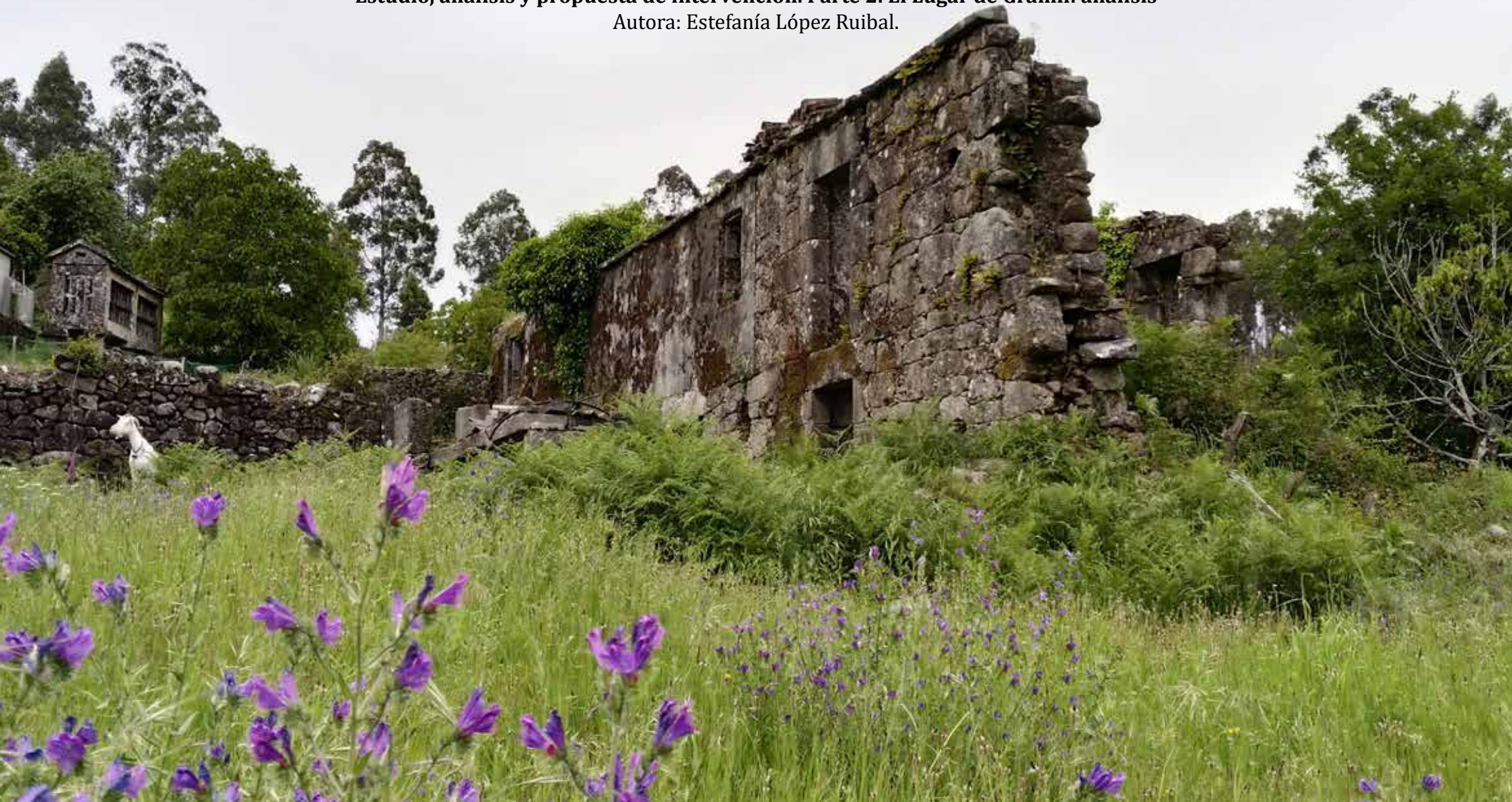




**Trabajo Fin de Máster Universitario en Rehabilitación Arquitectónica**  
MURA 2021-2022. Universidade da Coruña. Tutora: Estefanía López Salas.

**Proyecto de rehabilitación en el entorno rural de Gramil, Pontecaldelas**  
**Estudio, análisis y propuesta de intervención. Parte 2. El Lugar de Gramil: análisis**

Autora: Estefanía López Ruibal.





## PARTE 2. EL LUGAR DE GRAMIL: ANÁLISIS

### ÍNDICE

10. Los posibles ámbitos de actuación.....	04
11. Levantamiento gráfico del estado actual.....	06
12. Estudio patológico del estado actual.....	12
13. La restauración arquitectónica y teorías de intervención.....	24
14. Gestión del proyecto de rehabilitación.....	36
15. Clima y sostenibilidad.....	40
16. Reflexiones sobre las instalaciones, energía y optimización de recursos...	86
17. Bibliografía y otros recursos.....	90
18. Relación de figuras.....	92



## 10. LOS POSIBLES ÁMBITOS DE ACTUACIÓN

Las arquitecturas identificadas en la Parte 1 de este trabajo presentan valores susceptibles de ser conservados. De todas ellas, mi familia es propietaria en la actualidad tanto de la vivienda 127 con su alpendre y hórreo, como de la vivienda en ruinas sin número y su hórreo, así como de las tierras en las que se asientan. Esta fue una de las primeras cuestiones que influyó en la valoración de los posibles ámbitos de actuación y a la hora de proponer aquí un proyecto de rehabilitación.

En un principio, se consideró que sería interesante abordar el conjunto principal de viviendas del lugar, formado por las número 127, 128 y 129 y sus construcciones adjetivas. No obstante, la falta de acceso a dos de las tres viviendas mencionadas, hicieron que se desechara esta opción por las dificultades que esto provocaría ya para el desarrollo de las primeras fases de trabajo.

La segunda opción y finalmente la escogida como ámbito de intervención, fue la vivienda en ruinas que ha sido estudiada en el apartado 6.8 de la Parte 1, pues además de ser propiedad de la familia permitiéndome pleno acceso, durante las visitas de trabajo y las conversaciones mantenidas sobre las construcciones y su historia creció poco a poco el interés de Manuel, mi padre, por llevar a cabo su rehabilitación, lo cual significa el poder añadir a un proyecto académico la posibilidad de que se materialice y tenga un impacto real en el lugar y a favor de la recuperación de nuestro patrimonio. También, entre las primeras reflexiones sobre dónde proponer una intervención, no fue

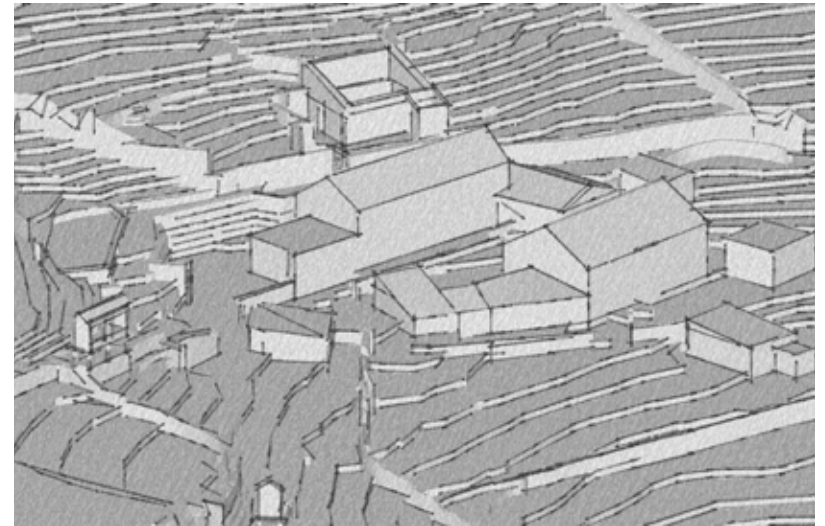
menos importante el hecho de que entre todo el patrimonio etnográfico del lugar de Gramil previamente estudiado, la realidad es que los elementos que requieren una pronta atención son los que se encuentran en estado ruinoso y, de todos ellos, el peor conservado es precisamente este, con diferencia.

Después de la primera parte de este TFM y una vez seleccionado el ámbito de actuación, en esta segunda parte del trabajo se dan los primeros pasos hacia la rehabilitación de la vivienda en ruinas a partir de diferentes aproximaciones que se plantearon como necesarias en distintas materias del máster cursado. Esta segunda parte comienza con un levantamiento gráfico de su estado actual seguido por el estudio patológico de las distintas fachadas que, en suma, permiten obtener un conocimiento adecuado de la arquitectura sobre la que se plantea la intervención. A continuación, se recuperan diferentes teorías de restauración que permiten descubrir cómo éstas se pueden tener en cuenta a la hora afrontar una intervención en este lugar de trabajo. Los tres últimos apartados se focalizan en cuestiones prácticas, dando pautas sobre cómo proceder en un proyecto de rehabilitación a la hora de abordar su gestión, tener en cuenta cómo influye el clima en el elemento a rehabilitar así como en su entorno inmediato y otros conceptos relacionados con este tema y, por último, se reflexiona acerca de la influencia de las instalaciones en las construcciones y el impacto que pueden tener en el usuario final, también a nivel económico y desde el punto de vista de la sostenibilidad. Las diferentes aproximaciones de esta parte del trabajo permitirán sentar las bases para desarrollar la propuesta de intervención expuesta en la Parte 3.

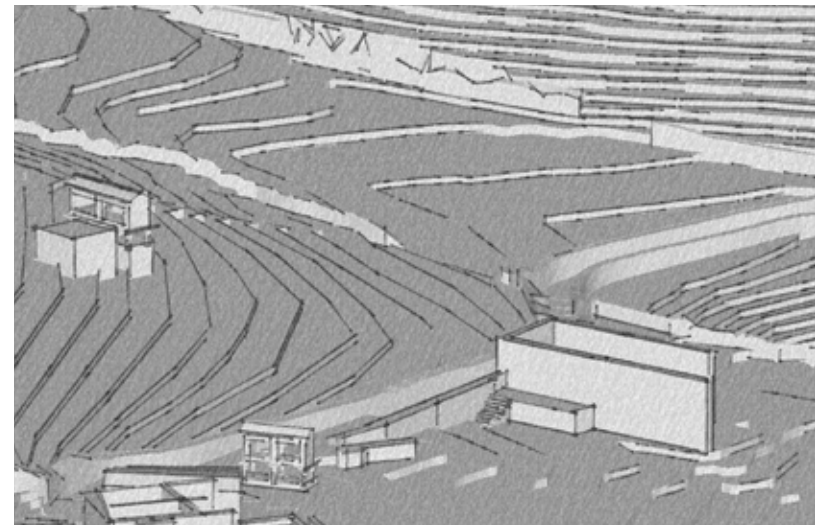




**Fig. 01** Vista general del modelo 3D que representa el lugar de Gramil  
(Elaboración Felipe Malvárez y editado por la autora)



**Fig. 02** Posible ámbito de actuación, vista del modelo 3D de la figura 01



**Fig. 03** Ámbito de actuación escogido, vista del modelo 3D de la figura 01

## 11. LEVANTAMIENTO GRÁFICO DEL ESTADO ACTUAL

Elegido el lugar de actuación, el siguiente paso fue realizar el levantamiento gráfico de su estado actual, fundamental para poder posteriormente realizar una propuesta de intervención (figs. 04 a 17).

En primer lugar, se buscó e intentó obtener cualquier información previa del lugar y de la vivienda, documentación gráfica existente que pudiera ser útil a la hora de realizar esta parte del trabajo. Como base, para empezar, se contaba con un plano topográfico del lugar realizado por un gabinete profesional para la familia en el año 2000. Este fue completado con la información que faltaba, como curvas de nivel y algunas construcciones auxiliares.

La toma de fotografías fue otra parte muy importante del proceso del levantamiento para completar información o resolver dudas. Al principio, la toma de fotografías fue general y después de aprender a usar el programa ReCap Photo de Autodesk durante el máster, se intentó que las aquellas sirvieran para ser introducidas en ese software y obtener modelos tridimensionales. Algunas tomas permitieron obtener algunos alzados decentes, pero el resultado en general no fue del todo satisfactorio, pues no se consiguieron los modelos esperados, si bien también es cierto que el equipo fotográfico empleado no fue de la calidad suficiente. Después de imprimir el plano topográfico centrándose en las zonas a levantar y de obtener algún alzado con el ReCap, se verificaron in situ algunas de las

dimensiones del plano y se prosiguió con la toma de datos y medidas para realizar el levantamiento.

En esta ocasión la toma de datos no contó con ayudantes, por lo que fue bastante complicado y laborioso llevar a cabo esta tarea una persona sola. Con la ayuda de papel, bolígrafo, lápiz, goma de borrar, carpeta como soporte para las hojas de papel, flexómetro, medidor láser Bosch, cámara de fotos dj osmo pocket y cámara del móvil Xiaomi MDG2, se realizó la recopilación de información in situ en diferentes días de diciembre del 2020. El mal tiempo no ayudó a la recogida de información, pues se contó con días limitados de buen tiempo.

El trabajo también se vio dificultado por el avanzado estado de ruina de la edificación, invadida totalmente por maleza lo que, en algunos casos, hizo imposible su exploración completa. En el futuro, cuando se vaya a acometer su rehabilitación, se requerirá otro grado de detalle en el levantamiento que permita reflejar más fielmente su estado y para ello se tomará como base este primer levantamiento. Cuando no se pudo acceder al lugar, se acudió a las fotografías realizadas in situ para poder detallar el levantamiento, tanto tras su rectificación con los programas ReCap Photo y Dxo View Point 3, como sin rectificar en AutoCAD. Las fotografías sirvieron de apoyo para observar y sacar conclusiones sobre detalles que se pasaron por alto, a través de la propia interpretación.





Al terminar este proceso, conseguimos un levantamiento gráfico que nos aproxima al lugar, nos ayuda a entender mejor cómo es nuestro ámbito de actuación y también sirve como base para, a futuro, seguir levantando y detallando los diferentes elementos del lugar. El levantamiento realizado recoge la realidad actual del lugar y ayuda a dejar testimonio de su historia si algún día este elemento en estado de abandono llegara a desaparecer del todo, pero también si, por el contrario, finalmente se acometiera su rehabilitación. En el contexto de este TFM, también sirve para realizar posteriores análisis, completar el estudio de las construcciones del lugar y para realizar una propuesta de intervención. Como recordatorio y consejo para el futuro, a la hora de completar este levantamiento, se debería conseguir despejar todo lo que hay por el medio de la vivienda, es decir, limpiar la vegetación que ahora mismo está conquistando los restos de las ruinas y crear un equipo de trabajo.

Fig. 04, 05, 06 Imágenes extraídas con el programa ReCap Photo





Vista de la fachada este desde el camino público



Vista de la fachada oeste desde el camino público



Acceso a la vivienda



Patín y espacio debajo del mismo de acceso a cuadras y gallinero



Fachada oeste



Hórreo



Fachada este



Sección muro oeste



Vista desde el sur del conjunto



Vista interior del muro oeste al sur



Interior de las ruinas



El horno y la pila de la cocina en la planta alta



Bebedero para animales en cuadras



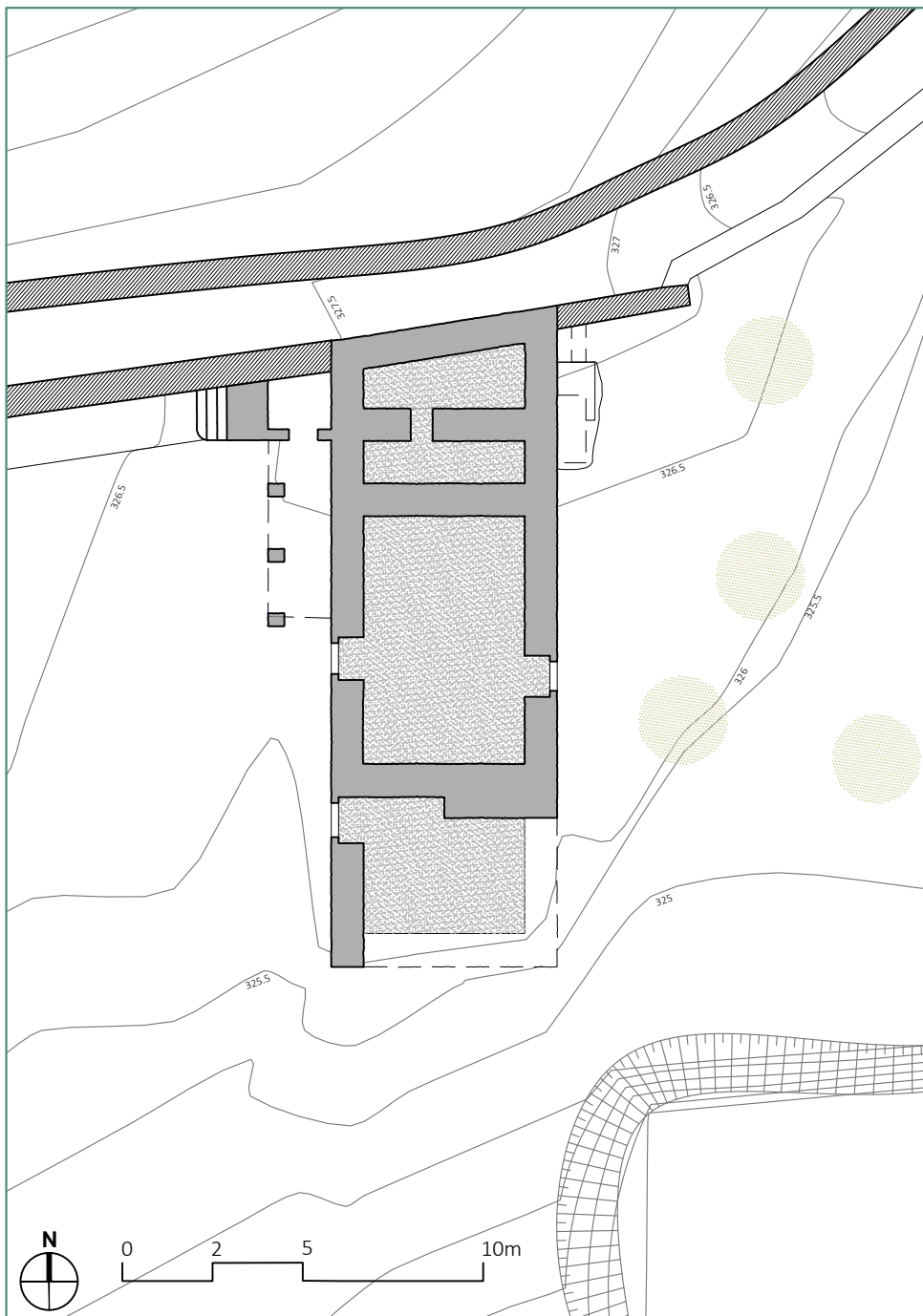


Fig. 08 Planta baja ruinas vivienda (Elaboración propia)

