa	Espesor	Orientación	Material
	1	30,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	2	30,0 mm	0°	C24 Pino ETA (2019)
	3	30,0 mm	90°	C24 Pino ETA (2019)
	t_{CLT}	90,0 mm		

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino ETA (2019)	24,00	14,00	0,12	21,00	2,50	4,00	1,70	12.000,00	690,00	50,00

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1
	Sobrecarga de uso cat. A: residenciales	Q	Media duración	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3	
LC4	Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,5	0,2	0	
	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0	

Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
1,638	

Carga uniformemente distribuida		A: residenciales
q_k		
[kN/m]		
1		

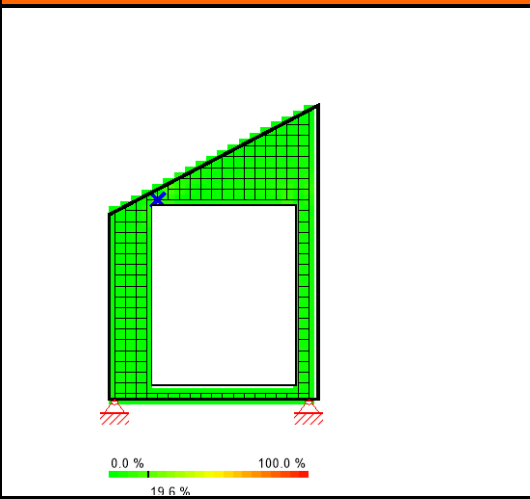
Carga uniformemente distribuida		Carga de nieve altitud < 1.000 m sobre nivel del mar
q_k		
[kN/m]		
0,54		

Carga uniformemente distribuida		Carga de viento
q_k		
[kN/m]		
1,96		

ULS Combinaciones

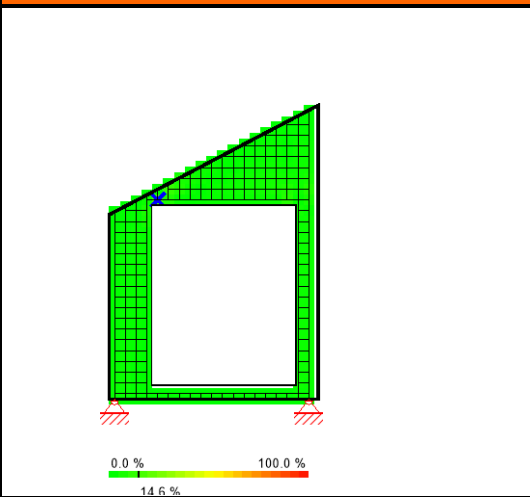
	Regla de combinación
LC01	1.35/0.80 *
LC02	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 *
LC03	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 * + 1.50/0.00 * 0.50 * LC4
LC04	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 * + 1.50/0.00 * 0.50 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.60 *
LC05	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 * LC4
LC06	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 *
LC07	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 * LC4 + 1.50/0.00 * 0.70 * + 1.50/0.00 * 0.60 *
LC08	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 *
LC09	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 * + 1.50/0.00 * 0.70 *
LC010	1.35/0.80 * + 1.50/0.00 * + 1.50/0.00 * 0.70 * + 1.50/0.00 * 0.50 * LC4

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta



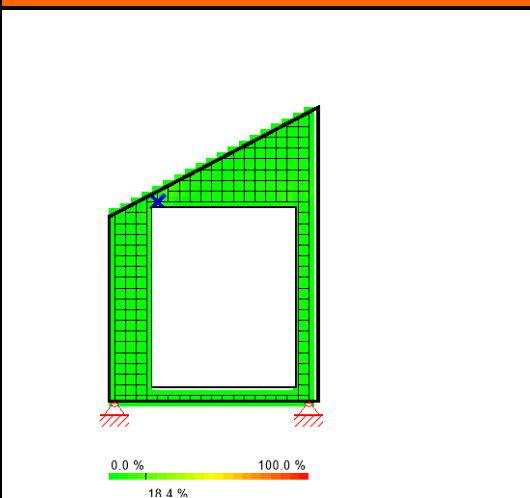
LC010							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Netto,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
366	0,675	2,775	0,9	3,9	4,96	0,55	20 %

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



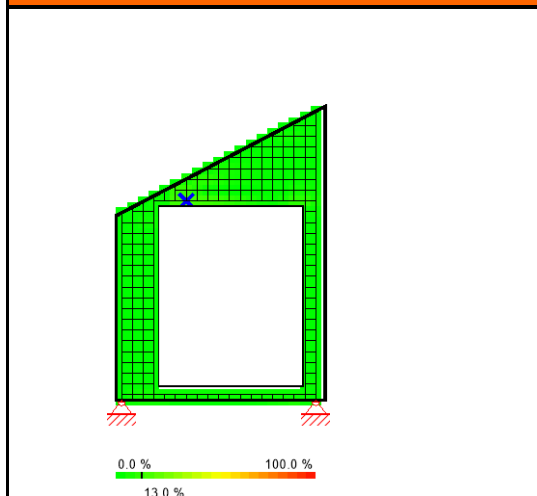
LC010							
Id	X	Z	k_{mod}	f	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	$v_{IP,Brutto,k}$ [N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
366	0,675	2,775	0,9	3,5	4,96	0,37	15 %

Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas



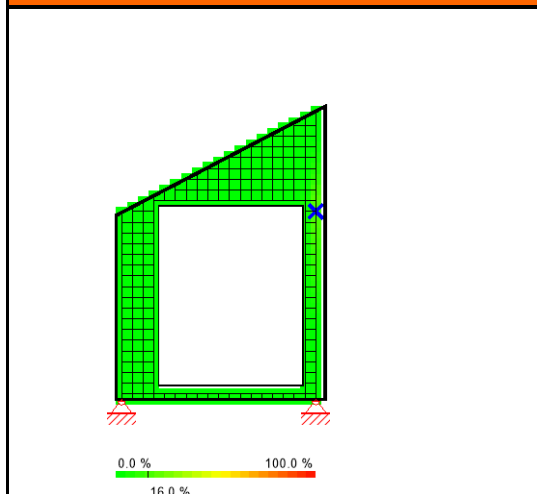
LC010							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
366	0,675	2,775	0,9	2,5	4,96	0,33	18 %

tasa de utilización de la fuerza axial horizontal



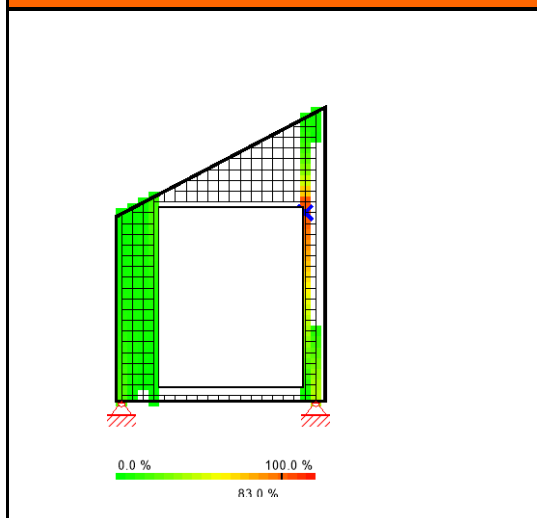
LC010							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
368	0,975	2,775	0,9	10,08	5,90	1,31	13 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical



LC010							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
361	2,775	2,625	0,9	10,08	14,49	1,61	16 %

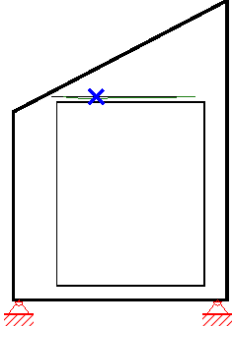
índice de aprovechamiento de pandeo



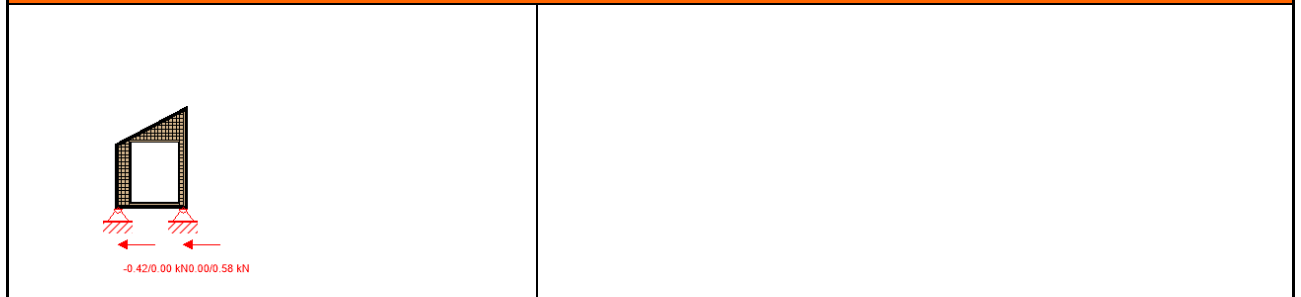
LC010											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	/mm [N]	/mm [N]	/mm [N]	[%]	
360	2,625	2,625	3,946	126	0,2	0,214	15,12	-2,68	0,00	83 %	

deformación horizontal									
	LC04								
	Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$v_{h,max}$	Índice		
	[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]		
	223	0,675	2,923793	9,7	$L/300 = 9,7$	3,8298	39,3 %		
$w_{inst} = w[char,inst]$									
	LC04								
	Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
	[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
	369	1,125	2,775	0,8	2,0	1/350	5,7	0,3	6 %
$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$									
	Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
	[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
	369	1,125	2,775	0,8	2,0	1/500	4,0	0,7	17 %

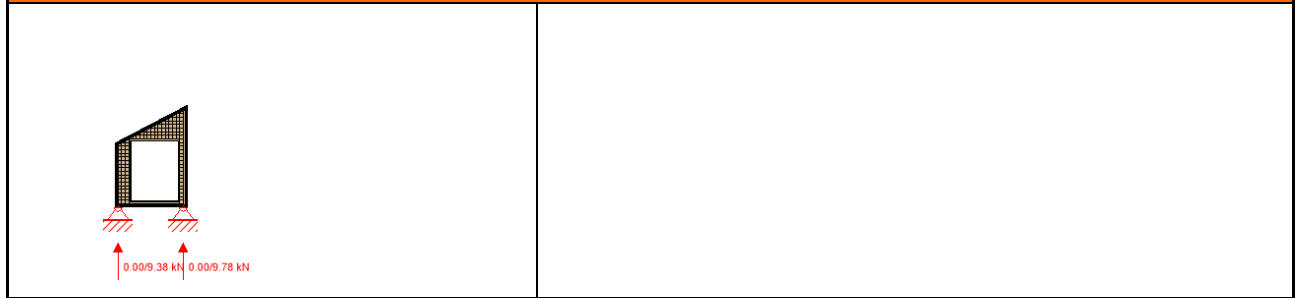
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$									
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]		
369	1,125	2,775	0,8	2,0	L/300	6,7	0,4	6 %	



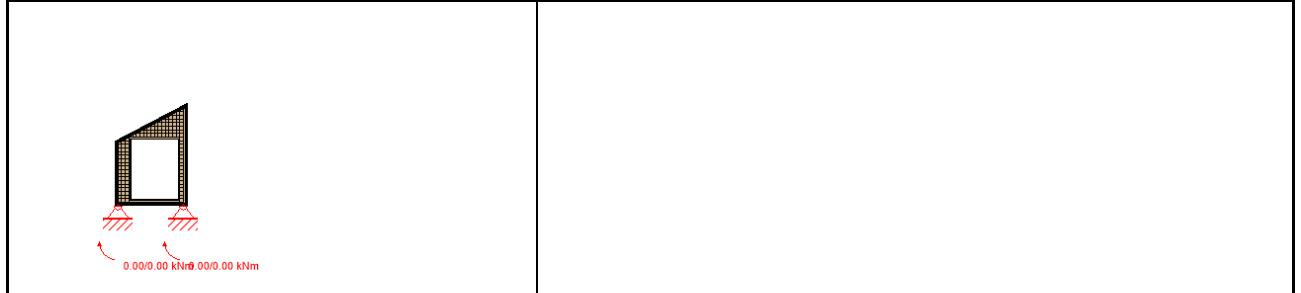

Reacción horizontal en apoyo min/max



Reacción vertical en apoyo min/max



Momento en apoyo min/max



3.3.3 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Certificación en cortante de rodadura para CLT

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB_SE-M	CTE DB_SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORMEN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España - Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España - Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

ANEJO II – MEMORIA DE FONTANERÍA

ANEJO II – MEMORIA DE FONTANERÍA

SUMINISTRO DE AGUA

ÍNDICE

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN
3. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO, DB HS4
 - 3.1 PROPIEDADES DE LA INSTALACIÓN
 - 3.2. DISEÑO
 - 3.3. DIMENSIONADO
4. CONSTRUCCIÓN
5. PUESTA EN SERVICIO
6. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Anexo tiene por objeto la descripción de la instalación de fontanería vivienda unifamiliar ubicada en el ayuntamiento de Santiago de Compostela así como la verificación del cumplimiento de la Sección HS 4 del Documento Básico de Salubridad. Esta verificación se realiza mediante la comprobación del cumplimiento por parte de la instalación de las condiciones de diseño, dimensionado, ejecución, productos de construcción, y condiciones de uso y mantenimiento, establecidas en el DB HS4.

La instalación objeto de este Anexo se encuentra dentro del ámbito de aplicación general del CTE (parte I), según lo dispuesto en el epígrafe 3 de su artículo 2.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Condicionantes de partida

El suministro de agua se realiza mediante la conexión a la red pública de abastecimiento en cumplimiento con lo establecido en la ordenanza municipal de uso eficiente de agua, previa comunicación al ayuntamiento de Santiago de Compostela y a la empresa a cargo del servicio (VIAQUA). De igual modo se prevé la instalación o ejecución de un pozo de captación de agua en la propia parcela.

Como previsión de la instalación para el autoabastecimiento de agua se instalará en el pozo una bomba sumergible de 1 CV, entre 25 ml y 50 metros lineales de tubería de polietileno uso alimentario de 10 atm de diámetro 40 mm. En el cuarto de instalaciones se ubicará el cuadro de protección con guardamotor y sonda de nivel así como hidrosfera y presutato.

El pozo se ejecutará con tapa galvanizada.

La tubería enterrada será ejecutada en polietileno de alta densidad PEAD DN32 (PE100 – PN10, conforme a UNE EN 12201), todas las demás tuberías de agua fría y caliente se proyectan en tubo multicapa PERT/Al/PERT.

La producción de ACS se realiza desde un aerotermo de 270 litro tipo magna de saunier duval.

La distribución de agua fría y caliente, en el interior de la vivienda, se proyecta con tubería multicapa PERT /Al / PERT, cumpliendo las siguientes características.

Presión servicio máxima. (bar)	Temperatura máxima de servicio (°C)	Picos máximos de temperatura (°C)	Presión de diseño (bar)
10	90	100	6

En el interior de la vivienda, la distribución de agua se realiza mediante el sistema de colectores, con llaves de corte aislando cada cuarto húmedo (o agrupación) así como cada derivación a aparato.

La producción de agua caliente sanitaria se realiza de forma individual, como se ha comentado anteriormente. Se realiza mediante aerotermo de 270 litros.

El trazado de las tuberías de la instalación se realiza por el falso techo, en aquellas estancias en que se dispone del mismo; donde no es así, el trazado se realiza a lo largo de rozas en las paredes. Los tramos verticales de las derivaciones a aparatos transcurren a través de rozas en los tabiques, en los cuales los tubos se encuentran protegidos mediante coquilla elastomérica de 10 mm de espesor. Las tuberías disponen de un aislamiento de coquilla de espuma elastomérica $k \leq 0,037 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ de 25 mm para tuberías visitables de agua caliente, y de 9 mm para tuberías visitables de agua fría.

Considerando que no se encuentra ningún punto de consumo de ACS a más de 15 m del equipo de producción, no se prevé una red de retorno de ACS en la presente edificación.

3. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO, DB HS4

3.1. Propiedades de la instalación

3.1.1. Calidad del agua

La relación de materiales empleados en la instalación garantizan el cumplimiento de las condiciones relativas a la calidad del agua establecidas en la Sección HS 4, ya que no modifica las propiedades organolépticas ni la salubridad del agua suministrada, resiste temperaturas superiores a 40°C, no presenta problemas de corrosión, y posee unas excelentes condiciones higiénicas, evitando el desarrollo de gérmenes patógenos.

3.1.2. Protección contra retornos

Se prevé la instalación de una válvula antirretorno combinada con un grifo de vaciado en la base de la montante, evitando posibles inversiones del sentido de flujo.

3.1.3. Condiciones mínimas de suministro

En la siguiente tabla se realiza una comparación entre los caudales mínimos exigidos por aparato y los caudales empleados para el cálculo de la presente instalación de suministro:

CAUDALES INSTANTÁNEOS MÍNIMOS POR APARATO				
Tipo de aparato	AGUA FRÍA		AGUA CALIENTE (ACS)	
	Caudal instantáneo mínimo exigible (L/s)	Caudal instantáneo Proyectado (L/s)	Caudal instantáneo mínimo exigible (L/s)	Caudal instantáneo Proyectado (L/s)
	Lavabo	0,10	0,10	0,065	0,10
Bidé	0,10	-	0,065	0,10
Ducha	0,20	0,20	0,10	0,20
Bañera	0,20	0,20	0,20	0,20
Inodoro con cisterna	0,10	0,10	-	-
Fregadero doméstico	0,20	0,20	0,10	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,15	0,10	0,10
Lavadora	0,20	0,20	0,15	0,15
Tomas auxiliares: caldera, grifos de servicio	0,20	0,20	-	-

Se comprueba, por tanto, el cumplimiento de las prescripciones relativas al caudal por aparato.

Se presenta a continuación un resumen de los caudales unitarios, acumulado bruto y caudal simultáneo, según norma UNE 149201:2008:

CAUDALES SUMADOS APARATOS

Tipo de aparato	AGUA FRÍA						AGUA CALIENTE(ACS)	
	Caudal instantáneo mínimo exigible (L/s)	Caudal instantáneo proyectado (L/s)	Aparatos	Caudal aparatos (L/s)	Caudal instantáneo mínimo exigible (L/s)	Caudal instantáneo proyectado (L/s)	Aparatos	Caudal aparatos (L/s)
Lavamanos	0,05	0,05	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00
Lavabo	0,10	0,10	4,00	0,40	0,07	0,07	4,00	0,26
Ducha	0,20	0,20	2,00	0,40	0,10	0,10	2,00	0,20
Bañera >1,40	0,30	0,30	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00
Bañera <1,40	0,20	0,20	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00
Bidé	0,10	0,10	1,00	0,10	0,07	0,07	1,00	0,07
Inodoro c/ cisterna	0,10	0,10	3,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Inodoro c/ fluxor	1,25	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Urinario c/ grifo temporizado	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Urinario c/ cisterna	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fregadero doméstico	0,20	0,20	1,00	0,20	0,10	0,10	1,00	0,10
Fregadero no doméstico	0,15	0,15	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00
Lavavajillas doméstico	0,15	0,15	1,00	0,15	0,10	0,10	1,00	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,25	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00
Lavadero	0,20	0,20	1,00	0,20	0,10	0,10	1,00	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,20	1,00	0,20	0,10	0,10	1,00	0,10
Lavadora industrial (8Kg)	0,20	0,20	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00
Vertedero	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grifo aislado	0,15	0,15	3,00	0,45	0,10	0,10	0,00	0,00

Autor: Denís Prieto Giraldo

Grifo garaje	0,20	0,20	1,00	0,20	0,00	0,00	1,00	0,00
Grifo cuarto limpieza	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lavavasos	0,25	0,20	0,00	0,00	0,25	0,20	0,00	0,00
Tirador cerveza	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máquina hielo	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nevera	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totales				2,60				0,93
Caudal simultáneo Qc				0,91				0,52

Caudal simultáneo AF	
Q _f (L/s)	0,91
Ecuación para Q _c (según UNE 149201:2008)	Si todo $Q_{\text{mín.}} < 0,5 \text{ l/s} \Rightarrow Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14 \text{ (l/s)}$
Q _c de diseño	1,04 L/s

Caudal simultáneo ACS	
Q _f (L/s)	0,52
Ecuación para Q _c (según UNE 149201:2008)	Si todo $Q_{\text{mín.}} < 0,5 \text{ l/s} \Rightarrow Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14 \text{ (l/s)}$
Q _c de diseño	0,71 L/s

3.1.4. Ahorro de agua

Con el fin de limitar el consumo de agua, los inodoros dispondrán de doble pulsador, para media descarga o descarga completa.

3.2. Diseño

Las instalaciones de suministro de agua objeto de este proyecto responden a un esquema tipo b), es decir, a una red con múltiples usuarios y contadores individuales, según se describe en el apartado 3.1 del DB-HS 4.

3.2.1. Elementos que componen la instalación

3.2.1.1. Acometida

La acometida dispondrá de los siguientes elementos:

- Una llave de toma o collarín de toma en carga, sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro que abra paso a la acometida.
- Un tubo de acometida que enlace la llave de toma con la llave de corte general
- Una llave de corte en el exterior de la propiedad.

Las características de la conexión de abastecimiento al edificio se detallan en la tabla siguiente:

CARACTERÍSTICAS DE LA ACOMETIDA	
Diámetro nominal de la acometida (mm)	Ø32
Diámetro nominal de la llave de corte exterior (mm)	1 1/2"
Material de la acometida	PEAD-PN10 (PE 100 – SDR 17 – S 8 según UNE-EN 12201)

3.2.1.2. Instalación general

La instalación general contendrá los elementos siguientes:

La captación se realiza a través de un pozo y un sistema de bombeo. Se canaliza hasta la entrada de la vivienda. Se prevé en la entrada una arqueta con llave de corte de abonado.

También se dejará una preinstalación en el frente de la parcela hasta la arqueta de entrada en previsión de una conexión municipal futura.

Las montantes de ACS y las de agua fría se realizan en tubería multicapa PERT /Al / PERT.

En la parte superior de las montantes se instalarán dispositivos de purga, con un separador o cámara que reduzca la velocidad del agua facilitando la salida del aire y disminuyendo los efectos de los posibles golpes de ariete.

3.2.2. Instalación de agua caliente sanitaria (ACS)

La producción de agua caliente sanitaria se realiza de forma individual, como se ha comentado anteriormente mediante bomba de calor aire-agua, tipo aerotermo, marca **Saunier Duval Magna**, con un depósito acumulador de 270 de capacidad para ACS

1. Medidas para evitar movimientos de dilatación por efectos térmicos

a) Deben disponerse las tuberías y los anclajes de tal modo que dilaten libremente, según lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Complementarias (RITE) para redes de calefacción.

b) En los tramos rectos se considerará la dilatación lineal del material, instalando dilatadores donde sea necesario, cumpliéndose para cada tipo de tubería las distancias que se especifican en el RITE.

2. Aislamiento de tuberías

Las tuberías dispondrán de un aislamiento de coquilla de espuma elastomérica con los siguientes espesores: 25 y 30 mm para tuberías visitables de agua caliente y 9 mm para tuberías visitables de agua fría, en interiores. Por su parte, la parte de la red que transcurra empotrada será protegida mediante tubo corrugado del diámetro adecuado a la tubería de que se trate. En exteriores, las tuberías se aislarán mediante coquilla de espuma elastomérica de 35 mm de espesor, con protección frente a la intemperie por medio de camisa de aluminio.

3. Regulación y control

En las instalaciones de ACS se regulará y controlará la temperatura de preparación y de distribución. Los sistemas de regulación y control de la temperatura están incorporados a los equipos de producción y preparación.

3.2.3. Protección contra retornos

Los aparatos y dispositivos se instalarán de modo que se impida la introducción de fluidos en la instalación, así como el retorno del agua que sale de la misma. En todos los aparatos que se alimentan directamente de la red de distribución de agua, el nivel inferior de llegada del agua verterá al menos 20 mm por encima del borde superior del recipiente.

3.2.4. Separación respecto de otras instalaciones

Con el fin de que las tuberías de agua fría no se vean afectadas por focos de calor, las tuberías de ACS y agua fría discurrirán siempre a una distancia mínima de 4 cm, y cuando se encuentren en el mismo plano vertical, las tuberías de agua fría se situarán siempre por debajo de las de ACS.

Las tuberías de distribución de agua fría y ACS irán siempre por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia mínima de 3 cm.

3.2.5. Señalización

Las tuberías de agua de consumo humano se señalarán inequívocamente, en color verde o azul oscuro.

3.3. Dimensionado

Dimensionado de las redes de distribución

Para el dimensionado de las redes de ACS se han utilizado los diámetros recomendados en el documento básico, se ha comprobado que las velocidades no son superiores ni inferiores a las permitidas.

El aislamiento térmico se ha calculado según RITE y en el punto relacionado con dilatadores, no es necesario implantarlos en tramos rectos inferiores a 25 m sin conexiones intermedias, como es nuestro caso

El dimensionado de la red se efectúa a partir del dimensionado de cada tramo, partiendo del circuito considerado como más desfavorable, que será aquel que cuente con la mayor pérdida de presión, debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.

El procedimiento de dimensionado es el siguiente:

a) El caudal máximo de cada tramo será igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo (respetando los caudales instantáneos mínimos para cada aparato establecidos en la Sección HS 4 del DB HS)

b) Establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con el criterio indicado en el apartado de condiciones de suministro del presente Anexo.

c) Determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.

d) Elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:

- Tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s
- Tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,3 y 3,50 m/s

e) Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

Se comprobará asimismo que las presiones disponibles en los puntos de consumo más desfavorables superan los valores mínimos establecidos en el DB HS4 (comprobación realizada en el apartado de condiciones de suministro del presente Anexo, y se determinará la pérdida de presión del circuito sumando la pérdida de presión total de cada tramo. Se realizará finalmente la comprobación de que las pérdidas de presión del circuito son inferiores a la presión disponible.

Para resolver cada uno de los segmentos de la red, se calculan las caídas de altura piezométrica entre dos nudos conectados por un tramo con la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \frac{8 \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D^5}$$

Donde:

h_p : Pérdida de carga (m.c.a.)

L: Longitud resistente de la conducción (m)

Q: Caudal que circula por la conducción (m³/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

D: Diámetro interior de la conducción (m)

El factor de fricción f es función del Número de Reynolds, el cual se calcula mediante la fórmula:

$$R_e = \frac{V \times D}{\nu}$$

Siendo:

V: La velocidad del fluido en la conducción (m/s)

D: El diámetro interior de la conducción (m)

ν : La viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

En edificios no se permite el flujo laminar en las conducciones, y para el cálculo en régimen turbulento del factor de fricción se utiliza la fórmula iterativa siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \div \text{Log} \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} + \frac{2.51}{\text{Re} \times \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

ε : Rugosidad absoluta del material

D: Diámetro interior de la conducción (m)

Re: Numero de Reynolds.

En el proceso de dimensionado, se tratará de optimizar y seleccionar el diámetro mínimo que cumpla todas las restricciones (de velocidad y presión), seleccionado aquellos diámetros que garanticen una velocidad de fluido más próxima a la velocidad óptima (1 m/s).

Una vez que los tramos cumplen estas condiciones, se comprueba si existen nudos que no cumplan con las condiciones de presión máxima y mínima. En caso de existir, se modificará el diámetro de las conducciones más cargadas es decir, aquéllas con una pérdida de carga unitaria mayor.

Dimensionado de derivaciones a cuartos húmedos y de ramales de enlace

Se comprueba en la siguiente tabla el diámetro de los ramales de enlace a los distintos aparatos presentes en la vivienda, comprobando el cumplimiento del diámetro mínimo exigido por el DB HS 4.

DIÁMETRO DE DERIVACIONES A APARATOS		
Aparato	DIÁMETRO NOMINAL DEL RAMAL DE ENLACE (mm)	
	Norma	Proyecto
Lavabo	12	20
Bidé	12	20
Ducha	12	20
Bañera	12	20
Inodoro con cisterna	12	20
Fregadero doméstico	12	20
Lavavajillas doméstico	20	20
Lavadora doméstica	20	20
Tomas auxiliares: grifos de servicio	-	20

En lo que respecta a las dimensiones del resto de los tramos de la instalación, las exigencias en cuanto a diámetros mínimos para las distintas tuberías de suministro y las dimensiones obtenidas como resultado del cálculo en el proyecto se presentan en la siguiente tabla:

DIÁMETRO MÍNIMOS DE ALIMENTACIÓN (tuberías de plástico o cobre)		
TRAMO CONSIDERADO	DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (mm)	
	Norma	Proyecto
Tuberías a cuartos húmedos	20	25
Columna (montante o descendente)	20	≥ 25
Distribuidor principal	25	40
Recirculación (viv A)	20	20

Se comprueban las presiones mínimas y temperaturas en puntos de consumo exigidas en la Sección HS 4:

	Norma	Proyecto
Presión mínima en grifos comunes (m.c.a.)	10	>10
Presión máxima en puntos de consumo (m.c.a.)	50	<50
Temperatura de ACS en puntos de consumo (°C)	50 - 65	50 - 60

La presión mínima necesaria en la acometida será:

	Proyecto
Presión mínima necesaria en punto de acometida	25 m.c.a.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Dimensionado de equipos, elementos y dispositivos de la instalación.

Dimensionados de los equipos, elementos y dispositivos:

Dimensionado de los contadores: se trata de contadores de menos de 3 m³/h de caudal máximo, se prevén contadores de DN 15 mm.

Cálculo del grupo de presión: No se prevé grupo de presión.

Cálculo del diámetro nominal del reductor de presión: considerando un caudal máximo simultáneo de cada consumo, inferior a 1,8 m³/h, se prevé un diámetro nominal de los reductores de presión de 15 mm.

Dimensionado de los sistemas y equipos de tratamiento de agua. No se prevén equipos de tratamiento.

4. CONSTRUCCIÓN

Se cumplirán las condiciones de construcción establecidas en el apartado 5 de la Sección HS4 del DB HS.

5. PUESTA EN SERVICIO

Se cumplirán las condiciones establecidas en el apartado 6 de la Sección HS4 del DB HS.

6. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Se cumplirán las condiciones establecidas en el apartado 7 de la Sección HS4 del DB HS.

ANEJO III – MEMORIA DE SANEAMIENTO

ANEJO III – MEMORIA SANEAMIENTO

Evacuación de aguas

ÍNDICE

1. GENERALIDADES: TIPO DE PROYECTO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN PROYECTADA
3. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS
4. DISEÑO
 - 4.1 CONDICIONES GENERALES DE LA EVACUACIÓN
 - 4.2. CONFIGURACIONES DE LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN
 - 4.3. ELEMENTOS QUE COMPONEN LAS INSTALACIONES
5. DIMENSIONADO
 - 5.1. DIMENSIONADO DE LA RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES
 - 5.2. DIMENSIONADO DE LA RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES
 - 5.3. ACCESORIOS
 - 5.4. DIMENSIONADO DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO Y ELEVACIÓN
6. PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN
7. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

El presente Anejo está dedicado al cumplimiento de la Exigencia Básica HS 5: Evacuación de aguas, correspondiente a la Sección HS 5 del DB HS Salubridad, en la que se establece que los edificios dispondrán de los medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y con las escorrentías.

1. GENERALIDADES: TIPO DE PROYECTO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente apartado tiene por objeto la descripción de las instalaciones de saneamiento proyectadas en una vivienda unifamiliar sita en el ayuntamiento de Santiago de Compostela.

En los siguientes apartados del presente anexo se verificará el cumplimiento de la exigencia básica HS 5, mediante la descripción y comparación de las condiciones de diseño, dimensionado, ejecución, productos de construcción, así como uso y mantenimiento proyectados y exigidos en la Sección 5 del DB HS.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN PROYECTADA

Se proyecta la evacuación de las aguas residuales del edificio objeto del presente proyecto mediante una red separativa de aguas fecales y aguas pluviales que verterán a la red pública de saneamiento compuesta por:

- Arqueta previa
- Tubería de acometida interior de parcela
- Tubería de conexión a la red.

Evacuación de aguas fecales

Las aguas fecales procedentes de los aparatos sanitarios de cada vivienda son recogidas mediante red de pequeña evacuación ejecutada con tubo de PVC, serie B sistema AR "ADEQUA" que confluye en la red general del edificio a través de las diferentes bajantes proyectadas, formadas por tubo de PVC, serie B, insonorizado, sistema AR "ADEQUA", de 110 mm de diámetro.

Las bajantes citadas conducen las aguas residuales de saneamiento, a través de colectores horizontales que confluyen en las correspondientes acometidas. Así, se proyectan colectores enterrados, de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m² con las correspondientes arquetas o pozos para registro y mantenimiento en los encuentros y cambios de dirección.

Se sifona la instalación mediante botes sifónicos en los aseos, y sifones individuales en el caso de los aparatos situados en cocinas y lavadero.

Evacuación de aguas pluviales

Las aguas pluviales de la cubierta son conducidas, gracias a la pendiente formada en las propias cubiertas, hasta bajantes vistas de ZINC, sección circular y 110 mm de diámetro, que conducen las aguas pluviales recogidas hasta el nivel del suelo.

Las aguas pluviales serán conducidas a una zanja drenante ejecutada en la propia parcela para filtrar las aguas al terreno.

3. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS

En el apartado 2 de la sección HS 5 del CTE se especifican algunas de las exigencias que se tienen en cuenta en el presente proyecto:

- Se disponen cierres hidráulicos en la instalación que impidan el paso del aire contenido en ella a los locales ocupados sin afectar al flujo de residuos.
- Las tuberías de la red de evacuación tendrán el trazado más sencillo posible, con pendientes y distancias que faciliten ser autolimpiables, de forma que se evite la retención de aguas en su interior.
- Las redes de tuberías son de los diámetros apropiados para transportar los caudales previsible en condiciones seguras. Asimismo, serán accesibles para su mantenimiento y reparación, para lo cual deben disponerse a la vista o alojadas en huecos o patinillos registrables, o bien deben contar con arquetas o registros.
- Se dispondrán sistemas de ventilación que permitan el funcionamiento de los cierres hidráulicos y la evacuación de gases mefíticos.
- La instalación no debe utilizarse para la evacuación de otro tipo de residuos que no sean aguas residuales o pluviales.

4. DISEÑO

4.1. Condiciones generales de la evacuación

De acuerdo con el apartado 3.1 de la sección HS 5 del CTE, los colectores del edificio desaguan en el pozo o arqueta general que constituye el punto de conexión entre la instalación de evacuación y la red de alcantarillado público, a través de la correspondiente acometida.

4.2. Configuraciones de los sistemas de evacuación

Conforme al DB HS 5, se realizarán dos redes de evacuación independientes, una para cada tipo de agua a evacuar: fecales y pluviales.

4.3. Elementos que componen las instalaciones

4.3.1. Elementos de la red de evacuación

4.3.1.1. Cierres hidráulicos

Cumplen las condiciones especificadas en el apartado 3.3.1.1 de la Sección HS 5 del CTE.

4.3.1.2. Redes de pequeña evacuación

Características de diseño de redes de pequeña evacuación

Criterios	Norma	Proyecto
Inclinación de las uniones de desagües a bajantes	$\geq 4,5^\circ$	$4,5^\circ$
Pendiente ramal de lavabos y fregaderos	$2,5\% \leq \text{pte.} \leq 5\%$	4%
Longitud desagüe de inodoro a bajante	$\leq 1,00$ m, siempre que no se consiga la pendiente necesaria	Se dota a los desagües de inodoros de la pendiente necesaria

Además de cumplir los criterios reflejados en la Tabla 1, las redes de pequeña evacuación tendrán un trazado sencillo para conseguir una circulación natural por gravedad. Los lavabos y fregaderos irán dotados de rebosadero. Por último, los aparatos dotados de sifón individual desaguarán a un tubo de derivación que tendrá la cabecera registrable con tapón roscado.