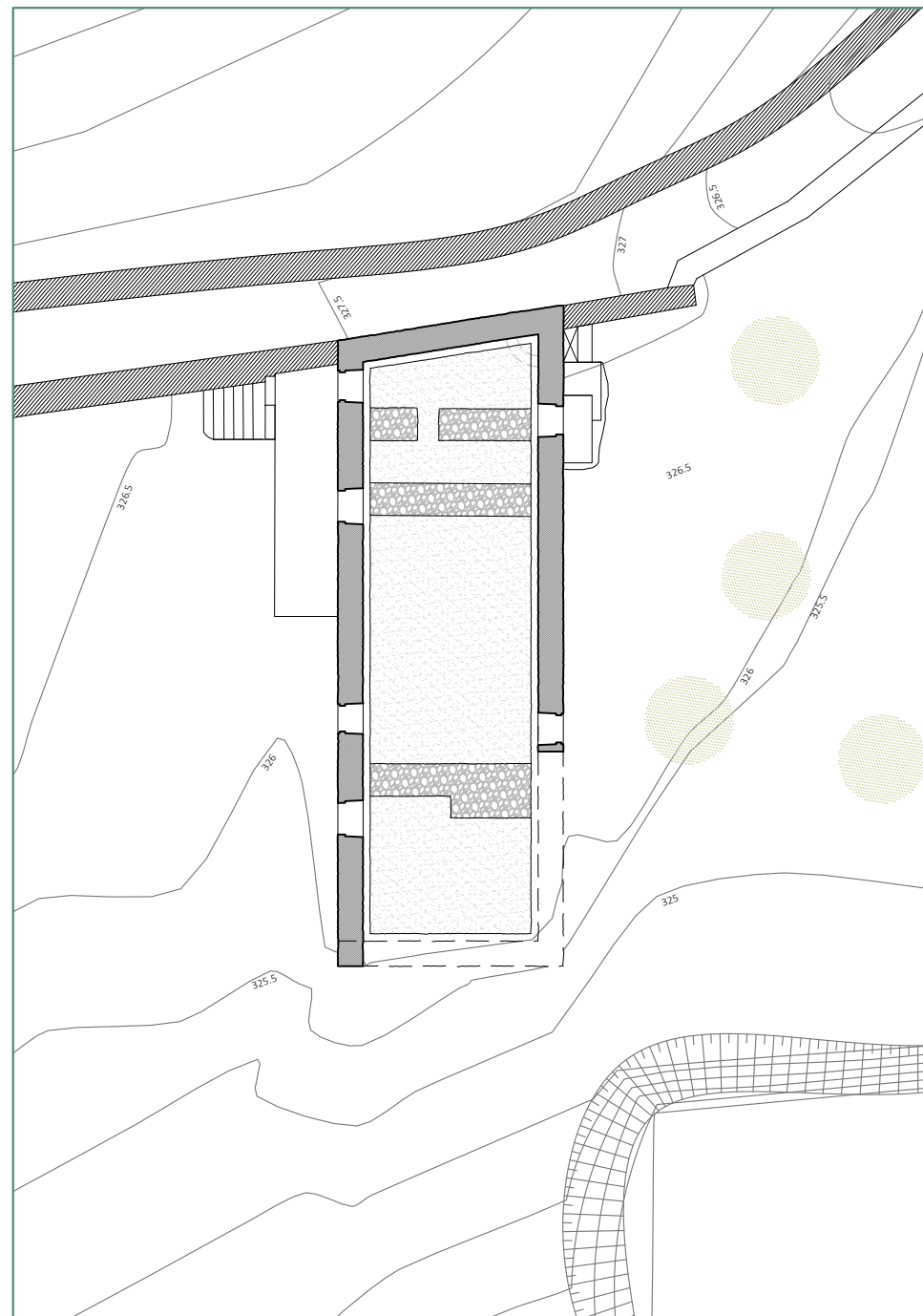


Fig. 09 Planta alta ruinas vivienda (Elaboración propia)

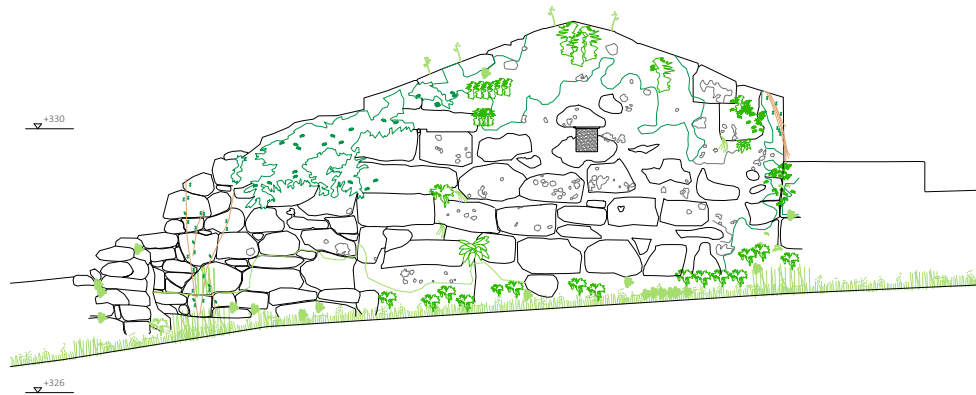


Fig. 10 Alzado norte ruinas (Elaboración propia)



Fig. 12 Fachada norte ruinas, 2021 (Fotografía de la autora)

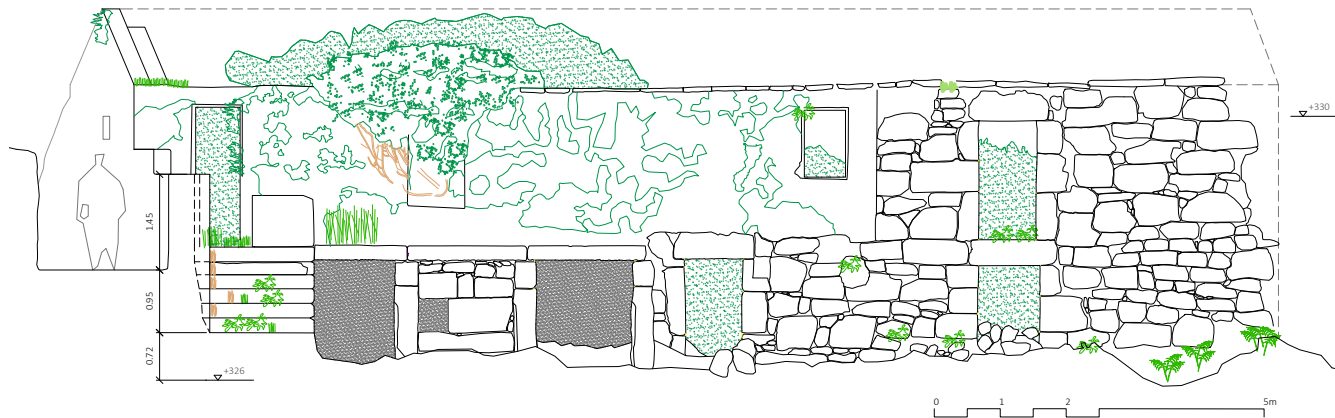


Fig. 11 Alzado oeste ruinas (Elaboración propia)



Fig. 13 Fachada oeste ruinas, 2021 (Fotografía de la autora)



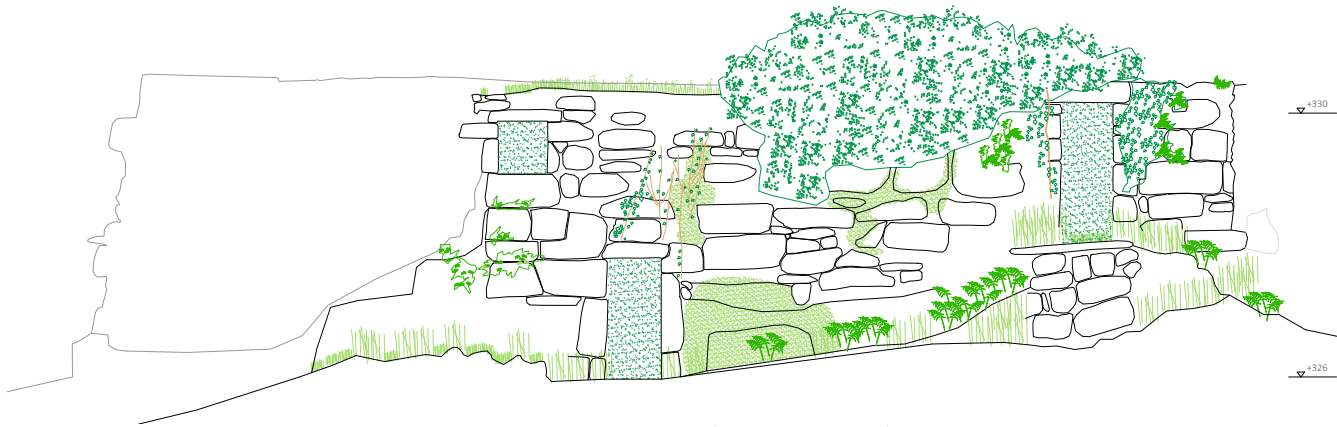


Fig. 14 Alzado este ruinas (Elaboración propia)



Fig. 16 Fachada este ruinas, 2021 (Fotografía de la autora)

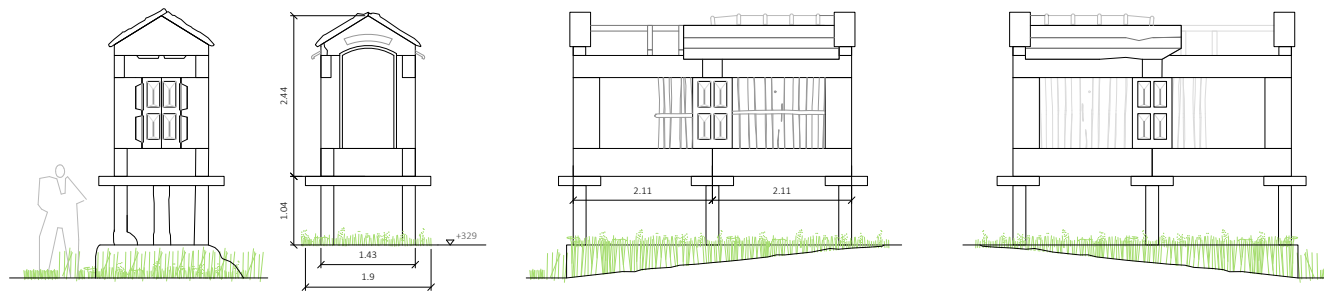


Fig. 15 Alzado hórreo (Elaboración propia)



Fig. 17 Inscripción hórreo, 2021 (Fotografía de la autora)

## 12. ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ESTADO ACTUAL

La falta evidente de mantenimiento, durante al menos los últimos 35 años, ha provocado el progresivo deterioro de la vivienda llegando al estado ruinoso actual. Los materiales se han ido degradando a consecuencia de una exposición continua a la intemperie y a los fenómenos atmosféricos, entre los que el agua y el viento son especialmente dañinos.

El paso de los años también ha dado lugar a la aparición de una pátina oscura, casi negra, sobre los muros que es resultado de la acumulación de suciedad por partículas contaminantes, más evidente en el norte. A esa pátina por suciedad se suman otras que son resultado de ataques de diferente naturaleza que hacen que las fachadas presenten un cúmulo de lesiones mezcladas entre sí que dificultan ver y diferenciar qué hay realmente debajo de ellas.

A todo lo anterior, hay que añadir la vegetación, extremadamente abundante en el interior de los muros y desbordante, que también dificulta el poder hacer una lectura completa de la arquitectura, tal y como se ha señalado en el levantamiento gráfico y, en consecuencia, el pre-diagnosticar el estado real en que se encuentra cada parte del conjunto —que es el objetivo del presente apartado—, no resulta tarea sencilla.

### 12.1. Descripción general de las lesiones

El estudio in situ de las lesiones y patologías que presenta el conjunto de la vivienda se llevó a cabo a finales de enero en 2021. En ese momento, los muros existentes observamos que presentan lesiones de varios tipos y la geometría de la estructura no se considera estable. El muro norte está en pie,

pero el muro sur está desplomado debido a que en esta zona de la vivienda fue donde muy probablemente el material de cobertura se empezó a desplazar y a caerse primero, dejando la vivienda desprotegida. Habría que retirar y apartar los mampuestos que están por el suelo para saber cómo afecta esto a la cimentación y a los muros. El muro oeste está levantado en gran parte, pero se ha iniciado su caída en la parte sur. En el caso del muro este, poco más de la mitad está en pie y presenta abombamiento hacia la parte norte.

Además de los muros que definen las fachadas exteriores, la vivienda cuenta con muros transversales al interior, que hacían de arriostamiento. Están presentes en la planta baja, cubiertos por vegetación y presentan fisuras y descohesión donde enlazan con la hoja interior de las fachadas. En la primera planta debido a la exposición a los agentes atmosféricos estos muros se han desprendido.

La pérdida del material de cobertura dejó la estructura y el interior de la edificación al descubierto, sin protección alguna. Este proceso provocó la pudrición de la estructura de madera de la cubierta y de las divisiones verticales y horizontales interiores. No se sabe si queda algún resto debajo de toda la vegetación existente. Las losas de piedra que cubrían las cabezas de los muros se desplazaron o cayeron y esto unido a la inexistencia de cubierta contribuyó a una mayor penetración del agua de lluvia entre los muros, provocando el lavado de mortero de barro y la consecuente exposición de las juntas, y reduciendo la conexión entre los mampuestos.

La exposición de las juntas de los muros facilita el depósito de más agua, también de más partículas, y que todos los organismos vegetales que se

encuentran en la atmósfera sean depositados por el viento en aquellos. Los poros superficiales y la textura rugosa de la piedra favorecen la adhesión de estos organismos que se desarrollan al reunirse una serie de condiciones como la existencia de humedad, temperatura ambiente idónea e iluminación. Esto da lugar a un ensuciamiento biológico-vegetal provocado por mohos, líquenes, musgos y gramíneas. También se puede apreciar en las juntas presencia de algunos insectos, arañas y caracoles. Habría que poder acceder al interior de las ruinas para saber si se ha producido el anidamiento de algún animal más problemático, lo que podría estar ocasionando un daño mayor a los muros.

Estas ruinas se sitúan en una zona donde la termicidad estival es alta, lo que significa que en verano la intensidad de calor es alta, sobre todo durante el día. Los cambios de temperatura y la alternancia de épocas de más calor y secas con épocas de mucha lluvia y humedad generan tensiones superficiales en el material pétreo que pueden dar lugar a fisuras y descohesión.

Los cajeados en la hoja interior del muro donde se empotraban las vigas, para soportar el entramado de las divisiones horizontales, se encuentran totalmente expuestos, convirtiéndose en un punto débil de entrada de agua, partículas y organismos.

El agua del terreno también sube por capilaridad y lesiona la parte de los muros que se encuentran en contacto con ella. En la parte baja de los muros se puede apreciar una mayor presencia musgo y vegetación probablemente consecuencia de lo anterior. Como efectos de las lesiones de humedad, los muros se vuelven menos durables y su resistencia mecánica disminuye.

Las pátinas de suciedad existentes en los muros se deben a la presencia de distintos elementos ensuciantes. Se trata de una lesión estética que si no se trata puede producir lesiones de naturaleza física o química en los materiales sobre los que se asienta, deteriorándolos y haciendo que pierdan su durabilidad. Según su naturaleza, se pueden dar varios tipos: el ensuciamiento biológico-vegetal, el ensuciamiento por partículas contaminantes y el ensuciamiento por eflorescencias. A los dos primeros tipos ya he hecho las oportunas referencias anteriormente. En cuanto al tercero, decir que algunas partes de los muros parecen presentar eflorescencias que son el efecto de las cristalizaciones de sales hidrosolubles depositadas en la superficie de materiales porosos, mojados o saturados. Son una lesión de naturaleza química procedente de una lesión previa de humedad. Se produce por la presencia de agua líquida en los muros con sales disueltas en ella. El agua se mueve hacia donde pueda evaporarse y una vez que lo consigue las sales cristalizan, generalmente en forma de mancha blanca, dando lugar a la lesión. Las sales pueden proceder del propio material, del terreno, del ambiente o de reacciones químicas.

A las pérdidas de material que sufren los muros causados por la exposición a la intemperie, también se le pueden añadir el ataque físico por erosión. La erosión desgasta los materiales, la piedra y el mortero, y conlleva una pérdida de volumen que provoca la desaparición de la forma original. Fenómenos como la lluvia, heladas, granizo, el viento y el sol, aceleran el envejecimiento de los materiales y contribuyen a la erosión de los mismos. Esto puede apreciarse especialmente en las losas de piedra que protegen las cabezas de los muros, muchas han perdido su forma y/o están rotas.



A continuación, se recogen para cada una de las tres fachadas que se mantienen total o parcialmente en pie, las lesiones y patologías identificadas a través de los alzados y fotografías que acompañan cada apartado (figs. 18 a 23).

## 12.2. Lesiones en la fachada norte - NO

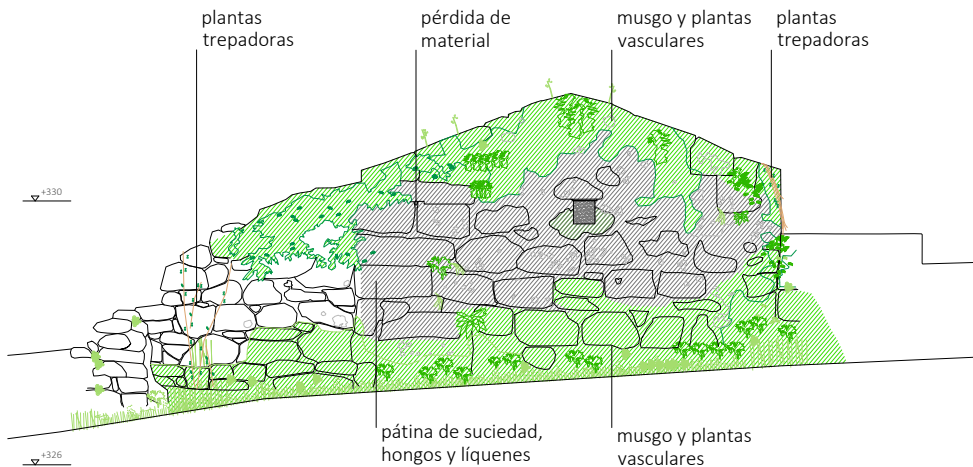


Fig. 18 Lesiones en la fachada norte, 2021 (Elaboración propia)

- Presenta casi de manera homogénea en toda su superficie una pátina oscura (casi negra) de suciedad, también mohos de color blanquecino y líquenes de color verdoso.
- Presenta musgo y plantas vasculares de manera más abundante en la cabeza y en la base de los muros, zonas especialmente sensibles donde se acumula el agua con más facilidad. En las cabezas se produce la entrada directa de agua de lluvia al carecer de protección, y en la parte baja de los muros se acumula el agua del terreno que asciende por capilaridad.
- Presenta plantas trepadoras.
- Anidamiento de caracoles en algunos recovecos, especialmente en los muros adyacentes a esta fachada.
- Presenta en las juntas restos de mortero de barro deteriorado, cayéndose, con anidamiento de insectos y arañas.
- El hueco de la antigua ventana está abierto por donde se cuela el agua y se producen todo tipo de depósitos.



- NO01** Cumbre muros fachada norte.
- NO02** Vista fachada norte.
- NO03** Mortero de barro deteriorado.
- NO04** Mohos.
- NO05** Plantas vasculares.
- NO06** Plantas trepadoras.
- NO07** Anidamiento de insectos y arañas.
- NO08** Líquenes.
- NO09** Musgos y plantas vasculares.
- NO10** Anidamiento de caracoles.
- NO11** Pérdida de material.