4.3.1.3. Bajantes y canalones

Cumplirán las condiciones especificadas en el apartado 3.3.1.3 de la Sección HS 5 del CTE.

4.3.1.4. Colectores

4.3.1.4.1. Colectores colgados

Criterios	Norma	Proyecto
Pendiente	$\geq 1\%$	1%
Distancia máxima entre registros	15 m	< 15 m

Las bajantes se conectarán a los colectores colgados mediante piezas especiales, nunca mediante simples codos.

En los tramos rectos, en cada encuentro o acoplamiento tanto en horizontal como en vertical, así como en las derivaciones, se dispondrán registros de tal manera que los tramos entre ellos no tengan una longitud superior a 15 m.

4.3.1.4.2. Colectores enterrados

Criterios	Norma	Proyecto
Pendiente	$\geq 2\%$	2%
Distancia máxima entre registros	15 m	< 15 m

Las bajantes se conectarán a los colectores enterrados mediante arquetas a pie de bajante de tipo prefabricado.

En los tramos rectos, en cada encuentro o acoplamiento tanto en horizontal como en vertical, así como en las derivaciones, se disponen registros de tal manera que los tramos entre ellos no tengan una longitud superior a 15 m.

Los tubos se disponen en zanjas de dimensiones adecuadas, situados por debajo de la red de distribución de agua potable.

4.3.1.5. Elementos de conexión

Cumplirán las condiciones especificadas en el apartado 3.3.1.5 de la Sección HS 5 del CTE.

4.3.2. Elementos especiales

4.3.2.1. Sistema de bombeo y elevación

No aplica.

4.3.2.2. Válvulas antirretorno de seguridad

Se instalarán válvulas antirretorno de seguridad para prevenir las posibles inundaciones como consecuencia de una sobrecarga de la red exterior, tipo VAR de "ADEQUA".

4.3.3. Subsistemas de ventilación de las instalaciones

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

Se proyecta la ventilación de bajantes mediante ventilación primaria. De este modo se evita el desifonamiento de los aparatos y el paso de malos olores desde la red de evacuación a los locales habitables.

5. DIMENSIONADO

De acuerdo con el apartado 4 de la Sección HS 5 del CTE, se ha aplicado un procedimiento de dimensionado para un sistema separativo.

En el dimensionado de las redes de evacuación se emplea el concepto de Unidad de Desagüe (UD). La UD es una unidad de velocidad de evacuación que equivale a 0,47 dm³/s, y representa el peso que un aparato sanitario tiene en la evaluación de los diámetros de una red de evacuación.

5.1. Dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales

5.1.1. Red de pequeña evacuación de aguas residuales.

5.1.1.1. Derivaciones individuales

La tabla siguiente fija las UD que, según el CTE, se debe adjudicar a cada tipo de aparato sanitario, así como los diámetros mínimos de los sifones y derivaciones individuales correspondientes.

UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe (UD)		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)			
	Norma		Proyecto	Norma		Proyecto
	Uso privado	Uso público		Uso privado	Uso público	
Lavabo	1	2	1	32	40	40
Ducha	2	3	2	40	50	40
Bañera	3	4	3	40	50	40
Bide	2	3	2	32	40	40
Inodoro con cisterna	4	5	4	100	100	110
Fregadero de cocina	3	6	3	40	50	40
Lavavajillas cocina	3	6	3	40	50	40

Lavadora	3	6	3	40	50	40
Secadora	3	6	3	40	50	40

Por otra parte, existe una serie de aparatos con necesidad de evacuación de agua que no se encuentran descritos en la tabla 4.1 del DB HS 5, reproducida más arriba. Para ellos se han atendido las prescripciones de los distintos fabricantes a la hora de dimensionar las derivaciones individuales, las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Diámetros correspondientes a aparatos sanitarios específicos de la instalación

Tipo de aparato	Ø DERIVACIÓN INDIVIDUAL (mm)
Sumideros locales técnicos	110

Se comprueba que los ramales proyectados poseen un diámetro superior al mínimo exigido en el DB HS 5, y se verifica además que el diámetro de las conducciones aumenta en el sentido del flujo de evacuación de aguas residuales, encontrándose la tubería de mayor diámetro en el último tramo de la instalación.

5.1.1.2. Botes sifónicos o sifones individuales

Los sifones individuales tendrán el mismo diámetro que la válvula de desagüe conectada.

5.1.1.3. Ramales colectores

El diámetro de los ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante de acuerdo con el CTE se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 6: Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante.

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1%	2%	4%	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1150	1680	200

5.1.2. Bajantes de aguas residuales

El Documento Básico HS 5 del CTE, en su apartado 4.1.2, especifica que el dimensionado de las bajantes debe ser tal que la superficie ocupada por el caudal previsible de agua no sea mayor que $\frac{1}{3}$ de la sección transversal de la tubería. Así, en la siguiente tabla, el diámetro de las bajantes se obtiene como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo número de UD en la bajante y el máximo número de UD en cada ramal en función del número de plantas:

Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD en cada ramal, para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)	
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Norma	Proyecto
10	25	6	6	50	50/110
19	38	11	9	63	110
27	53	21	13	75	
135	280	70	53	90	
360	740	181	134	110	
540	1100	280	200	125	
1208	2240	1120	400	160	
2200	3600	1680	600	200	
2800	5600	2500	1000	250	
6000	9240	4320	1650	315	

La bajante con mayor número de UD asignadas es la numerada como F1 con 27 UD con lo que el diámetro de 110 mm es suficiente para cumplir las anteriores prescripciones. Las otras dos bajantes proyectadas, numeradas como F2 y F3 tienen asignadas 18 y 6 UD respectivamente, con lo que el diámetro de 110 y 50 mm es suficiente.

5.1.3. Colectores horizontales de aguas residuales

El Documento Básico HS 5 del CTE, en su apartado 4.1.3, establece que el dimensionado de los colectores horizontales debe ser tal que funcionen a media sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección, bajo condiciones de flujo uniforme. Así, la siguiente tabla detalla el diámetro mínimo de los colectores horizontales en función del máximo número de UD y de la pendiente, junto a los diámetros proyectados en la presente instalación:

**Diámetros de los colectores horizontales
en función del número máximo de UD
y de la pendiente adoptada**

Máximo número de UD			Diámetro (mm)	
Pendiente			Norma	Proyecto
1%	2%	4%		
-	20	25	50	125
-	24	29	63	
-	38	57	75	
96	130	160	90	
264	321	382	110	
390	480	580	125	
880	1056	1300	160	
1600	1920	2300	200	
2900	3500	4200	250	
5710	3920	8290	315	
8300	10000	12000	350	

Debido a que en la edificación existe 1 acometida de fecales con evacuación de hasta 130 UD, los colectores generales proyectados con un diámetro de 125 mm permiten evacuar sobradamente las aguas residuales fecales generadas.

5.2. Dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales

5.2.1. Red de pequeña evacuación de aguas pluviales

Se proyecta la recogida de las aguas pluviales caídas en las diferentes cubiertas mediante bajantes de aluminio según se detalla en el documento de planos.

5.2.2. Bajantes de aguas pluviales

Las bajantes de aguas pluviales, según se especifica en el apartado 4.2.3 del Documento Básico HS 5 del CTE, deben ser dimensionadas en función de la superficie en proyección horizontal a la que sirven.

Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
	Norma
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1544	160
2700	200

Para regímenes pluviométricos diferentes, se ha de aplicar a los valores de superficie servida obtenidos de la Tabla 8 un factor de corrección f tal que:

$$f = \frac{i}{100}$$

donde i = intensidad pluviométrica que se quiere considerar, en mm/h

Las restantes bajantes proyectadas del mismo diámetro, cumplen con las condiciones establecidas.

5.2.3. Canales

El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en la tabla 4.7 en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Se proyectan canales de zinc con un desarrollo de 280 mm

5.2.4. Bajantes de pluviales

El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, servida por cada *bajante* de

aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.8:

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Se proyectan bajantes de **Ø80 mm** de zinc

5.2.5. Colectores de aguas pluviales

Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena. Así, su diámetro se obtiene de la tabla siguiente, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirven.

Diámetros de los colectores de aguas pluviales
para un régimen pluviométrico de 90 mm/h

Superficie proyectada horizontalmente (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1%	2%	4%	Norma
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1228	160
1070	1510	2140	200
1920	2710	3850	250
2016	4589	6500	315

A continuación figuran los valores de superficie de la tabla anterior, una vez aplicada la corrección por la pluviosidad propia de la ubicación del edificio. Se exponen asimismo las dimensiones seleccionadas para los colectores de aguas pluviales.

Debido a que en la edificación existe una evacuación de pluviales de **127.64 m²**, los colectores generales proyectados, con un diámetro de **110 mm y 125 mm** permiten evacuar sobradamente las aguas pluviales generadas.

5.6. Accesorios

En la tabla siguiente se reflejan las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A) de una arqueta en función del diámetro del colector de salida de ésta, según se especifica en el apartado 4.5 del Documento Básico HS 5 del CTE, junto con las dimensiones adoptadas en el presente proyecto para cada diámetro de colector:

Tabla 1: Dimensiones de las arquetas

Diámetro del colector de salida (mm)	Largo x Ancho (cm)	
	Norma	Proyecto
100	40x40	40x40
150	50x50	50x50
200	60x60	60x60
250	60x70	
300	70x70	
350	70x80	

Así, se proyectan arquetas enterradas, prefabricada de hormigón o de fábrica de ladrillo, de dimensiones interiores 40x40x60 cm y 50x50x60, sobre solera de hormigón en masa HM-20/B/20/I de 15 cm de espesor, con marco y tapa prefabricados de hormigón armado.

5.7. Dimensionado de los sistemas de bombeo y elevación

No se proyectan sistemas de bombeo.

6. CONSTRUCCIÓN

Se cumplirá en el presente proyecto lo dispuesto en el apartado 5 de la Sección HS 5 del Código Técnico de Edificación.

7. PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

Se cumplirá en el presente proyecto lo dispuesto en el apartado 6 de la Sección HS 5 del Código Técnico de Edificación.

8. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Se cumplirá en el presente proyecto lo dispuesto en el apartado 7 de la Sección HS 5 del Código Técnico de Edificación.

ANEJO IV – MEMORIA DE VENTILACIÓN

ANEJO IV – MEMORIA DE VENTILACIÓN

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

ÍNDICE

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN
2. CAUDAL DE VENTILACIÓN
3. DISEÑO
 - 3.1 CONDICIONES GENERALES DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN
 - 3.2. CONDICIONES PARTICULARES DE LOS ELEMENTOS
4. DIMENSIONADO
5. PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN
6. CONDICIONES DE CONSTRUCCIÓN
7. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

1.-OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente anexo tiene por objeto la descripción de la ventilación proyectada para una vivienda unifamiliar ubicada en el ayuntamiento de Santiago de Compostela, así como la verificación del cumplimiento de la Sección HS3 del Documento Básico de Salubridad que aplica, en los edificios de viviendas, al interior de las mismas.

Las comprobaciones que se realizarán con el fin descrito anteriormente son las siguientes:

- a) Cumplimiento de las condiciones establecidas para caudales en el apartado 2 del DB HS3.
- b) Cumplimiento de las condiciones establecidas para el diseño del sistema de ventilación en el apartado 3 del DB HS3: tipo de ventilación y condiciones relativas a los medios de ventilación para cada tipo de local, y condiciones relativas a los elementos constructivos (aberturas y bocas de ventilación, conductos de admisión y extracción, extractores, ventanas y puertas exteriores)
- c) Cumplimiento de las condiciones de dimensionado del apartado 4 del DB HS3 relativas a los elementos constructivos.
- d) Cumplimiento de las condiciones de productos de construcción del apartado 5 del DB HS3.
- e) Cumplimiento de las condiciones de construcción del apartado 6 del DB HS3.
- f) Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación del apartado 7 del DB HS3.

Se proyecta el cumplimiento de la exigencia básica de calidad del aire interior para la vivienda mediante una instalación de ventilación mecánica de doble flujo con intercambiador de calor de tipo contraflujo de alto rendimiento. Se dispone de un sistema complementario de ventilación natural en cocina, salas y dormitorios a través de ventanas y puertas exteriores practicables y exteriores.

La ventilación se resuelve mediante un sistema de ventilación mecánica controlada de doble flujo con recuperación de calor de alto rendimiento con bocas de impulsión en los locales secos y con bocas de extracción en los locales húmedos, la comunicación entre ellos se realizará a través de las propias puertas y a través de los espacios de comunicación tales como pasillos y distribuidores.

El aire viciado se expulsará a través de la cubierta edificio convenientemente distanciadas. Dadas las características de la vivienda en cuanto a superficie y volumen se plantea la

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

instalación de una unidad de recuperación instalada en planta baja en un local destinado a instalaciones.

Para la extracción mecánica de vapores y contaminantes de la cocción se dispone de un sistema adicional específico de ventilación en la cocina de extracción para eliminación de olores, a su vez se colocan dos tomas de extracción cerca de la campana para favorecer la eliminación de vapor. Estas tomas también irán dotadas de filtros para evitar la entrada de grasas en los conductos y a su vez en el recuperador de calor.

2.-CAUDAL DE VENTILACIÓN

En la tabla siguiente se reflejan los caudales de ventilación mínimos exigidos para locales de acuerdo con el tabla 2.1 de la Sección HS3.

CONDICIONES DE VENTILACIÓN PROYECTADAS PARA LA VIVIENDA				
TIPO DE LOCAL	LOCAL	CAUDAL DE VENTILACIÓN MÍNIMO EXIGIDO		
		UNITARIO	qv	
			l/s	m ³ /h
Local seco	Salón	10 l/s	10,00	36,0
	Dormitorio ppal	8 l/s	8,00	28,8
	Otros dormitorios	4 l/s	4,00	14,40
Local húmedo	Baño/aseo	8 l/s	8,00	28,8
	Lavadero-Tendal	8 l/s	8,00	28,8
	Cocina	8 l/s	8,00	28,8
	Mínimo:		33 l/s	118,8 m ³ /h
	Ventilación específica de cocina	50l/(s·cocina)	50,00	180,00

En el sistema general de ventilación mecánica de la vivienda el aire circula desde locales secos hasta locales húmedos a través de aberturas de paso y a través de los espacios de comunicación tales como distribuidores y pasillos.

Aplicando un procedimiento de equilibrado de caudales de admisión y de extracción, suponiendo una hipótesis de circulación de aire según la distribución de los locales, resultan los siguientes caudales:

Estancia	Planta	Alt.	m ²	m ³	Ventilación CTE (m ³ /h)		Ventilación proyecto (m ³ /h)	
					Impulsiones	Extracciones	Impulsiones	Extracciones
Salón-Comedor-Cocina	PB	2,70	53,00	143,10	36	28,8	40	80
Entrada-escaleras	PB	2,70	6,90	18,63				
Dormitorio 01	PB	2,70	11,15	30,11	28,8		40	
Dormitorio 02	PB	2,70	12,40	33,48	14,4		40	
Dormitorio 03	PB	2,70	12,40	33,48	14,4		40	
Dormitorio 04	PB	2,70	12,40	33,48	14,4		40	
Baño 01	PB	2,50	5,05	12,63		28,8		40
Vestidor	PB	2,50	6,10	15,25				
Pasillo	PB	2,50	27,30	68,25				
Baño 02	PB	2,50	5,45	13,63		28,8		40
Aseo	PB	2,50	3,25	8,13		28,8		40
Lavandería	PB	2,50	3,65	9,13		28,8		40
Sala de instalaciones	PB	2,50	10,90	27,25				
Sala polivalente	P1	2,50	21,35	53,38	36		40	
		Total:	178,90	466,42	144,00	144,00	240,00	240,00
					Número de Conductos:		6	6
					Caudal por Conducto:		40	m ³ /h
					Renovaciones:		0,51	ren/h.

CONDICIONES DE VENTILACIÓN PROYECTADAS

LOCALES SECOS: 240 m³/h

LOCALES HÚMEDOS: 240 m³/h

3.-DISEÑO

3.1.-CONDICIONES GENERALES DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN

La renovación de aire dentro de la vivienda se realiza mediante ventilación mecánica con recuperación de calor. La toma de admisión aire exterior y descarga de aire viciado se ubica en la cubierta o en las fachadas del edificio distanciadas más de 3 m.

Las bocas de impulsión y extracción se instalan en locales secos y húmedos respectivamente. Para equilibrar caudales, en algunos recintos se instalan bocas de impulsión y de extracción simultáneamente. Cada boca dispone de un conducto independiente que la comunica con el recuperador, y un regulador de caudal.

La comunicación de locales secos con locales húmedos contiguos a través de la holgura en las puertas que comunican ambos recintos y a través de los propios espacios de distribución tales como pasillos y distribuidores.

3.2.- CONDICIONES PARTICULARES DE LOS ELEMENTOS

Aberturas y bocas de ventilación

La toma de aire exterior y las puertas y ventanas dispuestas para la ventilación natural complementaria están en contacto con un espacio exterior suficientemente grande para permitir que en su planta pueda situarse un círculo cuyo diámetro sea igual a 3 m.



Las bocas de expulsión y admisión del recuperador dispone de elementos de protección para impedir la entrada de agua y pájaros.

Rejilla de expulsión (ZEHNDER, 2022)

Conductos de extracción e impulsión para ventilación mecánica

Cada rejilla cuenta con un conducto independiente que lo comunica con el colector/silenciador/distribuidor ubicado a la salida del recuperador de calor. Se trata de conductos de polietileno de baja densidad con junta de estanqueidad. Los conductos que comunican el recuperador con el exterior son de polipropileno extruido.

Los conductos disponen de un acabado que dificultan su ensuciamiento; son estancos al aire para su presión de dimensionado y practicables para su registro y limpieza en la coronación y en el arranque de los tramos verticales.



Confotube90 (ZEHNDER, 2022)

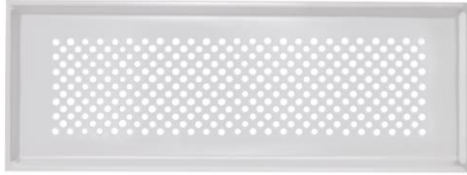
Rejillas de ventilación de locales

Cada local ventilado dispondrán de rejillas tipo LUNA de zehnder o similar, regulables manualmente o en la propia boca de salida mediante el dispositivo confoset, para conseguir el equilibrado. Esta tipo de rejilla irá acompañada de una boca tipo TVA-K 90

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA
Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

larga , con el objetivo de calibrar los caudales de ventilación de cada local y conseguir de esta manera un sistema de ventilación equilibrado.



Rejilla interior ZEHNDER CLF – Premium (ZEHNDER, 2022)¹⁷

Equipo de recuperación

Se dispone de un recuperador de calor de alta eficiencia Zehnder, modelo ComfoAir Q350 con las siguientes características:

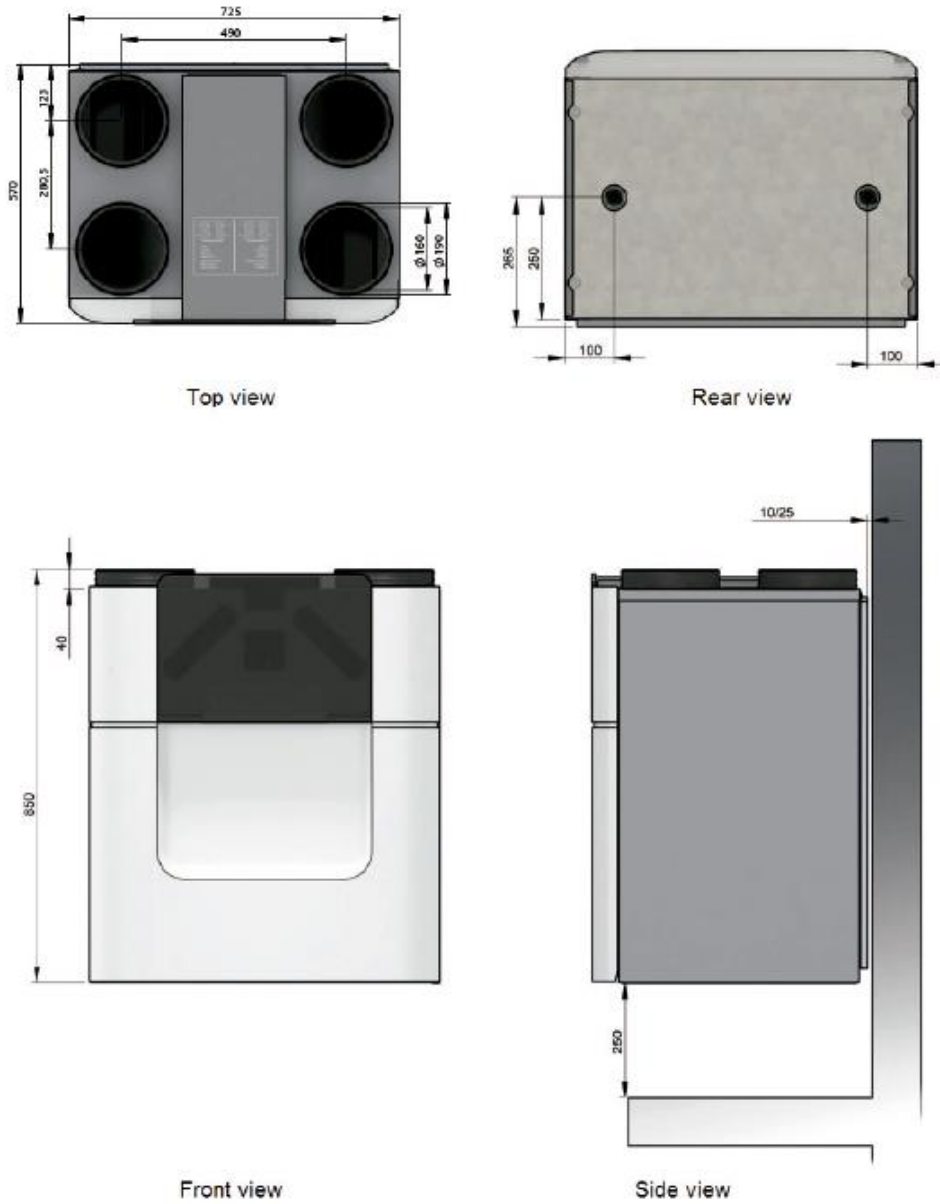
- Caudal de aire max 350m³/h.
- Intercambiador en forma de diamante, +25% incremento de superficie de contacto (Patente Zehnder).
- Presión disponible de (200Pa) a 350m³ / h.
- Eficiencia superior al 95% y un SFP de 0,21wh/m³.
- Dimensiones: 850 x 725 x 570 mm (alto–ancho–prof).

Incluye control remoto que permite ajustar los caudales y programador horario semanal.



(ZEHNDER, 2022)

¹⁷ (ZEHNDER, 2022)



(ZEHNDER, 2022)¹⁸

¹⁸ (ZEHNDER, 2022)

4.-DIMENSIONADO

Aberturas de Ventilación

El área efectiva total (cm²) 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 que se muestra a continuación:

Aberturas de ventilación	Aberturas de admisión ⁽¹⁾	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 ⁽²⁾	8·q _v

siendo:

q_v: caudal de ventilación mínimo exigido de el local [l/s], obtenido de la tabla 2.1. de la Sección HS3.

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].

Conductos de Ventilación

La sección nominal mínima exigida (en cm²) de cada tramo del conducto de extracción contiguo a un local habitable resulta de la fórmula:

$$S_{\text{mínima}} (\text{cm}^2) = 2,5 \cdot q_{vt} \left(\frac{l}{s} \right) \Rightarrow \phi_{\text{mínimo}} (\text{mm}) = \left(\frac{4 \cdot S}{\pi} \right)^{0,5} \cdot 10$$

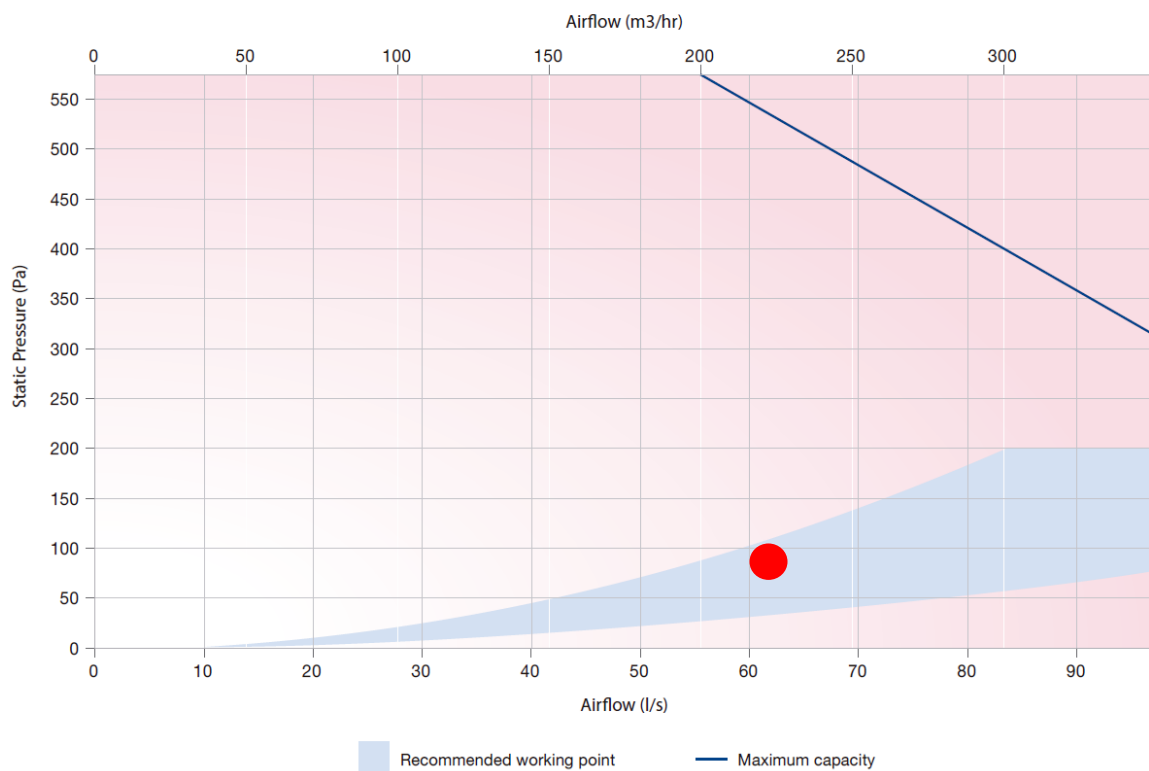
donde q_{vt} representa el caudal de aire en el tramo de conducto, medido en l/s. Es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las aberturas de extracción que vierten al tramo, lo que equivale a una velocidad máxima del aire en los conductos de 4m/s. Se dimensionan los conductos para velocidades inferiores.

Extractores

Se dimensionan de acuerdo con los caudales de extracción previstos y con una depresión suficiente para contrarrestar las pérdidas de presión previstas en el sistema.

RECUPERADOR DE CALOR 1				
Nº de conducto de extracción:	$Q_{\text{extracción}}$		$\Phi_{\text{comercial}}$ mm	Modelo
	l/s	m ³ /h		
1	66.66	240	160	Zehnder ComfoAir Q350

Se muestra a continuación las curvas características de los extractores seleccionados, donde se comprueba la pérdida de carga para los caudales de extracción proyectados:



5.-PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales a utilizar cumplirán los requisitos del apartado 5 de la Exigencia Básica HS 3.

6.-CONDICIONES DE CONSTRUCCIÓN

Se cumplirán las condiciones de construcción del apartado 6 de la Exigencia Básica HS 3 y se seguirán las indicaciones del fabricante.

7.-MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Deben realizarse las operaciones de mantenimiento que se incluyen junto con su periodicidad en la tabla siguiente, y las correcciones pertinentes en el caso de que se detecten defectos.

Operaciones de mantenimiento

	Operación	Periodicidad
Conductos	Limpieza	1 año
	Comprobación de la estanquidad aparente	5 años
Aberturas	Limpieza	1 año
Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores	Limpieza	1 año
	Revisión del estado de funcionalidad	5 años
Filtros	Revisión del estado	6 meses
	Limpieza o sustitución	1 año
Sistemas de control	Revisión del estado de sus automatismos	2 años

ANEJO V – CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (CEE)

ANEJO V – CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (CEE)

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

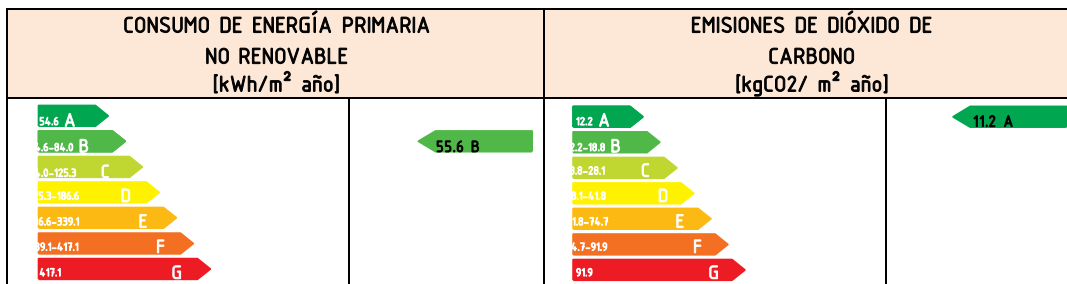
Nombre del edificio	REHABILITACIÓN VIVIENDA PROYECTO DE FIN DE GRADO		
Dirección	RUA DA CARBALLA, 97		
Municipio	Santiago de Compostela	Código Postal	15707
Provincia	A Coruña	Comunidad Autónoma	Galicia
Zona climática	D1	Año construcción	1900
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0203801NH4.09C0001KX		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<ul style="list-style-type: none"> • Edificio de nueva construcción 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Edificio Existente
<ul style="list-style-type: none"> • Vivienda <ul style="list-style-type: none"> • Unifamiliar ◦ Bloque <ul style="list-style-type: none"> ◦ Bloque completo ◦ Vivienda individual 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Terciario <ul style="list-style-type: none"> ◦ Edificio completo ◦ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	DENÍS PRIETO GIRALDO	NIF(NIE)	44817165D
Razón social	-	NIF	-
Domicilio	DIRECCIÓN TÉCNICO		
Municipio	SANTIAGO DE COMPOSTELA	Código Postal	15705
Provincia	A Coruña	Comunidad Autónoma	Galicia
e-mail:	denis.prieto.giraldo@udc.es	Teléfono	667933***
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTO TÉCNICO		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3 + ComplementoEdificiosNuevosv2.3.0.5		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



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

Fecha: 25/06/2022

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.



Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

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

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

3. Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
MODULO 1 FACHADA NORTE	Fachada	23.24	0.14	Conocidas
MODULO 1 FACHADA SUR	Fachada	18.43	0.13	Conocidas
MODULO 1 FACHADA SUR 2	Fachada	22.07	0.14	Conocidas
MODULO 1 FACHADA ESTE	Fachada	18.73	0.13	Conocidas
MODULO 1 FACHADA ESTE2	Fachada	10.92	0.14	Conocidas
MODULO 1 FACHADA OESTE	Fachada	31.39	0.14	Conocidas
MODULO 2 FACHADA OESTE	Fachada	6.46	0.14	Conocidas
MODULO 2 FACHADA NORTE	Fachada	19.18	0.13	Conocidas
MODULO 3 FACHADA NORTE	Fachada	15.53	0.13	Conocidas
MODULO 3 FACHADA ESTE	Fachada	10.21	0.13	Conocidas
MODULO 3 FACHADA ESTE2	Fachada	3.32	0.14	Conocidas
MODULO 3 FACHADA OESTE2	Fachada	3.32	0.14	Conocidas
MODULO 3 FACHADA SUR2	Fachada	6.89	0.14	Conocidas
MODULO 3 FACHADA NORTE2	Fachada	1.77	0.14	Conocidas
MODULO 4 FACHADA SUR	Fachada	15.59	0.13	Conocidas
MODULO 4 FACHADA OESTE	Fachada	8.51	0.13	Conocidas
MODULO 4 FACHADA ESTE	Fachada	8.51	0.13	Conocidas
SOLERA VENTILADA	Suelo	188.75	0.33	Estimadas
CUBIERTA VIVIENDA	Cubierta	154.41	0.15	Conocidas
MODULO 4 FACHADA SUR 2	Fachada	4.73	0.14	Conocidas
MODULO 4 FACHADA OESTE 2	Fachada	3.16	0.14	Conocidas
MODULO 4 FACHADA ESTE 2	Fachada	3.16	0.14	Conocidas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
VENTANA 001	Hueco	2.0	0.70	0.15	Conocido	Conocido
VENTANA 002	Hueco	3.43	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 003	Hueco	2.55	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 004	Hueco	1.56	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 005	Hueco	5.0	0.70	0.09	Conocido	Conocido
VENTANA 006	Hueco	0.94	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 007	Hueco	1.1	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 008	Hueco	1.15	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 009	Hueco	0.7	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 010	Hueco	4.22	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 011	Hueco	0.7	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 012	Hueco	2.2	0.70	0.41	Conocido	Conocido
VENTANA 014	Hueco	0.78	0.70	0.09	Conocido	Conocido
VENTANA 013	Hueco	8.58	0.70	0.09	Conocido	Conocido

4. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

--	--

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
EQUIPO DE ACS	Bomba de Calor		279.2	Electricidad	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D1	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
	11.2 A	CALEFACCIÓN		ACS		
	<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>		A	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>		A
	9.03			2.19		
			REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i>		<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>		<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>		
		0.00		-		

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	2.19	338.56
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	9.03	1395.95

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
	55.6 B	CALEFACCIÓN		ACS		
	<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>		B	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>		A
	42.66			12.94		
			REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i>		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>		<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>		
		0.00		-		

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<p> A: < 28.9 B: 28.9-46.8 C: 46.8-72.6 D: 72.6-111.6 E: 111.6-178.3 F: 178.3-208.6 G: > 208.6 </p>	<p>33.0 B</p>	<p>No calificable</p>	
<p><i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i></p>		<p><i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i></p>	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Apartado no definido

Al tratarse de una edificación en estado ruinoso, junto con la reforma integral de la vivienda, no se han considerado medidas de mejora en la edificación existente. La justificación del uso de calefacción se justifica en el ANEJO VI – Justificación del estándar passivahus, del presente proyecto.

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

--	--

--

ANEJO VI – JUSTIFICACIÓN ESTÁNDAR PASSIVHAUS

ANEJO IV – JUSTIFICACIÓN ESTÁNDAR PASSIVHAUS

1.1 OBJETO

El objeto del presente documento tiene como finalidad la justificación de cálculos, metodología y diseño de los principios básicos de la filosofía passivhaus para poder, de este modo, alcanzar el y cumplir con el estándar para el proyecto de rehabilitación de una vivienda unifamiliar situada en rúa da Carballa en el entorno del ayuntamiento de Santiago de Compostela.

1.2 FILOSOFÍA PASSIVHAUS Y PRINCIPIOS BÁSICOS.

La filosofía passivhaus es un criterio constructivo en edificación donde se pretende obtener un confort interior elevado reduciendo el consumo energético para alcanzar dicho objetivo. Esta filosofía versa sobre cinco principios constructivos básicos: Un gran aislamiento térmico en toda la envolvente del edificio, la eliminación de puentes térmicos, la instalación de carpinterías de ventanas con rotura de puente térmico y vidrios de altas prestaciones, la hermeticidad al aire mediante una capa estanca y un sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor.

Teniendo en cuenta estos principios y con una simulación de calculo correcta, podemos reducir el consumo energético de la vivienda hasta el punto de obviar un sistema de calefacción convencional siendo suficiente el calentamiento o refrigeración mediante la renovación de aire previendo un apoyo energético mínimo en el día mas frio y caluroso del año mediante el uso de toalleros eléctricos o espejos radiantes en los cuartos húmedos de la vivienda manteniendo todo el año la vivienda a una temperatura interior constante, siendo de este modo el confort y la eficiencia energética los principales objetivos del estándar.

La simulación del edificio se lleva a cabo con la herramienta informática PHPP (Passivhaus Planning Package) con la cual podemos conocer como se comporta la vivienda conforme al diseño constructivo elegido. Predimensionando en un primer lugar la envolvente del edificio, escogiendo materiales y definiendo niveles de aislamiento, así como carpinterías y vidrios, teniendo en cuenta la orientación de la vivienda, la cual jugará un papel clave la hora del diseño, el clima en el que se encuentra, valores característicos del terreno, el sombreado sobre los huecos, la eliminación y calculo de los puentes térmicos y el la correcta definición de la parte activa de la vivienda: Ventilación mecánica con recuperador de calor, sistema de refrigeración si el edificio tiene sobrecalentamiento y la producción de ACS con bomba de calor, podemos introducir todos los datos del predimensionado en el programa PHPP para así verificar el diseño elegido o bien nos

permitirá detectar los aspectos más débiles del mismo y de este modo implementar mejoras hasta lograr llegar al estándar. (Rios Sánchez, 2013)¹⁹

A la hora de simular y calcular la vivienda, los objetivos de confort y eficiencia energética se cumplen por si solos siguiendo los criterios generales mínimos que el estándar exige. Dichos criterios para la certificación son:

- Demanda máxima de calefacción de **15 kWh/m²año**
- Demanda máxima para refrigeración **15 kWh/m²año**
- Carga máxima de calefacción/refrigeración **10 W/m²**
- Consumo de energía primaria para calefacción/refrigeración, ACS y electricidad inferior a **120kWh/m²año**

También son criterios a considerar:

- Temperaturas superficiales sobre la superficie interior de la envolvente térmica inferiores a **17°C**
- Frecuencia de **sobrecalentamiento**: menor al 10% de las horas anuales sobre 25º (sin refrigeración activa)
- Frecuencia de exceso de humedad: menor o igual al 20% de las horas anuales sobre **12g/kg** (sin refrigeración activa), menor o igual al 10% de las horas anuales sobre **12g/kg** (con refrigeración activa) (Feist D. W., 2015)²⁰

Adicionalmente estos criterios se deben de verificar mediante dos ensayos de permeabilidad al aire (test blowerdoor): uno en fase de obra (método1) y otro en con la obra finalizada (método2), siendo ambos test condición sine qua non para la obtención del estándar. Ambos ensayos se realizan en sobrepresión y depresión con el objetivo de detectar el nivel de permeabilidad de la vivienda.

Para alcanzar el estándar passivhaus el resultado objetivo para el valor n50 deberá ser inferior 0.6 renovaciones/hora. En el caso de rehabilitación el estándar se denomina como como enerPhit y es menos restrictivo a la hora de verificar su permeabilidad exigiendo alcanzar un valor n50 inferior a 1.00 renovaciones/hora.

El estándar presta especial atención a la envolvente del edificio y a la renovación del aire mediante el sistema de ventilación mecánica (VM), los cuales son aspectos principales a la hora de alcanzar sus objetivos.

La filosofía passivhaus no se ve supeditada a un sistema constructivo concreto, siendo de este modo cualquier alternativa constructiva válida a la hora de cumplir con el estándar únicamente alcanzando con los objetivos mínimos exigidos.

La certificación del estándar no supone ningún aspecto complejo a la hora de la construcción del edificio, únicamente, se centra en aspectos constructivos en los que

¹⁹ (Rios Sánchez, 2013)

²⁰ (Feist P. I., 2015)

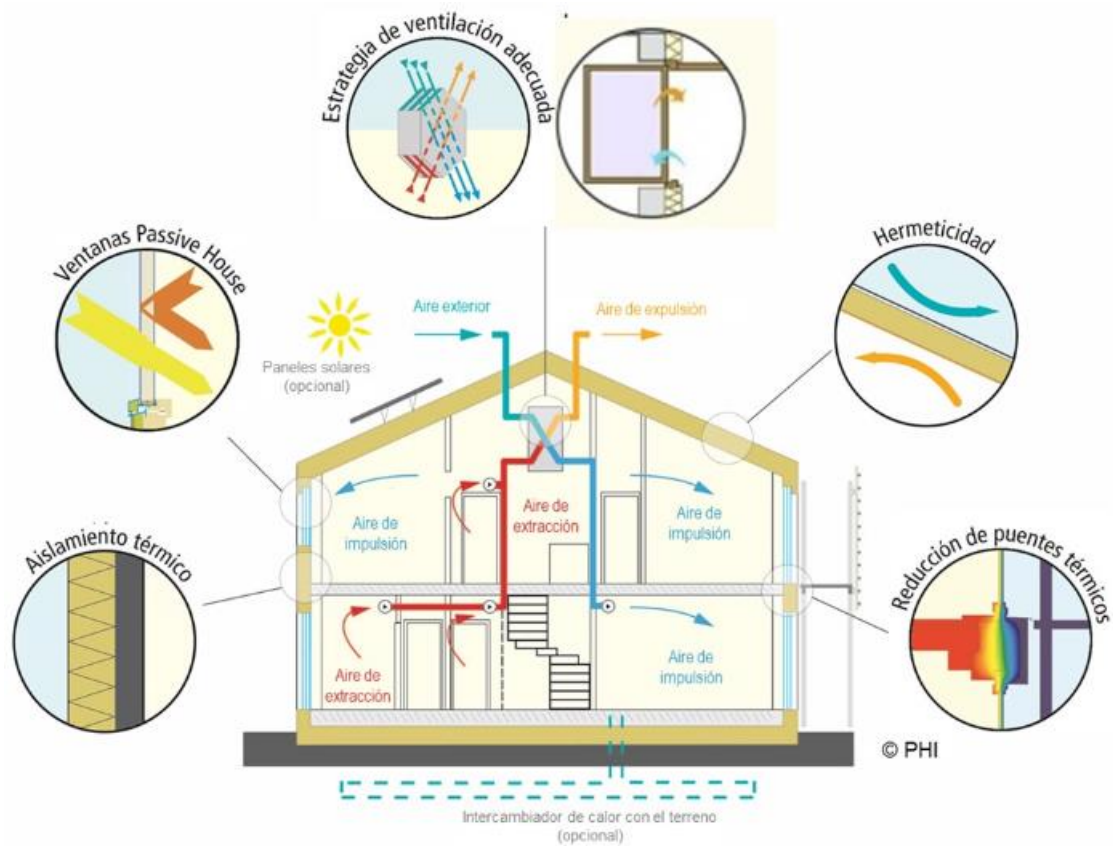
Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

tradicionalmente en edificación no se ha reparado o se ha pasado por alto. Con un buen diseño de proyecto, una buena simulación del edificio, teniendo en cuenta y cumpliendo los principios y objetivos que el estándar propone y con una cuidadosa y controlada ejecución de obra es posible alcanzar el estándar.

A continuación se detallan los cinco principios básicos del estándar.



Cinco principios básicos del Passivhaus, Fuente: Wolfgang Berger Passivhaus Institut (PHI) (Feist D. W., 2015)²¹

²¹ (Feist D. W., 2015)

1.2.1 ALTO AISLAMIENTO TÉRMICO

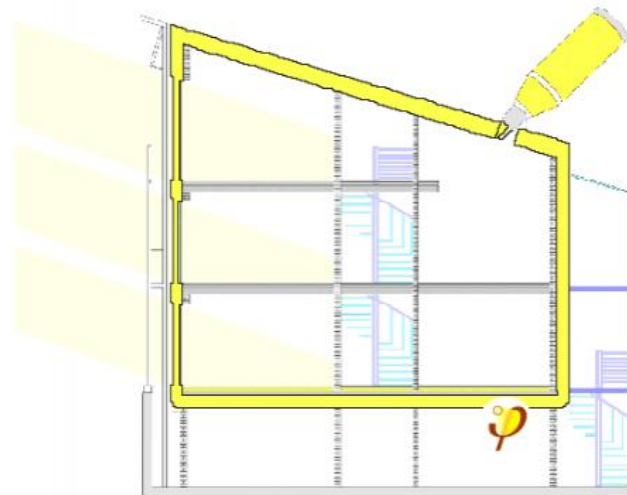
El aislamiento térmico, en la parte ciega de la envolvente del edificio, tiene una doble función en lo que respecta a la eficiencia energética y confort interior.

En primer lugar tiene la función de impedir la transmisión de las **bajas temperaturas** en los días más fríos del año (exterior-interior) y mantener la temperatura y el confort del edificio en el interior del mismo (interior-exterior).

En segundo lugar el aislamiento térmico impide la transmisión de las **altas temperaturas** en los días más calurosos del año (exterior-interior) evitando de este modo ganancias solares no deseadas que puedan provocar sobrecalentamiento en el interior de la vivienda.

De este modo, un adecuado nivel de aislamiento térmico, junto con una buena hermeticidad y la eliminación de puentes térmicos, otorga al edificio de una temperatura interior constante durante todo el año que junto a la casi nula pérdida por transmisión de la envolvente garantiza el confort térmico interior. Al proveer al edificio de este confort interior y a la constante temperatura interior durante todo el año, no es necesario un aporte de energía convencional (radiadores, suelo radiante...) para calefactar la vivienda, suponiendo de este modo un notable ahorro en cuanto a la eficiencia energética.

El aislamiento térmico en una passivhaus debe garantizar su continuidad, sin interrupción, en toda la envolvente del edificio. El Passivhaus Institut (PHI) denomina a esta técnica como la **regla del lápiz**, la cual viene a decir que en cualquier sección del edificio debemos ser capaces de dibujar con un lápiz todo el perímetro correspondiente a la capa de aislamiento sin levantar la mano.



Regla del lápiz, Fuente: Wolfgang Berger Passiv Haus Institut (PHI) (Feist D. W., 2015)²²

A la hora de definir el aislamiento térmico en el proyecto debemos estudiar con detalle los encuentros o puntos conflictivos que puedan interrumpir la continuidad de la capa que lo forma y dar con la alternativa que nos permita cumplir esta regla.

²² (Feist D. W., 2015)

La elección de materiales y capas que componen al cerramiento, el sistema constructivo o bien la transmitancia de la envolvente no tienen ningún condicionante a la hora de alcanzar el estándar ya que lo que el estándar pretende es limitar la demanda del consumo energético, por ende, el valor "U" de los propios materiales y del conjunto de la envolvente será el mínimo que alcance a cumplir con los criterios de demanda de calefacción y refrigeración. Dicho de otra forma, no hay un valor mínimo "U" exigido pero sí un límite de demanda energética que se debe alcanzar.

Los valores "U" **recomendados** por el Passivhaus Institut (PHI) se encuentran tabulados en función del clima en el que el edificio se localice.

VALORES "U" RECOMENDADOS EN FUNCIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA				
Zona climática de acuerdo al PHPP	Envolvente opaca con respecto al...			
	...terreno	...al aire exterior		
	Aislamiento	Aislamiento exterior	Aislamiento interior	Pintura exterior
	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (valor U) [W/(m ² K)]			Cool Colours
Polar	Determinado específicamente en el PHPP para cada proyecto mediante los grados-día para calefacción y refrigeración respecto al terreno	0,09	0,25	-
Frío		0,12	0,3	-
Frío-Templado		0,15	0,35	-
Cálido-Templado		0,3	0,5	-
Cálido		0,5	0,75	-
Caluroso		0,5	0,75	-
Muy caluroso		0,25	0,45	-

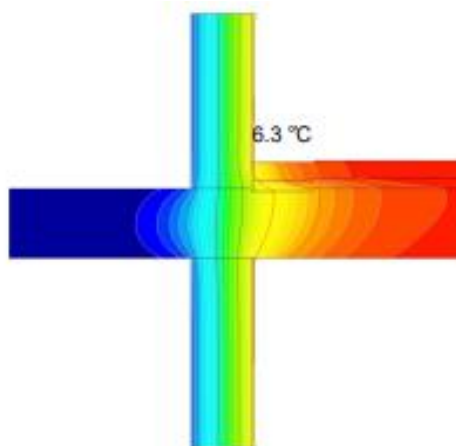
1.2.2 ELIMINACIÓN DE PUENTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos que podemos encontrar a la hora de proyectar un edificio y de que debemos considerar y calcular su efecto para poder eliminarlos son principalmente de tres tipos:

-Puentes térmicos **integrados en la envolvente** o fachada del edificio, que son aquellos puentes térmicos que interrumpen la continuidad de la envolvente debido a un cambio constructivo como puede ser la interrupción de un pilar de hormigón entre las hojas cerámicas que componen un cerramiento. El pilar interrumpe la continuidad de la hoja generando una conexión directa entre el exterior y el interior.

-Puentes térmicos **lineales**, los cuales se deben al encuentro entre dos elementos constructivos. El ejemplo más común, que se puede observar a simple vista en multitud de medianeras, es el encuentro entre la cabeza del forjado de planta y el cerramiento del edificio.

-Puentes térmicos **puntuales**, son aquellos localizados de forma puntual sobre la envolvente del edificio. Los anclajes metálicos de una fachada ventilada o las espigas de sujeción del aislamiento térmico exterior generan un puente térmico puntual que puede tener un efecto negativo sobre del edificio



Puente térmico en voladizo, Fuente: Wolfgang Berger Passiv Haus Institut (PHI) (Feist D. W., 2015)²³

Los puentes térmicos son una vía directa de comunicación entre el exterior y el interior del edificio que generan pérdida de calor. Son puntos o superficies que transmiten térmicamente las condiciones de temperatura entre un punto exterior y un punto interior. Esta transmitancia origina puntos conflictivos en el interior del edificio generando una **diferencia de temperaturas superficiales** en el interior de la envolvente.

La diferencia de temperatura en dichos puntos debida a la presencia de puentes térmicos da lugar al riesgo de condensaciones, ya que esos puntos se encuentran por debajo del punto de rocío y son puntos propensos a la aparición de humedades.

²³ (Feist D. W., 2015)

Las zonas mas frecuentes de aparición de condensaciones o humedades son los cambios de geometría entre encuentros constructivos, esquinas o bordes inferiores o superiores debido a que son los puntos térmicamente más débiles de la envolvente.

La presencia de puentes térmicos en un edificio provocan efectos negativos con respecto al higiene, debido al alto riesgo de **condensaciones** y aparición de **humedades** y con respecto al confort de los usuarios debido a una pérdida de la temperatura interior.

El passivhaus marca como uno de sus cinco principios básicos la disminución o supresión de estos puentes térmicos. Para ello es necesario en fase de proyecto definir la envolvente del edificio eliminado o reduciendo casi en su totalidad todos los puentes térmicos con una buena solución constructiva. (Rios Sánchez, 2013)

1.2.3 CARPINTERÍAS DE VENTANAS Y VIDRIOS DE ALTAS PRESTACIONES

Los huecos de fachada son siempre los puntos mas sensibles a la hora de la pérdida energética en cualquier edificio afectando de ese modo a su balance energético. Es por eso la importancia de instalar una carpintería con una baja transmitancia térmica y vidrios de altas prestaciones, con **control solar** y **bajo emisivos**. De igual modo se tiene que prestar especial atención a la hora de su instalación, asegurando su **estanqueidad** y teniendo en cuenta el puente térmico de montaje.

Los vidrios juegan un papel fundamental en un edificio passivhaus ya que es a través de ellos donde vamos a obtener las ganancias solares directas en los días más fríos del año. De forma opuesta, en los días mas calientes del año, los vidrios deben tener un buen control solar y un buen sistema de sombreado mediante remetimientos en las ventanas (sombreamiento pasivo) o mediante estoeres interiores o exteriores (sombreamiento activo). Por ello es importante una buena elección de vidrios con una alta ganancia térmica y una baja conductividad y que de este modo conlleve a un balance energético positivo, aumentando las ganancias y disminuyendo las pérdidas.

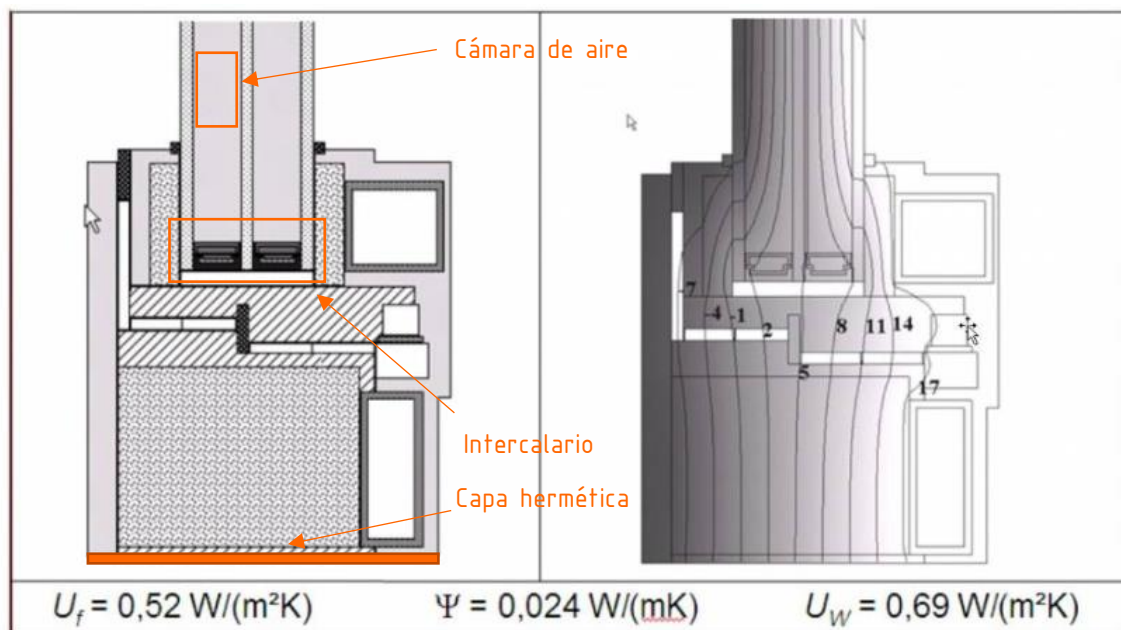
Las ventanas de aluminio se han popularizado a lo largo del tiempo, siendo este material el más empleado en la mayoría de las carpinterías. El aluminio es un material con una alta conductividad térmica, debido a ello las empresas que fabrican este tipo de perfilierías siguen una mejora continua para dotar a sus productos de unas mejores prestaciones. Las carpinterías de aluminio disponen de un sistema de rotura de puente térmico formado a base de conexiones plásticas que reducen la transmitancia de éste. En el mercado actual existen otro tipo de alternativas a las ventanas de aluminio que ofrecen las mismas prestaciones, o según que tipo de ventana, superiores. Es el caso de las ventanas de PVC, material plástico con una baja conductividad térmica, o ventanas con perfilieria de madera. Así mismo también se pueden encontrar productos que combinan diferentes materiales: aluminio-madera, madera-PVC.

Otra pieza clave a tener en cuenta a la hora de definir en el proyecto las ventanas que se van a instalar en el edificio es su **intercalario**. Un intercalario es la pieza que se instala en la perfiliería de la ventana y separa los vidrios entre si formando una cámara

de vacío saturada de gas tipo argón que mejora su transmitancia. Esta pieza, generalmente de aluminio y plástico, genera una conductividad en el borde del vidrio. Para reforzar térmicamente las prestaciones de las ventanas Passivhaus, este elemento debe de ser de un material plástico para de este modo reducir su transmitancia térmica (borde caliente).

El passivhaus no exige ventanas certificadas por el propio estándar. Como recomendación el passivhaus recomienda una elección de ventanas con un coeficiente de transmitancia global $U \leq 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$, valor marcado por defecto en el PHPP. (Rios Sánchez, 2013)

Al igual que con la solución constructiva seleccionada, la elección de las ventanas no se ve supeditada a ningún sello o certificación. Sin embargo, cualquier producto con el sello que otorga el estándar es sinónimo de garantía a la hora de proyectar un edificio.



Sección ventana Passivhaus, Fuente: Wolfgang Berger Passiv Haus Institut (PHI) (Feist D. W., 2015)²⁴

1.2.4 CONTROL DE ESTANQUEIDAD AL AIRE

Otro de los cinco principios básicos del passivhaus es la hermeticidad al aire en el interior del edificio. A diferencia de una construcción tradicional donde el aire interior sale del edificio por puertas, ventanas, conductos o pases de instalaciones o la propia envolvente y el cual no se puede controlar, en un edificio passivhaus el aire interior no debe de filtrarse al exterior y donde si está controlado mediante un sistema de ventilación mecánica. (Rios Sánchez, 2013)

Para ello se proyecta una capa hermética en toda la envolvente del edificio, **continua y durable**, sin interrupciones la cual se puede ejecutar mediante una lámina hermética, un tendido de yeso continuo, mediante el uso de tableros de madera, madera masiva o una

²⁴ (Feist D. W., 2015)

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

construcción con hormigón armado. La solución a determinar, una vez más, no se ve supeditada a ningún tipo de construcción concreta así como su elección. Únicamente debe detener la transmisión de aire desde el interior hacia el exterior.

A la hora de ejecutar la capa hermética se debe prestar atención en los puntos críticos tales como cajas de instalaciones, juntas constructivas, instalación de carpinterías y lucernarios, cajas de persianas, pases de instalaciones y chimeneas o conductos que conectan con el exterior. Son estas zonas los principales puntos de fuga del aire interior. Usualmente dichos puntos son tratados con productos concebidos para este fin tales como las cintas herméticas adhesivas o collarines las cuales aseguran la estanqueidad al aire y una alta duración a lo largo del tiempo.



Sellado pase de instalaciones con pintura bituminosa. Fuente: Elaboración propia



Control de infiltraciones en pase de instalaciones. Fuente: elaboración propia

El control de fugas o posibles pérdidas se lleva a cabo a la hora de la realización del **test blowerdoor**, requisito sine qua non para la obtención de la certificación passivhaus, el cual se realiza en sobrepresión y depresión. Este ensayo consiste en la instalación de un ventilador en la puerta de entrada del edificio completamente sellado mediante un marco metálico recubierto por una lona estanca al aire que introduce o extrae el aire en el interior del edificio conectado a un ordenador y mide mediante una sonda el grado de permeabilidad de la envolvente generando una presión de 50Pa. Esta diferencia de presión generada por el ventilador obliga al aire exterior (o interior dependiendo de se se presuriza o se despresuriza) a entrar (o salir) al interior del edificio por los posibles huecos en la envolvente.



Ventilador test blowerdoor. Fuente: elaboración propia

El test se realiza en dos fases: método1 en fase de obra y método2 con la obra terminada. El test en fase de obra es un ensayo clave para detectar las posibles fugas del edificio ya que mediante el uso del anemómetro y/o humo podemos detectar por donde se fuga el aire del edificio y de este modo subsanar el problema que con la obra terminada supondría un gran costo.

El valor a alcanzar para llegar al estándar es de **0.6 renovaciones/hora** para el parámetro **n50**, pudiendo llegar a 1.00 renovaciones/hora en el caso de rehabilitación.

La línea de hermeticidad favorece los criterios de higiene y confort ya que mantiene el calor del edificio en el interior y contribuye energéticamente reduciendo la demanda de calefacción. La renovación del aire viciado mediante el recuperador de calor regula la temperatura y reduce las posibles condensaciones así como las posibles humedades que proceden del exterior. Este último aspecto es de especial importancia, ya que de no tener una línea de hermeticidad definida la ventilación mecánica controlada mediante el recuperador de calor estaría descompensada, lo cual convierte a la línea de hermeticidad en un requisito indispensable para los edificios con este sistema de ventilación controlada.

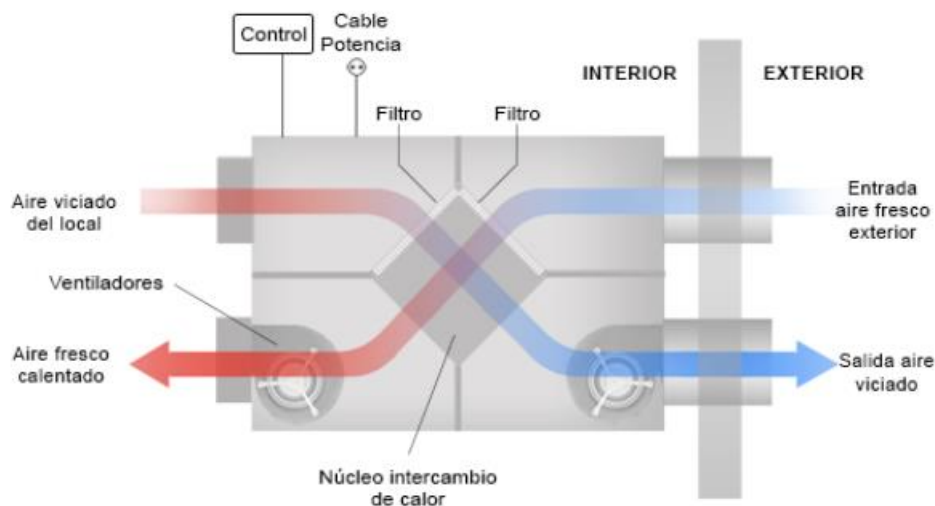
1.2.5 SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERADOR DE CALOR

Debido a la total hermeticidad del edificio, el aire en su interior se mantiene siempre en un mismo espacio lo cual supondría un problema de salubridad ya que el aire viciado no se renueva. Para ello otro de los principios básicos del passivhaus es la instalación de un sistema de **ventilación mecánica controlada de doble flujo con recuperador de calor**, el cual renueva el aire de la vivienda de forma constante aprovechando la temperatura del aire interior viciado en su extracción y cediéndola al aire limpio que viene del exterior garantizando la calidad y cantidad de éste. (Rios Sánchez, 2013)²⁵

Se puede decir que el principio de estanqueidad al aire sienta la obligatoriedad de instalar un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor.

El este sistema extrae el aire viciado de los cuartos húmedos (cocinas, baños...) e impulsa en las estancias vivideras el aire limpio del exterior. El aire viciado tiene un alto contenido de CO₂ y un bajo contenido de oxígeno sumado a la humedad que se genera en la vivienda, como en la ducha, en la cocina o incluso el producido por los propios moradores, de no renovar el aire interior las humedades producidas se acumularían en los paramentos dando lugar a la proliferación de mohos.

Su funcionamiento consiste en la extracción del aire viciado interior haciéndolo pasar por el interior del recuperador y cediendo su calor al aire exterior que entra limpio dentro del recuperador. Cabe destacar que el aire interior y exterior no se mezclan en dentro del recuperador, simplemente cede su calor para regular la temperatura.



Esquema funcionamiento recuperador de calor. Fuente: (<https://www.airtecnicos.com/es/tecnologia/recuperadores-de-calor-generalidades>)

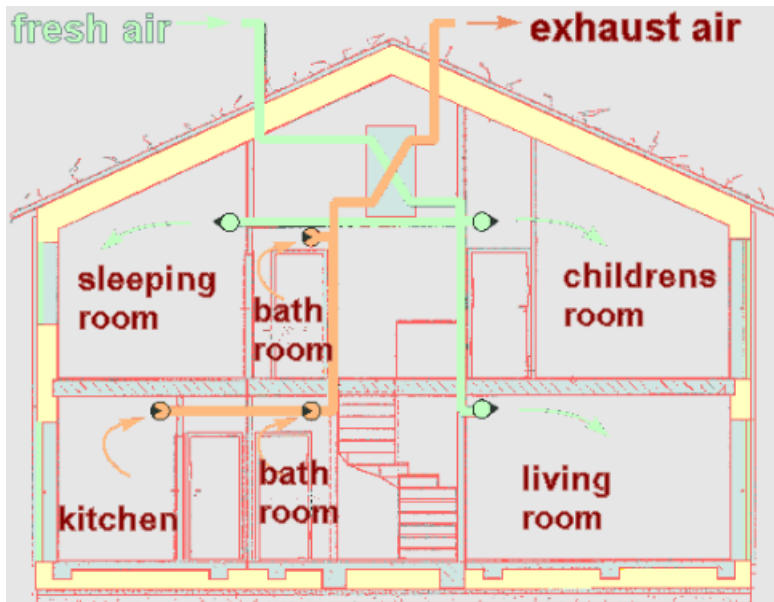
Los recuperadores de calor incorporan en su interior filtros de aire modernos que evitan la entrada de pequeños insectos, polen o polvo, garantizando una buena calidad de aire procedente del exterior.

Se puede instalar en el tubo distribuidor una **batería de post calentamiento** en el interior del edificio que funciona con agua o con electricidad. Este sistema consta de una

²⁵ (Rios Sánchez, 2013)

resistencia eléctrica o un serpentín que calienta el aire que pasa al interior a través del recuperador a una temperatura inferior a 52°C ya que si el aire se calentase a una temperatura superior quemaría sus partículas convirtiéndolo en insalubre.

La instalación de este sistema de ventilación mecánica permite omitir el uso de sistemas de calefacción convencionales ya que es este sistema el encargado de la regulación de la temperatura.



Esquema de ventilación mecánica. Fuente: Wolfgang Berger Passiv Haus Institut (PHI)

En épocas calurosas los recuperadores de calor disponen de un sistema de **bypass** que evita que el aire interior y exterior se crucen, evitando así el intercambio de calor y permitiendo que el aire fresco exterior entre directamente en la vivienda durante la noche.

Este sistema de ventilación dispone de diferentes programas de funcionamiento que se activan según las necesidades que requiera el edificio regulando su caudal y velocidad las cuales se detectan a través de una sonda.

A diferencia de sistemas de ventilación convencionales, el recuperador de calor centralizado tiene dos salidas al exterior, una de captación y otra de extracción, evitando de esta forma la necesidad de instalar rejillas de ventilación en el edificio.

El rendimiento del recuperador de calor debe superar el 75% y el sistema de ventilación debe tener un consumo inferior a $0.45\text{Wh}/\text{m}^3$. Un sistema de ventilación con un **COP** (coeficiente de rendimiento) alto, el cual se define como una relación entre la potencia (kW) que se extrae y la potencia (kW) que se suministra, junto con un rendimiento del recuperador del 80% supone un consumo energético muy bajo, disminuyendo de este modo la demanda energética del edificio. Un recuperador con un $\text{COP}=2$, viene a decir que se consiguen 2kW de potencia por cada kW de potencia suministrada.

2.1 SIMULACIÓN Y CÁLCULO DE LA VIVIENDA

En el presente apartado se justifican los cálculos y la comprobación y verificación para alcanzar el estándar passivhaus del proyecto de rehabilitación de la vivienda situada en rua da Carballa, 97 en el ayuntamiento de Santiago de Compostela mediante el uso de la herramienta de simulación PHPP (Passivhaus Planning Package) y el plugin para Sketchup, DesignPH del passivhaus institut, donde se ha realizado una simulación en 3D de la vivienda para tener en cuenta a la hora de determinar su orientación y su sombreado, complementaria al cálculo en el PHPP.

A continuación se describen los criterios adoptados para el cálculo conforme a cada apartado del PHPP.

PARTE PASIVA

2.1.1 ENTRADA DE DATOS GENERALES

En primer lugar se introducen los datos generales y administrativos de la vivienda y del técnico redactor, su tipología constructiva (Vivienda unifamiliar aislada) y la temperatura de confort en verano e invierno, así como su capacidad específica por metro cuadrado de superficie de referencia energética.

Casa Pasiva Comprobación

Foto o dibujo		Edificio: REHABILITACIÓN PFG	
		Calle: RUA DA CARBALLA 97	
		CP / Ciudad: 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA	
		Provincia/País: A CORUÑA ES-España	
		Tipo de edificio: RESIDENCIAL	
		Datos climáticos: ES0007b-Santiago de Compostela	
		Zona climática: 4: Cálida-templada Altitud de la localización: 285 m	
		Propietario / cliente: PROPIEDAD RUA DA CARBALLA 97	
		Calle: RUA DA CARBALLA 97	
		CP / Ciudad: 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA	
		Provincia/País: A CORUÑA ES-España	
		Ingeniería:	
		Calle:	
		CP / Ciudad:	
		Provincia/País:	
		Certificación:	
		Calle:	
		CP / Ciudad:	
		Provincia/País:	
Arquitectura:		Temp. interior invierno [°C]: 20,0	
Calle:		Temp. interior verano [°C]: 25,0	
CP / Ciudad:		Ganancias internas de calor (GIC): caso calefacción [W/m²]: 2,4	
Provincia/País:		Capacidad específica [Wh/K por m² de SRE]: 116	
Consult. energética: DENÍS PRIETO GIRALDO		Refrigeración mecánica:	
Calle:			
CP / Ciudad: 15705 SANTIAGO DE COMPOSTELA			
Provincia/País: A CORUÑA ES-España			
Año construcción: 1900			
Nr. de viviendas: 1			
Nr. de personas: 3,1			

La capacidad térmica específica (también conocida como masa térmica o inercia térmica) es usada como la medida para determinar la posibilidad de acumulación de calor en los componentes del edificio.

Para cada superficie masiva que envuelve una habitación típica del edificio se aplican **24 Wh/(m²K)** adicionales. Como masivo se entienden muros de mampostería de ladrillo siliceocalcareo o macizo, paredes y cubiertas de hormigón, y también un recocado/solado de cemento superior a 5cm de espesor sobre un forjado ligero. En el caso del presente

proyecto se contabilizará como superficie masiva la solera con recrecido de cemento y los paramentos interiores y falsos techos de yeso laminado se contabilizarán como elementos parcialmente masivos.

Para cada superficie parcialmente masiva que envuelve una habitación típica del edificio se aplican solo **8 Wh/(m²K)** adicionales. Como parcialmente masivo se entiende por ejemplo, techos de varias capas y muros de hormigón celular o ladrillos aligerados. En paredes de cartón yeso de panel sándwich (2x12.5 mm) solo la mitad de la pared se considera parcialmente masiva. (Feist P. I., 2015)²⁶

- Construcción ligera: 60 Wh/(m²K)
- Construcción mixta: 132 Wh/(m²K)
- Construcción masiva: 204 Wh/(m²K)

Es, por tanto:

$$C = 60 + n_{tm} \cdot 8 + n_m \cdot 24$$

60: Valor mínimo a utilizar en Wh/(m²K)

n_{tm}: Cantidad de superficie parcialmente masiva

n_m: Cantidad de superficie masiva que envuelve la habitación

La suma de ambos valores no puede ser mayor a 6.