Fig. 19 Fotografías de la autora, 2020

## 12.3. Lesiones en la fachada oeste - OE

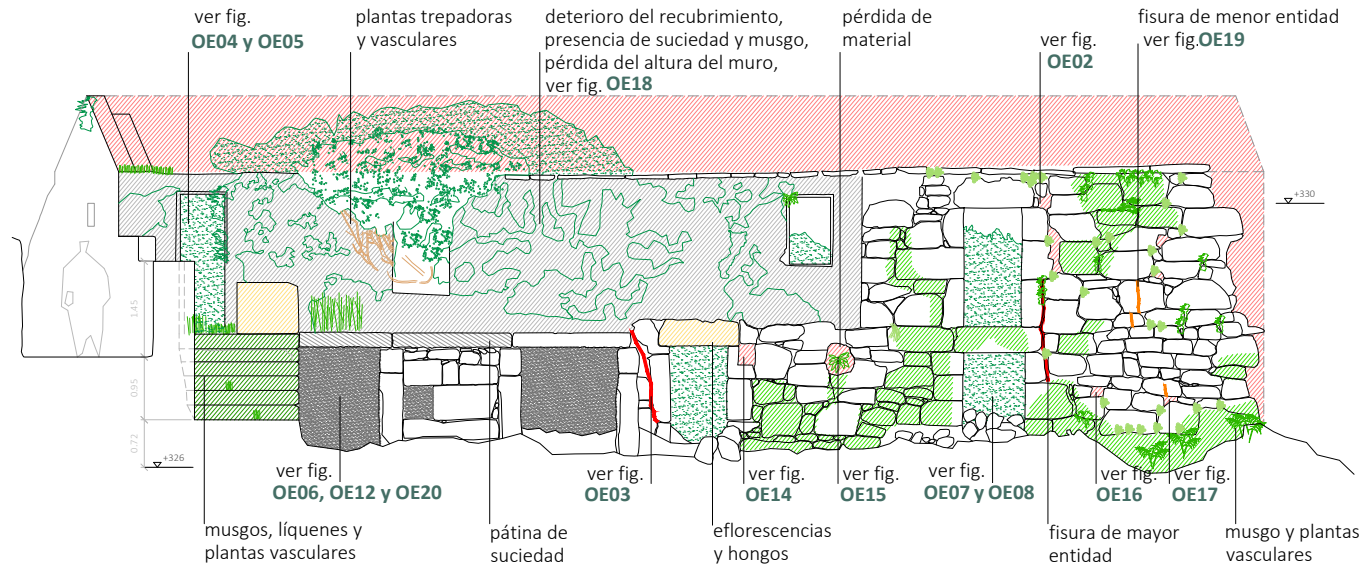


Fig. 20 Lesiones en la fachada este, 2021 (Elaboración propia)

- Presenta pérdidas de material que pueden ser debidas a la acción de seres humanos y de animales, a la exposición a los agentes atmosféricos y abandono del edificio, o a un cúmulo de todas estas circunstancias juntas. La desaparición de la cubierta, el desplome del muro sur y el lavado del mortero de barro, provocaron muy probablemente que las juntas se debilitaran y las piezas que faltan se desprendieran de los muros. Esto hace que el muro empiece a perder su estabilidad y da lugar a más desprendimientos. Las losas de piedra de cobertura y protección de los muros en sus cumbreras se han desplazado, roto o se han caído, lo cual contribuye al proceso de deterioro anterior.
- También presenta pérdidas de material en la hoja exterior del muro donde se empotraban las vigas de piedra que soportaban losas de piedra que formaban el patín. Estos huecos se encuentran totalmente expuestos convirtiéndose en un punto débil de entrada de agua, partículas y otros organismos.
- Al igual que la fachada norte, presenta casi de manera homogénea en toda su superficie una pátina gris de suciedad, también de mohos de color blanquecino y líquenes de color verdoso.
- Presenta musgo y plantas vasculares de una manera más repartida, a diferentes alturas, aunque la presencia en la base de los muros es común a lo largo de la fachada, por la presencia de agua del terreno que asciende por capilaridad.
- Presenta abundantes plantas trepadoras y vasculares, de una cierta entidad, que parecen brotar del interior de los muros, lo cual podría ser difícil de eliminar. Las raíces de estas plantas retienen la humedad de las precipitaciones lo que no es conveniente para el muro. Además, podrían estar acelerando el proceso de desconexión entre mampuestos.
- En la primera planta, la parte de la fachada que se correspondería en longitud con la del patín que aquí habría existido, consta de un recubrimiento que se está cayendo y está cubierto por una pátina de suciedad y musgo. También aquí se puede observar que la altura del muro ha disminuido con respecto a la parte del muro que no está enfoscada. Habría que retirar el recubrimiento que está en mal estado para poder hacer una mejor evaluación de esta parte y ver si existen otros motivos causantes de problemas y lesiones, a mayores de todo lo expuesto hasta el momento.
- Existen algunos restos visibles de herrajes, en puertas y ventanas, que se encuentran oxidados o fuera de sitio pero parecen no estar manchando superficies próximas ni presentar mayor problema, habría que retirarlos o recuperar si fuera posible.
- Presenta en algunas juntas restos de mortero de barro deteriorado, a retirar.
- Los huecos de ventanas y puertas están abiertos, son puntos débiles por donde entra el agua y se asientan más depósitos.



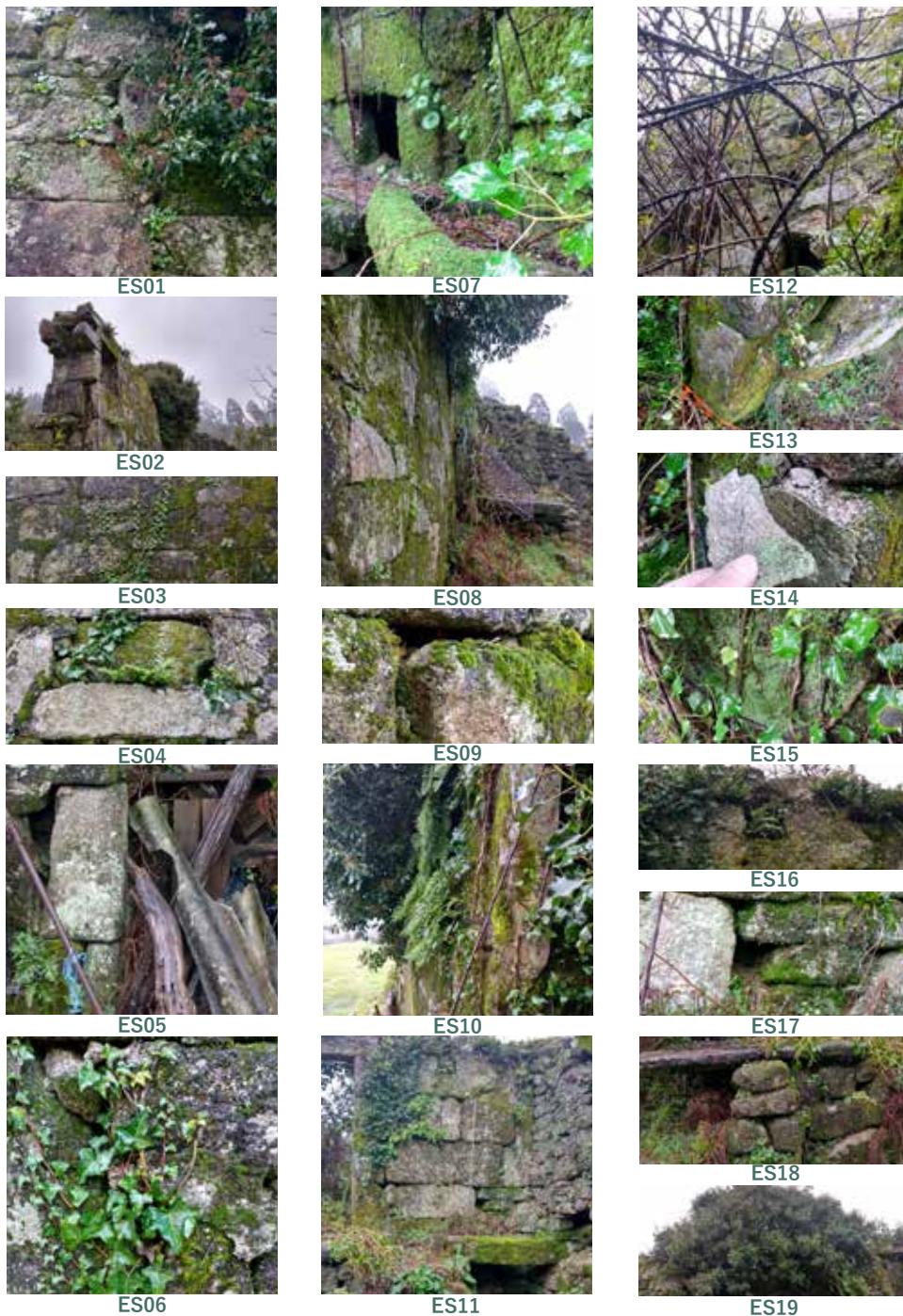


- OE01 Musgos, líquenes y plantas vasculares en las escaleras de acceso al patín.
- OE02 Pérdida de material. Estas zonas se convierten en puntos débiles de entrada de agua y depósitos. Debilita el muro, la traba de los mampuestos y su estabilidad.
- OE03 Fisura de mayor entidad, desconexión de piezas.
- OE04 Hoja interior del muro norte. Ensuciamiento biológico-vegetal.
- OE05 Vista de la extremadamente abundante vegetación interior.
- OE06 Humedad del terreno que asciende por capilaridad debajo del patín a continuación de las escaleras.
- OE07 Muros de arriostramiento en planta baja, presencia de humedad y mohos. Se aprecia una fisura entre este muro y el muro oeste, descohesión de mampuestos.
- OE08 Humedad, suciedad, mohos, líquenes, musgo, plantas vasculares, erosión, etc.
- OE09 Deterioro y desprendimiento del recubrimiento de fachada.
- OE10 Restos de herrajes.
- OE11 Espacio debajo del patín. Presencia de humedad, mohos, líquenes y materiales entre juntas inadecuados, como pequeñas cantidades de cemento, a retirar.
- OE12 Muros de arriostramiento en planta baja, presencia de humedad y mohos.
- OE13 Musgos, líquenes, hongos y plantas vasculares en las escaleras de acceso al patín.
- OE14 Pérdida de material, punto débil.
- OE15 Pérdida de material, punto débil.
- OE16 Pérdida de material, punto débil.
- OE17 Pérdida de material, punto débil.
- OE18 Presencia de suciedad y musgo, pérdida de altura del muro.
- OE19 Fisura de menor entidad.
- OE20 Marco de puerta de acceso a las antiguas cuadras realizado con ladrillo y mortero de cemento. Retirar por incompatibilidad de materiales.

Fig. 21 Fotografías de la autora, 2020







- ES01** Fisura de mayor entidad bajo plantas trepadoras y vasculares.
- ES02** Vista del muro de la fachada este con partes desprendidas.
- ES03** Plantas trepadoras.
- ES04** Mampuesto suelto sobre dintel, con musgo y plantas.
- ES05** Piezas que forman el vano sueltas y giradas, inestabilidad.
- ES06** Fisura de mayor entidad bajo planta trepadora.
- ES07** Vista interior del horno y pila de piedra totalmente colonizados por musgo, plantas vasculares y trepadoras. Humedad y suciedad.
- ES08** Abombamiento de la fachada a la altura de la planta baja.
- ES09** Mampuesto fuera de plano vertical en zona abombada, inestabilidad.
- ES10** Abombamiento de la fachada a la altura de la planta alta, a comprobar.
- ES11** Zona del muro con desconexión de mampuestos, inestabilidad.
- ES12** Vista desde el interior del muro piñón norte. Pérdidas de material. Suciedad, humedad y colonización biológica-vegetal.
- ES13** Desconexión y giro de mampuestos.
- ES14** Desprendimiento del recubrimiento en las jambas. Abajo, la otra jamba.
- ES15** Plantas trepadoras y líquenes.
- ES16** Pérdida de material, punto débil.
- ES17** Pérdida de material, punto débil.
- ES18** Piezas sueltas, inestabilidad.
- ES19** Abundante vegetación impidiendo evaluar el estado real del muro.

Fig. 23 Fotografías de la autora, 2020



## 12.5. Valoración conjunta y posibles medidas de reacondicionamiento

Se puede concluir que los problemas que presentan los muros de esta construcción se deben mayormente al deterioro acusado por el paso del tiempo, el abandono, la falta de mantenimiento y una exposición continuada a las inclemencias del tiempo. No existe una causa única, sino que todas ellas actuaron y actúan conjuntamente. La estructura y materiales que constituían esta vivienda se fueron deteriorando, perdiendo propiedades y en la actualidad se encuentran colonizados por organismos vivos, como cabría esperar ante su situación, por lo que si se quiere evitar su desaparición habrá que poner remedio.

Las reparaciones a realizar dependerán de la estrategia de intervención y el proyecto de rehabilitación que se quieran llevar a cabo. La rehabilitación es un trabajo complejo e interdisciplinar con especialistas y muchos imprevistos. Hay que valorar el uso que se la va a dar y qué exigencias debe cumplir la nueva actuación. La solución puede ser compleja.

Lo ideal sería poder acometer el proyecto en dos fases. Una previa al proyecto, con andamiaje, limpieza, ensayos y catas, etc., de donde saldría un diagnóstico más completo y que ayudaría a una mejor toma de decisiones. Y una segunda fase, donde se desarrollaría el proyecto. Dado que el relleno de los muros no es el adecuado y su geometría no se considera estable habría que intervenir para que el deterioro de los muros no vaya a más.

A priori, si lo que se pretende es recuperar los muros y volver a tener una edificación cerrada, algunas propuestas serían:

- Garantizar la estabilidad de los muros para iniciar el proceso de limpieza de los mismos. Asegurar muros, zonas de peligro de colapso puede ser caro.
- Desbrozar la vegetación infestante.
- Retirar plantas y musgos, líquenes, mohos y otros elementos superficiales.
- Retirar nidos de insectos, arañas y caracoles.
- Retirar el recubrimiento en mal estado de la fachada oeste y otros restos de mortero repartidos por los diferentes muros.
- Si fuera necesario, para la eliminación del biodeterioro usar métodos de limpieza químicos (biocidas). Se debería estudiar qué solución es la más adecuada y contactar a un experto para conseguir asesoramiento y supervisión. Estos productos podrían ser tóxicos por lo que habría que valorar esta solución.
- Limpiar los muros con chorro de agua a baja presión y/o mecánicamente de manera manual.
- Reponer pérdidas de material y recolocar las piezas adecuadamente.
- Reconstruir el muro sur y las partes de los otros muros que faltan, idealmente reutilizando los mampuestos que hay por el suelo, mediante anastilosis. Se puede aprovechar esta oportunidad para abrir al sur con uno o grandes ventanales que permitan conseguir la máxima captación solar.
- Una vez retirado el mortero en mal estado, retacar las juntas con piedras pequeñas, esquistos, para consolidar los muros. Rejuntar con mortero de cal para evitar que vuelva a entrar el agua en exceso, que se produzcan depósitos de suciedad en los recovecos o se vuelvan a generar vegetación y anidamientos.

- Consolidar, coser y sellar las grietas y fisuras.
- Mejorar la cimentación, mediante inyecciones y/o con nuevos cimientos. Habría que hacer catas para determinar cuál es la solución más adecuada. Realizar un saneado y drenaje perimetral del edificio y crear un forjado nuevo ventilado en la planta baja para reducir y evitar las humedades por capilaridad, sobre todo para que no se acumulen en la parte baja de los muros. Se plantea el uso de una cimentación con sistema tipo Cáviti.
- Recuperar la estructura horizontal interior y la de la cubierta. Añadir el material de cobertura con el que se protegen las cabezas de los muros y el interior del conjunto, evitando así su continua exposición a la intemperie. Habría que estudiar las soluciones estructurales y constructivas en detalle antes de proceder a lo anterior.
- Si la intención es dejar la piedra vista al exterior, aplicar una impregnación hidrófuga superficial. Cualquier tratamiento para un acabado hidrófugo de la piedra debe evitar que el agua penetre al interior de los muros y permitir la salida al exterior del vapor de agua. Estos tratamientos pueden dar problemas por lo que habría que valorarlo también.
- Crear un alero en cubierta y/o añadir un sistema de recogida de aguas mediante canalones para apartar lo máximo posible el agua de lluvia de los muros.
- Realizar un mantenimiento adecuado y periódico, facilitando el acceso para ello.

En base a lo anterior, una de las primeras ideas y estrategias de proyecto consistiría en mantener los muros de mampostería vistos, dentro de lo posible, que son los únicos vestigios que conservamos de esta pieza de arquitectura popular. De hecho, tal y como indica el artículo 40 de la Ley 2/2016, de 10 de febrero, del suelo de Galicia, en su base 2, sobre Edificaciones tradicionales:

*Previa obtención del título habilitante municipal de naturaleza urbanística, y sin necesidad de cumplir los parámetros urbanísticos aplicables excepto el límite de altura, se permitirá su reforma, rehabilitación y reconstrucción y su ampliación, incluso en volumen independiente, sin que la ampliación pueda superar el 50 % del volumen originario de la edificación tradicional. En cualquier caso, deberán mantenerse las características esenciales del edificio, del lugar y de su tipología originaria.*

A la hora de intervenir en los muros de piedra tradicionales la solución puede resultar compleja, sobre todo estructuralmente hablando, al tener que garantizar las prestaciones de seguridad estructural actuales. Uno de los mayores retos del proyecto es qué hacer con los muros, si confiar en su capacidad estructural o no, cómo recuperar la forma y cómo mejorar la envolvente desde un punto de vista energético. El trabajar y modificar este tipo de muros tradicionales es complejo, se requiere de especialistas y se debe tener cuidado, porque sacar o mover una pieza podría implicar la caída de unas cuantas más.

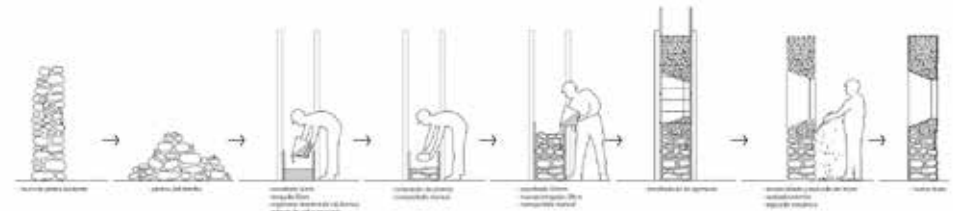
Según el DB SE-F no se podrían seguir las soluciones propuestas por el CTE en el caso de las ruinas, pero sí se podrían plantear otras soluciones constructivas aceptadas como muros de mampostería y las estructuras de madera apoyadas en estos, intentando buscar otras normativas de apoyo. De hecho, una posible solución sería recuperar la estructura de forjados y cubierta con madera, quizás usando algún sistema prefabricado más actual. Tal y como señalan Norman Foster+Partners (2003):

*La construcción en madera es una de las formas de construir más benignas desde el punto de vista medioambiental. La madera es un recurso completamente renovable, y aún más, absorbe dióxido de carbono durante su crecimiento.*

La resistencia a compresión de la fábrica es infinita. Los elementos constructivos que resisten infinito no se rompen. Las fábricas se arruinan cayendo. Sus problemas son de estabilidad y equilibrio.