²⁶ (Feist P. I., 2015)

2.1.2 CLIMA

Se introducen los datos climáticos conforme a la ubicación del edificio, la altura a la que se encuentra su ubicación y la estación meteorológica más cercana en msnm (metros sobre el nivel del mar)

Datos climáticos

REHABILITACIÓN PFG / Clima: Santiago de Compostela / SRE: 198 m² / Calefacción: 10,1 kWh/(m²a) / Frec. sobrecalentamiento: 4 % / PER: 1,9 kWh/(m²a)

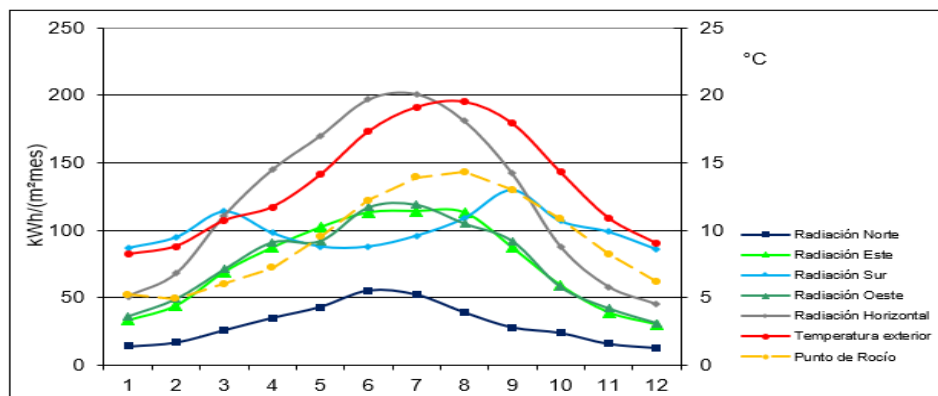
Selección de los datos climáticos		Visión general de los resultados		Datos para calefacción			Datos método mensual		
				Método anual			Calefacción Refrigeración		
País:	ES	Demanda de calefacción:	10,1 kWh/(m ² a)	Periodo calef. / refriger.	157	243	153	d/a	
Región:	Todas	Carga de calefacción:	11,3 W/m ²	Grados hora calef. / refriger.	42	56	-30	kKh/a	
Datos climáticos:	1-Sartirana; Alfabatí; ES0007b-Santiago de Compostela	Frecuencia sobrecalentamiento:	3,6 %	Radiación Norte	91	188	217	kWh/(m ² a)	
Zona climática:	4: Cálida-templada	Refrigeración sensible:	1,4 kWh/(m ² a)	Radiación Este	226	463	529	kWh/(m ² a)	
		Refrigeración latente:	0,1 kWh/(m ² a)	Radiación Sur	451	774	511	kWh/(m ² a)	
		Carga de refrigeración:	- W/m ²	Radiación Oeste	237	470	525	kWh/(m ² a)	
		Demanda PER:	1,9 kWh/(m ² a)	Radiación Horizontal	355	736	891	kWh/(m ² a)	
Altitud									
Estación climática:	370,0 m								
Ubicación del edificio:	285 m								

El programa calcula a partir de los datos climáticos introducidos el método anual de calefacción y el método mensual de calefacción y refrigeración en días/año. El cuadro de visión general de los resultados nos va orientando conforme introducimos los datos correspondientes a la envolvente y a los componentes de la vivienda así como su parte activa. (Feist D. W., 2015)

	Mes	Días												Carga de calefacción		Carga de refrigeración		PER factores
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sit. met. 1	Sit. met. 2	Sit. met. 1	Sit. met. 2	
	ES0007b-Santiago de Compostela	Latitud *	42,9	Longitud *	-8,4	Altitud [m]	370	Fluctuación diaria temperatura en verano [K]					9,7	Radiación: [W/m ²]		Radiación: [W/m ²]		
* C	Temperatura exterior	8,2	8,8	10,7	11,7	14,1	17,3	19,1	19,5	17,9	14,3	10,9	9,0	3,8	4,0	25,6	21,9	1,25
kWh/(m ² mes)	Radiación Norte	14	17	26	35	43	55	52	39	28	24	16	13	18	15	95	55	1,25
kWh/(m ² mes)	Radiación Este	33	44	69	87	102	113	114	113	87	59	39	30	43	20	206	190	1,60
kWh/(m ² mes)	Radiación Sur	87	95	114	98	88	88	96	109	130	107	99	86	127	35	190	270	1,25
kWh/(m ² mes)	Radiación Oeste	36	49	71	91	92	117	119	105	92	58	42	31	54	20	215	200	1,45
kWh/(m ² mes)	Radiación Horizontal	51	68	111	145	170	197	201	181	142	88	58	45	68	35	365	285	
* C	Punto de Rocío	5,2	4,9	6,0	7,2	9,5	12,2	13,9	14,3	13,0	10,8	8,2	6,2			19,4	19,0	
* C	Temperatura del cielo	-1,9	-2,6	-1,0	-0,8	2,9	5,0	6,8	7,2	6,3	4,5	0,3	-1,7			17,6	19,0	
* C	Temperatura terreno	13,9	12,9	12,6	13,2	14,5	17,2	18,7	19,7	19,9	18,2	16,9	15,4	12,6	12,6	19,9	19,9	
Comentario:		Temp = 1981-2010; Other derived from MétéoNorm.																

Una vez seleccionada la ubicación, el conjunto de datos climáticos correspondientes se muestran en el área verde de la tabla.

En la siguiente gráfica podemos comprobar la radiación recibida según la orientación a partir de los datos climáticos previamente introducidos durante todos los meses del año. Se puede apreciar la gran diferencia entre la radiación norte y el resto de orientaciones, por ello es importante potenciar las ganancias en las orientaciones sur, este y oeste y reducir las pérdidas en la radiación norte.



2.1.3 CÁLCULO DE VALORES "U"

Esta hoja de cálculo del PHPP sirve para el cálculo de las transmitancias térmicas U de los elementos constructivos. Los valores-U se determinan en el PHPP según UNE-EN ISO 6946:1997/A1:2005 acompañada junto a la UNE-EN ISO 6946:1997. Este procedimiento de cálculo no es apropiado para elementos constructivos con inserciones de elementos metálicos; en este caso puede ser necesario el cálculo del correspondiente puente térmico.

El valor U de un elemento constructivo con capas homogéneas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}}$$

R_{si}, R_{se} = Resistencia térmica superficial interior y exterior según UNE-EN ISO 6946

$R_1 \dots R_n$ = Resistencia térmica de cada una de las capas de construcción, 1...n.

Los valores de resistencia térmica superficial interior y exterior varían según la dirección que tome el flujo de calor y las condiciones exteriores en las que se encuentre cada elemento tomando para cada valor los expuestos en la siguiente tabla:

Dirección del flujo de calor	Rsi (m ² k/W)	Rse (m ² k/W)		
		Normal	Ventilada	Terreno
→	0,13	0,04	0,13	0
↑	0,1	0,04	0,1	0
↓	0,17	0,04	0,17	0

A la hora de obtener los valores U de cada elemento constructivo debemos tener en cuenta las **propiedades de los materiales** de forma individual para poder determinar la transmitancia del conjunto.

- Conductividad térmica λ → Unidades: W/mK
- Resistencia térmica $R = \frac{e}{\lambda}$ → Unidades: m²k/W
- Transmitancia térmica $U = \frac{1}{R}$ → Unidades: W/(m²K)

Donde:

La **conductividad térmica** λ es una propiedad física de los materiales la cual mide la capacidad de conducción del calor a través de éstos.

La **Resistencia térmica** $R = \frac{e}{\lambda}$ se define como la capacidad de un material a oponerse a la transmisión de calor a través de éste. Es el producto de dividir el espesor del material entre su conductividad térmica.

La **transmitancia térmica** $U = \frac{1}{R}$ es la inversa de la resistencia térmica. Mide el flujo de calor por unidad de superficie y tiempo

Conocer las propiedades de los materiales es fundamental a la hora de introducir los datos en la hoja de cálculo del PHPP. Lo valores de conductividad o resistencia térmica de los materiales se obtienen a partir del **catálogo de elementos constructivos del CTE**

A continuación se muestran los valores U calculados para cada elemento del edificio.

FACHADA VENTILADA CON RASTRELES DE MADERA $U=0.16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo		¿Aislamiento interior?			
01ud	FACHADA VENTILADA		<input type="checkbox"/>			
Resistencia térmica superficial [m²K/W]						
Inclinación del elemento	2-Muro	interior R _{si}	0,13			
Adyacente a	3-Ventilada	exterior R _{se}	0,13			
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
LAMAS DE MADERA	0,150			TAQUEADO	0,040	160
CÁMARA DE AIRE	0,220					90
XPS 160	0,034					50
PANEL CLT 90	0,130					15
MW 50	0,036	RASTREL	0,130			
PYL	0,570					
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
79%		16,0%		5,0%		31,5 cm
Suplemento al valor-U		0,01 W/(m²K)		Valor-U: 0,160 W/(m²K)		

Al cálculo de la transmitancia de fachada se añade una superficie parcial, la cual supone un 16% del total, en la capa de aislamiento exterior del XPS correspondiente al taqueado con poliuretano de alta densidad con un valor λ de $0.04 \text{ W}/\text{mk}$ ocurriendo lo mismo con el rastrelado del trasdosado interior, el cual supone un 5%, con un valor λ de $0.13 \text{ W}/\text{mk}$.

Igualmente se añade un suplemento al valor U total de $0.01 \text{ W}/\text{m}^2\text{k}$ que se corresponde con el valor de las espigas de sujeción del XPS a razón de 6 unidades por metro cuadrado siendo $6 \times 0.002 \text{ W}/\text{m}^2\text{k} = 0.01 \text{ W}/\text{m}^2\text{k}$

FACHADA CON MURO DE MAMPOSTERÍA $U=0.154 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Nr. elem. cons. 02ud **FACHADA MURO MAMPOSTERÍA** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]
 interior R_{si} : 0,13
 exterior R_{se} : 0,04

Inclinación del elemento: 2-Muro
 Adyacente a: 1-Aire exterior

Superficie parcial 1	λ [$\text{W}/(\text{mK})$]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [$\text{W}/(\text{mK})$]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [$\text{W}/(\text{mK})$]	Espesor [mm]
MURO MAMPOSTERÍA	1,500					500
XPS 160	0,034					160
PANEL CLT 90	0,130					90
MW 50	0,036	RASTREL	0,130			50
PYL	0,570					15

Porcentaje superficie parcial 1: 84%
 Porcentaje superficie parcial 2: 16,0%
 Porcentaje superficie parcial 3:
 Total: 81,5 cm

Suplemento al valor-U: 0,01 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
Valor-U: 0,154 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

CUBIERTA VENTILADA $U=0.135 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Nr. elem. cons. 03ud **CUBIERTA** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]
 interior R_{si} : 0,10
 exterior R_{se} : 0,10

Inclinación del elemento: 1-Techo
 Adyacente a: 3-Ventilada

Superficie parcial 1	λ [$\text{W}/(\text{mK})$]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [$\text{W}/(\text{mK})$]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [$\text{W}/(\text{mK})$]	Espesor [mm]
CHAPA MINIONDA	110,000					
CÁMARA DE AIRE	0,220					
TABLERO MADERA	0,130					20
XPS CONTINUO (SIATE)	0,036					200
PANEL CLT 120	0,130					120
CÁMARA FALSO TECHO	0,918					150
MW	0,036			RASTRELADO	0,130	50
PLY	0,570					15

Porcentaje superficie parcial 1: 84%
 Porcentaje superficie parcial 2:
 Porcentaje superficie parcial 3: 16,0%
 Total: 55,5 cm

Suplemento al valor-U: 0,01 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
Valor-U: 0,135 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

Para la obtención del valor λ de 0.918 W/mK de la cámara para el paso de instalaciones sobre el falso techo se realiza un cálculo complementario.

Esesor de capa de aire:	150	mm	Transferencia térmica por convección	h_a	1,95 W/(m ² K)
Dirección del flujo de calor:	x	Hacia arriba	Transferencia térmica por radiación	h_a	4,17 W/(m ² K)
		Horizontal			
		Hacia abajo			
Coefficiente emisividad superficie 1	0,90		Conductividad térmica equivalente	λ	0,92 W/(mK)
Coefficiente emisividad superficie 2	0,90				

Cálculo complementario para la obtención del valor λ de la cámara para el paso de instalaciones. El coeficiente de emisividad 0.90 es el valor adoptado para la mayoría de materiales, en caso de materiales brillantes el valor a considerar sería de 0.15.

CUBIERTA VENTILADA CON PANELADO DIRECTO **U=0.136 W/(m²K)**

Nr. elem. cons.	04ud CUBIERTA PANELADO DIRECTO				¿Aislamiento interior?	
Inclinación del elemento	1-Techo	Resistencia térmica superficial [m ² K/W]	interior R_{si}	0,10		
Adyacente a	3-Ventilada		exterior R_{se}	0,10		
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
CHAPA MINIONDA	110,000					
CÁMARA DE AIRE	0,220					
TABLERO MADERA	0,130					20
XPS CONTINUO (SIATE)	0,036					200
PANEL CLT 120	0,130					120
MW	0,036	RASTREL	0,130			50
TABLERO DIRECTO	0,130					20
Porcentaje superficie parcial 1	84%	Porcentaje superficie parcial 2	16,0%	Porcentaje superficie parcial 3		Total
						41,0 cm
Suplemento al valor-U	0,01 W/(m ² K)					Valor-U: 0,136 W/(m ² K)

Se calcula la cubierta correspondiente al módulo2 donde se alberga el comedor y donde su acabado es un panelado directo de madera de abeto sin cámara para el paso de instalaciones. La diferencia en el efecto de su transmitancia térmica en comparación con la otra tipología de cubierta es insignificante pero de igual modo se debe tener en cuenta.

Al igual que con el aislamiento térmico en fachada, se añade un suplemento al valor U de **0.01 W/(m²K)** que corresponde a los anclajes del sistema SIATE de aislamiento sobre los paneles de cubierta y una superficie parcial de valor λ de **0.13 W/mk** en el rastrelado de la subestructura del falso techo.

PUERTA EXTERIOR $U=0.188 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Nr. elem. cons.		08ud				PUERTA EXTERIOR		¿Aislamiento interior?	
Inclinación del elemento		2-Muro		Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si}		0,13	
Adyacente a		1-Aire exterior		exterior R _{se}		0,04			
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]			
ENTABLADO	0,150					25			
ALMA MADERA/MW	0,150	MW	0,036			40			
ENTABLADO	0,150					25			
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total			
40%		60,0%				9,0 cm			
Suplemento al valor-U				Valor-U:		0,945 W/(m ² K)			

Se calcula el valor de la transmitancia de las dos puertas de entrada añadiendo una superficie parcial que se corresponde con el bastidor que monta la carpintería con un alma de lana mineral y un espesor de 9cm

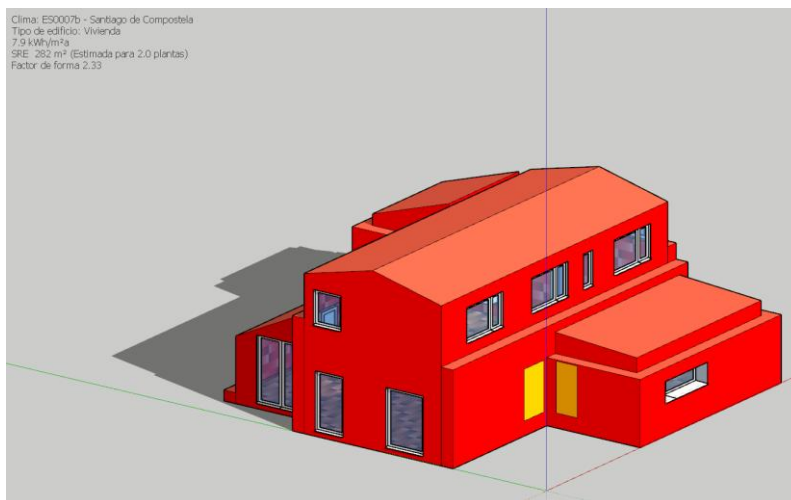
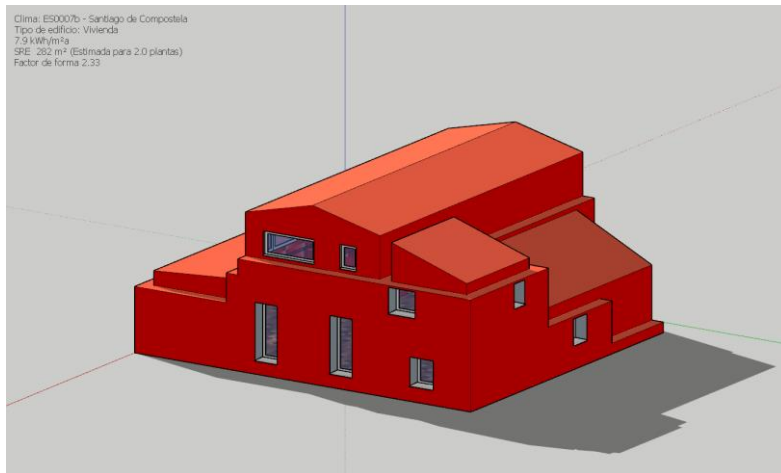
2.1.4 ASIGANCIÓN DE SUPERFICIES

Se simula con el plugin para sketchup del passivhaus institut, DesignPH, un modelo en 3D de la envolvente de vivienda de geometría sencilla. Es importante no generar un modelo completo, si no, únicamente la envolvente térmica que será objeto de estudio.

Una vez modelizada la vivienda se nombran todos sus huecos de fachada, se asignan remetimientos, los cuales son necesarios para analizar el efecto de sombreado y sus ganancias solares así como su situación de instalación.

Una vez el modelo está completo se ejecuta el análisis que clasificará por grupos y nombrará cada una de las partes de la envolvente junto con su orientación y desviación con respecto al norte geográfico.

Ejecutado el análisis se exportan los datos de la simulación al PHPP.



Introducción de superficies											2-Ordenar: POR ID						
Nr. de área	Denominación elemento constructivo	Grupo nº	Asignación al grupo	Cantidad	x (	a [m]	x	b [m]	+	Definido por el usuario [m²]	-	Restado por el usuario [m²]	-	Sustracción de las ventanas [m²]	) =	Superficie [m²]	Selección de elemento constructivo / sistema constructivo certificado
	Huella proyectada del edificio	0	Huella proyectada del edificio	1	x (		x		+	180,94	-		-		) =	0,0	
	Superficie de referencia energética	1	SRE (sup. de referencia energética)	1	x (		x		+	197,73	-		-		) =	197,7	
	Puerta exterior	7	Puerta exterior	2	x (		x		+	3,90	-		-		) =	7,8	Puerta exterior
1	Losa de piso / solera_001_D	11	Solera / losa piso / forjado sanitario	1	x (		x		+	176,46	-		-	0,0	) =	176,5	05ud-SOLERA VENTILADA
2	Pared_002_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	0,50	x	0,40	+		-		-	0,0	) =	0,2	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
3	Techo_003_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (	3,41	x	0,50	+		-		-	0,0	) =	1,7	11ud-CORONACIÓN MURO
4	Pared_004_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	1,60	x	0,50	+		-		-	0,0	) =	0,8	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
5	Pared_005_S	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	8,38	x	2,50	+		-		-	2,0	) =	19,0	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
6	Pared_006_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	8,23	-		-	0,0	) =	8,2	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
7	Pared_007_N	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	9,09	-		-	0,0	) =	9,1	01ud-FACHADA VENTILADA
8	PUERTA_008_W	7	Puerta exterior	1	x (	1,90	x	0,89	+		-		-	0,0	) =	1,7	08ud-PUERTA EXTERIOR
9	PUERTA_009_S	7	Puerta exterior	1	x (	1,90	x	1,16	+		-		-	0,0	) =	2,2	08ud-PUERTA EXTERIOR
10	Pared_010_S	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	21,50	-		-	0,0	) =	21,5	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
11	Pared_011_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	3,62	x	0,50	+		-		-	0,0	) =	1,8	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
12	Techo_012_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (	4,21	x	0,50	+		-		-	0,0	) =	2,1	11ud-CORONACIÓN MURO
13	Pared_013_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	10,63	-		-	5,0	) =	5,6	01ud-FACHADA VENTILADA
14	Pared_014_N	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	31,47	-		-	1,6	) =	29,9	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
15	Pared_015_E	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	54,31	-		-	6,5	) =	47,8	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
16	Pared_016_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	4,22	x	0,50	+		-		-	0,0	) =	2,1	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
17	Pared_017_N	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	6,31	-		-	0,0	) =	6,3	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
18	Techo_018_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (		x		+	7,66	-		-	0,0	) =	7,7	11ud-CORONACIÓN MURO
19	Pared_019_S	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	7,38	x	0,55	+		-		-	0,0	) =	4,1	01ud-FACHADA VENTILADA
20	Pared_020_E	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	2,33	-		-	0,0	) =	2,3	01ud-FACHADA VENTILADA
21	Pared_021_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	2,33	-		-	0,0	) =	2,3	01ud-FACHADA VENTILADA
22	Pared_022_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	4,24	-		-	0,0	) =	4,2	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
23	Techo_023_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (	7,38	x	3,48	+		-		-	0,0	) =	25,7	03ud-CUBIERTA
24	Techo_024_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (	7,62	x	3,62	+		-		-	0,0	) =	27,6	04ud-CUBIERTA PANELADO DIRECTO
25	Pared_025_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	36,25	-		-	7,6	) =	28,7	01ud-FACHADA VENTILADA
26	Techo_026_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (	13,94	x	0,50	+		-		-	0,0	) =	7,0	11ud-CORONACIÓN MURO
27	Pared_027_S	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	0,60	x	0,50	+		-		-	0,0	) =	0,3	02ud-FACHADA MURO MAMPOSTERÍA
28	Techo_028_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (		x		+	15,72	-		-	0,0	) =	15,7	11ud-CORONACIÓN MURO
29	Pared_029_N	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	4,14	x	0,42	+		-		-	0,0	) =	1,8	01ud-FACHADA VENTILADA
30	Pared_030_S	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	13,44	x	2,25	+		-		-	9,2	) =	21,1	01ud-FACHADA VENTILADA
31	Pared_031_W	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	3,09	-		-	0,0	) =	3,1	01ud-FACHADA VENTILADA
32	Pared_032_S	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	4,14	x	1,47	+		-		-	0,0	) =	6,1	01ud-FACHADA VENTILADA
33	Pared_033_E	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	3,09	-		-	0,0	) =	3,1	01ud-FACHADA VENTILADA
34	Pared_034_N	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	13,44	x	1,65	+		-		-	0,0	) =	22,2	01ud-FACHADA VENTILADA
35	Techo_035_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (	4,14	x	3,42	+		-		-	0,0	) =	14,2	03ud-CUBIERTA
36	Pared_036_E	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (		x		+	11,64	-		-	2,7	) =	9,0	01ud-FACHADA VENTILADA
37	Techo_037_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (	13,44	x	3,00	+		-		-	0,0	) =	40,3	03ud-CUBIERTA
38	Techo_038_H	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (	13,44	x	3,00	+		-		-	0,0	) =	40,3	03ud-CUBIERTA

La denominación del elemento constructivo, el grupo al que pertenece y las superficies con la sustracción de las ventanas son valores importados directamente desde el modelo de Sketchup.

Grupos de superficies:

- 1 SRE (Superficie de referencia energética)
- 2 Ventanas al norte
- 3 Ventanas al este
- 4 Ventanas al sur
- 5 Ventanas al oeste
- 6 Ventanas horizontales
- 7 Puerta exterior
- 8 Muro exterior – aire exterior

- 9 Muro exterior – terreno
- 10 Techo cubierta – aire exterior
- 11 Solera/losa piso/forjado sanitario

En este apartado se asignan los los elementos constructivos con sus valores U calculados previamente en el apartado 2.1.3 resaltados con línea de puntos en la imagen.

La superficie de referencia energética se muestra en la siguiente tabla:

CALCULO SRE			
ESTANCIA	SUP UTIL (M2)	%	SRE (M2)
PLANTA BAJA			
SALON-RECIBIDOR	36,62	100%	36,62
COCINA	16,86	100%	16,86
C.INSTALACIONES	7,13	100%	7,13
DISTRIBUIDOR	7,65	100%	7,65
ASEO	3,94	100%	3,94
ESCALERAS	3,90	50%	1,95
DORMITORIO01	15,65	100%	15,65
BAÑO	5,28	100%	5,28
COMEDOR	20,14	100%	20,14
LAVANDERÍA	8,08	100%	8,08
PLANTA PRIMERA			
SUITE	19,92	100%	19,92
BAÑO SUITE	10,69	100%	10,69
DORMITORIO02	16,38	100%	16,38
DORMITORIO 03	16,05	100%	16,05
BAÑO	5,32	100%	5,32
PASILLO	6,07	100%	6,07
TOTAL SRE			197,73

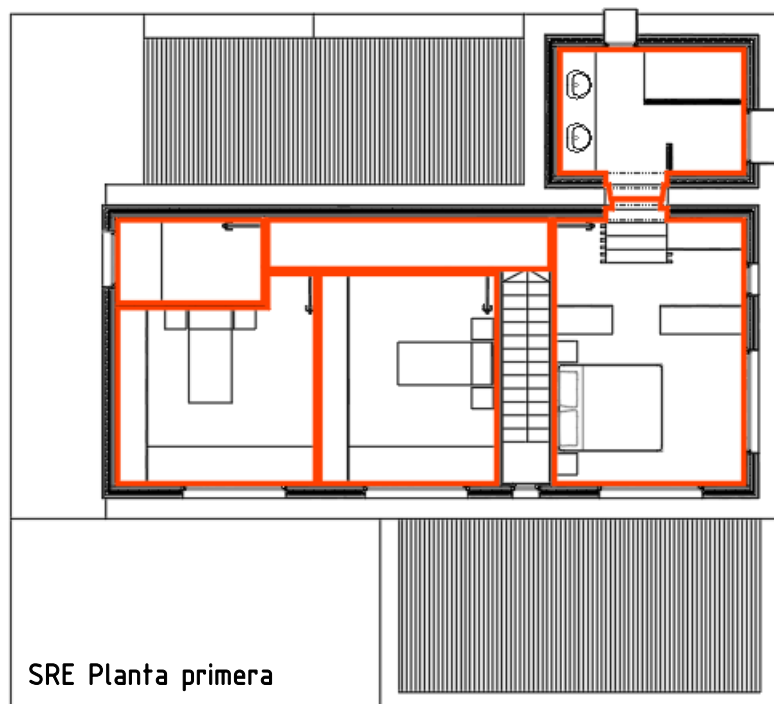
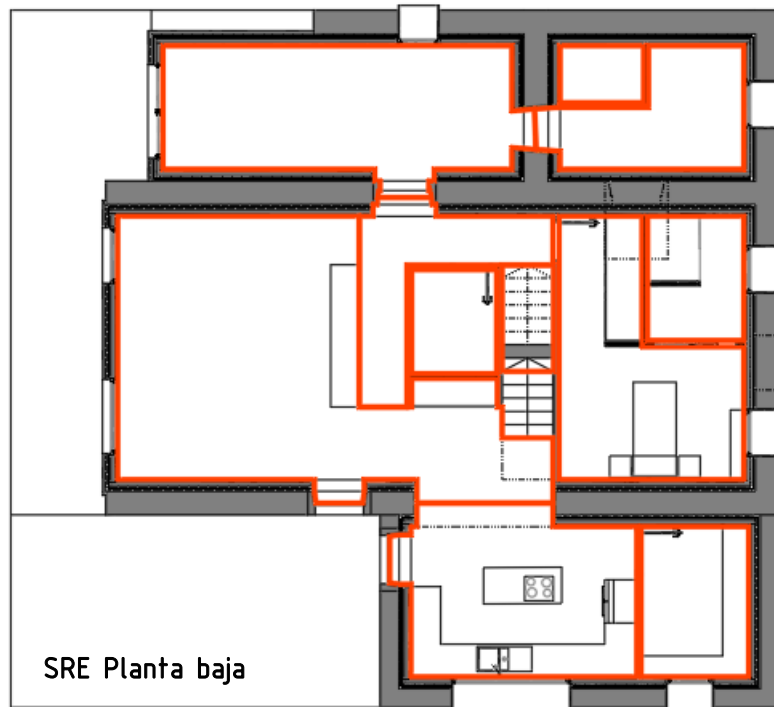
Para el cálculo de la superficie de referencia energética se medirán todas las estancias de la vivienda que se encuentren dentro de la envolvente térmica.

La superficie se puede considerar a partir de las medidas superficiales de los acabados.

Los siguientes puntos deberán ser tenidos en cuenta:

- Los telares/remetimientos de ventanas de suelo a techo que tengan una profundidad mayor de 0.13m o vanos de puertas en muros mayores a 0.13m se toman en cuenta dentro de la SER.
- Zócalos, rodapiés, muebles empotrados, bañeras
- Áreas debajo de las escaleras: Se contabilizará en un 50% con una altura libre de suelo a techo de 1 a 2m, alturas menores a 1m contabilizaran un 0%.
- Arranques y descansillos de escaleras

- Se tomarán en cuenta en un 0%: escalers con más de tres escalones, columnas o muros divisorios con altura de suelo a techo $>0.1m^2$, vacíos (espacios sobre habitaciones con doble altura, remetimientos de puertas de entrada o puertas acristaladas al interior inferiores 0.13m y cuartos que se encuentren fuera de la envolvente térmica. (Feist D. W., 2015)²⁷



²⁷ (Feist P. I., 2015)

Valor-U [W/(m²K)]	Desviación respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Factor de reducción de sombras total	Absorción de la envolvente exterior	Emisividad exterior
0,95						
0,244	122	180	Hor	0,70	0,60	0,90
0,154	270	90	West	0,70	0,60	0,90
0,256	182	0	Hor	0,70	0,60	0,90
0,154	270	90	West	0,70	0,60	0,90
0,154	180	90	South	0,70	0,60	0,90
0,154	270	90	West	0,70	0,60	0,90
0,160	0	90	Norte	0,70	0,60	0,90
0,945	270	90	Oeste	0,70	0,60	0,90
0,945	180	90	Sur	0,70	0,60	0,90
0,154	180	90	Sur	0,70	0,60	0,90
0,154	270	90	Oeste	0,70	0,60	0,90
0,256	177	0	Hor	0,70	0,60	0,90
0,160	270	90	Oeste	0,70	0,60	0,90
0,154	0	90	Norte	0,70	0,60	0,90
0,154	90	90	Este	0,70	0,60	0,90
0,154	270	90	Oeste	0,70	0,60	0,90
0,154	0	90	Norte	0,70	0,60	0,90
0,256	271	0	Hor	0,70	0,60	0,90
0,160	180	90	Sur	0,70	0,60	0,90
0,160	90	90	Este	0,70	0,60	0,90
0,160	270	90	Oeste	0,70	0,60	0,90
0,154	270	90	Oeste	0,70	0,60	0,90
0,135	180	4	Hor	0,70	0,60	0,90
0,136	0	26	Hor	0,70	0,60	0,90
0,160	270	90	Oeste	0,70	0,60	0,90
0,256	1	0	Hor	0,70	0,60	0,90
0,154	180	90	Sur	0,70	0,60	0,90
0,256	344	0	Hor	0,70	0,60	0,90
0,160	0	90	Norte	0,70	0,60	0,90
0,160	180	90	Sur	0,70	0,60	0,90
0,160	270	90	Oeste	0,70	0,60	0,90
0,160	180	90	Sur	0,70	0,60	0,90
0,160	90	90	Este	0,70	0,60	0,90
0,160	0	90	Norte	0,70	0,60	0,90
0,135	0	18	Hor	0,70	0,60	0,90
0,160	90	90	Este	0,70	0,60	0,90
0,135	180	13	Hor	0,70	0,60	0,90
0,135	0	13	Hor	0,70	0,60	0,90

La tabla muestra los valores U correspondientes a cada sistema constructivo previamente calculado asignado a cada elemento que conforma su envolvente térmica, así como el ángulo de inclinación, la orientación de cada uno de estos elementos y su desviación con respecto al norte geográfico.

Factor de reducción de sombras:

- Valores típicos: sin sombra: aprox.1, **zonas rurales 0.7**, interior de ciudad, volados grandes 0.4 aprox.

Absorción de la envolvente exterior:

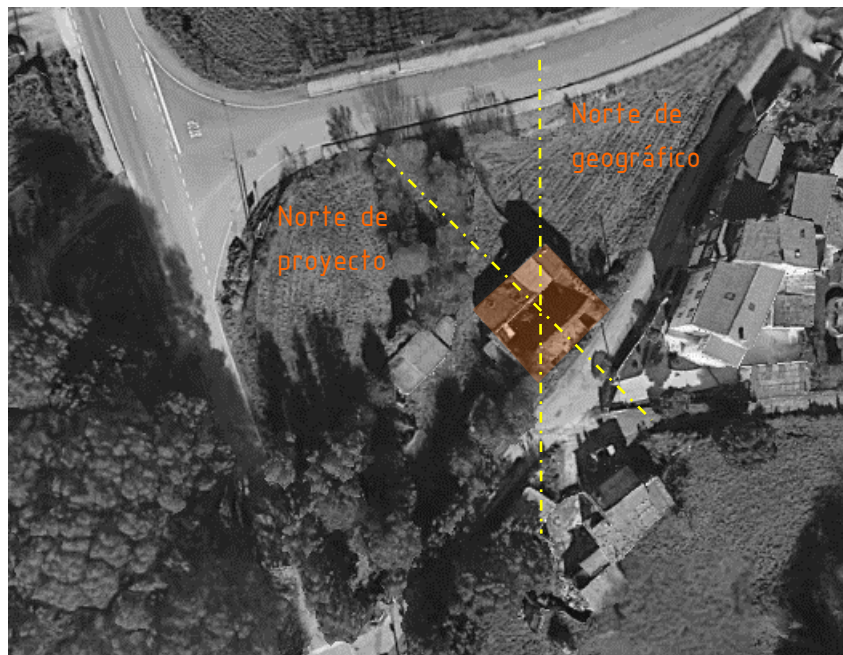
- Negro 0.95, Tejas 0.8, Pintado Blanco 0.4, colores especiales 0.1, **madera 0.6**

Emisividad exterior: **0.9** para materiales de construcción.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo



Desviación respecto al norte. Fuente: Google Earth

2.1.5 TERRENO

La hoja de terreno dentro del PHPP permite el cálculo de pérdidas de calor de elementos constructivos en contacto con el terreno según DIN EN ISO 13370. Con la utilización de esta hoja la dependencia de las pérdidas de calor de los elementos constructivos a través del terreno se puede calcular con mayor precisión, teniendo en cuenta la geometría del edificio, de lo que podrían determinarse utilizando factores de reducción globales. Se tiene en consideración el hecho de que se pierde menos calor por el efecto aislante de la solera o losa sobre el terreno. Otro aspecto de importancia en el cálculo, es que se incluyen los efectos de la inercia térmica estacional del terreno. (Feist P. I., 2015)

El procedimiento de cálculo divide el flujo de calor en constante y periódico. Este se puede determinar para cuatro casos diferentes:

- Sótano calefactado. Con este procedimiento también se pueden calcular las soleras que están total o parcialmente bajo el terreno. En este caso se deben considerar la parte enterrada de la pared (cerramiento) exterior como pared de sótano.
- Sótano no calefactado
- Solera / losa de piso sobre el terreno. Este sería el caso de estudio del proyecto. El procedimiento es aplicable a losas uniformemente aisladas en toda la superficie. La losa dispone de un aislamiento perimetral adicional.
- Forjado sanitario, con cámara de aire ventilada. Este último caso es el de estudio del proyecto. (Feist P. I., 2015)²⁸

Los datos climáticos necesarios se introducen en la hoja de cálculo automáticamente una vez seleccionado el tipo de clima. (Feist D. W., 2015)

Pérdidas de calor a través del terreno

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.6a

REHABILITACIÓN PFG / Clima: Santiago de Compostela / SRE: 198 m² / Calefacción: 14,3 kWh/(m²a) / Frec. sobrecalentamiento: 2 % / PER: 1,9 kWh/(m²a)

Sección del edificio 1

Características del terreno			
Conductividad térmica	λ	2,0	W/(mK)
Capacidad térmica	ρc	2,0	MJ/(m ³ K)
Profundidad de penetración periódica	δ	3,17	m

Datos climáticos			
Temp. media interior en invierno	T_i	20,0	°C
Temp. media interior en verano	$T_{i,s}$	25,0	°C
Temp. media superficie del terreno	$T_{ter,med}$	14,5	°C
Amplitud $T_{e,promedio}$	$T_{ter,\wedge}$	5,7	°C
Cambio de fases de $T_{e,m}$	τ	1,4	Meses
Duración del periodo de calefacción	n	5,2	Meses
Grados-hora de calefacción, exterior	G_e	42,4	kKh/a

Datos del edificio			
Superficie de losa de piso / entpiso de sótano	A	176,5	m ²
Longitud perimetral	P	90,6	m
valores característicos elem. cons. horizontal	B'	3,89	m
Valor-U solera o losa / techo sótano	$U_{i,s,fs}$	0,244	W/(m ² K)
PTs solera o losa / techo sótano	$\Psi_{B,*1}$		W/K
Valor-U solera o losa / techo sótano incl. PT	$U_{i,s,fs}'$	0,244	W/(m ² K)
Espesor efectivo del piso	d_t	8,20	m

Para la longitud perimetra, solo los bordes del forjado sanitario son considerados.

La superficie de losa de piso corresponde con la superficie de planta que ocupa.

²⁸ (Feist P. I., 2015)

Resultado total (todas las secciones del edificio)

Cambio de fases	β	1,36 Meses	Flujo de calor estacionario	Φ_{est}	197,0 W
Conductancia estacionaria	L_S	35,62 W/K	Flujo de calor periódico	Φ_{harm}	109,7 W
Conductancia periódica exterior	L_{pe}	35,62 W/K	Pérdidas de calor durante el periodo de calefacción	Q_{tot}	1158 kWh
Conductancia edificio	L_0	43,03 W/K	valores característicos elem. cons. horizontal	B'	3,89 m

Temperaturas del terreno mensuales para cálculo de método mensual (todos los elementos constructivos)

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valor medio
Invierno	12,6	11,1	10,8	11,7	13,6	16,0	18,2	19,7	20,1	19,2	17,3	14,9	15,4
Caso verano	13,5	12,0	11,6	12,5	14,4	16,8	19,1	20,6	20,9	20,0	18,1	15,8	16,3

Temperatura de cálculo del terreno para hoja 'Carga-C'

10,8

Para hoja 'Carga-R'

20,9

Factor de reducción para hoja 'Calefacción anual'

0,64

2.1.6 COMPONENTES DE CARPINTERÍAS

En el siguiente apartado se detallan los valores de los componentes de las carpinterías, vidrios y marcos, que se han adoptado en el proyecto así como su cálculo, comprobación y su entrada de datos en el PHPP.

2.1.6.1 VIDRIOS

Se proyecta para todas las carpinterías un vidrio tripe bajo emisivo con control solar compuesto por:

- Vidrio laminar 4+4
- Cámara de argón de 16mm al 90%
- Vidrio 4
- Cámara de argón de 16mm al 90%
- Vidrio 4

Para conocer lo valores característicos de los vidrios se ha realizado un calculo con las capas ya mencionadas que componen al vidrio mediante la aplicación web Calumen Live como se muestra en la siguiente ficha:



(France, 2020)²⁹

²⁹ (France, 2020)

Acristalamiento		Acristalamiento	
Acristalamiento recomendado para empezar la planificación			
Acristalamiento triple aislado térmicamente (¡Por favor, considere el criterio de confort!)			
ID	Descripción	Valor g	Valor-Ug
			W/(m²K)
01ud	TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4 con valor g alto	0,50	0,60
02ud	TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	0,39	0,60
03ud		0,00	0,00
04ud		0,00	0,00
05ud		0,00	0,00
06ud		0,00	0,00
07ud		0,00	0,00
08ud		0,00	0,00
09ud		0,00	0,00
10ud		0,00	0,00

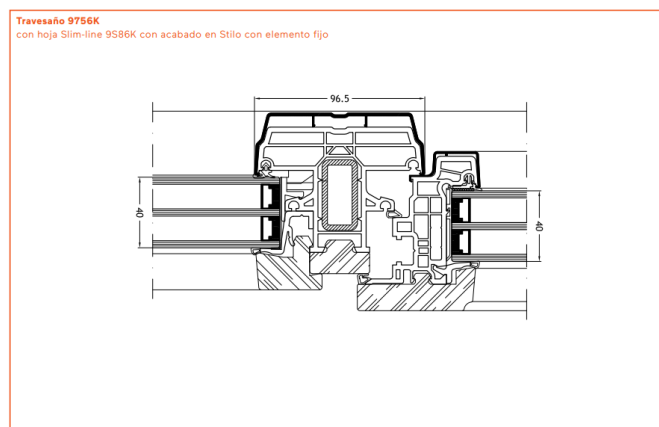
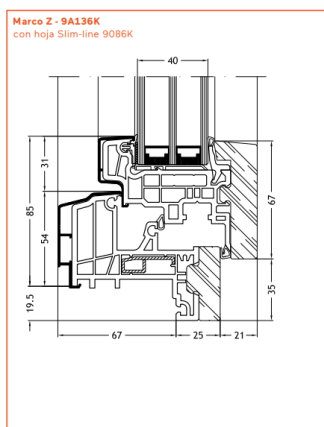
La tabla contiene:

- Descripción de los vidrios
- Coeficiente de los vidrios g (según EN 410)
- Valor Uglass Ug (según EN 673, con dos decimales tras la coma)

2.1.6.2 MARCOS DE CARPINTERÍAS

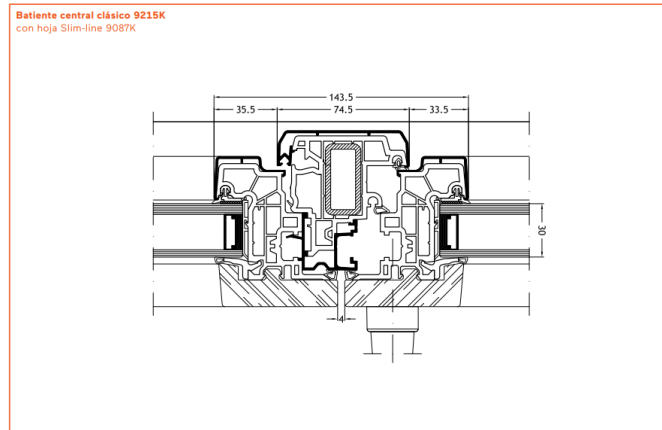
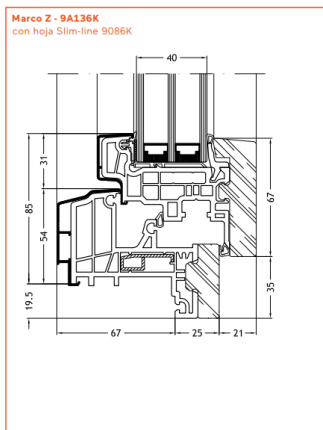
Los siguientes componentes a añadir en el PHPP para el cálculo de las carpinterías son lo marcos de las ventanas definiendo los dos tipos de marcos de proyecto para: hojas practicables y hojas fijas.

Se han proyectado carpinterías FINSTRAL modelo FIN-LIGNA aluminio madera añadiendo para el cálculo los valores aportados por el fabricante en su ficha técnica.



Hoja slim line fija. Fuente: <https://planer.finstral.com/es/centro/aislamiento/calor-frio/ventanas-fin-ligna> (AG, 2022)³⁰

³⁰ (AG, 2022)



Hoja slim line practicable. Fuente: <https://planer.finstral.com/es/centro/aislamiento/calor-frio/ventanas-fin-ligna> (AG, 2022)

Todas las carpinterías montan en la cámara formada por los vidrios un intercalario de borde caliente SWISSPACER que será tenido en cuenta a la hora de calcular los valores energéticos de las carpinterías en su conjunto.

Los valores a adoptar en el PHPP son los valores ensayados previamente por el fabricante para ventanas madera aluminio para valores U_f inferior a $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ y un valor U_g inferior a $0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ como se muestra en la siguiente tabla:

VENTANA DE MADERA Y ALUMINIO								
Valor del marco: $U_r =$	1,4 $\text{W/m}^2\text{K}$				1,4 $\text{W/m}^2\text{K}$			
Valor del cristal: $U_g =$	1,1 $\text{W/m}^2\text{K}$				0,7 $\text{W/m}^2\text{K}$			
Valor ψ (W/mK)	0,094	0,059	0,042	0,032	0,100	0,060	0,040	0,030
Ventana, U_w para 1 hoja [$\text{W/m}^2\text{K}$]	1,43	1,34	1,30	1,28	1,17	1,08	1,03	1,000
Ventana, U_w para 2 hojas [$\text{W/m}^2\text{K}$]	1,57	1,44	1,38	1,34	1,35	1,21	1,13	1,100
Temperatura superficial mín.* [$^{\circ}\text{C}$]	2,2	6,1	7,9	8,8	4,4	8,6	10,5	11,3

Geometría	Madera	Plástico	Madera y aluminio	Aluminio
Superficie total (1,23 x 1,48 m) A_w en m^2	1,82	1,82	1,82	1,82
Ancho del marco b_f en mm:	110	117	120	130
Superficie del marco A_f en m^2 (1 hoja/2 hojas)	0,548/0,686	0,579/0,725	0,593/0,742	0,637/0,796
Longitud del borde del cristal l_g en m (1 hoja/2 hojas)	4,540/6,840	4,484/6,742	4,460/6,700	4,380/6,560

SWISSPACER ULTIMATE	
	08, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 32, 36mm, 1/2"
	17 colores

Ficha técnica intercalario. Fuente: <https://en.swisspacer.com/products/swisspacer-ultimate> (AG, 2022)³¹

³¹ (SWISSPACER, 2022)

Marcos de ventana		Marcos de ventana																
ID	Descripción	Valor U_f				Ancho del marco				Punto térmico en borde de vidrio				Punto térmico de instalación				Fachadas muro cortina:
		Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	$\Psi_{\text{borde vidrio izquierda}}$	$\Psi_{\text{borde vidrio derecha}}$	$\Psi_{\text{borde vidrio abajo}}$	$\Psi_{\text{borde vidrio arriba}}$	$\Psi_{\text{instalación izquierda}}$	$\Psi_{\text{instalación derecha}}$	$\Psi_{\text{instalación abajo}}$	$\Psi_{\text{instalación arriba}}$	Valor- γ_{GT} Montante
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m	m	m	m	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/K
01ud	PassivHaus-FRAMES: average thermal quality	0,96	0,96	0,96	0,96	0,110	0,110	0,110	0,110	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,000
02ud	FIN-LIGNA DE FINSTRAL	1,20	1,20	1,20	1,20	0,092	0,092	0,092	0,092	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,000
03ud	FIN-LIGNA DE FINSTRAL FIJO	1,20	1,20	1,20	1,20	0,092	0,092	0,092	0,092	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,000
04ud		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
05ud		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
06ud		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
07ud		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
08ud		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
09ud		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10ud		0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

La tabla contiene:

- Denominación de los marcos de ventanas y puertas balconeras
- Dimensiones de los marcos (ancho visto del perfil interior, superior y laterales)
- Valor Uframe (U_f) del marco de la ventana
- Coeficiente del puente térmico producido por el intercalario marco-vidrio ($\Psi_{\text{Borde vidrio}}$)
- Coeficiente del puente térmico producido por la instalación de la ventana ($\Psi_{\text{instalación}}$)

El valor Uframe es el aportado por el fabricante de $U_f=1.2 \text{ W/m}^2\text{k}$

Las dimensiones de los marcos son las aportadas por el fabricante indicadas en la sección de carpintería en el presente apartado, 0.113m en carpinterías practicables y 0.092m en carpinterías fijas.

El coeficiente del puente térmico producido por el intercalario es el aportado por el fabricante 0.04 W/mk

El valor del puente térmico de montaje se calcula en el apartado **2.1.6 Puentes térmicos** del presente documento.

2.1.6.3 VENTANAS

Una vez definidos todos los componentes de carpinterías en la hoja de cálculo correspondiente, se completa en la hoja "ventanas" la respectiva tabla de ventanas. Al igual que con las superficies (apartado 2.1.4 ASIGNACIÓN DE SUPERFICIES) en esta tabla se aúnan todos los valores asignados a las carpinterías y se obtiene su balance energético.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denis Prieto Giraldo

Grados hora calefacción [kWh/a]: 42,4

Cantidad	Descripción	Desviación con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Medidas hueco de albañilería		Instalado en	Acristalamiento	Marco	Valor g	Valor-U		Ψ Borde de vidrio (Prom.)	
					Anchura	Altura					Selección a partir de hoja 'Superficies'	Selección a partir de hoja 'Componentes'		Selección a partir de hoja 'Componentes'	Radiación perpendicular	Acristalamiento	Marco (promedio)
					m	m	1-Ordenar: COMO LISTA		1-Ordenar: COMO LISTA		-	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(mK)
1	V01_OSCIOBATIENTE_O	270	90	Oeste	1,580	2,200	25-Pared_025_W	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V02_OSCIOBATIENTE_O	270	90	Oeste	1,180	2,200	25-Pared_025_W	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V03_01_OSCIOPARALELA_O	270	90	Oeste	1,000	2,500	13-Pared_013_W	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V03_02_FUJO_O	270	90	Oeste	1,000	2,500	13-Pared_013_W	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	03ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL FIJO	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V06_OSCIOBATIENTE_E	90	90	Este	0,960	2,200	15-Pared_015_E	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V07_OSCIOBATIENTE_E	90	90	Este	0,960	2,200	15-Pared_015_E	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V05_OSCIOBATIENTE_E	90	90	Este	1,010	1,100	15-Pared_015_E	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V04_OSCIOBATIENTE_N	0	90	Norte	0,890	1,000	14-Pared_014_N	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V08_01_FUJO_S	180	90	Sur	1,900	0,800	5-Pared_005_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	03ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL FIJO	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V08_02_OSCIOBATIENTE_S	180	90	Sur	0,600	0,800	5-Pared_005_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V11_OSCIOBATIENTE_E	90	90	Este	1,150	1,000	15-Pared_015_E	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V10_OSCIOBATIENTE_N	0	90	Norte	0,710	0,930	14-Pared_014_N	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V14_01_OSCIOBATIENTE_S	180	90	Sur	0,600	1,300	30-Pared_030_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V14_02_FUJO_S	180	90	Sur	1,560	1,300	30-Pared_030_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	03ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL FIJO	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V15_FUJO_S	180	90	Sur	0,560	1,300	30-Pared_030_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	03ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL FIJO	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V16_01_OSCIOBATIENTE_S	180	90	Sur	0,600	1,300	30-Pared_030_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V16_02_FUJO_S	180	90	Sur	1,560	1,300	30-Pared_030_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	03ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL FIJO	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V17_01_OSCIOBATIENTE_S	180	90	Sur	0,600	1,300	30-Pared_030_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V17_02_FUJO_S	180	90	Sur	1,560	1,300	30-Pared_030_S	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V09_OSCIOBATIENTE_O	270	90	Oeste	1,160	1,300	25-Pared_025_W	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V12_OSCIOBATIENTE_E	90	90	Este	0,700	0,920	36-Pared_036_E	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	
1	V13_OSCIOBATIENTE_E	90	90	Este	2,200	0,920	36-Pared_036_E	02ud-TRIPLE ACRISTALAMIENTO 4/16/4+4/16/4	02ud-FIN-LIGNA DE FINSTRAL	0,39	0,60	1,20	0,040	

Orientación de la superficie de la ventana	Radiación global (orientaciones principales)	Sombras	Suciedad	Incidencia de radiación no vertical	Proporción de acristalamiento	Valor g	Factor de reducción para radiación solar	Superficie de ventana	Valor-U de ventana	Superficie de acristalamiento	Radiación global promedio
Valores estándar →	kWh/(m²a)	0,75	0,95	0,85				m²	W/(m²K)	m²	kWh/(m²a)
Norte	91	0,53	0,95	0,85	0,55	0,39	0,24	1,55	1,19	0,85	91
Este	226	0,69	0,95	0,85	0,66	0,39	0,36	9,15	1,05	6,00	226
Sur	451	0,90	0,95	0,85	0,66	0,39	0,48	11,15	1,03	7,40	451
Oeste	237	0,89	0,95	0,85	0,73	0,39	0,53	12,58	0,94	9,21	237
Horizontal	355	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	355
Total o valor promedio de todas las ventanas						0,39	0,46	34,44	1,01	23,46	

Situación de instalación					Recomendación para $U_{w, instalada}$ [W/(m ² K)]				Indicador de temperatura en la superficie de la ventana		
valor definido por el usuario para $\Psi_{instalación}$ o '1': $\Psi_{instalación}$ de hoja 'Componentes' '0': en el caso de ventanas adjuntas					Resultados				Confort		
Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	$\Psi_{instalación}$ (Prom.)	Superficie de ventana	Superficie de vidrio	U_w instalada	Proporción de acristalamiento por ventana	Excepción	Balace de energía	
W/(mK) o 1/0				W/(mK)	m ²	m ²	W/(m ² K)	%		kWh/a	
1	1	1	1	0,040	3,5	2,67	0,90	77%		61	
1	1	1	1	0,040	2,6	1,88	0,96	73%		30	
0	1	1	1	0,040	2,5	1,76	0,95	70%		-12	
1	0	1	1	0,040	2,5	1,89	0,92	76%		24	
1	1	1	1	0,040	2,1	1,45	1,01	69%		-28	
1	1	1	1	0,040	2,1	1,45	1,01	69%		-28	
1	1	1	1	0,040	1,1	0,69	1,10	62%		-25	
1	1	1	1	0,040	0,9	0,51	1,15	58%		-35	
0	1	1	1	0,040	1,5	1,06	1,03	70%		19	
1	0	1	1	0,040	0,5	0,21	1,26	45%		-11	
1	1	1	1	0,040	1,1	0,72	1,09	62%		-26	
1	1	1	1	0,040	0,7	0,34	1,23	52%		-30	
0	1	1	1	0,040	0,8	0,40	1,17	51%		16	
1	0	1	1	0,040	2,0	1,54	0,93	76%		135	
1	1	1	1	0,040	0,7	0,42	1,22	58%		18	
0	1	1	1	0,040	0,8	0,40	1,17	51%		16	
1	0	1	1	0,040	2,0	1,54	0,93	76%		135	
0	1	1	1	0,040	0,8	0,40	1,17	51%		16	
1	0	1	1	0,040	2,0	1,43	0,96	71%		118	
1	1	1	1	0,040	1,5	1,00	1,04	67%		5	
1	1	1	1	0,040	0,6	0,33	1,24	51%		-13	
1	1	1	1	0,040	2,0	1,37	1,02	68%		5	

De este modo obtenemos en función de la orientación, radiación y componentes seleccionados un balance energético de todos los huecos.

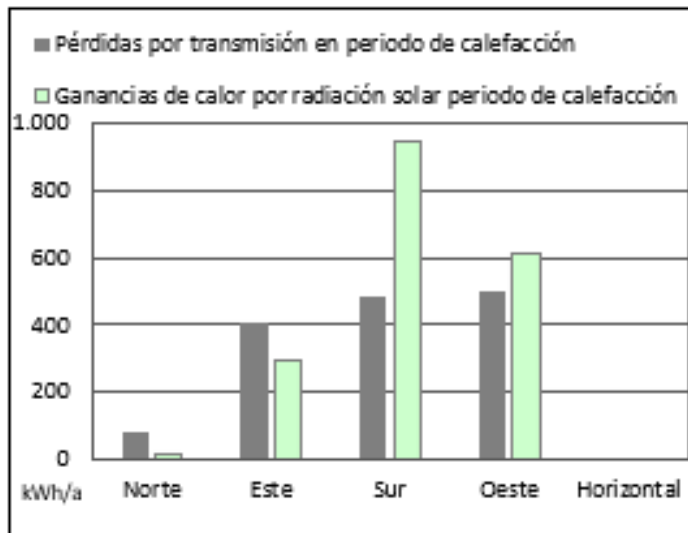
El Factor U_w (U_{window}) necesario para obtener el balance energético lo calcula el programa de forma automática bajo la siguiente fórmula (según UNE-EN-ISO 10077):

$$U_{w10077} = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + \psi_g \cdot l_g + \psi_m \cdot l_m}{A_g + A_f}$$

Donde:

- U_g = Factor U del vidrio
- A_g = Área de vidrio
- U_f = factor U del marco
- A_f = Área del marco
- Ψ_g = Puente térmico intercalario
- L_g = longitud de intercalario
- Ψ_m = Puente térmico de montaje
- L_m = longitud del puente térmico de montaje

Como resultado se obtiene un balance térmico de ganancias y pérdidas de todo el conjunto de carpinterías expresado en función de su orientación en la siguiente gráfica:



Pérdidas por transmisión en periodo de calefacción kWh/a	Ganancias de calor por radiación solar periodo de calefacción kWh/a
78	13
408	293
488	951
503	611
0	0
1476	1868

Como se puede observar, es en la fachada norte donde más pérdidas por transmisión se producen y donde las ganancias se encuentran muy por debajo. A pesar de las pérdidas producidas en la fachada norte, las ganancias se ven compensadas en un conjunto global, siendo estas siempre superiores a las pérdidas.

Es aquí donde la orientación juega un papel clave la hora de proyectar la vivienda. Debido a las pérdidas que se producen en la fachada norte es importante minimizar huecos en las fachadas más vulnerables y maximizarlos en la medida de lo posible en las fachadas con mayores ganancias para poder potenciarlas.

Las ganancias solares se obtienen a partir de la fórmula:

$$Q_s = r \cdot G \cdot A_w \cdot G$$

Donde:

- r = factor reductor= parte proporcional del vidrio x sombra que afecta a la ventana x factor de ensuciamiento x reducción por el ángulo no perpendicular de la radiación respecto a la ventana x factor F_c solar de persianas y toldos (en verano)
- g = Factor solar del cristal. Cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del vidrio y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco transparente.
 - g convencional: 0.4–0.6
 - g bajo emisivo 0.3
 - g vidrios passivhaus: 0.5
- A_w = Superficie de ventana con medidas exteriores
- G = kWh/m²a Radiación global en función de la orientación. Se calcula la radiación durante los meses donde no es necesaria la calefacción.

2.1.7 PUENTES TÉRMICOS

Los siguientes puentes térmicos han sido calculados con el programa THERM tomando medidas exteriores, planos de corte en los flancos distanciados como mínimo a un metro del puente térmico o en un plano de simetría del cerramiento homogéneo.

PUENTE TÉRMICO CANALÓN CUBIERTA



PÉRDIDAS TOTALES

$$U_{\text{factor}} * L_{\text{total}} = 0.0121 * 2.00\text{m} = 0.0242 \text{ w/mk}$$

PÉRDIDAS FACHADA

$$U_{\text{fach}} * L_{\text{fach}} (\text{ext.}) = 0.16 * 1.390\text{m} = 0.2224 \text{ w/mk}$$

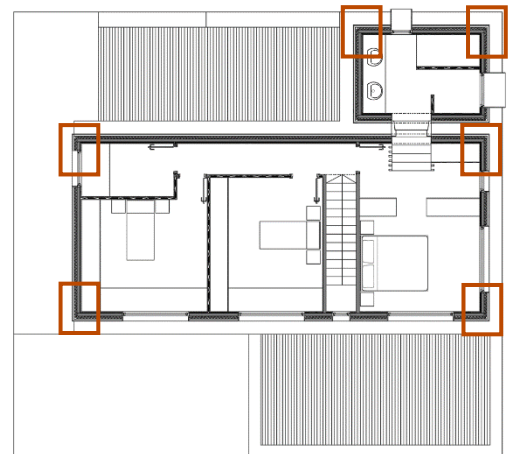
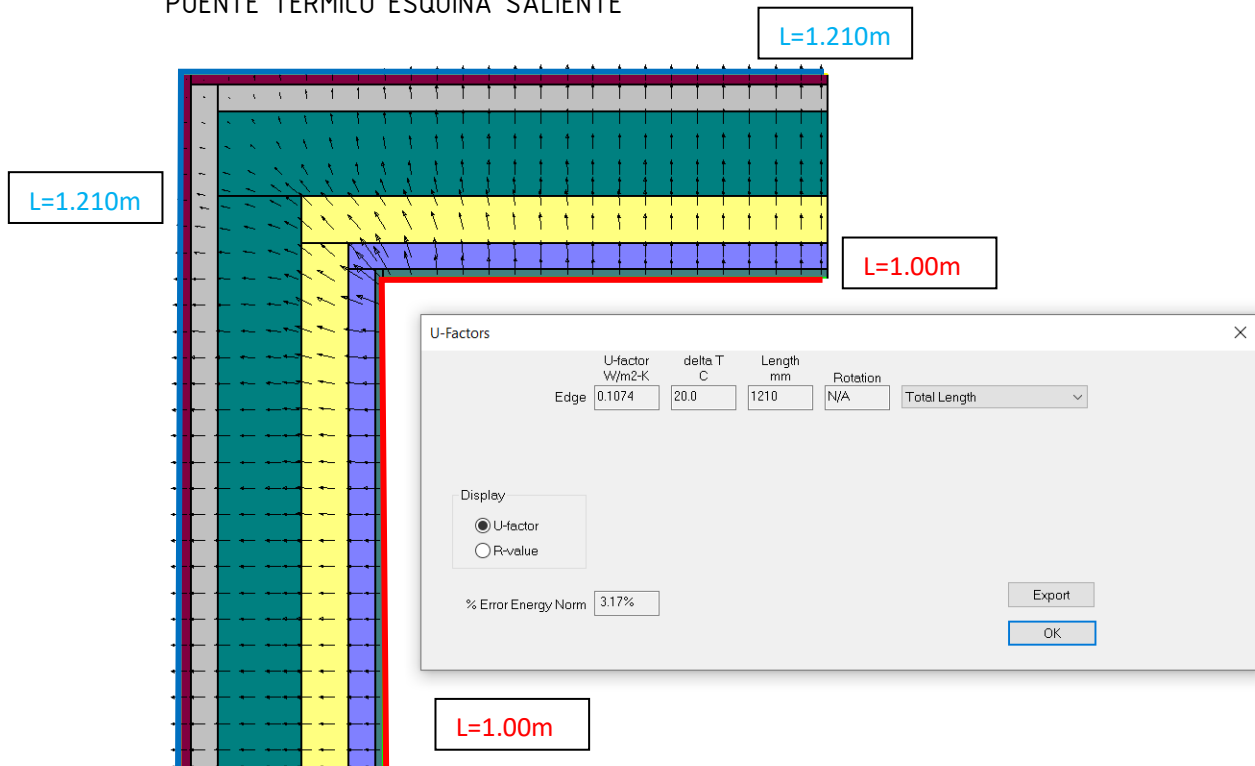
PÉRDIDAS CUBIERTA

$$U_{\text{cub}} * L_{\text{cub}} (\text{ext.}) = 0.135 * 1.388\text{m} = 0.173 \text{ w/mk}$$

$$\Psi = \text{PÉRDIDAS TOTALES} - \text{PÉRDIDAS FACHADA} - \text{PÉRDIDAS CUBIERTA}$$

$$\Psi = 0.0242 - 0.2224 - 0.173 = -0.3712 \text{ w/mk}$$

PUENTE TÉRMICO ESQUINA SALIENTE



PÉRDIDAS TOTALES

$$U_{factor} * L_{total} = 0.1074 * 2.00m = 0.2148 \text{ w/mk}$$

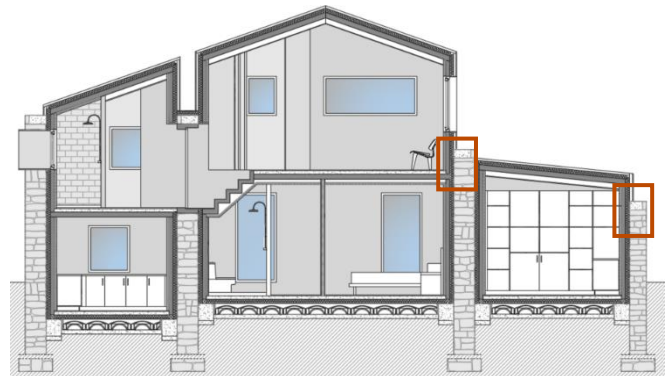
PÉRDIDAS FACHADA

$$U_{fach} * L_{fach} (ext.) = 0.16 * (1.210 * 2)m = 0.3872 \text{ w/mk}$$

$$\Psi = \text{PÉRDIDAS TOTALES} - \text{PÉRDIDAS FACHADA}$$

$$\Psi = 0.2148 - 0.3872 = -0.1724 \text{ w/mk}$$

PUENTE TÉRMICO ENCUESTRO ENTRE MURO DE MAMPOSTERÍA Y FACHADA VENTILADA



PÉRDIDAS TOTALES

$$U_{factor} * L_{total} = 0.1397 * 1.50m = 0.2095 \text{ w/mk}$$

PÉRDIDAS FACHADA MAMPOSTERÍA

$$U_{fach.m} * L_{fach} (ext.) = 0.154 * 1.43m = 0.22 \text{ w/mk}$$

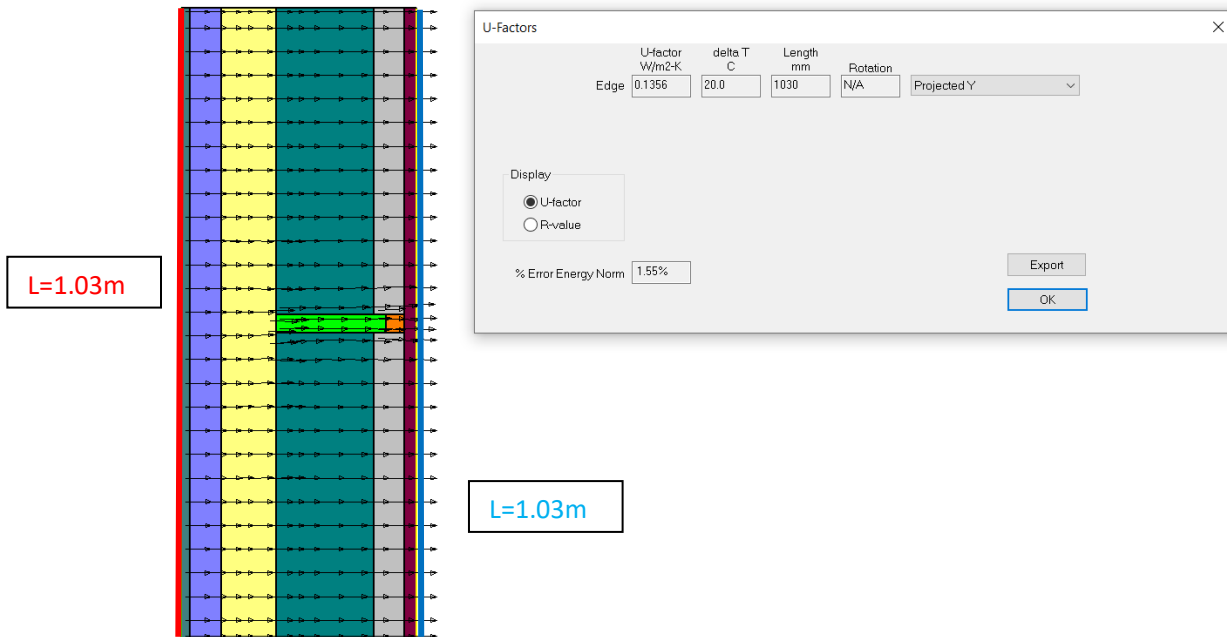
PÉRDIDAS FACHADA VENTILADA

$$U_{fach.v} * L_{fach} (ext.) = 0.16 * 0.5m = 0.08 \text{ w/mk}$$

$$\Psi = \text{PÉRDIDAS TOTALES} - \text{PÉRDIDAS FACHADA MAMP} - \text{PÉRDIDAS FACHADA V}$$

$$\Psi = 0.2095 - 0.22 - 0.08 = -0.0905 \text{ w/mk}$$

PUENTE TÉRMICO TAQUEADO DE FACHADA



PÉRDIDAS TOTALES

$$U_{\text{factor}} * L_{\text{total}} = 0.1356 * 1.03\text{m} = 0.1396 \text{ w/mk}$$

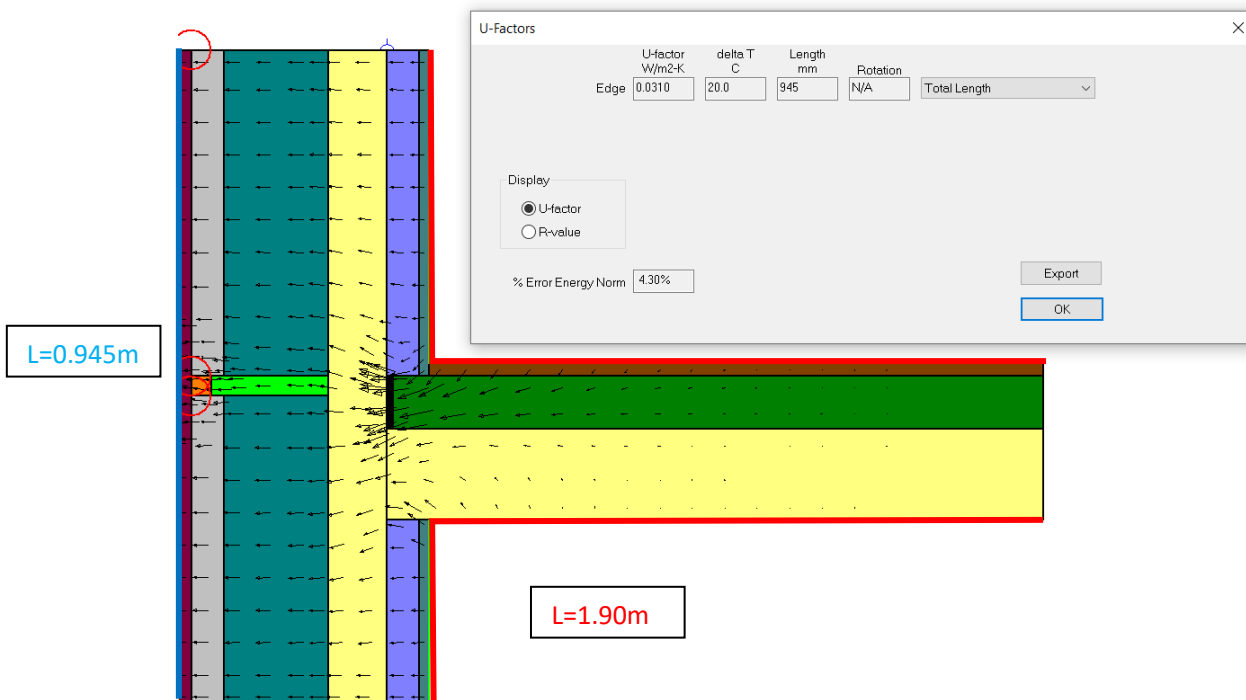
PÉRDIDAS FACHADA VENTILADA

$$U_{\text{fach.v}} * L_{\text{fach (ext.)}} = 0.16 * 1.03\text{m} = 0.1648 \text{ w/mk}$$

$$\Psi = \text{PÉRDIDAS TOTALES} - \text{PÉRDIDAS FACHADA}$$

$$\Psi = 0.1396 - 0.1648 = -0.0252 \text{ w/mk}$$

PUENTE TÉRMICO FORJADO



PÉRDIDAS TOTALES

$$U_{\text{factor}} * L_{\text{total}} = 0.0310 * (1.90 * 2.00\text{m}) = 0.1178 \text{ w/mk}$$