- La fábrica no resiste tracciones.
- Los elementos estructurales como arcos, bóvedas y cúpulas son dispositivos ideados para evitar tracciones.
- Como contrapartida son inestables. La aparición de empujes y esfuerzos horizontales hay que contrarrestarlos.
- El método de la estática gráfica facilita el análisis y la comprensión de las condiciones de equilibrio.
- Se puede aplicar el principio de proporcionalidad. Se puede trabajar con maquetas a escala.
- La piedra es rígida no elástica.
- Las cargas deben caer en el tercio central de la sección.
- Si un arco, una bóveda o una cúpula no se cae a las 48 horas al quitar los apeos es estable. Podrían quedar deformados pero no se vienen abajo sino se varían las cargas. Se podrían venir abajo si hay asiento.
- Los empujes se contrarrestan con espesor, por ejemplo, con contrafuertes. Cuanto más apuntado es el arco, menor es el empuje horizontal y mayor la carga vertical, por ello existe en el gótico porque se puede aligerar perforando mucho pero con la existencia del arbotante.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la idea sería reconstruir los muros en mal estado, aquellos que presentan abombamiento y también las partes caídas para paliar todas las lesiones y patologías aquí detectadas y que, como elementos esenciales de este edificio tradicional, estos sean integrantes y puntos de partida de la intervención. Para ello existen varias soluciones como, por ejemplo, crear una estructura metálica múltiple y muy delgada paralela al muro (de pilares cada 60 cm), u otra que pasa por demoler y reconstruir el muro como capuchino (dos hojas con conexiones de llaves metálicas inoxidables y relleno de aislamiento térmico). En este caso, también se podrían construir nuevos muros de carga, de tipo ciclópeo, reutilizando mampuestos existentes, mezclados con áridos y con dosificaciones de cal y cemento. Un ejemplo de ello se ha realizado en el proyecto *Casa en Ullastret* de *Harchitectes*, donde a la mezcla resultante le añaden pequeñas partículas aislantes de vidrio reciclado insuflado (figs. 24 y 25).



**Fig. 24** Construcción del muro Casa en Ullastret, Girona (Díaz Moreno y García Grinda, 2019: 202)



**Fig. 25** Casa en Ullastret, Girona (Díaz Moreno y García Grinda, 2019: 194 y 195)



### 13. LA RESTAURACIÓN ARQUITECTÓNICA Y TEORÍAS DE INTERVENCIÓN

Como señala Rivera Blanco (2008: 117) el término “restauración” es un concepto ambiguo y cambiante durante los tiempos, desde el pasado a nuestros días en que sus contenidos han ido alcanzando definiciones cada vez más explícitas. Actúa sobre preexistencias arquitectónicas, monumentos, en los que es preciso intervenir para conservarlos o adecuarlos al presente. Se plantea un encuentro entre el mundo figurativo cultural en que se produce en origen el monumento y el que lo transforma en el tiempo con el contexto contemporáneo que ha de actuar sobre él, representado por un equipo restaurador, y el mundo que los circunda y determina. Restaurar arquitectura consistiría en recuperar un producto arquitectónico, una obra de arte o una realización humana, elegidos en función del valor que le otorgue la cultura que actúa sobre él. La cultura heredera tiene que reconocer los méritos por los cuales es necesario conservar estos elementos al concederle ciertos valores.

En la restauración de arquitectura se pueden buscar valores estéticos, históricos, documentales y funcionales, entre otros, o todos juntos a la vez. La actuación sobre la arquitectura puede estar interesada en conservar sus valores del pasado desde la conciencia presente que puede reconvertir su

función para la contemporaneidad y para el futuro.

La continuidad de la obra arquitectónica plantea el dilema de la dialéctica del pasado con el presente, tanto a la sociedad como a los actores de la restauración. Se puede conservar la artísticidad de la obra y su carácter documental, o reintegrar funcionalmente la obra a su contemporaneidad para mejorar su preservación y garantizar este legado para el futuro. El poder adoptar diferentes posiciones ante la restauración es lo que hace que el propio término sea mutante y antiguo.

Una vez conocido y estudiado el estado actual de nuestro objeto de intervención, es necesario decidir cómo se va a actuar, si se va a conservar o no, si la ruina se devuelve a su estado original o se plantea algo nuevo, si la intervención debe mimetizarse con lo existente o si por el contrario debe manifestarse como algo diferente claramente... Estas y otras preguntas son las que se plantearon diversos teóricos de la restauración a lo largo de la historia y sus respuestas fundamentaron las intervenciones de su tiempo. En el presente apartado vamos a hacer un recorrido por estas teorías para que nos ayuden a que la definición de la intervención tenga una cierta base teórica (figs. 26 a 32).

### 13.1. Diferentes teorías de restauración a lo largo de la historia

Desde el Imperio Romano al siglo XIX la restauración de una obra de arquitectura consistía en actuar de forma innovadora según la valoración que cada tiempo tenía de la misma.

Leon Battista Alberti (1404-1472) fue el primero en plantear el problema de intervenir en edificios preexistentes. Se apoyaba en la continuación del edificio en el estilo original, en la búsqueda de equilibrio entre lo antiguo y lo nuevo y en ocultar la estructura y decoración antiguas con una membrana moderna, interior y exteriormente.



Fig. 26 Leon Battista Alberti  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

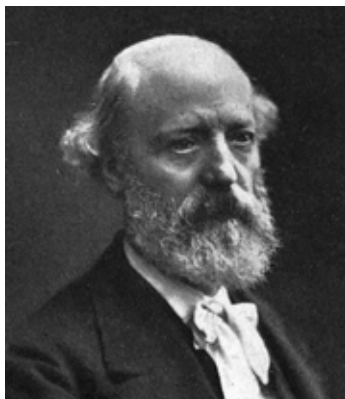
No obstante, los orígenes de lo que hoy llamamos conservación de monumentos se sitúan en la Francia de finales del siglo XVIII con la publicación de la que se considera la primera carta oficial de un estado moderno en la II República Francesa que señalaba que:

*Los bárbaros y los esclavos detestan la ciencia y destruyen las obras de arte,  
los hombres libres las aman y las conservan.*

Ya en el primer tercio del siglo XIX se formula en Italia el Restauo archeologico para responder a la urgente conservación de los monumentos. Se propone el completar o consolidar edificios después de haber realizado un estudio científico, excavarlos y dibujarlos correctamente. En consecuencia, se plantea la consideración de las singularidades regionales y locales y se propone la utilización de la anastilosis aprovechando las piezas del mismo monumento en el proceso de consolidación y recomposición. Asimismo, se diferencian sutilmente partes nuevas de las originales, materiales distintos, elementos ornamentales más difuminados para garantizar visualmente las partes auténticas y documentar la originalidad de la obra.

De forma paralela, en la primera mitad del siglo XIX en Francia, Eugène Viollet-le-Duc (1814-1879) codificó la llamada restauración estilística. En aquellos momentos para los arquitectos y pensadores franceses una copia hecha fielmente adquiriría el mismo valor conceptual que un original. Se consideraban legítimas las liberaciones y demoliciones de añadidos renacentistas, barrocos y neoclásicos en los monumentos antiguos y medievales para reconstruir en estilo original, sin distinguir lo nuevo de lo antiguo. Viollet defendía el gótico como estilo nacional y que el arquitecto restaurador debía despojarse de actitudes personalizadas y aplicar solamente la arqueología y la técnica:

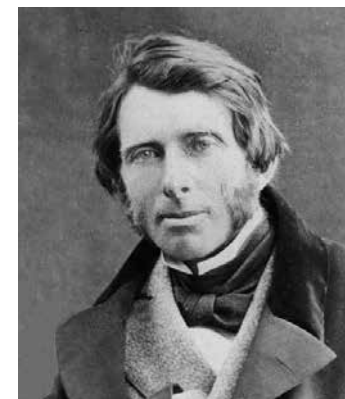
*Restaurar un edificio significa reestablecerlo en su estado de integridad que pudo no haber existido jamás.*



**Fig. 27** Eugène Viollet-le-Duc  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

En la misma época surge en Inglaterra un movimiento anti-restauración del que se considera precursor a John Ruskin (1819-1900), un inglés de exquisita cultura, escritor, crítico de arte y sociólogo. Este no es partidario de restaurar pero sí de la consolidación cuando sea necesaria, llegando a admitir actuaciones de contención estructural aplicadas externamente aunque afearan la obra, pero concibe al monumento biológicamente de manera que cuando su vida no se puede prolongar por los medios anteriores citados se debe dejar morir. Su estrategia es la no intervención. Este concepto romántico-ideal derivó hacia la consideración de la ruina como monumento intrínseco y generación de ruinas artificiales dentro del pintoresquismo:

*Es imposible, tan imposible como resucitar a los muertos, restaurar lo que fue grande o bello en arquitectura.*



**Fig. 28** John Ruskin  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

William Morris (1834-1896) que fue discípulo de Ruskin, era político, crítico de arte y filósofo, y defiende el mantenimiento permanente para evitar la restauración, que considera que pervierte los edificios. En caso de tener que intervenir propone distinguir lo antiguo y lo nuevo. Fue reivindicador del patrimonio como valor colectivo y fundó la SPAB (Society for the Protection of Ancient Buildings). El interés de esta sociedad se expandió a Europa y Asia y los debates y presiones sobre la intervención en la fachada de San Marcos de Venecia y su carta al gobierno de Italia propiciaron el nacimiento de Patrimonio Mundial de la Humanidad. Dentro de sus facetas se ocupó de la recuperación de las artes y oficios medievales, renegando de las nacientes formas de producción en masa, originando el Arts & Crafts.

*A la arquitectura no le basta con estar en un ambiente, sino que ella misma debe ser ambiente.*



**Fig. 29** William Morris  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

En las dos últimas décadas del siglo XIX, las reacciones contra los excesos producidos por la escuela violetiana y contra la pasividad inglesa proponen la conservación buscando una dialéctica entre lo antiguo y nuevo. Surgen así el restauro storico y el restauro moderno.

Luca Beltrami (1854-1933), arquitecto defensor del método histórico, trató de luchar con las arbitrariedades de los restauradores estilísticos demandando criterios específicos para cada caso. Cada restauración presenta un caso distinto con un tratamiento específico, un argumento de gran modernidad que se mantiene hoy. El método que propone se basa en pruebas objetivas como documentación de archivo, dibujos, descripciones históricas, etc. Sin embargo, en la práctica esto resultó a veces ineficaz por la inexistencia de una capacidad crítica para interpretar las fuentes, dando lugar a errores, restauraciones personalizadas y subjetivas. Apareció el fenómeno *com'era e dov'era* (como era y donde estaba), con la realización de copias lo más exactas posibles, lo que se conoce como el falso histórico.



**Fig. 30** Luca Beltrami  
(Imagen de Wikipedia, 2021)



Paralelamente a lo anterior se produce la articulación de otra teoría, el restauro moderno, con más fortuna y trascendencia en Europa, la del arquitecto Camillo Boito (1836-1914), abriendo una vía a medio camino entre la inglesa y la francesa. Para Boito las claves de la nueva restauración consisten en conseguir un criterio suficientemente hábil para defender la memoria histórica del monumento y recuperar la imagen antigua del mismo sin el cinismo violletiano. Se trata de una restauración arqueológica y proyectual, recuperar un edificio de una cultura muerta para cumplir una necesidad contemporánea, una restitución estética, histórica y espiritual, provocando un diálogo entre lo antiguo y lo nuevo, mostrando los añadidos como obra de hoy.

Cuando sea demostrada la necesidad de restaurar un edificio, debe ser antes consolidado que reparado, antes reparado que restaurado, evitando renovaciones y añadidos.

*En un viejo monumento la parte añadida, con tal que tenga importancia artística, arqueológica o histórica, aunque secundaria, debe ser conservada, aún a costa de ocultar alguna cosa.*

*Es necesario hacer lo imposible, es necesario hacer milagros para conservar un monumento y su antiguo aspecto artístico y pintoresco.*



Fig. 31 Camillo Boito  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

En el III Congreso de Arquitectos e Ingenieros Civiles de Roma (1883) se expusieron los principios de Boito, que hoy en día siguen sin superarse y que fueron adoptados en Italia y Europa:

- Diferencia entre lo antiguo y lo nuevo.
- Diferencia de materiales en las fábricas.
- Supresión de molduras y decoraciones en las partes nuevas.
- Exposición de lo eliminado en un lugar contiguo al monumento restaurado.
- Indicación de la fecha de actuación en la parte nueva.
- Epígrafe descriptivo de la actuación fijado en el monumento.
- Descripción de las obras realizadas con fotografías de las fases, en el propio monumento o hacer una publicación.
- Notoriedad visual de las actuaciones realizadas.

El arquitecto e ingeniero Gustavo Giovannoni (1837-1947) reformula la teoría de su maestro, Boito, con el restauro científico. Gracias a él y a sus estudios, se despierta un interés por las estructuras, por los muros, por los espacios, volúmenes y las técnicas constructivas, siempre apoyadas en el análisis de los materiales antiguos gráficos y un levantamiento arquitectónico actual. Se le considera el más importante redactor de la Carta de Atenas y fue el responsable de la Carta del restauro italiana. Amplía el concepto de monumento no solamente al objeto, sus cualidades artísticas e historia, sino también al contexto en el que se encuentra. Defiende los centros históricos e introduce el concepto de respeto ambiental y la valoración de las arquitecturas menores. Para salvar los centros históricos que estaban en condiciones de insalubridad y ruinas creó su teoría de los esponjamientos que consistía en los vaciados parciales en la trama para generar nuevas plazas y mejorar las condiciones mientras se lograba conservarlos en condiciones similares a las originales.



Fig. 32 Gustavo Giovannoni  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

La Carta de Atenas (1931) es el primer documento internacional sobre restauración con diez principios:

- Valor de civilización de las obras de artes y los monumentos.
- Mantenimiento en primer lugar. Si hay que intervenir, respetar todos los estilos. Mantener uso o similar.
- Derecho de la colectividad contra los intereses privados.
- Anastilosis cuando sea posible. Diferenciar materiales nuevos. Si no se puede conservar, tomar datos y cubrir. Colaboración interdisciplinar de arquitectos y arqueólogos.
- Materiales y técnicas modernas para consolidar, pero ocultos.
- Interdisciplinaridad. Difusión de los hallazgos. No trasladar ni exportar monumentos.
- En ciudades históricas, alrededor de los monumentos, cuidar ambientes, respetar perspectivas particularmente las pintorescas y proteger los jardines. Suprimir elementos de publicidad, cables, etc.
- Creación de un Archivo Nacional de Monumentos con fotografías, datos e imágenes.
- Reconocimiento al Gobierno Griego por sus actividades conservadoras.
- La educación como garantía para proteger el testimonio de toda civilización.

La Carta del restauro italiana (1931) recoge los principios de la Carta de Atenas y en algunos casos llega más lejos. Considera al patrimonio italiano y su conservación una cuestión nacional y dentro del concepto de patrimonio incluye las obras de arte, de ciencia y técnica.

Las teorías precedentes (Restauo moderno y Restauo científico) aplicadas en Europa en los años 20 y 30 del siglo XX contaban con métodos de trabajo ensayados, seguros, y ofrecían garantías suficientes para conservar el patrimonio monumental. Sin embargo, eran métodos lentos y complejos, que resultaron muy difíciles de llevar a cabo tras la Segunda Guerra Mundial. Esto dio lugar a un gran debate y se acabaron por imponer argumentos de carácter sentimental que defendían la instauración de métodos de urgencia para reconstruir los monumentos perdidos. Entre 1946 y 1948 hubo críticas sobre esas actuaciones urgentes, algunas consideradas aberraciones, y surgieron argumentos contra la reimplantación de los criterios de Boito, Giovannoni y la Carta de Atenas.

La teoría del restauo crítico encabezada por Roberto Pane (1897-1987), Cesare Brandi (1906-1988), Renato Bonelli (1911-2004) y otros, se manifestaron en contra de las teorías de Giovannoni y Boito por considerar los monumentos como piezas de museo y su tratamiento como objetos arqueológicos y documentales, de manera que la diferenciación de los añadidos provocaba la pérdida de grandes valores estéticos en los edificios. El restauo crítico destaca la estética espiritualista en los monumentos, le da importancia máxima al ambiente (con o sin monumentos), concibe la arquitectura como obra de arte donde el restaurador debe identificar el valor artístico del monumento, recuperar, restituir y librar la obra de arte. Se niega todo concepto general de restauración en cuanto que toda obra tiene valor individual e intrínseco.

Además de las anteriores, entre las cartas del restauo recientes más relevantes debemos destacar tres, la Carta de Venecia de 1964, la Carta de Ámsterdam de 1975 y su propuesta de restauración integral, y la Carta de Cracovia del 2000.

En la Carta de Venecia (1964) se plantea:

- Valoración de todos los conceptos: arqueológicos, técnicos, históricos, etc. Carácter interdisciplinar.
- Recuperación, protección y revitalización del monumento en su ambiente incluyendo centros históricos, sitios arqueológicos, lugares pintorescos y naturales. Valor del lugar.
- Reversibilidad.
- Respeto a los añadidos.
- Diferenciar las nuevas actuaciones para garantizar la autenticidad.
- Valoración de la estructura general: volúmenes, colores, elementos constructivos, etc.
- Nuevos materiales y técnicas, siempre que no dañen el monumento.

A todo lo anterior, la Carta de Ámsterdam (1975) añade la restauración integral y el principio de intervención mínima, con la recomendación de usar los edificios históricos exclusivamente cuando exista compatibilidad entre su función original y la demandada en el presente.

Finalmente, la Carta de Cracovia (2000) es un texto en cuya confección participaron importantes personalidades del mundo científico y académico, muchas vinculadas al Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), al Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM) y a la Unión Europea. Es un documento publicado fuera del contexto colonialista que actualiza e introduce nuevos valores del proyecto de restauración.

La Carta de Cracovia valora la diversidad de culturas e introduce una nueva noción del concepto de la memoria que afecta a la identidad o semejanza y a la autenticidad, algo que hay que salvaguardar a toda costa. Defiende la compatibilidad de usos para evitar el fachadismo, la no realización de mimesis estilísticas y las reconstrucciones totales. Apuesta por las reconstrucciones parciales cuando están completamente documentadas. En las intervenciones la responsabilidad es conjunta de administradores, sociedad y restauradores. Plantea la necesidad del respeto hacia lo hoy no comprensible, al rigor arqueológico y a la salvaguarda de todos los añadidos históricos, sin excluir el uso de la arquitectura y arte contemporáneo para los añadidos.

Asimismo, amplía el significado de monumento, desde los monumentos tradicionales a las arquitecturas y artes industriales y pre-industriales, los objetos de la ciencia y de la técnica, los bienes inmateriales y espirituales no tangibles, el jardín con el paisaje y el territorio, el espíritu y los lugares de la memoria y el recuerdo y hace hincapié en la necesidad de educar para recuperar la memoria.

Tras el repaso previo por las teorías de la restauración surgen unas primeras ideas e impulsos, muy básicos, sobre qué hacer en la edificación seleccionada y su entorno. A continuación, para reflejarlas, se realiza un ejercicio reflexivo sobre cómo encajaría la aplicación de alguna de estas teorías, sus métodos y consideraciones en el caso de del lugar de Gramil y, en concreto, a nuestro ámbito de actuación y elemento escogido. Por tanto, cada una de las reflexiones que se muestran ahora responden a la pregunta de qué haría hoy si yo fuera alguno de los grandes teóricos de la restauración.



## 13.2. ¿Qué haría hoy si yo fuera...?

¿Qué haría hoy si fuera John Ruskin?

Comienzo con la figura inglesa de John Ruskin y la respuesta sería abordar la consolidación y congelación de las ruinas que, de no actuar, acabarían desapareciendo. En este caso se considera la ruina como monumento intrínseco, herencia del pasado cuya belleza radica en que atesora en sí misma el paso del tiempo y las imperfecciones que ello implica. Los posibles usos para las ruinas serían un museo al aire libre de la arquitectura y costumbres de la cultura popular gallega.

Tanto las construcciones de carácter comunitario como la vivienda en ruinas podrían incluirse como puntos de interés y visita dentro de la red de senderos existente. La gran propiedad de su entorno se podría utilizar como espacio de recreo, reunión, escenario para talleres al aire libre, por ejemplo, de pintura de paisajes, artesanía, de retiro espiritual, o actividades tipo granja escuela, huertos, de carácter deportivo...

En esta primera propuesta el lugar y su arquitectura sería el escenario de estudio del patrimonio cultural de la zona, cuyos posibles destinatarios serían turistas, pero también centros educativos y otros colectivos sociales interesados en visitas sobre la importancia del patrimonio heredado. Lo anterior podría combinarse con la celebración de eventos, por ejemplo, culinarios, foliadas con clases de música tradicional gallega, en verano o cuando el tiempo lo permitiera.

¿Qué haría hoy si fuera Viollet-le-Duc?

Con las gafas del francés le Duc, restauraría reconstruyendo las edificaciones para devolverlas a su estado original, el cual consistiría en realizar una copia con el mismo valor conceptual original, pero mediante un estilo libre, sin distinguir lo nuevo de lo antiguo.

Esto podría ser aplicable a los elementos de carácter comunitario como los molinos, hornos, fuentes y lavaderos. Se podría intentar volver a dar uso a esas construcciones de transformación y equipamientos a modo de realización de talleres o para visitas. Estos elementos se podrían convertir en una especie de museo “ideal”, con visitas guiadas y ofrecer rutas dirigidas o también se podrían convertir los molinos, por ejemplo, en cabañas-refugio de alquiler.

En cuanto a la vivienda, las condiciones de vida y estándares han cambiado, y también la manera de vivir pues ya no se suelen albergar en la misma construcción vivienda y cuadras. ¿Cómo conseguir la casa ideal? Después de haber estudiado la arquitectura popular a fondo y habiendo entendido su funcionamiento y su manera de construir, se adaptaría la vivienda a la realidad y exigencias actuales.

Se podrían albergar igualmente las actividades mencionadas anteriormente en el apartado de Ruskin, pero a cubierto habilitando un nuevo espacio para ello en la parcela, por lo que sería más utilizable durante todo el año.

Se podrían rehabilitar todas las viviendas del lugar, ya que hay unas cuantas abandonadas, para su alquiler quizás - reprimar como reclamo. ¿Un poblado en alquiler? ¿Vacacional - temporal o no? ¿Ofrecer rutas caminando, en bici o caballo...?

¿Qué haría hoy si fuera Luca Beltrami?

Como el italiano Beltrami, me basaría en pruebas objetivas para realizar un “como era y donde era”. Siendo estrictos, la única información objetiva que se tiene hoy en día es el estado actual de las ruinas, tanto de los elementos de carácter comunitario como más privado. Los testimonios de vecinos son subjetivos, les podría fallar la memoria, ¿podría valer esto como testimonio histórico? Se puede profundizar sobre la arquitectura popular gallega, tipologías, manera de construir, materiales, etc., y seguiríamos basándonos en hipótesis subjetivas, más o menos acertadas. ¿Es lícito? Es una opción.

¿Qué haría hoy si fuera Camillo Boito?

Si fuera Boito, se recuperarían las ruinas, gestadas en una cultura, tradición y forma de vida que como tal ya no existen, rescatando el uso de vivienda pero desde una óptica contemporánea, ¿qué necesidades tiene el cliente, propietario actual? Se recuperaría algún uso de los elementos comunitarios para que puedan ser de servicio e interés público, y también para los vecinos, y que pueda enriquecer la red de senderos existente convirtiéndose en un lugar de reclamo, haciendo el conjunto más atractivo.

En definitiva, se restituirían estéticamente las construcciones distinguiendo lo nuevo de lo antiguo, diferenciando claramente los añadidos realizados que no pertenecen a la cultura original de los elementos.

¿Qué haría hoy si fuera Gustavo Giovannoni?

Como Giovannoni, mantendría los usos y daría importancia a los materiales y estructuras antiguas, reconstruiría por anastilosis e intervendría para completar y mejorar el conjunto, dando importancia también al ambiente por lo que haría mejoras en el paisaje.

Este autor influye en la Carta de Atenas (1931), el primer documento internacional sobre restauración donde se da importancia a la educación como garantía para proteger el testimonio de toda civilización. Por lo que la idea de realizar a este lugar excursiones de colegios, talleres, etc. cobraría mucho sentido para difundir la importancia de aumentar la conciencia sobre nuestros valores y el patrimonio heredado.

¿Qué haría hoy si fuera Pane, Brandi, Bonelli?

En la piel de estos autores, trataría las preexistencias como una obra de arte y no como una pieza de museo y un objeto documental. Trataría de identificar su valor artístico, recuperar, restituir y librar la obra de arte.

Adoptaría el rol de restauradora –artista– a través de la elección de una estrategia a determinar. Podría tratar de dar un uso a los elementos y al espacio, relacionado con el arte, como exposiciones, talleres artísticos y de creatividad, con la posibilidad de generar espacios de coworking o coliving, por ejemplo.

### 13.3. Reflexiones de conjunto

Como se ha expuesto anteriormente, cada teoría hace la interpretación que considera oportuna en su contexto, que no tiene por qué ser el adecuado en el momento actual, pero sí nos puede servir para configurar nuestro propio método de actuación partiendo de ellas.

Para este trabajo, que tiene como fin poner en valor el patrimonio heredado, no se contempla dejar que las ruinas sigan su curso, por muy evocadoras y románticas que sean, incluso siendo la autora una entusiasta de las mismas. A lo mejor esta estrategia se podría admitir en algún elemento, como en el caso de uno de los molinos, por ejemplo, pero no sería la preferencia, ni mucho menos en el caso de la vivienda. Precisamente lo que se quiere evitar es su desaparición completa y que caigan en el olvido, al menos en el momento presente. Tampoco se consideraría adecuado reconstruir la vivienda devolviéndola a su estado original pues quedaría sin un uso compatible con las necesidades actuales, o volverla a reconstruir en un estado ideal y reprimado usando un estilo libre, pues para eso sería más fácil demolerla directamente y empezar de cero, y no se considera que tendría sentido tal esfuerzo.

En cambio, sí se pretende contar con los testimonios de vecinos, conocer y recopilar su historia hasta donde se pueda, mantener y recuperar el uso de la vivienda adaptándola a nuestros días, así como su entorno y ambiente, para que responda a las necesidades de sus futuros habitantes, diferenciando dentro de lo posible las partes nuevas de antiguas, no sin antes retratar el estado actual para poder dejar constancia y promover la difusión de este patrimonio heredado y su historia, lo cual se está intentado dejar plasmado

en cierta manera a lo largo de este trabajo y sus diferentes partes.

A la hora de intervenir, las tendencias van variando según la época, también varían con la propia evolución del mundo y las diferentes circunstancias que suceden en cada parte. Por ejemplo, en España después de años de boom inmobiliario y crisis, que ya todos conocemos, el futuro de la arquitectura pasa más por intervenir en obra ya construida que hacer obra nueva, y mejorar lo que existe. En general, hace veinte años los premios que se daban en arquitectura eran obras de planta nueva, no se valoraba ni se pensaba si la obra respetaba o dialogaba con lo existente. Sin embargo, hoy en día los premios importantes premian obras de rehabilitación, y valorar lo existente ya forma parte de nuestra manera de proyectar.

Cada vez más, la realización de un proyecto, no digamos la intervención en un edificio ya construido, sobre todo si está clasificado como patrimonio, se nos presenta de manera más compleja y se vuelve más exigente para los arquitectos y arquitectas. Se debe conocer la historia del lugar, la historia del edificio, cómo fue construido, qué materiales se usaron, qué patologías tiene, qué vida ha llevado, qué vida le han dado, qué normativa hay que cumplir, etc. Estos son solo algunos de los aspectos a tener en cuenta y ejemplo de la gran responsabilidad que tenemos como profesionales. Además, tenemos que ser capaces de dar una respuesta adecuada satisfaciendo al cliente y a otros colaboradores, y también al público que se vea afectado. Una misma obra puede generar, a veces, sensaciones contradictorias. Una misma persona puede adoptar diferentes posturas ante una obra porque la respuesta correcta no es única.

A la hora de abordar esta parte del TFM, no se da tanta importancia a la intervención en sí misma, sino a la reflexión, al reconocimiento de los valores del lugar y a tomar una actitud frente a ellos, sin olvidar que, en cualquier caso, la propuesta de intervención es una interpretación que alguien considera oportuna en un momento dado, influida por muchos factores y podría no ser la misma en el futuro.

Además de todo lo anterior, la lectura de uno de los principales estudiosos de la arquitectura popular gallega, Llano Cabado (2006: 217), permite seguir perfilando la postura a adoptar en la intervención que se planteará.

Con una actitud racional, frente al idealismo conservador, Llano Cabado señala que las respuestas espaciales de arquitectas y arquitectos que se enfrentan a la rehabilitación de arquitectura popular gallega deberían ayudar a trasladar la inicial solución arquitectónica a nuestro tiempo, manteniendo las peculiaridades de las preexistencias. Idealmente habría que acercarse a la edificación con una actitud dialogante, a través de su lectura e investigación para comprenderla en profundidad, tal y como ya hemos realizado en la primera parte de este TFM, y recuperar su valor de uso con independencia creativa.

Esa independencia creativa se podría abordar desde una reflexión sobre el papel de esta arquitectura en el contexto social actual, ofreciendo soluciones que se adapten a las características geográficas, sociales y culturales de su medio. En otras palabras, este autor propone estudiar la arquitectura como experiencia colectiva, buscando en ella lecciones de historia para resolver

problemas actuales, con los medios a nuestro alcance. Se trata de saber leer lugar y definir una arquitectura que sepa darle continuidad, consiguiendo que la respuesta enriquezca el medio y el medio enriquezca la arquitectura. También señala la importancia de fundir la arquitectura en el paisaje desde el respeto, con soluciones que pueden ir desde una estricta funcionalidad, sobriedad formal, volumetría simple o recurriendo a volúmenes minimalistas de abstracción geométrica, entre muchas otras estrategias que, en cualquier caso, no están exentas de dificultad.



## 14. GESTIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN

Una correcta gestión de un proyecto de rehabilitación, entendida como la acción de organizar y desarrollar la iniciativa de actuar sobre un edificio, es una buena manera de garantizar que el proyecto saldrá adelante y de evitar o reducir los posibles obstáculos que siempre van a aparecer en el camino.

Existen diferentes métodos para la correcta gestión de un proyecto de rehabilitación, entre los que destaco el de Georg Giebeler (2008: 208) quien parte de la consideración de que realizar un proyecto de rehabilitación es diferente a realizar un proyecto de obra nueva (figs. 33 a 38). En rehabilitación se parte de un edificio existente, donde el primer paso para abordar el proyecto es el estudio del edificio que tenemos entre manos. Se podría decir que en ambos tipos de proyectos al cliente le interesa lo mismo, resumidamente: coste, plazo, construcción y apariencia; pero nosotros como profesionales tenemos que abordarlos de una manera distinta. Cuanto más riguroso sea el estudio previo, más fiable podrá ser el proyecto, su programa y la estimación del presupuesto.



**Fig. 33** Examen médico  
(Imagen de Wikipedia, 2021)



**Fig. 34** Brigada de cocina  
(Imagen de Wikipedia, 2021)



**Fig. 35** Estudio de arquitectura  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

Las catas y ensayos pueden formar parte de las distintas fases del proyecto, aunque esto no siempre es posible y, por tanto, la incertidumbre es compañera casi permanente en el proceso. Son muchos los obstáculos que podemos encontrar por el camino, la experiencia y pericia del gestor del proyecto, arquitecto o arquitecta, serán las armas para combatir esas dificultades imprevistas, intentando adelantarse a ellas y siendo flexibles.

Idealmente, para el estudio previo se debe recopilar toda la información posible del edificio a través de diferentes fuentes. El levantamiento gráfico se hace imprescindible para tener una base sobre la que trabajar, sin dar cosas por hecho como, por ejemplo, que todas las ventanas tienen las mismas dimensiones, que todos los tabiques tienen el mismo espesor, que todos los elementos forman 90° o que los suelos y techos son planos. Hoy en día existen numerosas herramientas para llevar a cabo esta tarea de manera más sencilla y eficaz. La toma de datos e inspección visual deben formar parte del estudio y todo debe quedar convenientemente documentado antes de iniciar la rehabilitación.

Es recomendable, asimismo, inspeccionar lo máximo posible, realizar catas cuanto antes sea posible para obtener toda la información que podamos. Hay que conocer la lógica que se esconde detrás de los sistemas constructivos del edificio existente y su funcionamiento para poder decidir cómo intervenir y añadir capas. Si esto se desconoce podríamos provocar daños sobre elementos que llevaban años funcionando.

La tarea de quienes nos ocupamos de la rehabilitación también consistirá en evaluar el edificio y determinar, en una fase temprana, si los objetivos del cliente son factibles según sus necesidades y presupuesto. Habrá que tener en cuenta si el uso que se le pretende dar al edificio es adecuado y compatible con lo existente, si se puede trabajar razonablemente para conseguir lo que se pretende con el proyecto, analizar los riesgos y clasificarlos, entendiendo por riesgo el: “suceso susceptible de ocurrir que puede alterar el desarrollo normal de un acontecimiento previsto por la conjunción de unas acciones conscientemente programadas, produciendo un daño” (Figueroa, 2001: 161).



**Fig. 36** Línea de montaje de vehículos  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

Todo lo anterior implica, que la fase del proyecto y de ejecución en rehabilitación podrían llevar más tiempo de lo que llevaría una obra nueva. Una vez abordada la primera fase en la gestión, focalizada en el estudio previo del ámbito de actuación, de la tipología de vivienda, de la lectura de las preexistencias, resulta igualmente necesario un adecuado conocimiento de la normativa.

La revisión con atención de la normativa de interés para la actuación en viviendas tradicionales, comenzando por la propia normativa urbanística del municipio, es una cuestión crucial para lograr una correcta gestión de un proyecto de rehabilitación, como ocurre en este caso. Para este fin se concierta una cita con los técnicos municipales en el ayuntamiento en enero de 2021 para aclarar qué normativa se debe cumplir a la hora de elaborar la propuesta y qué debe tener en cuenta. En esta reunión sale a relucir como importante el artículo 40 de la ley del suelo de Galicia, también la importancia de consultar la viabilidad de la propuesta con Aguas de Galicia, por la presencia de un regueiro próximo.



**Fig. 37** Equilibrio con plato chino  
(Imagen de Wikipedia, 2021)



**Fig. 38** Director de orquesta  
(Imagen de Wikipedia, 2021)

En concreto, el artículo 40 de la Ley del suelo de Galicia 02/2016, señala sobre las edificaciones existentes de carácter tradicional, como las que nos ocupan, lo siguiente:

*As edificacións tradicionais existentes en calquera categoría de solo de núcleo ou de solo rústico poderán ser destinadas a usos residenciais, terciarios ou produtivos, a actividades turísticas ou artesanais e a pequenos talleres e equipamentos. Logo da obtención do título habilitante municipal de natureza urbanística, e sen necesidade de cumprir os parámetros urbanísticos aplicables agás o límite de altura, permitírase a súa rehabilitación e reconstrución e, por razóns xustificadas, a súa ampliación mesmo en volume independente, sen superar o 50 % do volume orixinario da edificación tradicional. En calquera caso, deberanse manter as características esenciais do edificio, do lugar e da súa tipoloxía orixinaria. Para os efectos do previsto neste artigo, consideraranse edificacións tradicionais aquelas existentes con anterioridade á entrada en vigor da Lei 19/1975, do 2 de maio, de reforma da Lei sobre o réxime do solo e ordenación urbana.*

De la vivienda en ruinas se tiene constancia de que existió como edificación tradicional con anterioridad a 1975, por ejemplo, a través de las fotos aéreas – como el vuelo americano de 1956-75, incluido en la primera parte del trabajo, por lo que aplicaría el artículo mencionado arriba.

En cuanto a la normativa referente al patrimonio etnográfico gallego, el capítulo III, artículos 91 y 92, de la Ley del Patrimonio Cultural de Galicia, sobre Bienes que integran el patrimonio etnológico, incluye los hórreos y otros elementos de carácter comunitario, como los que existen en el lugar de Gramil:

#### **Artículo 91. Concepto.**

1. *A los efectos de esta ley, integran el patrimonio etnológico de Galicia los lugares, bienes muebles o inmuebles, las expresiones, así como las creencias, conocimientos, actividades y técnicas transmitidas por tradición, que se consideren relevantes o expresión testimonial significativa de la identidad, la cultura y las formas de vida del pueblo gallego a lo largo de la historia.*
2. *La declaración o catalogación de un bien etnológico de carácter inmaterial podrá incluir la protección de un ámbito territorial vinculado a él, así como la de los bienes muebles o inmuebles que se le asocien.*
3. *A los efectos de su posible declaración de interés cultural o catalogación se presume el valor etnológico de los siguientes bienes siempre que conserven de forma suficiente su integridad formal y constructiva y los aspectos característicos que determinan su autenticidad:*
  - a) *Los hórreos, los cruceiros, las cruces de muertos, las de término y los petos de ánimas.*
  - b) *Las construcciones tradicionales de cubierta vegetal como las pallozas y los chozos característicos de las sierras gallegas.*
  - c) *Los batanes y los molinos de río, de mareas o de viento tradicionales, incluida la infraestructura hidráulica necesaria para su funcionamiento.*
  - d) *Las fuentes y los lavaderos comunales o públicos de carácter tradicional.*
  - e) *Las herrerías, los tejares, los talleres artesanales y los hornos de cal, cerámicos o de pan de uso comunal, de carácter tradicional.*
  - f) *Los caminos reales, las pontellas tradicionales y las eras de trillar de carácter comunal, siempre que conserven de forma suficiente su traza, aspecto, carácter, formalización y pavimento tradicional.*
  - g) *Los colmenares, los neveros, las pesqueiras o gamoas y los foxos de lobo.*
  - h) *Los recintos de feria, los santuarios tradicionales, los quioscos de música y las roledas de uso público o consuetudinario relacionado con el tiempo de ocio y la celebración festiva de carácter tradicionales.*
  - i) *Las fábricas de salazón, las carpinterías de ribera y las embarcaciones tradicionales del litoral y de los ríos de Galicia.*



4. Las presunciones establecidas en el apartado anterior pueden ser objeto de revisión en función de la situación y características del bien. Del mismo modo, podrá reconocérseles un significativo valor etnológico a bienes no incluidos en el apartado anterior, siempre que así se determine después de un estudio pormenorizado.