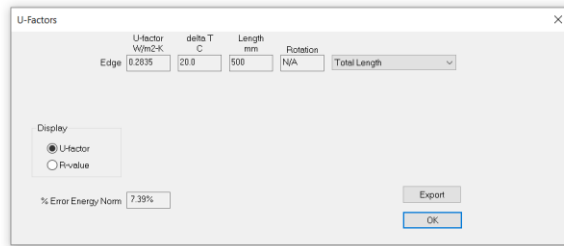
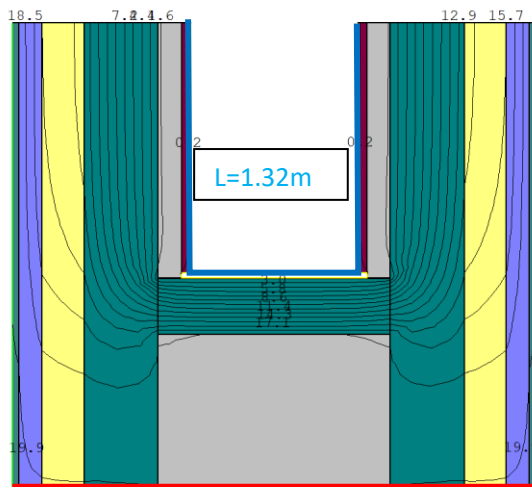
PÉRDIDAS FACHADA VENTILADA

$$U_{\text{fach.v}} * L_{\text{fach (ext.)}} = 0.16 * 0.945\text{m} = 0.1512 \text{ w/mk}$$

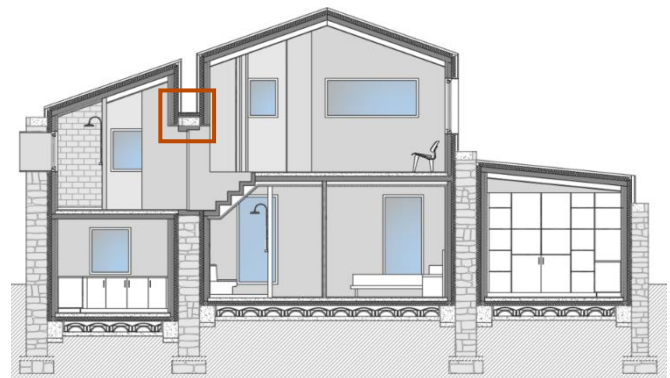
Ψ = PÉRDIDAS TOTALES - PÉRDIDAS FACHADA

$$\Psi = 0.1178 - 0.1512 = -0.0334 \text{ w/mk}$$

PUENTE TÉRMICO EN SEPARACIÓN MURO DE MAMPOSTERÍA



L=1.130m



PÉRDIDAS TOTALES

$$U_{\text{factor}} * L_{\text{total}} = 0.2815 * 1.130\text{m} = 0.3180 \text{ w/mk}$$

PÉRDIDAS FACHADA VENTILADA

$$U_{\text{fach.v}} * L_{\text{fach (ext.)}} = 0.16 * (0.48*2)\text{m} = 0.1536 \text{ w/mk}$$

PÉRDIDAS ZUNCHO DE CORONACIÓN

$$U_{\text{zuncho}} * L_{\text{zuncho (ext.)}} = 0.256 * 0.360\text{m} = 0.092\text{w/mk}$$

Ψ = PÉRDIDAS TOTALES – PÉRDIDAS FACHADA

$$\Psi = 0.3180 - 0.1536 - 0.092 = 0.0724 \text{ w/mk}$$

PUENTE TÉRMICO JAMBA DE VENTANA



PÉRDIDAS TOTALES

$$U_{factor} * L_{total} = 0.1503 * 1.853m = 0.2785w/mk$$

PÉRDIDAS FACHADA VENTILADA

$$U_{fach.v} * L_{fach (ext.)} = 0.16 * 1.255m = 0.20 w/mk$$

PÉRDIDAS MARCO DE VENTANA

$$U_{marco} * L_{marco (ext.)} = 1.2 * 0.088m = 0.1056w/mk$$

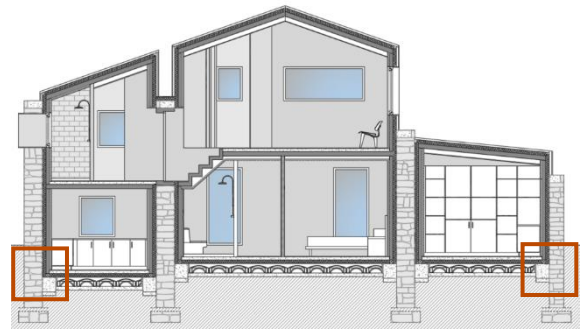
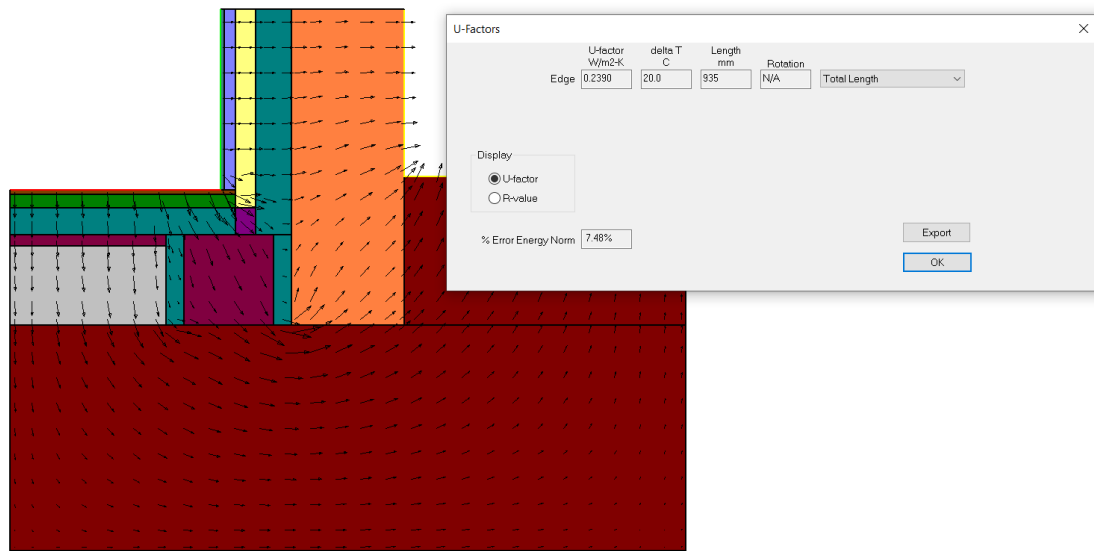
PÉRDIDAS VIDRIO

$$U_{vidrio} * L_{vidrio (ext.)} = 0.6 * 0.5m = 0.3w/mk$$

$$\Psi = \text{PÉRDIDAS TOTALES} - \text{PÉRDIDAS FACHADA} - \text{PÉRDIDAS MARCO} - \text{PÉRDIDAS VIDRIO}$$

$$\Psi = 0.2785 - 0.20 - 0.1056 - 0.3 = -0.3271 w/mk$$

PUENTE TÉRMICO TERRENO



PÉRDIDAS TOTALES

$$U_{\text{factor}} * L_{\text{total}} = 0.2390 * 2.00\text{m} = 0.478\text{w/mk}$$

PÉRDIDAS FACHADA VENTILADA

$$U_{\text{fach.v}} * L_{\text{fach (ext.)}} = 0.154 * 0.74\text{m} = 0.1139 \text{ w/mk}$$

PÉRDIDAS TERRENO

$$U_{\text{terreno}} * L_{\text{terreno (ext.)}} = 2.0 * 1.00\text{m} = 2.00/\text{mk}$$

$$\Psi = \text{PÉRDIDAS TOTALES} - \text{PÉRDIDAS FACHADA} - \text{PÉRDIDAS TERRENO}$$

$$\Psi = 0.478 - 0.1139 - 2.00 = -1.63 \text{ w/mk}$$

2.1.8 SOMBRAS

Cantidad	Descripción	Desviación con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Ancho del vidrio	Altura del vidrio	Superficie de vidrio
		[Grado]	[Grado]		w_G [m]	h_G [m]	A_{ACR} [m ²]
1	V01_OSCILOBACIEN	270	90	Oeste	1,35	1,97	2,7
1	V02_OSCILOBATIEN	270	90	Oeste	0,95	1,97	1,9
1	V03_01_OSCILOPARA	270	90	Oeste	0,77	2,27	1,8
1	V03_02_FIJO_O	270	90	Oeste	0,82	2,32	1,9
1	V06_OSCILOBATIEN	90	90	Este	0,73	1,97	1,4
1	V07_OSCILOBATIEN	90	90	Este	0,73	1,97	1,4
1	V05_OSCILOBATIEN	90	90	Este	0,78	0,87	0,7
1	V04_OSCILOBATIEN	0	90	Norte	0,66	0,77	0,5
1	V08_01_FIJO_S	180	90	Sur	1,72	0,62	1,1
1	V08_02_OSCILOBATI	180	90	Sur	0,37	0,57	0,2
1	V11_OSCILOBATIEN	90	90	Este	0,92	0,77	0,7
1	V10_OCILOBATIEN	0	90	Norte	0,48	0,70	0,3
1	V14_01_OSCILOBATI	180	90	Sur	0,37	1,07	0,4
1	V14_02_FIJO_S	180	90	Sur	1,38	1,12	1,5
1	V15_FIJO_S	180	90	Sur	0,38	1,12	0,4
1	V16_01_OSCILOBATI	180	90	Sur	0,37	1,07	0,4
1	V16_02_FIJO_S	180	90	Sur	1,38	1,12	1,5
1	V17_01_OSCILOBATI	180	90	Sur	0,37	1,07	0,4
1	V17_02_FIJO_S	180	90	Sur	1,33	1,07	1,4
1	V09_OSCILOBATIEN	270	90	Oeste	0,93	1,07	1,0
1	V12_OSCILOBATIEN	90	90	Este	0,47	0,69	0,3
1	V13_OSCILOBATIEN	90	90	Este	1,97	0,69	1,4

Orientación	Acristala- miento	Factor de reducción	Factor de reducción	Factor de reducción	Carga solar
	superficie [m ²]	invierno r_v	refrigeración $r_{v,1}$	carga refrig. $r_{v,2}$	[kWh/(m ² _{Acrist.a})]
Norte	0,85	53%	29%	21%	17
Este	6,00	69%	39%	29%	56
Sur	7,40	90%	42%	31%	60
Oeste	9,21	89%	48%	35%	69
Horizontal	0,00	100%	100%	100%	0

La hoja sombras calcula el factor de sombra total (r_s) para superficies transparentes toma en cuenta los siguientes factores:

- Γ_{horiz} = Sombra causada por el perfil del horizonte p.ej: una serie de edificios, elevaciones del terreno etc.
- Γ_{tel} = Sombra causada por los telares o remetimientos de la ventana u otros elementos verticales
- Γ_{vol} = Sombra causada por un voladizo sobre la ventna, p.ej: una losa de balcón
- Γ_{otro} = Factores de sombreado adicionales

Cada factor indica el porcentaje de radiación solar que alcanza a la superficie transparente reducido por el elemento constructivo correspondiente. El factor de sombra r_s indica el porcentaje de radiación solar que recibe un acristalamiento en relación a la radiación que recibiría sin elementos de sombreado (100% = sin sombra, 0% completamente sin sombra)

El factor de reducción de radiación solar no aporta la porción de radiación solar perdida debido a sombras sino todo lo contrario cuanto mayor sea el factor de reducción menos porción de radiación pierde la ventana afectada. (Feist P. I., 2015)³²

El factor de reducción de sombra se calcula de la siguiente manera

$$\Gamma_s = \Gamma_{\text{hori}} \cdot \Gamma_{\text{tel}} \cdot \Gamma_{\text{vol}} \cdot \Gamma_{\text{otro}}$$

Esta ventana utiliza los datos de las ventanas ya introducidos en la hoja de calculo ventanas, como la geometría y orientación. Se calcula el factor de sombra r_s y se inserta automáticamente en la hoja de cálculo ventanas.

Estos factores han sido tenidos en cuenta a la hora del modelizado de la vivienda en Sketchup con el plugin DesignPh del passivhaus institut y se han introducido de forma automático en el PHPP al importar el modelo.

Factor de reducción adicional para sombreado en invierno	Factor de reducción adicional para sombreado en verano	Factor de reducción para protección solar temporal	Regulado / Transparente	Factores de reducción por sombreado en invierno				Factores de reducción por sombreado en verano				
				Horizonte	Telares / Remetimientos	Voladizos / Volados	Total para la carga de calefacción	Horizonte	Telares / Remetimientos	Voladizos / Volados	Total para el caso de refrigeración	Total para la carga de refrigeración
$r_{\text{otro,i}} [\%]$	$r_{\text{otro,v}} [\%]$	$z [\%]$		$r_H [\%]$	$r_R [\%]$	$r_V [\%]$	$r_i [\%]$	$r_{H,v} [\%]$	$r_{R,v} [\%]$	$r_{V,v} [\%]$	$r_{V1} [\%]$	$r_{V2} [\%]$
97%	98%	30%					97%				50%	36%
96%	97%	30%					96%				50%	36%
67%	82%	30%					67%				42%	30%
86%	94%	30%					86%				48%	35%
60%	73%	30%					60%				37%	27%
60%	73%	30%					60%				37%	27%
54%	64%	30%					54%				32%	24%
55%	59%	30%					55%				30%	22%
57%	35%	30%					57%				18%	13%
49%	32%	30%					49%				16%	12%
55%	63%	30%					55%				32%	23%
51%	55%	30%					51%				28%	20%
96%	90%	30%					96%				46%	33%
99%	95%	30%					99%				48%	35%
94%	87%	30%					94%				44%	32%
96%	90%	30%					96%				46%	33%
99%	95%	30%					99%				48%	35%
96%	90%	30%					96%				46%	33%
99%	95%	30%					99%				48%	35%
95%	97%	30%					95%				49%	36%
90%	94%	30%					90%				48%	35%
96%	97%	30%					96%				49%	36%

³² (Feist P. I., 2015)

2.1.9 VENTILACIÓN

Datos de ventilación

REHABILITACIÓN PFG / Clima: Santiago de Compostela / SRE: 198 m² / Calefacción: 13,5 kWh/(m²a) / Frec. sobrecalentamiento: 2 % / PER: 1,9 kWh/(m²a)

Superficie de referencia energética A _{SRE}	m ²	198	(Hoja de cálculo 'Superficies')
Altura de la habitación h	m	2,50	
Volumen de aire interior ventilación (A _{SRE} *h) V _V	m ³	494	(Hoja de cálculo 'Calefacción anual')

Tipo de ventilación

Por favor seleccione

1-Vent. equilibrada PH con recuperación calor

Tasa de renovación de aire por infiltración

Coeficientes de protección al viento e y f			
Coeficiente e de clase de protección de viento	Varios lados expuesto al viento	Sólo un lado expuesto al viento	
Sin protección	0,10	0,03	
Protección moderada	0,07	0,02	
Protección alta	0,04	0,01	
Coeficiente f	15	20	

Coeficiente de protección de viento e	P/ demanda anual	P/ periodo calefacción:	
	0,07	0,18	
Coeficiente de protección de viento f			
	15	15	
Tasa renovación aire ensayo presión n ₅₀	1/h	0,60	527 m ³
			Permeabilidad del aire q ₅₀ 0,48 m ³ /(h·m ²)
Exceso de aire de extracción	P/ demanda anual	P/ periodo calefacción:	
	1/h	0,00	
Tasa renovación aire por infiltración n _{V,Infiltración}	1/h	0,045	0,112

Selección de los datos de la ventilación - Resultados

El PHPP ofrece dos métodos posibles para la Planificación de los caudales de aire y la elección del aparato de ventilación. Con la Planificación estándar se puede calcular las renovaciones de aire para edificios residenciales y un aparato de ventilación como máximo. En la hoja 'Ventilación ad' se pueden considerar hasta 10 aparatos de ventilación. Los caudales de aire se pueden calcular por habitación o por zonas. Favor de seleccionar aquí el método de diseño.

Aparato de ventilación / Eficiencia de recuperación de calor	caudal diseño m ³ /h	Tasa de renovación renovación de aire 1/h	Exceso de aire de extracción (sist. extracción de aire) 1/h	Valor de eficiencia de RC efectiva Ap. de ventilación [-]	Recuperación de energía [-]	Potencia específica Wh/m ³	Valor de eficiencia de RC efectiva del ITA [-]
<input checked="" type="checkbox"/> Diseño estándar (Hoja de cálculo 'Ventilación', ver abajo)	154	0,31	0,00	80,6%	0,0%	0,31	0,0%
<input type="checkbox"/> Múltiples unidades de ventilación, no-res (Hoja de cálculo 'Vent-Adicional')							

Recuperación refrigeración: Eficiencia recuperación calor ITA η^{*}ITA: 0%

Humedad interior media durante el funcionamiento en invierno

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
48%	47%	50%	54%	61%	-	-	-	-	65%	57%	51%

Tal y como se ha detallado con anterioridad, el test de estanqueidad y renovación de aire blowerdoor se debe de realizar con la obra en proceso de ejecución y con la obra ejecutada, con lo cual el valor a considerar en el apartado de ventilación es el mínimo exigido por el passivhaus con un valor de 0.6 renovaciones/hora para una presión de 50Pa y un volumen de aire neto para el ensayo de presión (V50) de 527m³.

CALCULO VOLUMEN					
ESTANCIA	SUP UTIL (M2)	%	SRE (M2)	VOLUMEN (m³)	VOLUMEN (m³)
PLANTA BAJA					
SALON-RECIBID	36,62	100%	36,62	2,60	95,212
COCINA	16,86	100%	16,86	2,60	43,836
C.INSTALACIONI	7,13	100%	7,13	2,60	18,538
DISTRIBUIDOR	7,65	100%	7,65	2,60	19,89
ASEO	3,94	100%	3,94	2,20	8,668
ESCALERAS	3,90	50%	1,95	2,60	10,14
DORMITORIO01	15,65	100%	15,65	2,60	40,69
BAÑO	5,28	100%	5,28	2,20	11,616
COMEDOR	20,14	100%	20,14	2,60	52,364
LAVANDERÍA	8,08	100%	8,08	2,20	17,776
PLANTA PRIMERA					
SUITE	19,92	100%	19,92	2,80	55,776
BAÑO SUITE	10,69	100%	10,69	2,80	29,932
DORMITORIO02	16,38	100%	16,38	2,80	45,864
DORMITORIO 03	16,05	100%	16,05	2,80	44,94
BAÑO	5,32	100%	5,32	2,80	14,896
PASILLO	6,07	100%	6,07	2,80	16,996
TOTAL SRE			197,73		527,13

Entrada de datos para la ventilación equilibrada

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.6a

Dimensionado del sistema de ventilación con un sólo aparato de ventilación

Ocupación Cantidad de personas Aire de impulsión por persona Demanda de aire de impulsión Habitaciones de extracción de aire Cantidad Demanda de extracción de aire por habitación Demanda total de aire de extracción	m²/pers. <input type="text" value="64"/> P <input type="text" value="3,1"/> m³/(P*h) <input type="text" value="30"/> m³/h <input type="text" value="92"/> <table border="1"> <tr> <td>Cocina</td> <td>Baño</td> <td>Baño (sólo ducha)</td> <td>WC</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> </tr> </table> m³/h <input type="text" value="60"/> m³/h <input type="text" value="40"/> m³/h <input type="text" value="20"/> m³/h <input type="text" value="20"/> m³/h <input type="text" value="180"/>	Cocina	Baño	Baño (sólo ducha)	WC		1	1	2	2		m³/h <input type="text" value="193"/>	Recomendado: <input type="text" value="193"/> m³/h													
Cocina	Baño	Baño (sólo ducha)	WC																							
1	1	2	2																							
Cálculo de la renovación de aire media																										
Tipos de operación <table border="1"> <tr><td>Máximo</td></tr> <tr><td>Standard</td></tr> <tr><td>Basic ventilation</td></tr> <tr><td>Minimum</td></tr> </table>	Máximo	Standard	Basic ventilation	Minimum	Horas diarias de funcionamiento h/d <table border="1"> <tr><td></td></tr> <tr><td>24,0</td></tr> <tr><td></td></tr> <tr><td></td></tr> </table>		24,0			Factores referenciados a Máximo <table border="1"> <tr><td>1,00</td></tr> <tr><td>0,77</td></tr> <tr><td>0,54</td></tr> <tr><td>0,40</td></tr> </table> Valor medio <input type="text" value="0,77"/>	1,00	0,77	0,54	0,40	<table border="1"> <tr><td>Caudal de aire m³/h</td></tr> <tr><td>193</td></tr> <tr><td>148</td></tr> <tr><td>104</td></tr> <tr><td>77</td></tr> </table> Renovación de aire media (m³/h) <input type="text" value="148"/>	Caudal de aire m³/h	193	148	104	77	<table border="1"> <tr><td>Renovación de aire 1/h</td></tr> <tr><td>0,39</td></tr> <tr><td>0,30</td></tr> <tr><td>0,21</td></tr> <tr><td>0,16</td></tr> </table> Tasa de renovación de aire media (1/h) <input type="text" value="0,30"/>	Renovación de aire 1/h	0,39	0,30	0,21	0,16
Máximo																										
Standard																										
Basic ventilation																										
Minimum																										
24,0																										
1,00																										
0,77																										
0,54																										
0,40																										
Caudal de aire m³/h																										
193																										
148																										
104																										
77																										
Renovación de aire 1/h																										
0,39																										
0,30																										
0,21																										
0,16																										

Se considera un caudal de aire de impulsión por persona mínimo de $30\text{m}^3/(\text{p}\cdot\text{h})$.

El caudal de diseño debe poder al menos cubrir el requerimiento de aire de extracción.

Por razones de higiene la tasa de renovación de aire media debe de ser mínimo de 0.3 renovaciones/hora. Se debe de considerar que un exceso de renovación de aire puede causar que el aire interior sea demasiado seco.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denis Prieto Giraldo

Selección de aparato de ventilación con recuperación de calor

Situación unidad ventilación **1-Dentro de la envolvente térmica**

Selección aparato ventilación	Recuperación de calor RC efectiva	Humedad calor efva. RC efectiva	Específico RC efectiva [Wh/m³]	Uso [m³/h]	Protección contra la congelación
Ir a lista de aparatos de ventilación 1-Ordenar: COMO LISTA 0328vs03-Zehnder - ComfoAir350, ComfoD350, WHR930	0,84	0,00	0,29	71 - 293	sí

Conductancia ducto de admisión Ψ	W/(mK)	0,380	Implementación de la protección contra la congelación	2-Elec.	
Longitud del ducto de admisión	m	0,52		Límite de temperatura [°C]	0
Conductancia del ducto de expulsión Ψ	W/(mK)	0,380		Energía útil(kWh/a)	4
Longitud del ducto de expulsión	m	2,9	Temperatura interior (°C)	20	
Temp. del cuarto de instalaciones	°C		Temp. media exterior periodo calefacción	10,3	
(Sólo introducir en el caso de que la unidad central está fuera de la envolvente térmica)			Temp. media terreno (°C)	14,5	

Valor efectivo de recuperación de calor $\eta_{R,ef}$ **82,0%**

Eficiencia del Recuperador del intercambiador geotérmico

Eficiencia del intercambiador tierra-aire (ITA)

η_{ITA} **0%**

Eficiencia de recuperación de calor del ITA

η_{ITA} **0%**

Cálculo secundario
Valor- Ψ del conducto de aire de impulsión o de admisión

Diámetro interior:	200	mm
Espesor del aislamiento:	65	mm
¿Reflectante?	x	Sí/No
Conductividad térmica	0,036	W/(mK)
Caudal de aire nominal	148	m³/h
$\Delta\theta$	10	K
Diámetro exterior del tubo	0,200	m
Diámetro exterior	0,330	m
α -interior	6,60	W/(m²K)
α -Superficie	5,48	W/(m²K)
Valor-Ψ	0,380	W/(mK)
Diferencia de temp. Superficial	0,647	K

Cálculo secundario
Valor- Ψ del conducto de aire de expulsión o de extracción

Diámetro interior:	200	mm
Espesor del aislamiento:	65	mm
¿Reflectante?	x	Sí/no
Conductividad térmica	0,036	W/(mK)
Caudal de aire nominal	148	m³/h
$\Delta\theta$	10	K
Diámetro exterior del tubo	0,200	m
Diámetro exterior	0,330	m
α -interior	6,60	W/(m²K)
α -Superficie	5,48	W/(m²K)
Valor-Ψ	0,380	W/(mK)
Diferencia de temp. Superficial	0,647	K

Recuperador de calor Zendher ComfoAir Q350 con un rendimiento del 82%.

Las longitudes de tubos de extracción, diámetros y espesores de aislamiento se encuentran definidos en los planos de instalaciones de ventilación correspondientes.

2.1.10 CALEFACCIÓN

Demanda de calefacción (método anual)

REHABILITACIÓN PFG / Clima: Santiago de Compostela / SRE: 198 m² / Calefacción: 14 kWh/(m²a) / Frec. sobrecalentamiento: 8 % / PER: 53,4 kWh/(m²a)

Temperatura interior: °C

Tipo de edificio:

Superficie de referencia energética A_{SRE}: m²

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m²	Valor-U W/(m²K)	Fact temp. Ft	Q _i kWh/a	Por m² de SRE	
Muro ext. - aire ext.	A	260,6	0,157	1,00	42,4	8,78	
Muro ext. - terreno	B			0,64			
Techo / cubierta - Aire ext.	A	182,1	0,158	1,00	42,4	6,16	
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	176,5	0,244	0,64	42,4	5,86	
	A			1,00			
	A			1,00			
	X			0,75			
Ventanas	A	34,4	1,011	1,00	42,4	7,47	
Puerta exterior	A	11,7	0,945	1,00	42,4	2,37	
Puentes térmicos exteriores(longitud en m)	A	60,0	0,080	1,00	42,4	1,03	
Puentes térmicos perímetro (longitud en m)	P			0,64		0,00	
Puentes térmicos piso (longitud en m)	B			0,64		0,00	
Total de superficies de la envolvente térmica		665,3				kWh/(m²a)	
Pérdidas de calor por transmisión Q_T					Total	6261	31,7

Sistema de ventilación:		Caudal de aire efectivo V _v		A _{SRE}	Altura libre habitación	
Rendimiento del recuperador de calor de la recuperación de calor	η _{ref}	<input type="text" value="80%"/>		m²	m	m³
Eficiencia de recuperación de calor del intercambiador tierra-aire (ITA)	η _{ITA}	<input type="text" value="0%"/>		197,7	2,50	494,3
Tasa de renovación de aire energéticamente efectiva n _{vent}	n _{vent}	<input type="text" value="0,300"/>	η _{v,sist}		η _{RR}	η _{v,Res}
			1/h			1/h
					(1 - 0,80)	0,045
						0,103
Pérdidas de calor por ventilación Q_{vent}	V _v	<input type="text" value="494,3"/>	n _v	C _{aire}	Q _i	
	m³		1/h	Wh/(m²K)	kWh/a	kWh/(m²a)
				0,33	42,4	715
						3,6
Pérdidas totales de calor Q_p		Q _T		Factor de reducción		
	kWh/a	<input type="text" value="6261"/>	Q _v	Noche y fin de semana	Ahorro	
			kWh/a			kWh/a
					1,0	6977
						35,3

Orientación de la superficie	Factor de reducción Compare c/ 'Ventanas'	Valor g (Radiación perp.)	Radiación global			
			Superficie m ²	kWh/(m ² a)		
Norte	0,24	0,39	1,55	91		
Este	0,36	0,39	9,15	226		
Sur	0,48	0,39	11,15	451		
Oeste	0,53	0,39	12,58	237		
Horizontal	0,00	0,00	0,00	355		
Ganancias de calor por radiación solar Q_S				Total	1868	
					9,4	
Ganancias internas de calor (GICs) Q _I		Periodo calefacción anual kh/d	Potencia esp. qI d/a	A _{SRE} m ²	kWh/a	kWh/(m ² a)
		0,024	157	2,35	197,7	8,9
Calor disponible Q _{disponible}				Q _S + Q _I	3625	18,3
Relación calor disponible y pérdidas calor				Q _{disp} / Q _P	0,52	
Aprovechamiento efectivo de las ganancias de calor η _G				(1 - (Q _{disp} /Q _P) ⁵) / (1 - (Q _{disp} /Q _P) ⁶)	98%	
Ganancias de calor Q_G				η _G * Q _{DISP}	3558	18,0
Demanda de calefacción Q_{cal}				Q _P - Q _G	3419	17
Valor máx. permitido				15	¿Requerimiento cumplido?	No

El balance energético se obtiene siguiendo los siguientes criterios

Demanda de energía (kWh/m²):

- $Q_h = Q_l - Q_g$
Demanda de energía = Pérdida energéticas - Ganancias energéticas
- $Q_l = Q_t + Q_v$
Pérdidas energéticas = Pérdidas por transmisión + Pérdidas por ventilación
- $Q_g = (Q_s + Q_i)$
Ganancias energéticas = Ganancias solares + Ganancias internas

Cálculo simplificado de la Demanda Energética según En-ISO 13790

Pérdidas por transmisión: $Q_t = A \cdot U \cdot fT \cdot Gh$

Donde:

A = Superficie de la envolvente (medidas exteriores)

U = Transmitancia térmica

fT = Coeficiente de reducción de temperatura (DB HE1 - apartado 2.1.3b)

Gh = Grados hora en invierno/verano (kKh/a)

Pérdidas por ventilación: $Q_v = V \cdot n \cdot c \cdot Gh$

Donde:

V = Volumen interior acondicionado neto

n = Renovación de aire por hora. [n = Renovación controlada por aire x (1 - eficiencia recuperación de aire) + renovación de aire por infiltración]

c = Capacidad específica del aire = 0.33 Wh/m³k

Gh = Grados hora en invierno de la localización (kKh/a)

Ganancias solares: $Q_s = r \cdot g \cdot A_w \cdot G$

Donde:

r = factor reductor = parte proporcional del cristal x sombra que afecta a la ventana x factor de ensuciamiento x reducción de ángulo no perpendicular de la radiación con respecto a la ventana x factor F_c solar (F_c = fracción de la radiación que incide sobre un hueco NO bloqueado por persianas) de persianas y toldos móviles (verano).

g = factor solar del cristal. Coeficiente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del cristal y la que se introduciría si el acristalamiento fuese un hueco transparente. (g convencional: 0.4-0.6 / g bajo emisivo: 0.3 / g vidrios passivhaus: 0.5)

A_w = Superficie de ventana con medidas exteriores (m²)

G = Radiación global en función de la orientación (kWh/m²a)

Ganancias internas: $Q_i = \text{período de calentar/enfriar (kh)} \cdot \text{cargas internas (W/m}^2) \times A_{ref} \text{ (m}^2)$

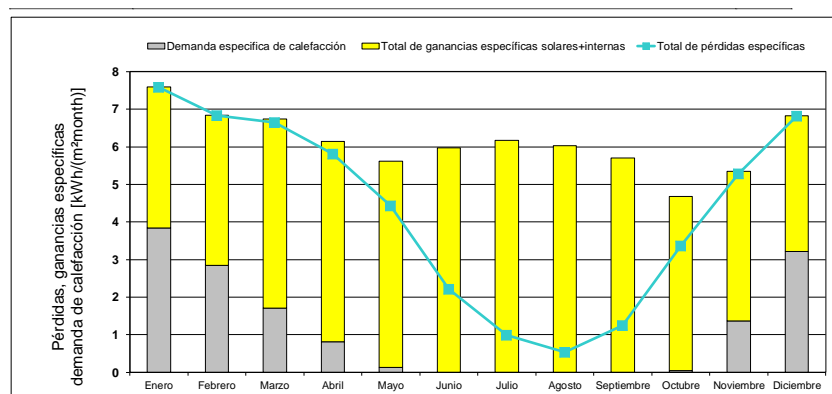
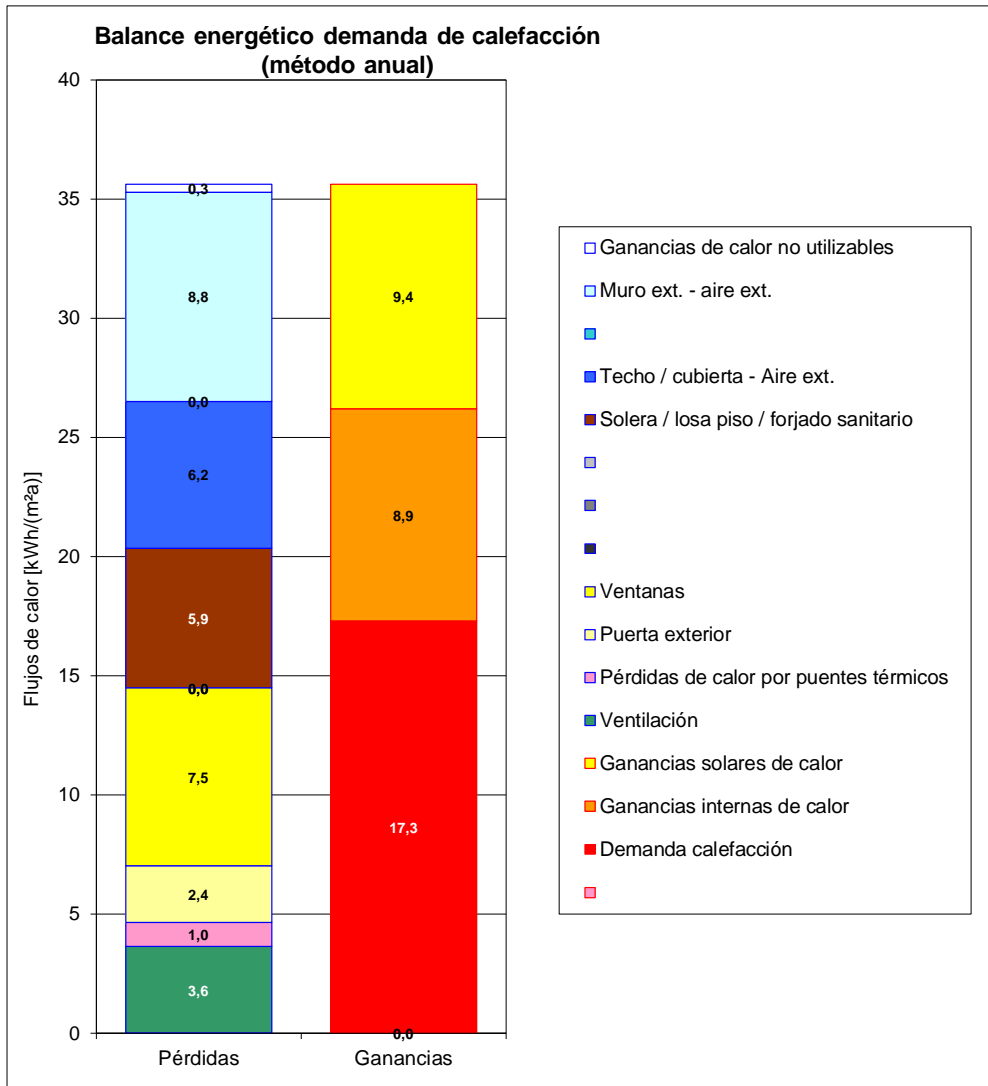
Donde:

Período de calentar/enfriar: Se tienen en cuenta los días más fríos y más cálidos del año en función de la situación climática de la vivienda. 1día = 24h = 0.024kh/d x número de días a calentar/enfriar.