#### **Artículo 92. Hórreos, cruceiros y petos de ánimas.**

1. Son bienes de interés cultural y quedan sometidos al régimen jurídico previsto para ese tipo de bienes en esta ley, sin necesidad de la tramitación previa del procedimiento previsto en su título I, los hórreos, los cruceiros y los petos de ánimas de los que existan evidencias que puedan confirmar su construcción con anterioridad a 1901. No se podrá autorizar la construcción de cierres perimétricos, totales o parciales, a partir de sus soportes, ni la construcción de edificaciones o instalaciones adosadas a estos que afecten a sus valores culturales.

2. Los hórreos, cruceiros y petos de ánimas cuya antigüedad no pueda ser determinada o que hubiesen sido construidos con posterioridad a la fecha señalada en el apartado 1 podrán ser declarados de interés cultural o catalogados cuando se les reconozca un especial valor cultural, principalmente etnológico.

3. Las actuaciones de conservación o restauración de hórreos declarados de interés cultural o catalogados se realizarán preferentemente utilizando los materiales y técnicas constructivas tradicionales que correspondan a cada tipología. En estas intervenciones el tratamiento y la utilización de material no tradicional deberá ser autorizado por la consejería competente en materia de patrimonio cultural.

4. En el caso de bienes etnológicos de esta naturaleza, y teniendo en cuenta su tipología y sistema constructivo, el movimiento dentro de su entorno de protección no se considerará un traslado a efectos de esta ley ni implicará una necesaria modificación de su delimitación, siempre que se garanticen en el proceso y en el lugar definitivo la significación y la interpretación de sus valores culturales y que se cuente con la autorización previa de la consejería competente en materia de patrimonio cultural.

Además de las normativas mencionadas, hay conocer qué prestaciones exige el Código Técnico de la Edificación (CTE), la Normativa de Habitabilidad en Galicia, y otros reglamentos y normativas como, por ejemplo, el gas radón que nos afecta en Galicia.

En cuanto al proyecto y construcción, hay conocer qué documentación es necesaria incluir en el proyecto en las diferentes fases. La parte I del CTE nos da unas indicaciones en el Anejo I sobre lo anterior, y en el Anejo II sobre el seguimiento de la obra. Habrá que valorar cuánto tiempo hay que dedicarles a las diferentes fases, qué especialistas y equipo son necesarios, cómo va a ser el acceso y cierres, cómo va a ser la estructura e instalaciones, cuáles son los plazos, qué licencias, impuestos y seguros se necesitan, cómo se va a construir la propuesta, qué parte quiere construir el cliente, etc. Hay que programar la obra, prever la estabilización de la estructura, cómo complementarla, cómo se va a drenar el exceso de agua, dónde irán las aguas pluviales y fecales, qué instalaciones son las más adecuadas en estos momentos y por dónde irán. Las instalaciones tienen cables y arquetas que hay que saber cómo y dónde colocar para no interfieran las unas con las otras. En definitiva, un sinfín de temas a coordinar una vez se entre en materia.

## 15. CLIMA Y SOSTENIBILIDAD

A continuación, se analizará la importancia del clima para el desarrollo del proyecto de rehabilitación. Se indagará sobre el clima del lugar y cómo afectará esto a las estrategias activas y pasivas que se podrían emplear en la vivienda, haciendo uso de algunas de las herramientas vistas durante el desarrollo del máster, y una reflexión sobre las instalaciones a implementar, apostando por la sostenibilidad que caracteriza históricamente la arquitectura popular.

Según la RAE, sostenibilidad es la cualidad de lo sostenible y sostenible significa, especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente. Un mundo con recursos limitados como en el que vivimos nos exige, como profesionales de la arquitectura, dar respuestas a las preocupaciones de la sociedad sobre la cualidad de los espacios que habitamos y el medio que transformamos.

Durante el máster, se estudió la importancia que tiene el enfoque ecológico y sostenible en el diseño arquitectónico. Las condiciones de confort, los aspectos del diseño pasivo e instalaciones son temas que se tocaron con la idea de adquirir nociones básicas y herramientas para nuestro desarrollo como profesionales y/o también como investigadores. Además, en el campo

de la sostenibilidad, el conocimiento del clima es fundamental para realizar proyectos e intervenciones, pues las ventajas e inconvenientes del mismo nos dan pistas sobre qué estrategias utilizar en cada lugar.

Después de estudiar la arquitectura popular gallega queda demostrado que ofrece un conjunto de conocimientos de los que se puede extraer un gran aprendizaje. No tiene sentido imitar las construcciones del pasado con los avances tecnológicos de hoy en día pero sí debemos tener en cuenta esa sabiduría popular en el presente. La arquitectura popular utilizaba los materiales disponibles en el entorno y transformaba el medio de una manera austera, con el mínimo impacto ambiental. De manera frecuente, las construcciones se mimetizaban con el ambiente (figs. 39 a 41).

Otra cuestión a tener muy presente es la demanda energética del edificio una vez rehabilitado y, en este aspecto, juegan un papel clave. las instalaciones. Como indica la *Guía de Arquitectura Pasiva para viviendas en Galicia*, no es posible defender una arquitectura pasiva razonable confiando el ahorro energético únicamente al alto rendimiento de unas instalaciones que se utilizan de esa manera con un sentido antitético de lo práctico, sabedores de que disponemos de esos medios artificiales para suplir la ineficiencia del diseño.

Recurrir a herramientas de análisis y cálculo pueden ayudar a aproximarse al lugar a través del clima, consiguiendo pistas sobre qué estrategias de diseño se podrían utilizar como, por ejemplo, el Climate consultant y la *Guía de arquitectura pasiva para viviendas en Galicia*.

Son muchos los climas que intervienen en la arquitectura: naturales, artificiales, sonoros, psicológicos... Existen una infinita variedad de climas que generan los espacios arquitectónicos, por ello el estudio de los mismos es complejo.

Simplificando, y como primera aproximación al problema, podemos considerar que el clima, en el sentido térmico de la palabra, depende de cuatro factores: la temperatura del aire, la radiación, la humedad y el movimiento del aire. Según Serra (1999: 7), en nuestro planeta existen variedad de climas, cálidos o fríos, secos o húmedos, que cambian según la época del año y que varían con la altura del sol o los vientos.

En el trabajo de Serra y Coch (1995: 199), titulado *Arquitectura y energía natural*, se añade que cualquier edificio puede resolver sus problemas ambientales y controlarlos usando sistemas de energía, lo que provoca que se prescindiera del clima.



Fig. 39 Arquitectura popular en Pedrafita do Cebreiro, 2021 (Fotografía de la autora)



Los constructores primitivos y los de las culturas actuales con pocos recursos técnicos no podían ni pueden tomar esta actitud, por lo que sus edificios / construcciones mantienen una estrecha relación con el clima que los rodea. En el trabajo mencionado, después de analizar distintos tipos de climas y soluciones adoptadas frente a ellos, los autores extraen que los climas más extremos son los que tienen la solución arquitectónica más clara, siendo paradójicamente la arquitectura más compleja la de los climas temperados, donde los edificios se adaptan a cambios en todo el espectro de los tipos básicos, que serían clima cálido seco, clima cálido húmedo, clima frío y clima ventoso.

Las soluciones en la arquitectura popular a los problemas del clima son interesantes porque nos ayudan a ser conscientes de cómo existen diversas formas, influidas por diferentes culturas, de resolver los mismos problemas ambientales. Soluciones a valorar pues buscan un equilibrio con la naturaleza y apuran las posibilidades tecnológicas de su cultura.

En la vivienda popular, el clima es un factor más que contribuye a la

generación de formas en la arquitectura. En zonas donde los recursos tecnológicos son escasos y las condiciones climáticas son muy críticas, el clima se convierte en el factor principal, siendo las soluciones más limitadas y fijas. Pero las opciones nunca están totalmente limitadas, hay variaciones locales según las condiciones particulares en cada caso. Todo esto hace que se puedan encontrar soluciones similares en lugares muy lejanos con climas parecidos, y que también existan a veces soluciones muy diferentes para resolver el mismo problema.

Como ya se ha mencionado, existen herramientas con las que poder analizar la influencia del clima en el entorno y en las edificaciones, y otras que también pueden evaluar a nivel de detalle las diferentes decisiones y soluciones constructivas posibles a la hora de rehabilitar.

En el desarrollo del presente máster he tenido la oportunidad de usar las herramientas ENVI-met y HTflux para conocer la importancia de trabajar con las características de un clima, y descubrir las ventajas y desventajas del microclima de un entorno, poder evaluar soluciones constructivas, y

aprovechar toda esa información en el futuro desarrollo del proyecto.

El clima de Galicia es predominantemente oceánico, pero también consta de zonas climáticas que pueden ser consideradas como suboceánicas, caracterizadas como de tendencia mediterránea (“Clima de Galicia”, 2020). La distribución espacial de las temperaturas varía de la costa al interior. El clima oceánico es un clima propio de latitudes templadas, de las regiones próximas al océano e islas donde el viento sopla constantemente hacia el continente, caracterizado por pequeñas o moderadas oscilaciones térmicas diurnas y anuales, además de poseer una humedad relativa elevada (“Clima de Oceánico”, 2020).

En el paisaje gallego, aunque considerado como uno, podemos encontrar diferencias climáticas de una zona a otra. El clima es variable donde el mar tiene gran influencia, ayudando a regularizar las temperaturas tanto en verano como en invierno. Generalmente, las temperaturas son más suaves en la costa, donde los vientos también son más fuertes, y más extremas en el interior. Suele llover a lo largo del año, especialmente en primavera, otoño e invierno.



Fig. 40 Arquitectura popular en Pedrafita do Cebreiro, 2021 (Fotografía de la autora)



Fig. 41 Vivienda del Castro de Santa Tecla, 2022 (Fotografía de la autora)

## 15.1 Situación de la vivienda y clima

Según García Lasanta, se puede considerar que Galicia está dividida en cinco zonas climáticas. El lugar de Gramil se podría decir que se encuentra en una zona de transición entre la zona 2 Atlántico Sur y la zona 3 Interior Oeste que se caracterizan por aspectos que se muestran en la siguiente figura (fig. 42):

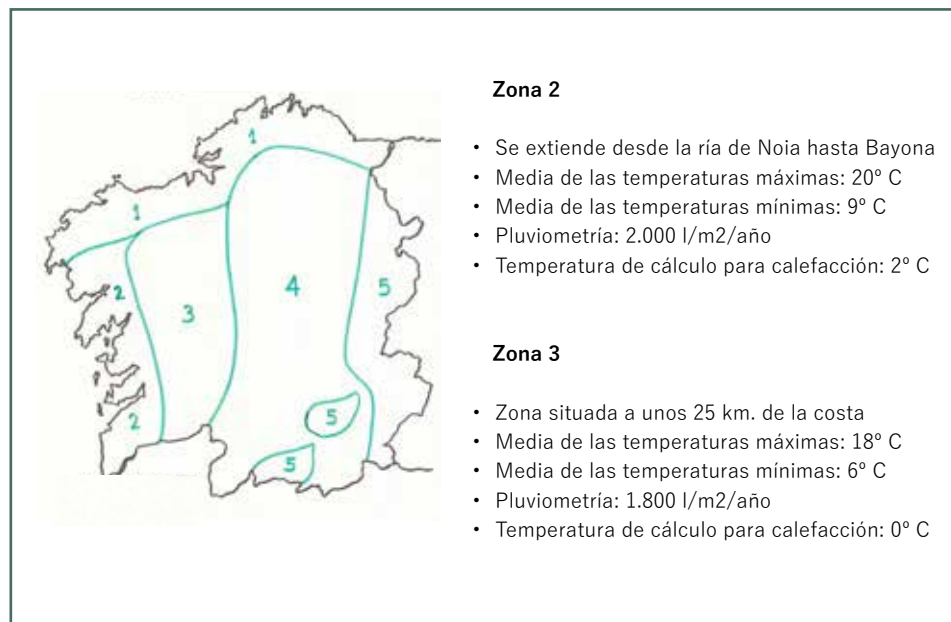


Fig. 42 Zonas climáticas 2 y 3 de Galicia según García Lasanta (Elaboración propia)

En general, se podría decir que Galicia disfruta de un clima templado y también húmedo en la mayor parte de su territorio. En cuanto a climatización, en un clima templado, significaría calentar en invierno y refrescar en verano. La humedad excesiva hay que tratarla para combatirla y hay que proteger las edificaciones de los fuertes temporales, sobre todo en las zonas de costa. Los

vientos predominantes en invierno son del suroeste y vienen del Atlántico cargados de humedad. Durante el verano suelen situarse anticiclones en las islas Azores que impiden su entrada y favorecen la subida de temperaturas.

En todas las zonas climáticas se hace necesario el empleo de materiales aislantes, de mayor espesor en las zonas de montaña. Es conveniente la orientación sur para el aprovechamiento de la radiación solar. Para una mayor optimización de la energía, la mejor forma a emplear es la rectangular y la mejor orientación es la que sitúa el lado más largo en dirección este-oeste.

La vivienda en estado ruinoso, objeto de estudio, se encuentra a unos 15 km de la costa y tiene una orientación norte-sur, que aun no siendo la óptima, en teoría, sí tenía otros aciertos. Por ejemplo, como se puede ver en la ortofotografía histórica (fig. 43), la vivienda disponía de un recinto cerrado con muros y elementos adosados, este conjunto podría haber hecho de amortiguación climática, protegiendo de los vientos y creando microclimas más agradables alrededor de la casa. La existencia de una arboleda al este de la casa le permitiría contar una zona más fresca que regulaba la temperatura, sobre todo en verano, y también le permitiría contar con una sombra agradable, donde poder desarrollar actividades o descansar cuando el sol apretaba. Por tanto, la vivienda contaba con una zona más expuesta al sol y otra siempre más resguardada, a la sombra y fresca. Con esta teoría quizás cobraría más sentido la orientación de la vivienda, pudiendo elegir hacia donde abrirse según las necesidades de temperatura, luz y movimiento de aire, y también según la época del año.

## 15.2 Arquitectura y clima

La envolvente, y en este caso estructura, como se hacía tradicionalmente, se construyó en muros de piedra de gran espesor. Se trataba de una edificación con gran masa térmica que permitía conservar las condiciones de temperatura sin sufrir grandes variaciones a lo largo del día, debido a su gran inercia térmica. Algunos estudios sobre el tema, como el trabajo *Arquitectura y energía natural* mencionado anteriormente, desaconseja las grandes masas térmicas en uso discontinuo en climas fríos y húmedos, hecho que no afectaría al caso que nos ocupa.

Las viviendas rurales tradicionales no eran viviendas herméticas y así era cómo se renovaba el aire interior, aunque también esto daba lugar a otros problemas. Uno de los problemas que tenían era que gran parte del calor se perdía por la cubierta, ya que en ocasiones no se contaba con un buen aislamiento, y también a través de las pequeñas ventanas, los huecos se cerraban con madera antes de la llegada del vidrio. En este caso particular, se desconoce si la cubierta contaba con un fayado para contribuir a la estrategia de ventilación en verano y a la de aislamiento en invierno, la solución más tradicional de cubierta (figs. 44 y 45). Para contrarrestar las pérdidas de calor, aprovechaban el generado por el ganado situado estratégicamente debajo de las habitaciones, en planta baja, y en planta alta contaban con una lareira y un horno en la cocina, que funcionaban como elementos calefactores y era donde se solía pasar la mayor parte del tiempo dentro de la vivienda.

Otro problema que había era la presencia de agua y de humedad en los muros que ascendía por capilaridad, debido a que se trataba de muros de gran espesor que estaban en contacto directo con el terreno sin una solera de grava que permitiese circular el agua.



Fig. 43 Ortofotografía del lugar de Gramil, 1956-1957 (Web PNOA, 2020)



Fig. 44 Estado actual de las ruinas, 2021 (Fotografía de la autora)

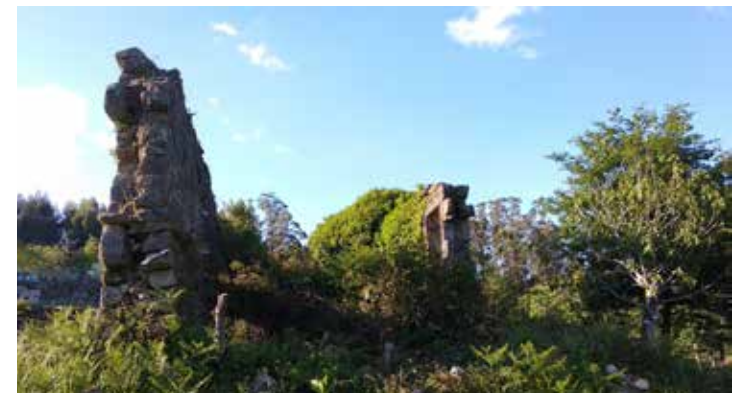


Fig. 45 Estado actual de las ruinas, 2022 (Fotografía de la autora)



### 15.3 Herramienta de análisis climático 1: Climate Consultant

El Climate Consultant (CC) es un programa informático, basado en gráficos y de fácil uso, que ayuda a entender un clima local. Utiliza datos climáticos anuales en formato EPW, a disposición del usuario sin coste alguno, recogidos por miles de estaciones meteorológicas repartidas por todo el mundo. El programa traduce estos datos climáticos en gráficas, organiza y representa la información mostrando los atributos del clima y su impacto en la forma construida. El objetivo es poder crear edificios más eficientes energéticamente y más sostenibles, que se adaptan exclusivamente a su lugar.

Una de las herramientas más potentes de este programa es la gráfica del ábaco psicométrico. Cada punto en esta gráfica representa la temperatura y la humedad de cada una de las 8.760 horas del año. Las diferentes estrategias que se pueden llevar a cabo a la hora de abordar el diseño de nuestro edificio están representadas por zonas específicas en este gráfico. El programa ofrece hasta 16 estrategias posibles, a cada una le corresponde un porcentaje de horas en las que se alcanza la zona confort dando una idea de las estrategias pasivas y activas más eficaces. El programa analiza la distribución de estos datos psicométricos para las diferentes estrategias con el fin de crear una lista de directrices para el diseño de una construcción con una ubicación en particular.

Para alcanzar cierto conocimiento sobre el clima de la localidad donde se desarrolla este TFM, durante el máster se usa el archivo EPW de Pontevedra

por ser el lugar más cercano. Este archivo no tiene datos de viento ni tampoco tiene información relacionada con la cobertura del cielo. Para los datos del viento se añaden los datos de Oporto, por considerar que es admisible para la realización de esta parte del trabajo donde la idea es introducirse en el uso de esta herramienta, adquirir unos conocimientos básicos y sacar unas conclusiones iniciales. Para más precisión y ante un futuro encargo real, se debería tratar de conseguir un archivo con datos más fieles a la zona o realizar un EPW de la localidad con información obtenida de las estaciones meteorológicas más próximas, ya que en el momento de realización de este trabajo no se pudo conseguir.

Volviendo a la herramienta Climate, el primer paso es crear un nuevo proyecto y escoger el archivo climático de trabajo, las unidades, el tipo de edificación y el modelo de confort para realizar el cálculo. El más adecuado es el modelo ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Model. El confort térmico de este modelo se basa en la temperatura de bulbo seco, el nivel de abrigo de la ropa (CLO), la actividad metabólica (MET), la velocidad del aire, la humedad y la temperatura de radiación media.

En el interior se supone que la temperatura media de radiación es cercana a la temperatura de bulbo seco. La zona en la que la mayoría de las personas se sienten cómodas se calcula utilizando el modelo PMV (Voto Medio Previsto).

En las edificaciones con un uso residencial, los usuarios adaptan su ropa para que coincida con la estación y se sienten cómodos en condiciones de velocidades de aire más altas, por lo que tenemos un rango más amplio de confort que en edificios con sistemas de climatización centralizados.

Una vez elegido el modelo de confort se obtienen una serie de gráficas que nos ayudan a ir desgranando las condiciones del clima. En la figura 46 se muestran los parámetros correspondientes al modelo elegido, los cuales se pueden modificar si fuera necesario.

El ábaco psicométrico resume todos los datos que se tienen de la localidad (fig. 47). En él, podemos apreciar una serie de puntos, rojos y verdes. Los puntos verdes son los que se encuentran dentro de los recuadros azules y representan las horas de confort a lo largo del año sin ningún sistema de climatización de apoyo. El recuadro azul de la izquierda considera que el usuario lleva ropa de invierno y el de la derecha ropa de verano.

En la zona de estudio si no lleváramos a cabo ninguna estrategia pasiva ni activa para aprovechar las condiciones climáticas, las horas de confort quedarían reducidas a 1394, solamente un 16% de las horas totales anuales, lo cual obviamente es muy bajo.

En el ábaco aparecen 16 estrategias de diseño que podemos combinar de manera manual o bien hacer uso de la opción de mostrar las mejores de manera automática. Hasta la número 14 se consideran estrategias pasivas de diseño, las 15 y 16 son estrategias activas (fig. 48).

ASHRAE Standard 55, current Handbook of Fundamentals Comfort Model (select Help for definitions)	
<b>1. COMFORT: (using ASHRAE Standard 55)</b>	
1.0	Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants,sweater)
0.5	Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts,light top)
1.1	Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting,reading)
90.0	Predicted Percent of People Satisfied (100 - PPD)
20.3	Comfort Lowest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)
24.3	Comfort Highest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)
26.7	Comfort Highest Summer Temp calculated by PMV model(ET* C)
84.6	Maximum Humidity calculated by PMV model (%)
<b>2. SUN SHADING ZONE: (Defaults to Comfort Low)</b>	
23.8	Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C)
315.5	Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)
<b>3. HIGH THERMAL MASS ZONE:</b>	
8.3	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)
1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)
<b>4. HIGH THERMAL MASS WITH NIGHT FLUSHING ZONE:</b>	
16.7	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)
1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)
<b>5. DIRECT EVAPORATIVE COOLING ZONE: (Defined by Comfort Zone)</b>	
20.0	Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C)
6.6	Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)
<b>6. TWO-STAGE EVAPORATIVE COOLING ZONE:</b>	
90.0	% Efficiency of Indirect Stage
<b>7. NATURAL VENTILATION COOLING ZONE:</b>	
2.0	Terrain Category to modify Wind Speed (2=urban)
0.2	Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s)
1.5	Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s)
<b>8. FAN-FORCED VENTILATION COOLING ZONE:</b>	
0.8	Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s)
3.0	Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max Rrt, Max WB match Natural Ventilation)
<b>9. INTERNAL HEAT GAIN ZONE (lights, people, equipment):</b>	
12.8	Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)
<b>10. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN LOW MASS ZONE:</b>	
157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)
3.0	Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)
<b>11. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN HIGH MASS ZONE:</b>	
157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)
12.0	Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)
<b>12. WIND PROTECTION OF OUTDOOR SPACES:</b>	
8.5	Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s)
11.1	Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)
<b>13. HUMIDIFICATION ZONE: (defined by and below Comfort Zone)</b>	
<b>14. DEHUMIDIFICATION ZONE: (defined by and above Comfort Zone)</b>	

Fig. 46 Parámetros del modelo ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Model (Captura del Climate Consultant, 2020)

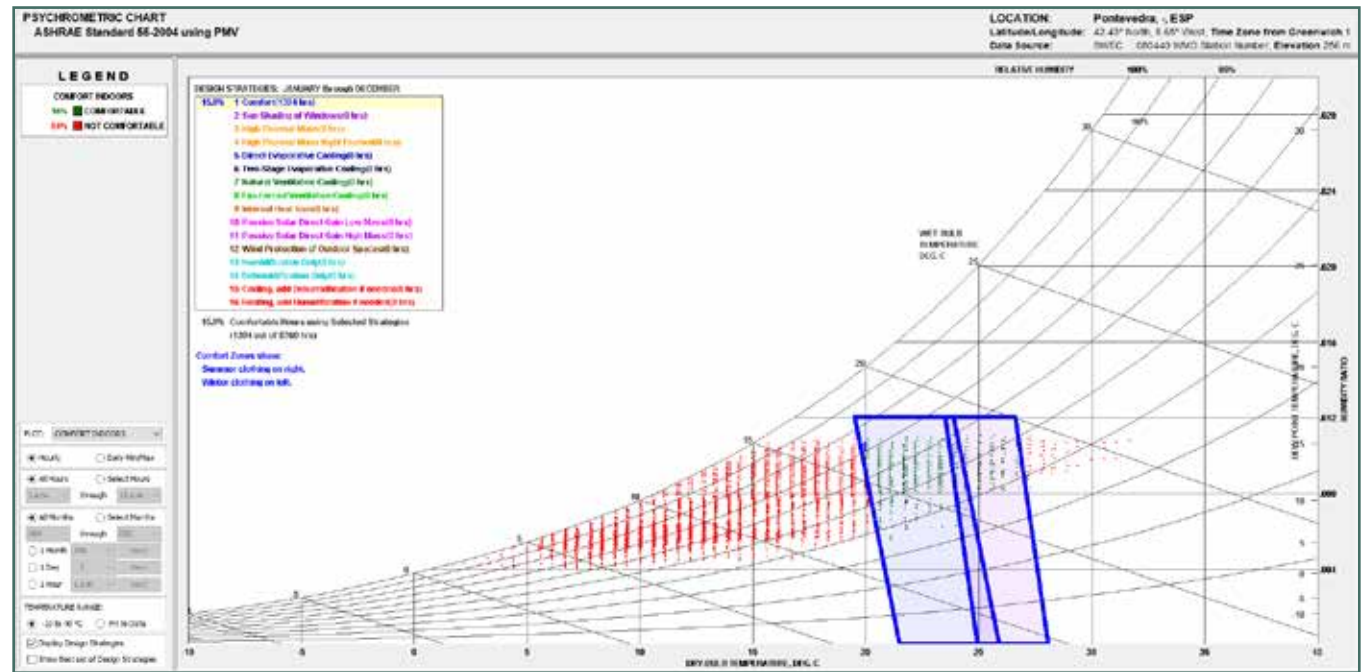


Fig. 47 Ábaco psicrométrico CC (Captura del Climate Consultant, 2020)

<b>1. Comfort Zone</b> Horas que están dentro de la zona de confort	<b>9. Internal Heat Gain Zone</b> Ganancias de calor interno
<b>2. Sun Shading Zone</b> Zona que requiere sombreado	<b>10. Passive Solar Direct Gain Low Mass Zone</b> Ganancias solares pasivas directas en zonas de baja masa o espesor
<b>3. High Thermal Mass Zone</b> Zona con alta inercia térmica	<b>11. Passive Solar Direct Gain High Mass Zone</b> Ganancias solares pasivas directas en zonas de gran masa o espesor
<b>4. High Thermal Mass with Night Flushing Zone</b> Zona con alta inercia térmica y descarga nocturna	<b>12. Wind Protection of Outdoor Spaces</b> Protección del viento en espacios exteriores
<b>5. Direct Evaporative Cooling Zone</b> Enfriamiento por evaporación nocturna	<b>13. Humidification Zone</b> Zona de humidificación
<b>6. Two-Stage Evaporative Cooling Zone</b> Enfriamiento por evaporación en dos etapas	<b>14. Dehumidification Zone</b> Zona de deshumidificación
<b>7. Natural Ventilation Cooling Zone</b> Enfriamiento mediante ventilación natural	<b>15. Cooling Zone (and Dehumidification if Necessary)</b> Zona de refrigeración (y deshumidificación si fuera necesario)
<b>8. Fan Forced Ventilation Cooling Zone</b> Enfriamiento mediante ventilación forzada	<b>16. Heating Zone (add Humidification if Necessary)</b> Zona de calefacción (y humidificación si fuera necesario)

Fig. 48 Estrategias del CC (Elaboración propia)



Si seleccionamos la opción automática de cálculo se obtienen como mejores estrategias de diseño pasivas (fig. 49): la número 2 Sun Shading of Windows (mejora de la zona de confort en un 5%), la 3 High Thermal Mass (1%), la 9 Internal Heat Gain (47%), la 11 Passive Solar Direct Gain High Mass (23%) y la 12 Wind Protection of Outdoor Spaces (0.4%). Asimismo, dentro de las mejores opciones activas la herramienta nos devuelve la 16 Heating, add Humidification if needed (mejora de un 28%).

Todas ellas son sugerencias que el proyectista debe analizar para, en función del porcentaje y/o el número de horas de mejora del confort, ver cuáles son las mejoras que más le convienen. En este caso, atendiendo a los datos, serían las 9, 11 y 16. No obstante, para refinar todavía más el resultado y antes de descartar ninguna de las anteriores, se realiza un cálculo con el Climate Consultant diferenciando meses cálidos y fríos, y también el día de la noche. En las figuras 50 y 51 se muestran los valores orientativos de MET y CLO que se pueden emplear para el cálculo y, en la figura XX, los datos de partida que considera el modelo de confort ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Model por defecto y que se podrían modificar (fig. 52).

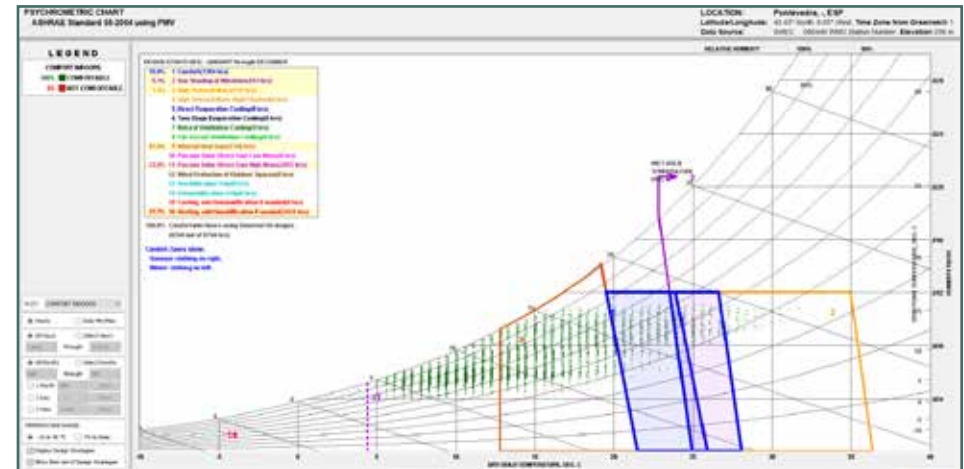


Fig. 49 Ábaco psicométrico CC (Captura del Climate Consultant, 2020)

Activity	Activity Level (W/Person)	Metabolic Rate Per Person (Met)
Sleeping	72	0.7
Reclining	81	0.8
Seated, quiet	108	1
Standing, relaxed	126	1.2
Reading, seated	99	1
Writing	108	1
Typing	117	1.1
Filling, seated	126	1.2
Filling, standing	144	1.4
Cooking	171 to 207	1.6 to 2.0
House cleaning	207 to 360	2.0 to 3.4

Fig. 50 Valores MET (Google imágenes, 2020)

En este ejemplo, para el cálculo dejamos el CLO y MET que propone el modelo y se hace una diferenciación entre meses y el día y la noche, con los siguientes datos:

Meses cálidos de Mayo a Octubre. Día 8:00-21:00, noche 22:00-7:00.

Meses fríos de Noviembre a Abril. Día 9:00-20:00, noche 21:00-8:00.

Después de introducir en el programa los datos de cálculo mencionados, se obtienen como resultado las que se supone que son las mejores estrategias pasivas y activas a implementar en nuestro proyecto y lugar, basándose en el clima y en los datos introducidos y que se muestran en la figura 53. Esto nos permite descubrir que de la estrategia 9 nos beneficiaríamos durante todo el año, de la 10 durante el día en los meses fríos, la 11 nos ayudaría durante las noches de todo el año, y la 16 durante los meses fríos. En otras palabras, estas son las estrategias que tendrán un mayor impacto en nuestro proyecto debido a su localización y en el usuario final, al afectar a un mayor número de horas en su confort.

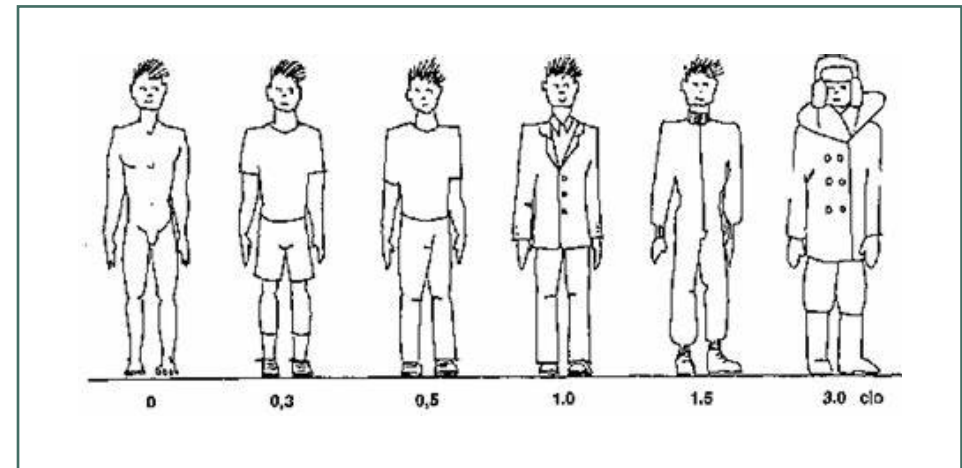
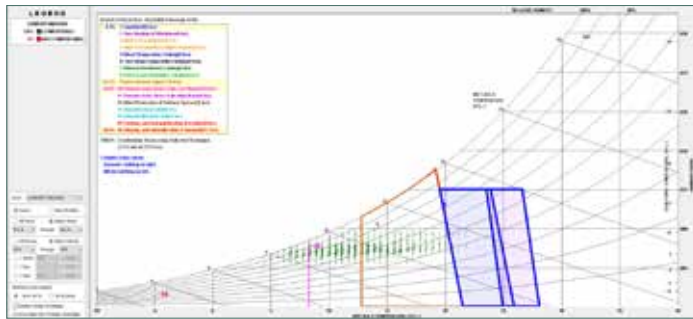


Fig. 51 Valores CLO (Google imágenes, 2020)

1. COMFORT: (using ASHRAE Standard 55)	
1.0	Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants,sweater)
0.5	Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts,light top)
1.1	Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting,reading)

Fig. 52 Datos del modelo ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Model (Captura del Climate Consultant, 2020)



Estrategias tras cálculo meses fríos, análisis diurno (Captura CC, 2020)

● ● ● **Meses fríos, análisis diurno. Mejores estrategias:**

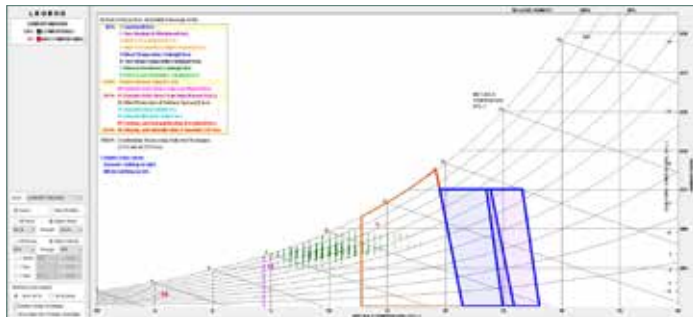
• **Pasivas**

9 Ganancias de calor interno  
Mejora de un 54%

10 Ganancias solares pasivas directas en zonas de baja masa o espesor  
Mejora de un 32%

• **Activas**

16 Zona de calentamiento y humidificación si fuera necesario  
Mejora de un 40%



Estrategias tras cálculo meses fríos, análisis nocturno (Captura CC, 2020)

● ● ● **Meses fríos, análisis nocturno. Mejores estrategias:**

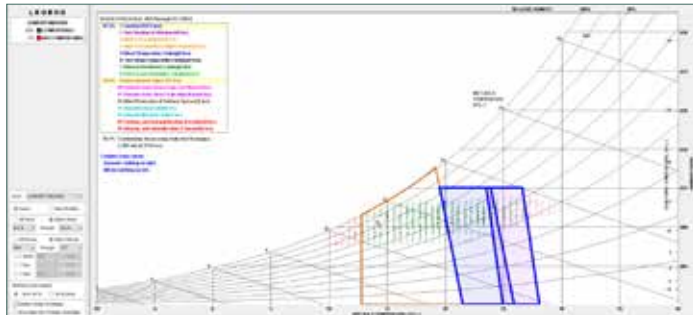
• **Pasivas:**

9 Ganancias de calor interno  
Mejora de un 14%

11 Ganancias solares pasivas directas en zonas de gran masa o espesor/  
inercia térmica  
Mejora de un 29%

• **Activas**

16 Zona de calentamiento y humidificación si fuera necesario  
Mejora de un 61%

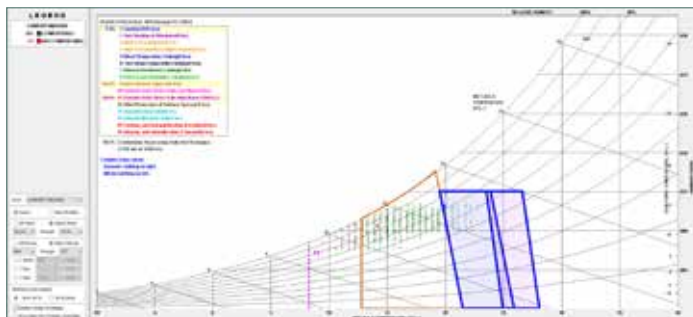


Estrategias tras cálculo meses cálidos, análisis diurno (Captura CC, 2020)

● ● ● **Meses cálidos, análisis diurno. Mejores estrategias:**

• **Pasivas**

9 Ganancias de calor interno  
Mejora de un 46%



Estrategias tras cálculo meses cálidos, análisis nocturno (Captura CC, 2020)

● ● ● **Meses cálidos, análisis nocturno. Mejores estrategias:**

• **Pasivas**

9 Ganancias de calor interno  
Mejora de un 81%

11 Ganancias solares pasivas directas en zonas de gran masa o espesor/  
inercia térmica  
Mejora de un 70%

Si nos paramos brevemente en cada estrategia podemos obtener más información de cada una de ellas que nos reporta el propio programa. La estrategia “9 Ganancias de calor interno” representa una estimación aproximada de la cantidad de calor que se añade a un edificio por cargas internas como luminarias, personas y equipos. Depende mucho del tipo de edificio y el diseño. Esta temperatura de punto de equilibrio es la temperatura del aire exterior a la que las cargas internas por sí solas mantendrían el edificio en la zona de confort. Los edificios bien diseñados y bien aislados tienen temperaturas de punto de equilibrio mucho más bajas, por lo tanto, utilizan mucha menos energía de calefacción.