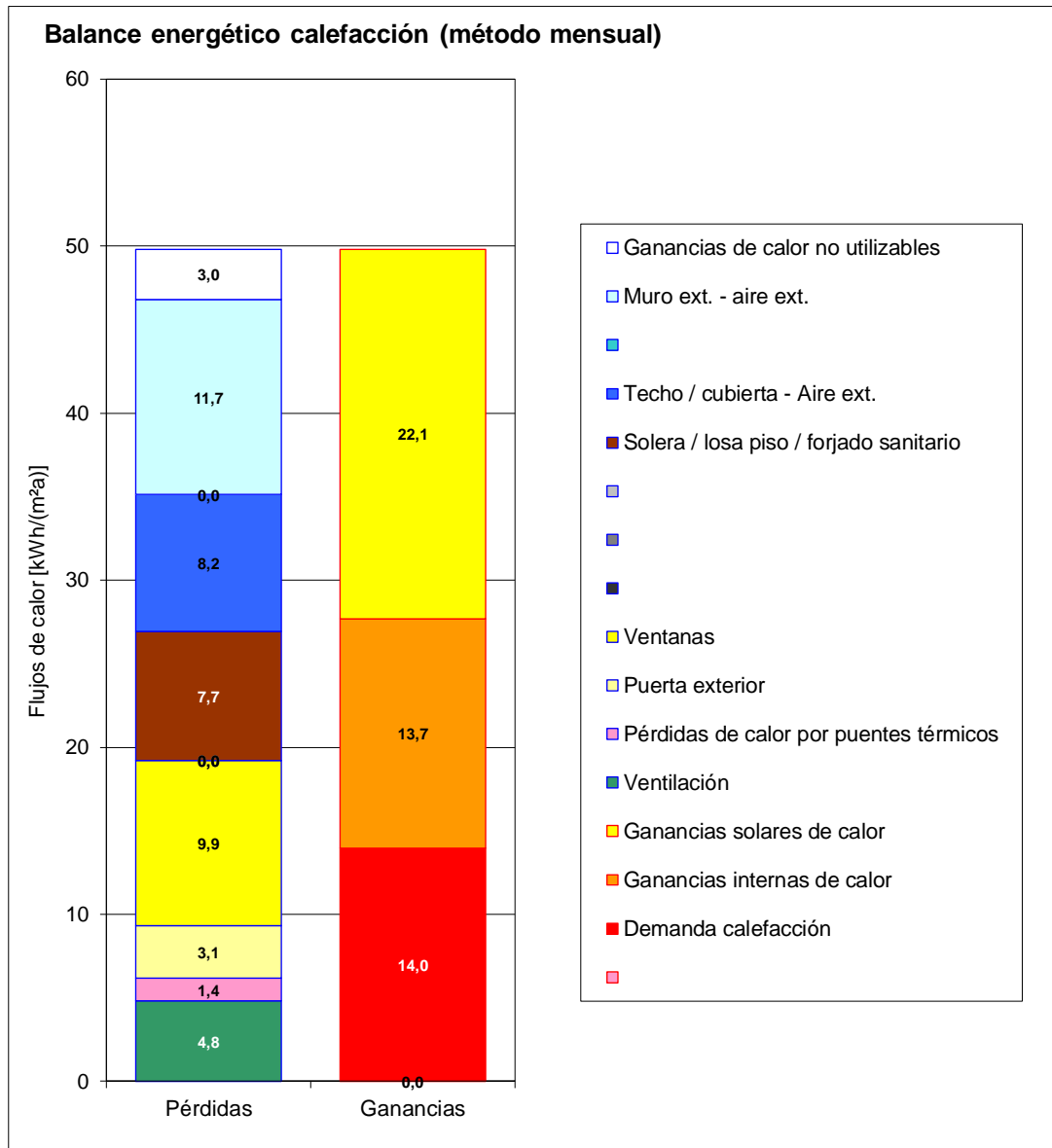
Cargas internas: uso residencial= 2.1 W/m²

El balance total energético por el método anual de la vivienda (Ganancias - pérdidas) se muestra en la gráfica siguiente:

MÉTODO ANUAL



MÉTODO MENSUAL



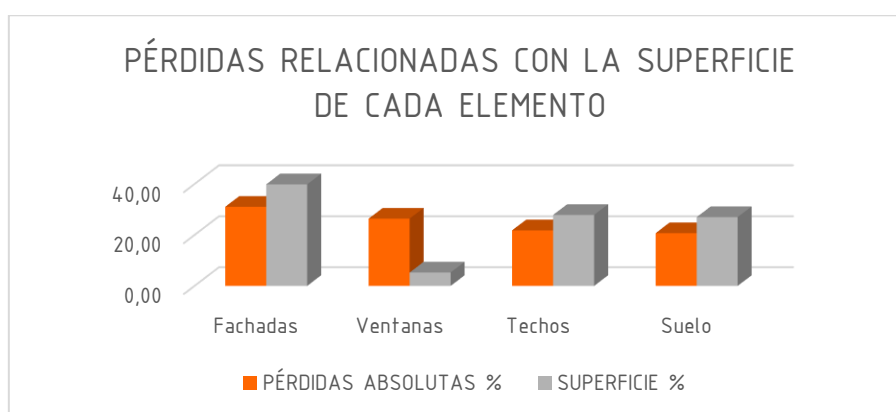
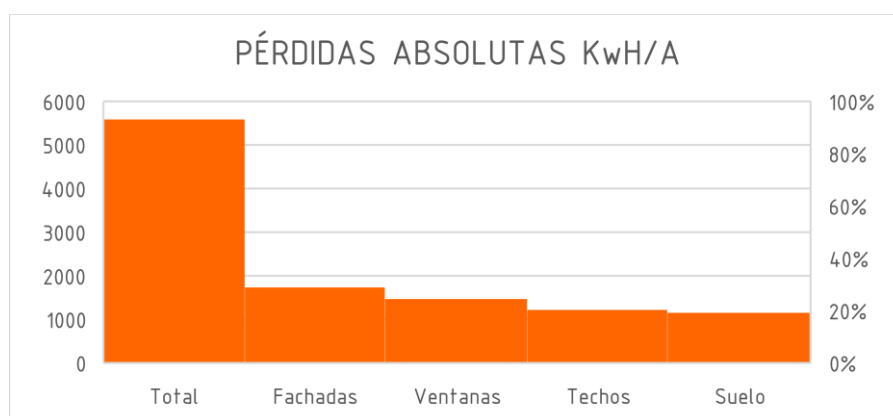
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valor total anual	Periodo de calefacción
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	157
Temp. ext.	8,21	8,81	10,71	11,71	14,11	17,31	19,11	19,51	17,91	14,31	10,91	9,01	13,5	8,8
Radiación norte	14,0	17,0	26,0	35,0	43,0	55,0	52,0	39,0	28,0	24,0	16,0	13,0	362	91
Radiación este	33,0	44,0	69,0	87,0	102,0	113,0	114,0	113,0	87,0	59,0	39,0	30,0	890	226
Radiación sur	87,0	95,0	114,0	98,0	88,0	88,0	96,0	109,0	130,0	107,0	99,0	86,0	1197	451
Radiación oeste	36,0	49,0	71,0	91,0	92,0	117,0	119,0	105,0	92,0	58,0	42,0	31,0	903	237
Radiación horizontal	51,0	68,0	111,0	145,0	170,0	197,0	201,0	181,0	142,0	88,0	58,0	45,0	1457	355
Temp. del cielo	-1,90	-2,60	-1,00	-0,80	2,90	5,00	6,80	7,20	6,30	4,50	0,30	-1,70	2,1	2,1
Temp. Terreno	12,64	11,13	10,78	11,66	13,56	16,82	19,07	20,57	20,93	19,18	17,28	14,89	15,7	12,9

En ambas gráficas del balance energético (anual y mensual) de la vivienda podemos observar que los grandes responsables de las pérdidas energéticas son fundamentalmente las pérdidas por fachada (11.7) , las pérdidas por ventanas (9.9), las pérdidas por techos (8.2) y por pérdidas por suelo (7.7) en ese orden.

Lás pérdidas se ven compensadas con las ganancias solares y ganancias internas de la vivienda más un aporte de calefacción (siempre inferior al valor total de las ganancias) que consigue de esta forma equilibrar el balance energético total.

Si analizamos los componentes de la envolvente térmica relativos, es decir, relacionando las pérdidas de cada componente de la envolvente con sus propias superficies se obtienen los siguientes resultados:

	SUPERFICIE (m ²)	SUPERFICIE %	PÉRDIDAS ABSOLUTAS kWh/a	PÉRDIDAS RELACIONADAS CON LA SUPERFICIE kWh/m ² a
Fachadas	260,6	39,87	1736	6,66
Ventanas	34,4	5,26	1476	42,91
Techos	182,1	27,86	1219	6,69
Suelo	176,5	27,00	1158	6,56
Total	653,6	100,00	5589	8,55



Como se puede observar, en términos absolutos son las fachadas los puntos por donde más pérdidas se registran, sin embargo en términos relativos por unidad de superficie son las ventanas los puntos más críticos de la envolvente, ya que, en proporción de superficie es donde se registran mayores pérdidas.

PARTE ACTIVA

2.1.11 DISTRIBUCIÓN DE ACS

Sistema de distribución de calefacción y ACS

REHABILITACIÓN PFG / Clima: Santiago de Compostela / SRE: 198 m² / Calefacción: 14 kWh/(m²a) / Frec. sobrecalentamiento: 8 % / PER: 53,4 kWh/(m²a)

Temperatura interior:	20	°C	Temperatura interior verano:	25	°C
Tipo de edificio:	RESIDENCIAL				
Superficie de referencia energética A _{SRE} :	198	m ²			
Ocupación:	3,1	Personas			
Nr. de viviendas:	1				
Demanda anual de calefacción Q _{cal} :	2762	kWh/a	Demanda anual de refrig. útil q _{Ref.r.} :	533	kWh/a
Duración de periodo de calefacción:	157	d	Duración de periodo de refrigeración:	275	d
Carga media de calefacción P _{Media} :	0,7	kW	Carga media de refrigeración P _{Media} :	0,1	kW
Aprovechamiento máx ganancias de calor adicionales:	91%		Utilidad marginal de las pérdidas de calor adicionales:	6%	

Distribución ACS

Temp. de la habitación por la que pasa la tubería	θ _x	°C
Temperatura de ida de diseño	θ _{ida}	°C

Tuberías circulación ACS

Longitud de las tuberías de circulación (ida + retorno)	L _{circ}	m
Diámetro nominal de la tubería		mm
Espesor del aislamiento		mm
¿Reflectante?		-
Conductividad térmica del aislamiento		W/(mK)
Coefficiente de pérdidas de calor por m de tubería aislada		W/(mK)
Calidad de aislamiento de los montajes, las suspensiones de tuberías, etc.		-
Suplemento de puente térmico		W/K
Coefficiente total de pérdidas de calor por m de tubería	Ψ	W/(mK)
Tiempo de funcionamiento de la circulación al día	t _{d, circ}	h/d
Temp. de retorno de diseño	θ _R	°C
Tiempo de funcionamiento de la circulación al año	t _{d, circ}	h/a
Calor anual emitido por m de tubería	q [*] _{circ}	kWh/m/a
Pérdida de calor anual de las tuberías de circulación	Q _{circ}	kWh/a

Tuberías individuales ACS

Diámetro exterior del tubo	d _{red}	m
Longitud total de las tuberías individuales	L _{red}	m
Cantidad de aperturas de grifo en el edificio	n _{puntos apertura}	-
Longitud media de tubería por punto de apertura	L _{U, promedio}	m
Aperturas de grifo al día		-
Días de uso anuales (d/a)		d
Emisión de calor por cada apertura de grifo	q _{individual}	kWh/apertura por grifo
Cantidad de aperturas de grifo por persona y año	n _{zona}	Aperturas de grifo por año
Pérdida de calor anual de las tuberías individuales	Q _{red}	kWh/a

Dentro de la envolvente térmica				
1	2	3	4	5
20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
60,0	60,0	60,0	60,0	60,0

21,8				
20				
25				
0,040				
0,188				
1 - Ninguna	1 - Ninguna	1 - Ninguna	1 - Ninguna	1 - Ninguna
5,264				
0,429				
18,0				
55				
6570				
106				
2302				

0,020				
75,64				
10,00				
7,6				
6				
365				
0,0873				
2190				
589				

Longitud de tubería de retorno de ACS = 21.80m

Longitud de tubería de la instalación de ACS = 75.64m

Diámetro de tubo de circulación de ACS Ø=20mm

Nivel de aislamiento de tubería de circulación = Coquilla con pared 20+5

Pérdidas de calor en el almacenamiento

Selección del tanque/acumulador de almacenamiento

Almacenamiento necesario para BC
Conexión ACS Solar

Ratio de pérdida de calor
Volumen de almacenamiento
Fracción 'en espera'

Ubicación del tanque/acumulador de almacenamiento, en el interior o exterior de la envolvente térmica
Temperatura del cuarto de instalaciones
Temperatura característica del tanque/acumulador de almacenamiento
Introducción de la temperatura de almacenamiento

Pérdidas medias de calor del tanque /acumulador en modo "espera"
Pérdidas de calor adicionales acumulador/tanque solar, operación solar
Posible factor de utilización de las pérdidas de calor

Pérdidas de calor anuales por acumulador/tanque ACS

Pérdidas de calor anuales acumulador de inercia

Almacenamiento 1

2-Sólo ACS

x

W/K

2,1

Litros

270

-

1-Interior

°C

20,0

°C

60,0

°C

84

W

kWh/a

736

Ubicación del aerotermo para generación de ACS: interior de la envolvente térmica de la vivienda.

Depósito de almacenamiento Aerotermo = **270l**

Temperatura interior cuarto de instalaciones = **20°C**

Temperatura del depósito de almacenamiento de ACS = **60°C**

2.1.12 ENERGÍA PRIMARIA RENOVABLE

Energía Primaria Renovable PER

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.6a

REHABILITACIÓN PFG / Clima: Santiago de Compostela / SRE: 198 m² / Calefacción: 14 kWh/(m²a) / Frec. sobrecalentamiento: 8 % / PER: 53,4 kWh/(m²a)

Tipo de edificio: RESIDENCIAL	
Superficie de referencia energética A _{SE} :	198 m²
Huella proyectada del edificio A _{Proyectada} :	181 m²
Demanda calef. incl. distribución y prot. hidr. contra congelación:	14 kWh/(m²a)
Demanda energ. refrig. incl. deshumidifi.:	kWh/(m²a)
Demanda ACS incluye. distribución:	26 kWh/(m²a)

Margen de contribución (energía útil)		Datos adicionales en las hojas:
Calefacción	ACS	Demanda calef. incl. distribución y prot. hidr. contra congelación:
100%		
0%	100%	BC, posiblemente BC-Terreno

Selección del sistema(s) de generación de calor

Tipo generador de calor primario

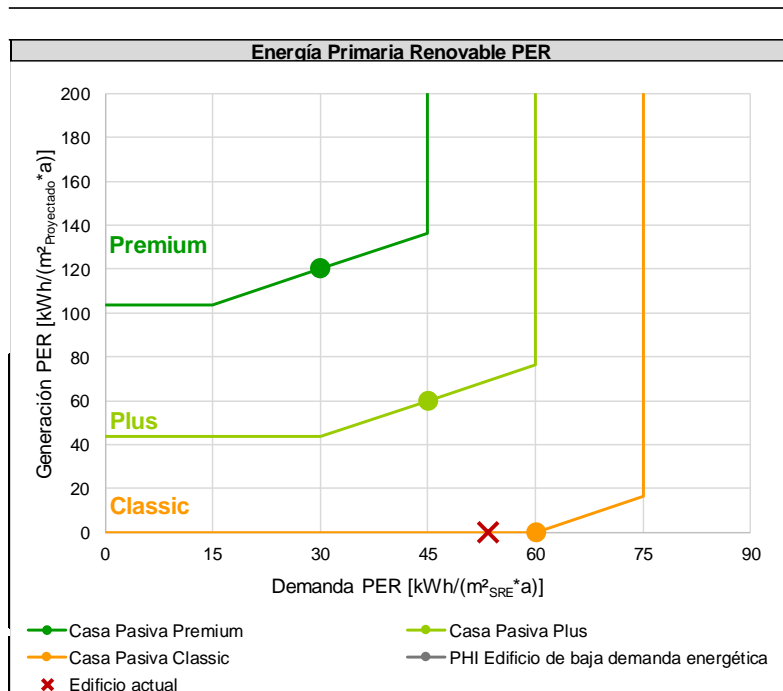
5-Directa eléctrica

Generación de calor secundario (opcional y diferente)

2-Bomba(s) de calor

Estándar energético alcanzable a través de la comprobación de energía primaria renovable (evaluación de los aspectos individuales)	Energía útil, cumplimiento				Hermeticidad
	Dem. Cal. Anual SRE kWh/(m²a)	Carga calefacción SRE W/m²	Energía útil refrig. SRE kWh/(m²a)	Carga refrigerac. SRE W/m²	n ₅₀ 1/h
Requerimiento Casa Pasiva Premium					
Requerimiento Casa Pasiva Plus	15	10	-	-	0,60
Requerimiento Casa Pasiva Classic					
Requerimiento PHI Edificio de baja demanda energética	30		-		1,00
El edificio actual alcanza la siguiente clase	14	11	-	-	0,6
	Premium		Premium		Premium

Cuadro resumen	Energía final	Valor específico PER	Valor EP	Emisiones CO ₂ eq	Equilibrio sustitución CO ₂ eq
Aunque, desde el punto de vista científico no es del todo correcto, se sumarán aquí diferentes portadores energéticos. Esto se hace para cumplir con los criterios de otros estándares energéticos.	MWh/a	MWh/a	1-Factores EP (no-renovable) Certificación PHI MWh/a	1-Factores CO ₂ GEMIS (Alemania) kg/a	1-Factores CO ₂ GEMIS (Alemania) kg/a
Demanda	8,2	10,6	16,46	4363	4363
Generación	0,0	0,0	0,00	0	0
Demanda, generación acumulada (balance anual)	8,20	10,56	16,46	4363	4363
Demanda sin electricidad doméstica	5,8	7,6	11,72	3108	3108
Demanda sin electricidad doméstica, cum. generación	5,84	7,61	11,72	3108	3108



2.1.13 BOMBA DE CALOR

Bomba de calor (BC)

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.6a

REHABILITACIÓN PFG / Clima: Santiago de Compostela / SRE: 198 m² / Calefacción: 14 kWh/(m²a) / Frec. sobrecalentamiento: 8 % / PER: 53,4 kWh/(m²a)

		Tipo de edificio:	RESIDENCIAL
		SRE A _{SRE} :	198 m ²
Proporción de cobertura de la demanda de calefacción	(Hoja de cálculo 'PER')		0%
Demanda de calefacción + pérdidas por distribución	$Q_{Cal} + Q_{Sub Cal}$ (Distribución+ACS)		2762 kWh/a
Proporción solar calefacción	$\eta_{Solar, Cal}$ (Hoja de cálculo 'ACS-Solar')		0%
Demanda efectiva de calefacción	$Q_{Cal,ef} = Q_{Cal} * (1 - \eta_{Solar, Cal})$		0 kWh/a
Proporción de cobertura de demanda de ACS	(Hoja de cálculo 'PER')		100%
Demanda total de calor del sistema de ACS	Q_{totACS} (Distribución+ACS)		5112 kWh/a
Proporción solar ACS	$\eta_{Solar, ACS}$ (Hoja de cálculo 'ACS-Solar')		0%
Demanda de ACS efectiva	$Q_{ACS,ef} = Q_{ACS} * (1 - \eta_{Solar, ACS})$		5112 kWh/a
Número de bombas de calor en el sistema			1
Función			ACS
Datos para calefacción			
Selección de BC:	1-Bomba de aire/agua estándar	Fuente de calor:	1-Aire exterior
Selección de sistema de distribución			3-Calefacción por aire impulsión
Temperatura de cálculo sistema de calefacción	$\theta_{diseño}$ (Distribución+ACS)		55,00 °C
Potencia nominal del sistema de distribución	P_{nom}		0,00 kW
Sistema de distribución (a ser completado sólo por usuarios experimentados)			
Potencia nominal del sistema de distribución	P_{nom}		
Exponente de radiador	n		
Tanque/acumulador para calefacción (acumulador de inercia hoja 'Distribución+ACS')			0-No
Pérdidas de calor específicas por almacenamiento	$U * A_{Acum}$		
Ubicación acumulador/tanque			1-Interior
Temperatura interior (ubicación del almacenamiento: fuera de la envolvente térmica)	(Distribución+ACS)		
Temperatura de disipador de bomba de calor para calefacción	$\theta_{disminución}$		55,00 °C
Datos para ACS			
Selección de BC:	1-Bomba de aire/agua estándar	Fuente de calor:	1-Aire exterior
Temperatura ACS	(Distribución+ACS)		60,00 °C
Posición tanque de ACS ('tanque/acumulador 1' en hoja 'Distribución+ACS')			1-Interior
Pérdidas de calor específicas por almacenamiento	$U * A_{Acum}$		2,1 W/K
Temperatura interior (ubicación del almacenamiento: fuera de la envolvente térmica)	(Distribución+ACS)		20,00 °C
Tipo de calefacción de respaldo			1-Calentador de inmersión eléctrico
$\Delta\theta$ Calentador de paso eléctrico			
Opciones adicionales en el caso de una bomba de calor para dos funciones: Calefacción & ACS			
Misma temperatura de disipador de bomba de calor para calefacción y ACS			1-Sí
Prioridad bomba de calor	(Fabricante, datos técnicos)		1-Prioridad-ACS
Estrategia de control			
Estrategia de control de la bomba de calor			1-Encendido / Apagado
Terreno y agua subterránea como fuente para la bomba de calor			
Profundidad (horizontal / vertical) intercambiador de calor en subs	z		
Potencia de la bomba del intercambiador de calor subterráneo	P_{pump}		

2.2 COMPROBACIÓN Y RESULTADO FINAL

Una vez completado el PHPP con todos los datos del proyecto se accede a la pestaña de comprobación dentro de la hoja de cálculo para conocer los resultados obtenidos.

Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética				Criterios alternativos		¿Cumplido? ²	
	Superficie de referencia energética	m ²		Criterio			
Calefacción	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	14	≤	15	-	Sí
	Carga de calefacción	W/m ²	11	≤	-	10	
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum.	kWh/(m ² a)	-	≤	-	-	-
	Carga de refrigeración	W/m ²	-	≤	-	-	
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	8	≤	10		
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	0	≤	20		Sí
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,6	≤	0,6		Sí
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	83	≤	100		Sí
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m ² a)	53	≤	-	-	-
	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectado)	kWh/(m ² a)	0	≥	-	-	

² Celda vacía: Falta dato; '-': Sin requerimiento

Confirmando que los valores aquí presentados han sido determinados siguiendo la metodología de PHPP y están basados en los valores característicos del edificio. Los cálculos de PHPP están adjuntos a esta comprobación.

¿Casa Pasiva Classic?

Sí

Función: 1-Diseñador

DENIS

Nombre:

PRIETO

Apellido:

Firma:

Emisión:

SANTIAGO DE COMPOSTELA

Como resultado final obtenemos un valor de demanda de calefacción de **14kWh/(m²a)**, inferior al criterio máximo de **15kWh/(m²a)**.

Se debe cumplir uno de los dos criterios alternativos exigibles. La carga de calefacción es **11 W/m²** superior al valor mínimo de **10 W/m²**, sin embargo la demanda de calefacción cumple con el mínimo exigible, por ende: **Cumple √**

Del mismo modo la frecuencia de sobrecalentamiento es inferior al mínimo exigible por el estándar del 10% = **frecuencia de sobrecalentamiento 8%** **Cumple √**

Demanda de energía primaria no renovable inferior al mínimo de **100 kWh/(m²a)** = demanda EP= **83 kWh/(m²a)** **Cumple √**

Verificados el cumplimiento de todos los valores específicos de la vivienda **se consigue alcanzar el estándar Passivhaus Classic.**

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo

ANEJO VII – ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

ÍNDICE

1. CONTENIDO DEL DOCUMENTO
2. AGENTES INTERVINIENTES
 - 2.1. Identificación
 - 2.1.1. Productor de residuos (promotor)
 - 2.1.2. Poseedor de residuos (constructor)
 - 2.1.3. Gestor de residuos
 - 2.2. Obligaciones
 - 2.2.1. Productor de residuos (promotor)
 - 2.2.2. Poseedor de residuos (constructor)
 - 2.2.3. Gestor de residuos
3. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE
4. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN GENERADOS EN LA OBRA.
5. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA
6. MEDIDAS PARA LA PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RESULTANTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO
7. OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENEREN EN LA OBRA
8. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN OBRA
9. PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
10. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.
11. DETERMINACIÓN DEL IMPORTE DE LA FIANZA
12. PLANOS DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

1. CONTENIDO DEL DOCUMENTO

En cumplimiento del "Real Decreto 105/2008. Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición", el presente estudio desarrolla los puntos siguientes:

- Agentes intervinientes en la Gestión de RCD.
- Normativa y legislación aplicable.
- Identificación de los residuos de construcción y demolición generados en la obra, codificados según la "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos".
- Estimación de la cantidad generada en volumen y peso.
- Medidas para la prevención de los residuos en la obra.
- Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos.
- Medidas para la separación de los residuos en obra.
- Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos.
- Valoración del coste previsto de la gestión de RCD.

2. AGENTES INTERVINIENTES

2.1. Identificación

El presente estudio corresponde al proyecto , situado en .

Los agentes principales que intervienen en la ejecución de la obra son:

Promotor	
Proyectista	
Director de Obra	A designar por el promotor
Director de Ejecución	A designar por el promotor

Se ha estimado en el presupuesto del proyecto, un coste de ejecución material (Presupuesto de ejecución material) de 443.967,54€.

2.1.1. Productor de residuos (promotor)

Se identifica con el titular del bien inmueble en quien reside la decisión última de construir o demoler. Se pueden presentar tres casos:

1. La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor del residuo la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.
2. La persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.
3. El importador o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.

En el presente estudio, se identifica como el productor de los residuos:

2.1.2. Poseedor de residuos (constructor)

En la presente fase del proyecto no se ha determinado el agente que actuará como Poseedor de los Residuos, siendo responsabilidad del Productor de los residuos (promotor) su designación antes del comienzo de las obras.

2.1.3. Gestor de residuos

Es la persona física o jurídica, o entidad pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones y la de los vertederos, así como su restauración o gestión ambiental de los residuos, con independencia de ostentar la condición de productor de los mismos. Éste será designado por el Productor de los residuos (promotor) con anterioridad al comienzo de las obras.

2.2. Obligaciones

2.2.1. Productor de residuos (promotor)

Debe incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que contendrá como mínimo:

1. Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos".
2. Las medidas para la planificación y optimización de la gestión de los residuos generados en la obra objeto del proyecto.
3. Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
4. Las medidas para la separación de los residuos en obra por parte del poseedor de los residuos.
5. Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Posteriormente, dichos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.
6. Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
7. Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición, que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.

Está obligado a disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición realmente producidos en sus obras han sido gestionados, en su caso, en obra o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos recogidos en el "Real Decreto 105/2008. Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición" y, en particular, en el presente estudio o en sus modificaciones. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

En obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, deberá preparar un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, que deberá incluirse en el estudio de gestión de RCD, así como prever su retirada selectiva, con el fin de evitar la mezcla entre ellos o con otros residuos no peligrosos, y asegurar su envío a gestores autorizados de residuos peligrosos.

En los casos de obras sometidas a licencia urbanística, el poseedor de residuos, queda obligado a constituir una fianza o garantía financiera equivalente que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra, en los términos previstos en la legislación de las comunidades autónomas correspondientes.

2.2.2. Poseedor de residuos (constructor)

La persona física o jurídica que ejecute la obra – el constructor –, además de las prescripciones previstas en la normativa aplicable, está obligado a presentar al promotor de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación a los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra.

El plan presentado y aceptado por el promotor, una vez aprobado por la dirección facultativa, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos", y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinarán los residuos.

En todo caso, la responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los residuos de construcción y demolición por parte de los poseedores a los gestores se registrará por lo establecido en la legislación vigente en materia de residuos.

Mientras se encuentren en su poder, el poseedor de los residuos estará obligado a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos dentro de la obra en que se produzcan.

Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma donde se ubique la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

El poseedor de los residuos de construcción y demolición estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar al productor los certificados y la documentación acreditativa de la gestión

de los residuos, así como a mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

2.2.3. Gestor de residuos

Además de las recogidas en la legislación específica sobre residuos, el gestor de residuos de construcción y demolición cumplirá con las siguientes obligaciones:

1. En el supuesto de actividades de gestión sometidas a autorización por la legislación de residuos, llevar un registro en el que, como mínimo, figure la cantidad de residuos gestionados, expresada en toneladas y en metros cúbicos, el tipo de residuos, codificados con arreglo a la "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos", la identificación del productor, del poseedor y de la obra de donde proceden, o del gestor, cuando procedan de otra operación anterior de gestión, el método de gestión aplicado, así como las cantidades, en toneladas y en metros cúbicos, y destinos de los productos y residuos resultantes de la actividad.
2. Poner a disposición de las administraciones públicas competentes, a petición de las mismas, la información contenida en el registro mencionado en el punto anterior. La información referida a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.
3. Extender al poseedor o al gestor que le entregue residuos de construcción y demolición, los certificados acreditativos de la gestión de los residuos recibidos, especificando el productor y, en su caso, el número de licencia de la obra de procedencia. Cuando se trate de un gestor que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir al poseedor o al gestor que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguiente a que fueron destinados los residuos.
4. En el supuesto de que carezca de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento, se detectarán y se separarán, almacenarán adecuadamente y derivarán a gestores autorizados de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con residuos no peligrosos de construcción y demolición. Esta obligación se entenderá sin perjuicio de las responsabilidades en que pueda incurrir el productor, el poseedor o, en su caso, el gestor precedente que haya enviado dichos residuos a la instalación.

3. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

Para la elaboración del presente estudio se ha considerado la normativa siguiente:

- Artículo 45 de la Constitución Española.

G GESTIÓN DE RESIDUOS

Real Decreto sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto

Real Decreto 108/1991, de 1 de febrero, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno.

B.O.E.: 6 de febrero de 1991

Ley de envases y residuos de envases

Ley 11/1997, de 24 de abril, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 25 de abril de 1997

Desarrollada por:

Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases

Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Modificada por:

Modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 27 de marzo de 2010

Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de febrero de 2008

Ley de residuos y suelos contaminados

Ley 22/2011, de 28 de julio, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 29 de julio de 2011

Texto consolidado. Última modificación: 7 de abril de 2015

Plan estatal marco de gestión de residuos (PEMAR) 2016–2022

Resolución de 16 de noviembre de 2015, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 6 de noviembre de 2015.

B.O.E.: 12 de diciembre de 2015

Normas generales de valorización de materiales naturales excavados para su utilización en operaciones de relleno y obras distintas a aquellas en las que se generaron

Orden APM/1007/2017, de 10 de octubre, del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

B.O.E.: 21 de octubre de 2017

Real Decreto por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero

Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

B.O.E.: 8 de julio de 2020

Decreto por el que se regula el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos y el Registro General de Productores y Gestores de Residuos de Galicia

Decreto 174/2005, de 9 de junio, de la Consellería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 29 de junio de 2005

Desarrollado por:

Orden por la que se desarrolla el Decreto 174/2005, de 9 de junio, por el que se regula el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos y el Registro General de Productores y Gestores de Residuos de Galicia

Orden de 15 de junio de 2006, de la Consellería de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Comunidad Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 26 de junio de 2006

4. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN GENERADOS EN LA OBRA.

Todos los posibles residuos de construcción y demolición generados en la obra, se han codificado atendiendo a la legislación vigente en materia de gestión de residuos, "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos", dando lugar a los siguientes grupos:

RCD de Nivel I: Tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación

Como excepción, no tienen la condición legal de residuos:

Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas, reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.

RCD de Nivel II: Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.

Se ha establecido una clasificación de RCD generados, según los tipos de materiales de los que están compuestos:

Material según "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"
RCD de Nivel I
1 Tierras y pétreos de la excavación
RCD de Nivel II
RCD de naturaleza no pétreo
1 Asfalto
2 Madera
3 Metales (incluidas sus aleaciones)
4 Papel y cartón
5 Plástico
6 Vidrio
7 Yeso
8 Basuras
RCD de naturaleza pétreo
1 Arena, grava y otros áridos
2 Hormigón
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos
4 Piedra
RCD potencialmente peligrosos
1 Otros

5. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA

Se ha estimado la cantidad de residuos generados en la obra, a partir de las mediciones del proyecto, en función del peso de materiales integrantes en los rendimientos de los correspondientes precios descompuestos de cada unidad de obra, determinando el peso de los restos de los materiales sobrantes (mermas, roturas, despuntes, etc) y el del embalaje de los productos suministrados.

El volumen de excavación de las tierras y de los materiales pétreos no utilizados en la obra, se ha calculado en función de las dimensiones del proyecto, afectado por un coeficiente de esponjamiento según la clase de terreno.

A partir del peso del residuo, se ha estimado su volumen mediante una densidad aparente definida por el cociente entre el peso del residuo y el volumen que ocupa una vez depositado en el contenedor.

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

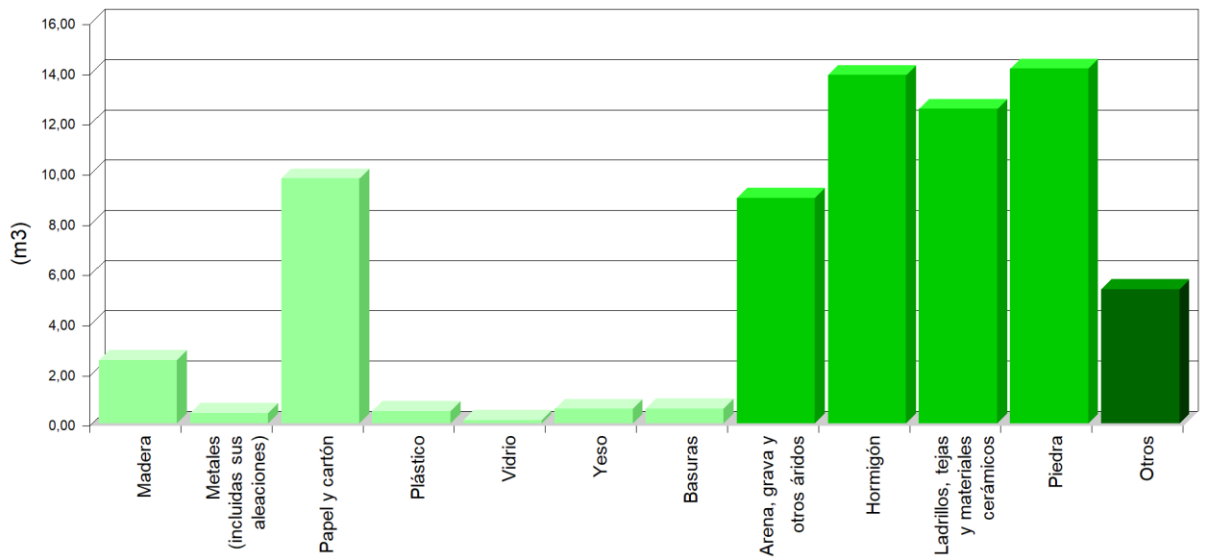
Material según "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"	Código LER	Densidad aparente (t/m ³)	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I				
1 Tierras y pétreos de la excavación				
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	1,65	634,924	385,469
RCD de Nivel II				
RCD de naturaleza no pétreo				
1 Asfalto				
Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.	17 03 02	0,00	0,000	0,000
2 Madera				
Madera.	17 02 01	1,10	2,769	2,517
3 Metales (incluidas sus aleaciones)				
Envases metálicos.	15 01 04	0,60	0,002	0,003
Cobre, bronce, latón.	17 04 01	1,50	0,002	0,001
Aluminio.	17 04 02	1,50	0,086	0,057
Hierro y acero.	17 04 05	2,10	0,503	0,240
Metales mezclados.	17 04 07	1,50	0,142	0,095
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.	17 04 11	1,50	0,024	0,016
4 Papel y cartón				
Envases de papel y cartón.	15 01 01	0,75	7,308	9,744
5 Plástico				
Plástico.	17 02 03	0,60	0,285	0,475
6 Vidrio				
Vidrio.	17 02 02	1,00	0,120	0,120
7 Yeso				
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	17 08 02	1,00	0,569	0,569
8 Basuras				
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	17 06 04	0,60	0,170	0,283
Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	17 09 04	1,50	0,208	0,139
Residuos biodegradables.	20 02 01	1,50	0,236	0,157

Material según "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"	Código LER	Densidad aparente (t/m ³)	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de naturaleza pétreo				
1 Arena, grava y otros áridos				
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 08	1,50	0,787	0,525
Residuos de arena y arcillas.	01 04 09	1,60	13,511	8,444
2 Hormigón				
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	1,50	20,794	13,863
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos				
Ladrillos.	17 01 02	1,25	9,485	7,588
Tejas y materiales cerámicos.	17 01 03	1,25	6,156	4,925
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	17 01 07	1,25	0,004	0,003
4 Piedra				
Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 13	1,50	21,182	14,121
RCD potencialmente peligrosos				
1 Otros				
Residuos no especificados en otra categoría.	06 10 99	0,90	0,022	0,024
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	0,90	0,004	0,004
Materiales de construcción que contienen amianto.	17 06 05	0,24	1,273	5,304

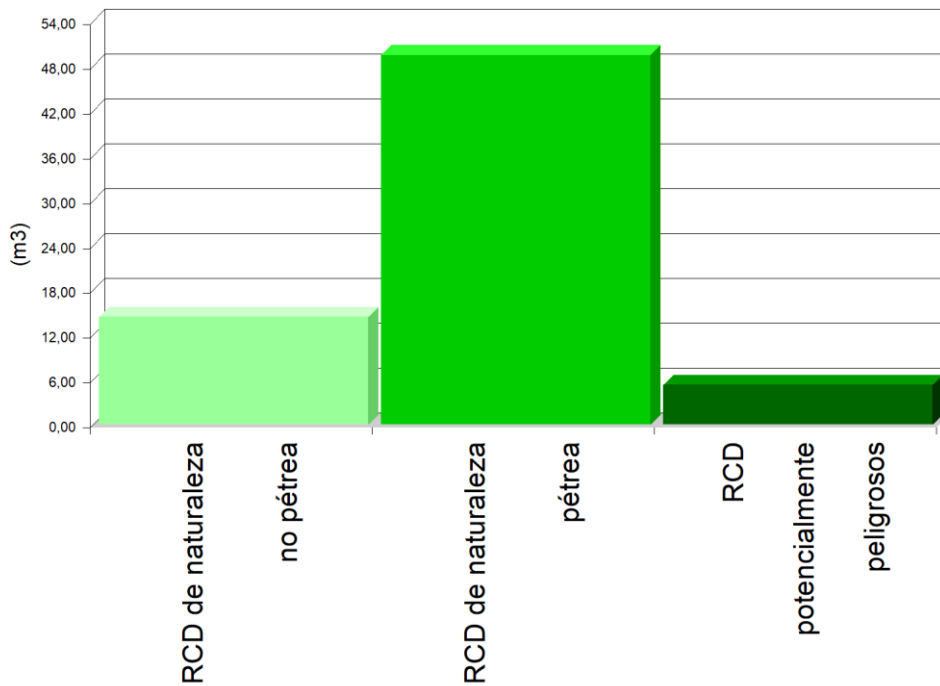
En la siguiente tabla, se exponen los valores del peso y el volumen de RCD, agrupados por niveles y apartados

Material según "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I		
1 Tierras y pétreos de la excavación	634,924	385,469
RCD de Nivel II		
RCD de naturaleza no pétreo		
1 Asfalto	0,000	0,000
2 Madera	2,769	2,517
3 Metales (incluidas sus aleaciones)	0,759	0,412
4 Papel y cartón	7,308	9,744
5 Plástico	0,285	0,475
6 Vidrio	0,120	0,120
7 Yeso	0,569	0,569
8 Basuras	0,614	0,579
RCD de naturaleza pétreo		
1 Arena, grava y otros áridos	14,298	8,969
2 Hormigón	20,794	13,863
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	15,645	12,516
4 Piedra	21,182	14,121
RCD potencialmente peligrosos		
1 Otros	1,299	5,333

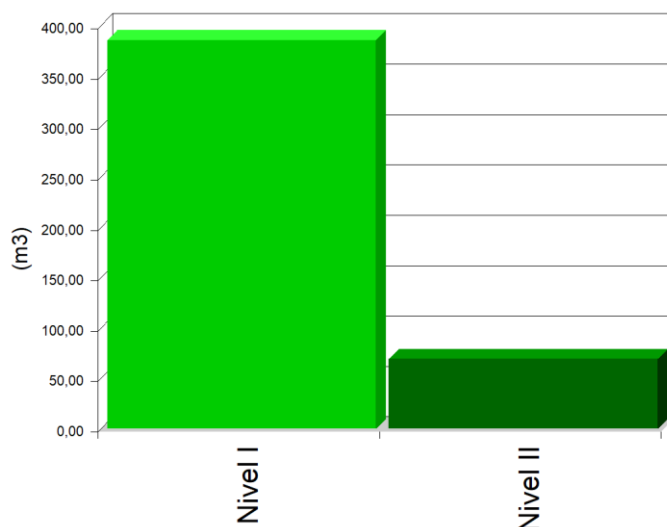
Volumen de RCD de Nivel II



Volumen de RCD de Nivel II



Volumen de RCD de Nivel I y Nivel II



6. MEDIDAS PARA LA PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RESULTANTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO

En la fase de proyecto se han tenido en cuenta las distintas alternativas compositivas, constructivas y de diseño, optando por aquellas que generan el menor volumen de residuos en la fase de construcción y de explotación, facilitando, además, el desmantelamiento de la obra al final de su vida útil con el menor impacto ambiental.

Con el fin de generar menos residuos en la fase de ejecución, el constructor asumirá la responsabilidad de organizar y planificar la obra, en cuanto al tipo de suministro, acopio de materiales y proceso de ejecución.

Como criterio general, se adoptarán las siguientes medidas para la planificación y optimización de la gestión de los residuos generados durante la ejecución de la obra:

- La excavación se ajustará a las dimensiones específicas del proyecto, atendiendo a las cotas de los planos de cimentación, hasta la profundidad indicada en el mismo que coincidirá con el Estudio Geotécnico correspondiente con el visto bueno de la Dirección Facultativa. En el caso de que existan lodos de drenaje, se acotará la extensión de las bolsas de los mismos.
- Se evitará en lo posible la producción de residuos de naturaleza pétreo (bolos, grava, arena, etc.), pactando con el proveedor la devolución del material que no se utilice en la obra.
- El hormigón suministrado será preferentemente de central. En caso de que existan sobrantes se utilizarán en las partes de la obra que se prevea para estos casos, como hormigones de limpieza, base de solados, rellenos, etc.
- Las piezas que contengan mezclas bituminosas, se suministrarán justas en dimensión y extensión, con el fin de evitar los sobrantes innecesarios. Antes de su colocación se planificará la ejecución para proceder a la apertura de las piezas mínimas, de modo que queden dentro de los envases los sobrantes no ejecutados.
- Todos los elementos de madera se replantarán junto con el oficial de carpintería, con el fin de optimizar la solución, minimizar su consumo y generar el menor volumen de residuos.

- El suministro de los elementos metálicos y sus aleaciones, se realizará con las cantidades mínimas y estrictamente necesarias para la ejecución de la fase de la obra correspondiente, evitándose cualquier trabajo dentro de la obra, a excepción del montaje de los correspondientes kits prefabricados.

- Se solicitará de forma expresa a los proveedores que el suministro en obra se realice con la menor cantidad de embalaje posible, renunciando a los aspectos publicitarios, decorativos y superfluos.

En el caso de que se adopten otras medidas alternativas o complementarias para la planificación y optimización de la gestión de los residuos de la obra, se le comunicará de forma fehaciente al director de obra y al director de la ejecución de la obra para su conocimiento y aprobación. Estas medidas no supondrán menoscabo alguno de la calidad de la obra, ni interferirán en el proceso de ejecución de la misma.

7. OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENEREN EN LA OBRA

El desarrollo de las actividades de valorización de residuos de construcción y demolición requerirá autorización previa del órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente, en los términos establecidos por la legislación vigente en materia de residuos.

La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones que se vayan a realizar, y sin perjuicio de las autorizaciones o licencias exigidas por cualquier otra normativa aplicable a la actividad. Se otorgará por un plazo de tiempo determinado, y podrá ser renovada por periodos sucesivos.

La autorización sólo se concederá previa inspección de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y comprobación de la cualificación de los técnicos responsables de su dirección y de que está prevista la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.

Los áridos reciclados obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y demolición deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso a que se destinen.

Cuando se prevea la operación de reutilización en otra construcción de los sobrantes de las tierras procedentes de la excavación, de los residuos minerales o pétreos, de los materiales cerámicos o de los materiales no pétreos y metálicos, el proceso se realizará preferentemente en el depósito municipal.

En relación al destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorables "in situ", se expresan las características, su cantidad, el tipo de tratamiento y su destino, en la tabla siguiente:

Material según "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"	Código LER	Tratamiento	Destino	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I					
1 Tierras y pétreos de la excavación					
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	Sin tratamiento específico	Restauración / Vertedero	634,924	385,469
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	Reutilización	Propia obra	0,029	0,018
RCD de Nivel II					
RCD de naturaleza no pétreo					

Material según "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"	Código LER	Tratamiento	Destino	Peso (t)	Volumen (m ³)
1 Asfalto					
Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.	17 03 02	Reciclado	Planta reciclaje RCD	0,000	0,000
2 Madera					
Madera.	17 02 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	2,769	2,517
3 Metales (incluidas sus aleaciones)					
Envases metálicos.	15 01 04	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RNPs	0,002	0,003
Cobre, bronce, latón.	17 04 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,002	0,001
Aluminio.	17 04 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,086	0,057
Hierro y acero.	17 04 05	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,503	0,240
Metales mezclados.	17 04 07	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,142	0,095
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.	17 04 11	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,024	0,016
4 Papel y cartón					
Envases de papel y cartón.	15 01 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	7,308	9,744
5 Plástico					
Plástico.	17 02 03	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,285	0,475
6 Vidrio					
Vidrio.	17 02 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,120	0,120
7 Yeso					
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	17 08 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,569	0,569
8 Basuras					
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	17 06 04	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,170	0,283
Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	17 09 04	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RNPs	0,208	0,139
Residuos biodegradables.	20 02 01	Reciclado / Vertedero	Planta reciclaje RSU	0,236	0,157
RCD de naturaleza pétreo					
1 Arena, grava y otros áridos					
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 08	Reciclado	Planta reciclaje RCD	0,787	0,525
Residuos de arena y arcillas.	01 04 09	Reciclado	Planta reciclaje RCD	13,511	8,444
2 Hormigón					
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	Reciclado / Vertedero	Planta reciclaje RCD	20,794	13,863
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos					
Ladrillos.	17 01 02	Reciclado	Planta reciclaje RCD	9,485	7,588
Tejas y materiales cerámicos.	17 01 03	Reciclado	Planta reciclaje RCD	6,156	4,925

Material según "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"	Código LER	Tratamiento	Destino	Peso (t)	Volumen (m ³)
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	17 01 07	Reciclado / Vertedero	Planta reciclaje RCD	0,004	0,003
4 Piedra					
Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 13	Sin tratamiento específico	Restauración / Vertedero	21,182	14,121
RCD potencialmente peligrosos					
1 Otros					
Residuos no especificados en otra categoría.	06 10 99	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RNPs	0,022	0,024
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,004	0,004
Materiales de construcción que contienen amianto.	17 06 05	Depósito de seguridad	Gestor autorizado RPs	1,273	5,304
<p><i>Notas:</i> RCD: Residuos de construcción y demolición RSU: Residuos sólidos urbanos RNPs: Residuos no peligrosos RPs: Residuos peligrosos</p>					

8. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN OBRA

Los residuos de construcción y demolición se separarán en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón: 80 t.
- Ladrillos, tejas y materiales cerámicos: 40 t.
- Metales (incluidas sus aleaciones): 2 t.
- Madera: 1 t.
- Vidrio: 1 t.
- Plástico: 0,5 t.
- Papel y cartón: 0,5 t.

En la tabla siguiente se indica el peso total expresado en toneladas, de los distintos tipos de residuos generados en la obra objeto del presente estudio, y la obligatoriedad o no de su separación in situ.

TIPO DE RESIDUO	TOTAL RESIDUO OBRA (t)	UMBRAL SEGÚN NORMA (t)	SEPARACIÓN "IN SITU"
Hormigón	20,794	80,00	NO OBLIGATORIA
Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	15,645	40,00	NO OBLIGATORIA
Metales (incluidas sus aleaciones)	0,759	2,00	NO OBLIGATORIA

TIPO DE RESIDUO	TOTAL RESIDUO OBRA (t)	UMBRAL SEGÚN NORMA (t)	SEPARACIÓN "IN SITU"
Madera	2,769	1,00	OBLIGATORIA
Vidrio	0,120	1,00	NO OBLIGATORIA
Plástico	0,285	0,50	NO OBLIGATORIA
Papel y cartón	7,308	0,50	OBLIGATORIA

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.

Si por falta de espacio físico en la obra no resulta técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre.

El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma donde se ubica la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

9. PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

- Razón social.
- Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).
- Número de teléfono del titular del contenedor/envase.
- Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de

llevarla a cabo, es decir, que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.

Los residuos que contengan amianto cumplirán los preceptos dictados por la legislación vigente sobre esta materia, así como la legislación laboral de aplicación.

10. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

El coste previsto de la gestión de los residuos se ha determinado a partir de la estimación descrita en el apartado 5, "ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA", aplicando los precios correspondientes para cada unidad de obra, según se detalla en el capítulo de Gestión de Residuos del presupuesto del proyecto.

Subcapítulo	TOTAL (€)
TOTAL	4.239,50€

11. DETERMINACIÓN DEL IMPORTE DE LA FIANZA

Con el fin de garantizar la correcta gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras, las Entidades Locales exigen el depósito de una fianza u otra garantía financiera equivalente, que responda de la correcta gestión de los residuos de construcción y demolición que se produzcan en la obra, en los términos previstos en la legislación autonómica y municipal.

En el presente estudio se ha considerado, a efectos de la determinación del importe de la fianza, los importe mínimo y máximo fijados por la Entidad Local correspondiente.

- Costes de gestión de RCD de Nivel I: 18.00 €/m³
- Costes de gestión de RCD de Nivel II: 23.00 €/m³
- Importe mínimo de la fianza: 160.00 € - como mínimo un 0.2 % del PEM.
- Importe máximo de la fianza: 60000.00 €

En el cuadro siguiente, se determina el importe de la fianza o garantía financiera equivalente prevista en la gestión de RCD.

Presupuesto de Ejecución Material de la Obra (PEM):	443.967,54€
---	-------------

A: ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE RCD A EFECTOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA FIANZA
--

Tipología	Peso (t)	Volumen (m ³)	Coste de gestión (€/m ³)	Importe (€)	% s/PEM
A.1. RCD de Nivel I					
Tierras y pétreos de la excavación	634,924	385,469	18,00		
Total Nivel I				6.938,442 ⁽¹⁾	1,56
A.2. RCD de Nivel II					
RCD de naturaleza pétreo	71,919	49,469	23,00		
RCD de naturaleza no pétreo	12,424	14,416	23,00		
RCD potencialmente peligrosos	1,299	5,332	23,00		
Total Nivel II				1.591,99 ⁽²⁾	0,36
Total				8.530,43	1,92
Notas: ⁽¹⁾ Entre 160,00€ y 60.000,00€. ⁽²⁾ Como mínimo un 0,2 % del PEM.					
B: RESTO DE COSTES DE GESTIÓN					
Concepto				Importe (€)	% s/PEM
Costes administrativos, alquileres, portes, etc.				665,95	0,15
TOTAL:				9.196,38€	2,07

12. PLANOS DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra, se adjuntan al presente estudio.

En los planos, se especifica la ubicación de:

- Las bajantes de escombros.
- Los acopios y/o contenedores de los distintos tipos de RCD.
- Los contenedores para residuos urbanos.
- Las zonas para lavado de canaletas o cubetas de hormigón.
- La planta móvil de reciclaje "in situ", en su caso.
- Los materiales reciclados, como áridos, materiales cerámicos o tierras a reutilizar.
- El almacenamiento de los residuos y productos tóxicos potencialmente peligrosos, si los hubiere.

Estos PLANOS podrán ser objeto de adaptación al proceso de ejecución, organización y control de la obra, así como a las características particulares de la misma, siempre previa comunicación y aceptación por parte del director de obra y del director de la ejecución de la obra.

En SANTIAGO DE COMPOSTELA

EL PRODUCTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

ANEJO VIII – PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

ANEJO VIII – JUSTIFICACIÓN PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.

2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES.

2.1. Normativa de carácter general

2.2. X. Control de calidad y ensayos

2.2.1. XE. Estructuras de hormigón

2.2.2. XM. Estructuras metálicas

2.2.3. XS. Estudios geotécnicos

3. CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA: PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES.

4. CONTROL DE CALIDAD EN LA EJECUCIÓN: PRESCRIPCIONES SOBRE LA EJECUCIÓN POR UNIDAD DE OBRA.

5. CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA OBRA TERMINADA: PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO.

6. VALORACIÓN ECONÓMICA

1. INTRODUCCIÓN.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

El CTE determina, además, que dichas exigencias básicas deben cumplirse en el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios y sus instalaciones.

La comprobación del cumplimiento de estas exigencias básicas se determina mediante una serie de controles: el control de recepción en obra de los productos, el control de ejecución de la obra y el control de la obra terminada.

Se redacta el presente Plan de control de calidad como anejo del proyecto, con objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el Anejo I de la parte I del CTE, en el apartado correspondiente a los Anejos de la Memoria, habiendo sido elaborado atendiendo a las prescripciones de la normativa de aplicación vigente, a las características del proyecto y a lo estipulado en el Pliego de Condiciones del presente proyecto.

Este anejo del proyecto no es un elemento sustancial del mismo, puesto que todo su contenido queda suficientemente referenciado en el correspondiente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares del proyecto.

El control de calidad de las obras incluye:

- El control de recepción en obra de los productos.
- El control de ejecución de la obra.
- El control de la obra terminada.

Para ello:

- 1) El director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme a lo establecido en el proyecto, sus anejos y sus modificaciones.
- 2) El constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al director de obra y al director de la ejecución de la obra la documentación de los productos anteriormente señalada, así como sus instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda.
- 3) La documentación de calidad preparada por el constructor sobre cada una de las unidades de obra podrá servir, si así lo autorizara el director de la ejecución de la obra, como parte del control de calidad de la obra.

Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el director de la ejecución de la obra, en el Colegio Profesional correspondiente o, en su caso, en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten un interés legítimo.

2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES.

2.1. Normativa de carácter general

NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL

Ley de Ordenación de la Edificación

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 6 de noviembre de 1999

Texto consolidado. Última modificación: 15 de julio de 2015

Ley de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014

Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 9 de noviembre de 2017

Código Técnico de la Edificación (CTE)

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por:

Aprobación del documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación y modificación del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores:

Corrección de errores del Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre

Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 20 de diciembre de 2007

Corrección de errores:

Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre

Real Decreto 1675/2008, de 17 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 18 de octubre de 2008

Modificado por:

Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de abril de 2009

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad

Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 11 de marzo de 2010

Modificado por:

Real Decreto por el que se desarrollan los requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación, para el ejercicio de su actividad

Real Decreto 410/2010, de 31 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 22 de abril de 2010

Modificado por:

Anulado el artículo 2.7 del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Sentencia de 4 de mayo de 2010 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo.

B.O.E.: 30 de julio de 2010

Modificado por:

Ley de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas

Ley 8/2013, de 26 de junio, de la Jefatura del Estado.

Disposición final undécima. Modificación de los artículos 1 y 2 y el anejo III de la parte I del Real Decreto 314/2006.

B.O.E.: 27 de junio de 2013

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 27 de diciembre de 2019

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte I

Disposiciones generales, condiciones técnicas y administrativas, exigencias básicas, contenido del proyecto, documentación del seguimiento de la obra y terminología.

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores:

Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad

Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 11 de marzo de 2010

Modificado por:

Real Decreto por el que se desarrollan los requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación, para el ejercicio de su actividad

Real Decreto 410/2010, de 31 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 22 de abril de 2010

Modificado por:

Anulado el artículo 2.7 del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Sentencia de 4 de mayo de 2010 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo.

B.O.E.: 30 de julio de 2010

Modificado por:

Ley de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas

Ley 8/2013, de 26 de junio, de la Jefatura del Estado.

Disposición final undécima. Modificación de los artículos 1 y 2 y el anejo III de la parte I del Real Decreto 314/2006.

B.O.E.: 27 de junio de 2013

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 27 de diciembre de 2019

Ley reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción

Ley 32/2006, de 18 de octubre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 19 de octubre de 2006

Desarrollada por:

Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 25 de agosto de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 12 de septiembre de 2007

Modificada por:

Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

Modificada por:

Modificación del Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción

Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración.

B.O.E.: 23 de marzo de 2010

Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de abril de 2013

Supresión de la cédula de habitabilidad de las viviendas

Decreto 311/1992, de 12 de noviembre, de la Consellería de Ordenación del Territorio y Obras Públicas de la Comunidad Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 20 de noviembre de 1992

Decreto por el que se regula la certificación energética de edificios de nueva construcción en la Comunidad Autónoma de Galicia

Decreto 42/2009, de 21 de enero, de la Consellería de Presidencia, Administraciones Públicas y Justicia de la Comunidad Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 5 de marzo de 2009

Desarrollado por:

Orden por la que se desarrolla el procedimiento, la organización y el funcionamiento del registro de certificados de eficiencia energética de edificios de la Comunidad Autónoma de Galicia

Orden de 3 de septiembre de 2009, de la Consellería de Economía e Industria de la Comunidad Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 7 de septiembre de 2009

2.2. X. Control de calidad y ensayos

Real Decreto por el que se desarrollan los requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación, para el ejercicio de su actividad

Real Decreto 4/10/2010, de 31 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 22 de abril de 2010

Decreto polo que se regula o control de calidade na edificación na Comunidade Autónoma de Galicia

Decreto 232/1993, do 30 de setembro, de la Consellería de Ordenación do Territorio e Obras Públicas de la Comunidade Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 15 de outubro de 1993

2.2.1. XE. Estructuras de hormigón

Código Estructural

Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

B.O.E.: 10 de agosto de 2021

2.2.2. XM. Estructuras metálicas

DB-SE-A Seguridad estructural: Acero

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico SE-A.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Código Estructural

Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

B.O.E.: 10 de agosto de 2021

2.2.3. XS. Estudios geotécnicos

DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico SE-C.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 27 de diciembre de 2019

3. CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA: PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES.

En el apartado del Pliego del proyecto, correspondiente a las Prescripciones sobre los materiales, se establecen las condiciones de suministro; recepción y control; conservación, almacenamiento y manipulación, y recomendaciones para su uso en obra, de todos aquellos materiales utilizados en la obra.

El control de recepción abarcará ensayos de comprobación sobre aquellos productos a los que así se les exija en la reglamentación vigente. Este control se efectuará sobre el muestreo del producto, sometiéndose a criterios de aceptación y rechazo y adoptándose las decisiones allí determinadas.

El director de ejecución de la obra cursará instrucciones al constructor para que aporte los certificados de calidad y el marcado CE de los productos, equipos y sistemas que se incorporen a la obra.

4. CONTROL DE CALIDAD EN LA EJECUCIÓN: PRESCRIPCIONES SOBRE LA EJECUCIÓN POR UNIDAD DE OBRA.

En el apartado del Pliego del proyecto, correspondiente a las Prescripciones sobre la ejecución por unidad de obra, se enumeran las fases de la ejecución de cada unidad de obra.

Las unidades de obra son ejecutadas a partir de materiales (productos) que han pasado su control de calidad, por lo que la calidad de los componentes de la unidad de obra queda acreditada por los documentos que los avalan, sin embargo, la calidad de las partes no garantiza la calidad del producto final (unidad de obra).

En este apartado del Plan de control de calidad, se establecen las operaciones de control mínimas a realizar durante la ejecución de cada unidad de obra, para cada una de las fases de ejecución descritas en el Pliego, así como las pruebas de servicio a realizar a cargo y cuenta de la empresa constructora o instaladora.

Para poder avalar la calidad de las unidades de obra, se establece, de modo orientativo, la frecuencia mínima de control a realizar, incluyendo los aspectos más relevantes para la correcta ejecución de la unidad de obra, a verificar por parte del director de ejecución de la obra durante el proceso de ejecución.

5. CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA OBRA TERMINADA: PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO.

En el apartado del Pliego del proyecto correspondiente a las Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado se establecen las verificaciones y pruebas de servicio a realizar por la empresa constructora o instaladora, para comprobar las prestaciones finales del edificio; siendo a su cargo el coste de las mismas.

Se realizarán tanto las pruebas finales de servicio prescritas por la legislación aplicable, contenidas en el preceptivo ESTUDIO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA redactado por el director de ejecución de la obra, como las indicadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto y las que pudiera ordenar la dirección facultativa durante el transcurso de la obra.

6. VALORACIÓN ECONÓMICA

Atendiendo a lo establecido en el Art. 11 de la LOE, es obligación del constructor ejecutar la obra con sujeción al proyecto, al contrato, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto, acreditando mediante el aporte de certificados, resultados de pruebas de servicio, ensayos u otros documentos, dicha calidad exigida.

El coste de todo ello corre a cargo y cuenta del constructor, sin que sea necesario presupuestarlo de manera diferenciada y específica en el capítulo "Control de calidad y Ensayos" del presupuesto de ejecución material del proyecto.

En este capítulo se indican aquellos otros ensayos o pruebas de servicio que deben ser realizados por entidades o laboratorios de control de calidad de la edificación, debidamente homologados y acreditados, distintos e independientes de los realizados por el constructor. El presupuesto estimado en este Plan de control de calidad de la obra, sin perjuicio del previsto en el preceptivo ESTUDIO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA, a confeccionar por el director de ejecución de la obra, asciende a la cantidad de **1.022,12 Euros**.

ANEJO IX – JUSTIFICACIÓN ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD (EBSS)

ANEJO VII – JUSTIFICACIÓN DEL EBSS

Según lo establecido en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción:

“Artículo 4. Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras.

1. El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas.(45.075,91€)

b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.

d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

2. En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.”

Teniendo en cuenta lo anteriormente citado y de acuerdo al presupuesto de ejecución por contrata del presente proyecto de 639.268,86€, una previsión de trabajadores ejecutando sus labores de forma simultánea de 20 (trabajadores) y una duración estimada del proyecto de aproximadamente 10 meses es de carácter obligatorio la redacción de un Anexo con un estudio básico de seguridad (EBSS) y salud o estudio de seguridad y salud (ESS) en el presente documento.

Debido a la índole académica del presente trabajo no se redactará un estudio básico de seguridad y salud (EBSS) o un estudio de seguridad y salud (ESS) a pesar de su obligatoriedad, debido a que el propio estudio se considera un trabajo académico per se.

7.SOFTWARE EMPLEADO EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

SOFTWARE EMPLEADO EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Los diferentes software empleados en la elaboración del presente proyecto son los que se enumeran a continuación:

- a) Autodesk AutoCad 2020
- b) Trimble SketchUp 2019
- c) DesignPH 2.0.x Passivhaus Institut&Sketchup
- d) Passivhaus Institut PHPP (Passive House Planning Package)
- e) Microsoft Office 2016 (Word, Excel)
- f) Calculatis 2022 by StoraEnso
- g) CYPE Ingenieros 2022.e (Cype MEP, Arquimedes)
- h) Therm versión 7.7.12 Enero 2022
- i) Efinovatic CE3Xv2.3

8.BIBLIOGRAFÍA

8.BIBLIOGRAFÍA

- FINSA (Financiera Maderera S.A.).** (. (GUÍA GENERAL 2020). *SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS*. Obtenido de <https://www.finsa.com/>
- AG, FINSTRAL.** (2022). *FINSTRAL*. Obtenido de <https://www.finstral.com/es/ventanas/ventanas/14-0.html>
- Concello de Santiago de Compostela (2008).** *CONCELLO DE SANTIAGO, Plan xeral de ordenación municipal (PXOM) de Santiago de Compostela*. Obtenido de http://www.santiagodecompostela.org/medi/Urbanismo/pxom2008/INDICE_XERAL_PXOM.pdf
- Enso, Stora** (2022 – Stora Enso – versión 4.07.0 developed by Mursoft). *Calculatis by Stora Enso*. Obtenido de <https://calculatis.storaenso.com/>
- Feist, Dr. Wolfgang. (2015).** *Passive House Institute*. Obtenido de <https://passivehouse.com/>
- Dr Wolfgang Feist, Passivhaus Institut. (2015).** *Programa de Planificación Passivhaus (PHPP)*. Rheinstraße 44/46 64283 Darmstadt, Alemania: www.passivehouse.com.
- SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE** (September de 2020). *CalumenLive*. Obtenido de <https://calumenlive.com/en/configure>
- Xunta de Galicia.** (Diciembre 2010). *NORMATIVA DE APLICACIÓN NO DESEÑO DE VIVENDAS EN GALICIA.* . Xunta de Galicia.
- KNAUF gmbH.** (2021). *KNAUF*. Obtenido de <https://www.knauf.es/sistemas>
- Andrew J. Marsh** (2020). *PD: 3D Sun-Path - AndrewMarsh.com*. Obtenido de <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>
- Ministerio de Transportes, M. y.** (2022). *CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN*. Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/DocumentosCTE.html>
- XILONOR (2022).** *XILONOR*. Obtenido de CATÁLOGO CLT: <https://xilonor.es/#home/clt>
- Onduline Materiales de Construcción, S. (2022).** *Onduline Lightweight roofing systems*. Obtenido de <https://es.onduline.com/es/profesionales/sistemas-cubierta-y-tejado/aislamiento-tejado-y-cubierta/siate-cubierta-onduline>
- Casinello Pérez, Fernando.** (Publicado 1 Enero 1994). *1973 - Construcción Carpintería*. Rueda Editorial, S.L.
- Rios Sánchez, Gustavo.** (2013). *Proyecto de fin de carrera: EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS UNA APLICACIÓN DE EDIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA AL ÁMBITO GALLEGO*. A Coruña.
- SLR, ROTHO BLAAS. (s.f.).** *rothoblaas*. Obtenido de <https://www.rothoblaas.es/productos/fijacion>
- IGN (2022)** Instituto geográfico nacional Obtenido de <https://www.ign.es/web/ign/portal>
- ZEHNDER (2022)** Zehnder Group Ibérica Indoor Climate S.A.U. Obtenido de <https://www.zehnder.es/>
- Saunier Duval (2022)** 2022 Saunier Duval S.A.U. Obtenido de <https://www.saunierduval.es/para-el-usuario/>
- SWISSPACER (2022)** 2022 Swisspacer The Edge of tomorrow Obtenido de <https://en.swisspacer.com/>

9.CONCLUSIONES

9.CONCLUSIONES

La industria de la construcción es un ente en continuo avance que evoluciona sin demora con el transcurso de los años motivada por el, cada vez más frecuente, aumento de su demanda. Para satisfacer esta demanda las materias primas deben aumentar su producción. Y es aquí donde, en un mundo masivo como el que conocemos, las materias primas, y por ende, los productos de producción derivados de éstas que no tienen un carácter sostenible, es decir, supone un gran impacto ambiental producirlos, transportarlos y ejecutarlos, ven a diario su fecha de caducidad acercándose cada vez mas a su fin.

El 40% de las emisiones globales de CO2 son producidas por la industria de la construcción. El sobrecalentamiento global, los desastres medioambientales derivados de éste o el alto nivel de polución del aire que respiramos, son un hecho, y es por ello que en un sector que produce tanto CO2 como productos para satisfacer su demanda tiene la obligación de tomar medidas al respecto de esta problemática común.

Esta obligación recae directamente sobre los técnicos, que son los responsables de la ejecución de las obras de construcción que se erigen, y, recae sobre los técnicos, porque son las personas educadas y con el saber necesario para desarrollar un proyecto, la elección de sus materiales y el conocimiento sobre el impacto que estos producen.

Apostar por sellos energéticos como el passivhaus con un consumo nulo o casi nulo en edificación y complementarlo con una óptima elección y estudio de materiales con la menor (o negativa, como el caso de la madera) huella de carbono es vital (y futuro) para poder reducir el impacto medioambiental en la industria. Ejecutar una construcción bien o menos bien (en términos materiales) supone lo mismo, si bien es cierto que en términos monetarios la situación cambia, aunque bajo mi punto de vista, es la popularización de los materiales, al fin y al cabo, lo que marca su costo.

Este futuro es muy presente.

En el desenlace de American History X, Edward Furlong citaba a su hermano Derek Vinyard, como fragmento final en su trabajo académico diciendo: *"Derek dice que siempre viene bien terminar un trabajo con una cita; dice que siempre hay alguien que lo ha hecho mejor que tú"*.

No se si una cita al final de un trabajo viene bien, pero desde luego sí tengo una frase que nuestro profesor del FP de Proyectos de Edificación nos repetía incesantemente: *"As cousiñas hai que facelas ben para que saian regular"*. Esta breve frase, que al mismo tiempo es sumamente directa y concisa, me lleva acompañando todos estos años. La experiencia de mi profesor sabía que con querer avanzar no bastaba, se había que focalizar en el punto más lejano y trabajar en ello.

Con querer avanzar hacia un futuro sostenible no basta, hay que hacer las cosas bien para que salgan regular. Y añadido. Y no conformarnos solo con eso.

Agradecimientos

Para mi familia. Aldara, Carmen, Carlota, Pedro, Magdalena, Mucha, Raul e Isaac. Gracias por formar parte de esto, por estar ahí siempre, por vuestra paciencia. Y gracias interminables a mis padres. Sin papá y mamá no hubiese habido trabajo de fin de grado; no hubiese habido grado. Gracias por vuestro eterno apoyo y por ayudarme siempre a volverme a levantar.

To Hannah, my biggest reference. You are more than my unconditional support, more than the boost to keep going every day you are the beacon that guides me in this path. Thank you.

To mama Ott. You won't ask this time how everything went but i let you know that it is done. Thank you Zelig.

Gracias al profesor Manuel Porta por aceptar esta aventura.

Para mis compañeros y compañeras de carrera, en especial a Miguel, Samuel y Adrián. Ahora ya sabéis que hacía en mi cuarto.

Por último un gran agradecimiento a Alce Arquitectura Técnica y a Mari Ríos. Gracias eternas Melchor Nogueira y gracias Gustavo Ríos por el precioso camino que me mostráis y por todo lo aprendido con vosotros.

Trabajo de fin de grado: REHABILITACIÓN PASSIVHAUS CON CLT DE VIVIENDA POPULAR GALLEGA

Ubicación: RUA DA CARBALLA, 97, SANTIAGO DE COMPOSTELA

Autor: Denís Prieto Giraldo