Algunos tipos de edificios, como algunas casas y almacenes, tienen cargas internas relativamente bajas y necesitan más calefacción suplementaria, por lo que el punto de equilibrio podría ser de 16°C. Otros edificios con grandes cargas internas, como fábricas, casi no necesitan calefacción adicional, por lo que podrían tener un punto de equilibrio cercano a los -7°C.

La estrategia “10 Ganancias solares pasivas directas en zonas de baja masa o espesor/inercia térmica” se representa en su ábaco correspondiente con una línea discontinua porque solamente puede ser una estimación aproximada al depender en gran medida del diseño y construcción del edificio. Si el edificio tiene la cantidad correcta de vidrio orientado al sol, entonces el calentamiento solar pasivo puede aumentar las temperaturas internas. Hay que tener cuenta que el Climate Consultant asume que se protegerá del sol cuando la ganancia solar directa no es necesaria. El peligro es que, si se trata

de una construcción de baja masa, esta ganancia solar sin sombra podría sobrecalentar rápidamente el espacio.

Esta estrategia supone un retraso térmico relativamente bajo para edificios de baja masa, del orden de 3 horas, lo cual significa que la radiación se mide 3 horas antes de la hora actual. Se supone que una hora determinada está dentro de esta zona si el aumento de temperatura que produce la radiación alcanza la temperatura mínima de confort. En el gráfico psicométrico, el límite inferior de la zona que representa esta estrategia se define por la temperatura de aire exterior más baja a la que la radiación solar disponible producirá temperaturas mínimas de confort.

La siguiente estrategia seleccionada por la herramienta es la “11. Ganancias solares pasivas directas en zonas de gran masa o espesor/inercia térmica”. Se representa con una línea discontinua porque solamente puede ser una estimación aproximada al depender en gran medida del diseño y construcción del edificio, al igual que la anterior. Si el edificio tiene la cantidad correcta de vidrio orientado al sol, entonces el calentamiento solar pasivo puede aumentar las temperaturas internas. Hay que tener cuenta que el Climate Consultant asume que se protegerá del sol cuando la ganancia solar directa no es necesaria. Si se trata de un edificio de alta masa, la cantidad de vidrio puede ser mucho mayor sin el riesgo de que la ganancia solar sobrecaliente el espacio. La masa interna debe estar en contacto con el aire interno para almacenar esta ganancia de calor solar y luego devolverla más tarde cuando sea necesario.



Esta zona también asume un retraso térmico relativamente largo para edificios de alta masa, en el orden de 12 o más horas, lo que significa que la radiación se mide 12 horas antes de la hora actual. Se supone que una hora determinada está dentro de esta zona si el aumento de temperatura interior que produce la radiación alcanza la temperatura mínima de confort. En el gráfico psicrométrico, el límite inferior de esta zona se define por la temperatura de aire exterior más baja a la que la radiación solar disponible producirá temperaturas mínimas de confort.

En último lugar, resta hacer referencia a la estrategia “16. Zona de calentamiento y humidificación si fuera necesario”. Cuando la temperatura exterior está por debajo del rango de confort y no se encuentra en ninguna otra zona de calentamiento, por defecto esa hora cae en la zona donde es necesario algún tipo de calefacción artificial para crear temperaturas interiores de confort. Sin embargo, si el aire sigue siendo demasiado seco, por debajo de la zona confort, entonces será necesaria alguna forma de humidificación. La humidificación incrementa si se añade humedad al aire interior, a menudo mediante actividades como limpiar, cocinar, darse un baño o incluso respirar. Este tipo de sistema de calefacción es generalmente un horno central o una bomba de calor.

También puede haber algunas horas en las que el aire puede llegar a ser demasiado húmedo y frío, lo que significa que tanto la calefacción como la deshumidificación serían necesarias, sin embargo, por lo general son

pocas horas entonces no sería necesario un tipo especial de sistema de climatización. Bajo estas condiciones se puede formar escarcha o hielo.

Hay que tener en cuenta que las horas mostradas no equivalen necesariamente a la cantidad de energía que utiliza el sistema de calefacción, el cual se determina por la construcción del edificio y por los horarios de uso. Por ejemplo, un edificio con calefacción pasiva o uno con cargas internas más altas utilizará menos energía que un edificio estándar. Por lo tanto, el tamaño del sistema no se puede determinar aquí, solamente las horas aproximadas de funcionamiento, habría que utilizar programas para calcular el tamaño del sistema y el consumo anual de energía para un edificio determinado.

El propio Climate Consultant también ofrece una guía de pautas para el diseño residencial para aplicar a este clima en particular, como las que se observan en la [figura 54](#). No obstante, hay que tener en cuenta no todas las pautas de diseño se ajustan a nuestro lugar y habrá que quedarse solamente con aquellas que sí lo hagan, ya que por defecto los consejos de este programa proceden de otra otra cultura, perspectiva y clima, al ser sus autores de California.

Hay que tener presente que la manera de construir en esa zona del planeta es diferente a la nuestra y que, por tanto, las pautas de diseño que se obtienen en ese programa deberían analizarse con cautela para obtener los beneficios esperados. En la [figura 118](#) se muestran algunas de esas pautas que ofrece el programa, en concreto aquellas que pueden estar más en consonancia con

### Pauta 8

Espacios exteriores soleados y protegidos del viento pueden extender las áreas de estar cuando hace fresco pero no frío (como patios o porches).

### Pauta 10

El acristalamiento debería minimizar las pérdidas y favorecer la ganancia solar, porque la ganancia solar no deseada tiene menos impacto en este clima.

### Pauta 11

La ganancia de calor a través de luminarias, personas y equipos reduce notoriamente la necesidad de calefacción por lo que es bueno que la casa sea compacta y tenga un buen aislamiento.

### Pauta 12

Persianas aislantes, cortinas pesadas o el uso de contras ayudarán a reducir las pérdidas de calor en las noches de invierno.

### Pauta 18

Mantener el tamaño del edificio pequeño (a una escala adecuada) porque una superficie en planta excesiva desperdicia energía de calefacción y refrigeración.

### Pauta 19

Para el calentamiento solar pasivo orientar la mayor parte de la zona acristalada al sur para maximizar la exposición al sol en invierno, pero diseñar voladizos para tener sombra en verano.

### Pauta 24

Utilizar superficies interiores con alta inercia térmica como suelos (hormigón) y paredes, y una chimenea de piedra para almacenar el calor pasivo del invierno y el frescor de las noches de verano.

### Pauta 31

Organizar la planta de manera que el sol en invierno penetre en espacios de uso diurno con funciones específicas que coincidan con la orientación solar.

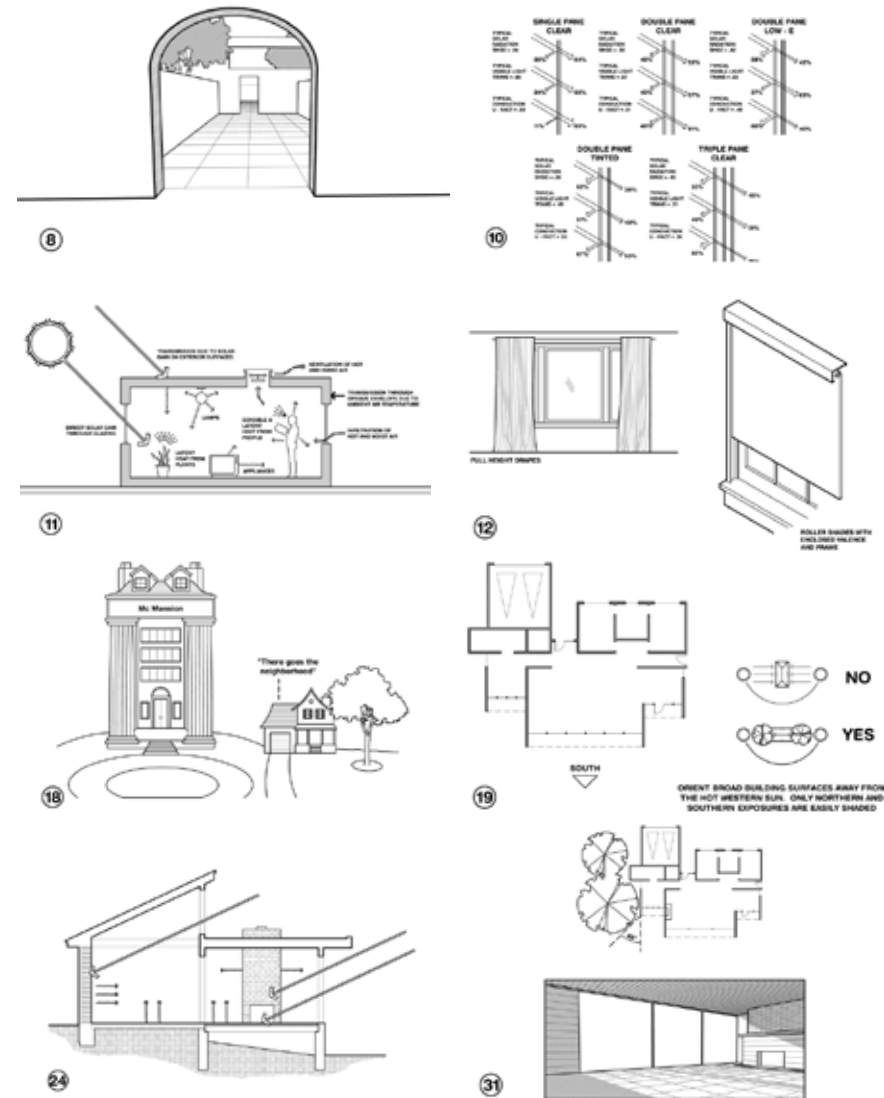


Fig. 54 Pautas de diseño obtenidas del Climate Consultant, 2020 (Elaboración propia)

## 15.4 Herramienta de análisis climático 2: *Guía de arquitectura pasiva para viviendas en Galicia*

La segunda herramienta que se aplica para el análisis climático es la llamada *Guía de Arquitectura pasiva para viviendas en Galicia*, realizada por el grupo Hábito por encargo del Instituto Gallego de Vivienda y Suelo en el año 2017. Tiene como propósito proporcionar una serie de consideraciones sobre las posibles estrategias de arquitectura pasiva en viviendas y hacerlo de una manera sencilla facilitando actuaciones que recuperen algunas costumbres constructivas de adaptación al medio en un contexto europeo donde se pretende primar la eficiencia energética y consumo mínimo. Establece estrategias pasivas ligadas a las variables climáticas específicas de la zona donde se localiza el edificio, para que se adopten en el diseño, con el fin de reducir las necesidades de demanda y el consumo energético, y también mejorar los requisitos exigibles hasta el nivel deseado. A pesar de poder aplicarse a cualquier tipo de edificación de nueva construcción, la guía está pensada fundamentalmente para edificios de viviendas.

Las diferentes zonas de Galicia no comparten comportamientos climáticos idénticos. Aunque sí comparten valores en un gran número de variables

climáticas, pueden diferir en gran medida en el resto. Por ello no parece efectivo utilizar una única característica del medio para tomar decisiones comunes a todas las estrategias y territorio. De acuerdo con lo anterior y atendiendo a aquella característica del clima que puede influir en mayor medida en la estrategia de aplicación, en la guía se realizó un plano específico en una escala de 6 valores con las distintas zonas de aplicación (Xunta de Galicia, 2015: 16).

Además, se analizaron los datos climáticos de 160 estaciones para establecer sus valores medios en 7 variables: aridez estival, radiación solar anual, continentalidad, termicidad invernal, termicidad estival, inercia térmica y viento. Esta información se tradujo en 7 mapas.

La guía propone un método de cuantificación a través del que se podrá caracterizar el comportamiento estimado de una vivienda. A través de la metodología propuesta, se pueden analizar una serie de cuestiones como el diseño pasivo, el ahorro de agua o la optimización de las instalaciones, puntuando y valorando cada una de las decisiones principales (fig. 55).

El usuario puede cuantificar así su diseño a través de las fichas impresas que figuran en la guía o de la aplicación informática que fue creada con ella y que es accesible en: <http://bolboretalabs.com/IGVS/index.php>.

El método propuesto se basa igualmente en los siguientes puntos de partida:

- Los datos disponibles, su rigor y sus posibilidades.
- La convicción de que en el momento actual es prioritario recuperar y apostar por la incorporación de conceptos como compacidad, orientación o consumo casi nulo, en contraste con un complejo procedimiento de cálculo energético.
- La intención de definir un método simplificado y sencillo que permita una rápida cuantificación. Para ello se asumirán como necesarias simplificaciones en los cálculos y valores (Xunta de Galicia, 2015: 18).



**Fig. 55** Metodología Requisitos Sostenibilidad  
(Instituto Galego de Vivenda e Solo, en adelante IGVS, 2017: 19)



## Estrategias pasivas y soluciones constructivas

Las estrategias pasivas de la guía relacionan una variable climática crítica con una solución constructiva (fig. 56). Para cada variable constructiva se creó un mapa específico de la variable climática crítica, esto es, la que influye en mayor medida en el comportamiento analizado y se define una tabla analítica simplificada que permite cuantificar el comportamiento concreto. En consecuencia, en cada estrategia pasiva existirá un mapa climático específico y una puntuación asociada que se sumará al del resto de estrategias en la cuantificación final.

Si aplicamos la guía a nuestra localidad de estudio, Pontecaldelas, y a la construcción objeto de intervención en este TFM, obtenemos una puntuación indicativa y podemos arrojar algo más de luz a la hora de elegir las estrategias de diseño a implementar. Las puntuaciones resultantes obtenidas se muestran para cada uno de los conceptos clave sobre los que trata y calcula la guía pasiva que son los de orientación, continentalidad, aislamiento, ventilación, inercia térmica e infiltración.



Fig. 56 Relación entre las características del medio y sus soluciones constructivas (IGVS, 2017: 21)

## Compacidad

En la guía se utiliza un valor adimensional independiente de la escala que se denomina índice de compacidad cuya forma de referencia será aquella que tiene la máxima compacidad (la esfera) y cuyo desarrollo matemático es (fig. 57):

$$COMP = \frac{4,836 \times V_e^{(2/3)}}{A_e}$$

COM= compacidad

Ve= volumen de los espacios habitables de la edificación en m<sup>3</sup>

Ae= área de la envolvente de los espacios habitables en m<sup>2</sup>

Fig. 57 Cálculo compacidad (Elaboración propia)

Desde un punto de vista reducido a la transmisión de energía, se podría considerar que en los climas fríos el factor de compacidad debe tender a la unidad y en climas cálidos alejarse de ella, pues en el primero se deben reducir las pérdidas por transmisión, y en el segundo se debe favorecer la ventilación para disipar el calor en periodo estival.

Galicia se podría caracterizar por una situación en la que la mejor forma y orientación que permiten una mayor optimización de energía sería la rectangular, situando el lado más largo en dirección este-oeste con una compacidad cercana al 0,75.

El mapa asociado a la compacidad se corresponde con la termicidad invernal. La construcción escogida en este trabajo para su futura mejora, considerando su volumen completo, tendría una compacidad superior a 3, valor que dista bastante de la unidad. La localidad de estudio se encuentra en la zona 2 del mapa y la compacidad de la edificación es mayor que 0.75, por lo que se obtendría un 2 de puntuación según la guía (fig. 58).

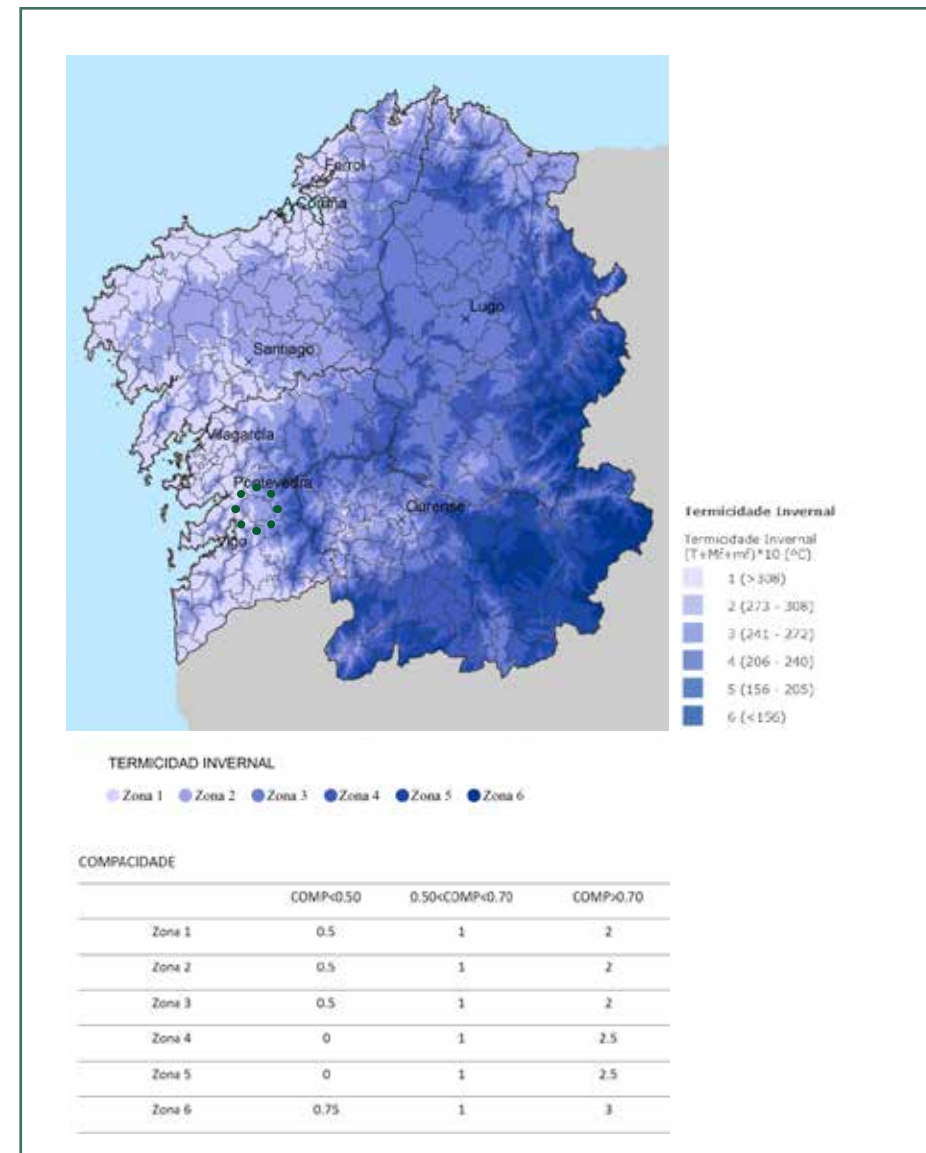


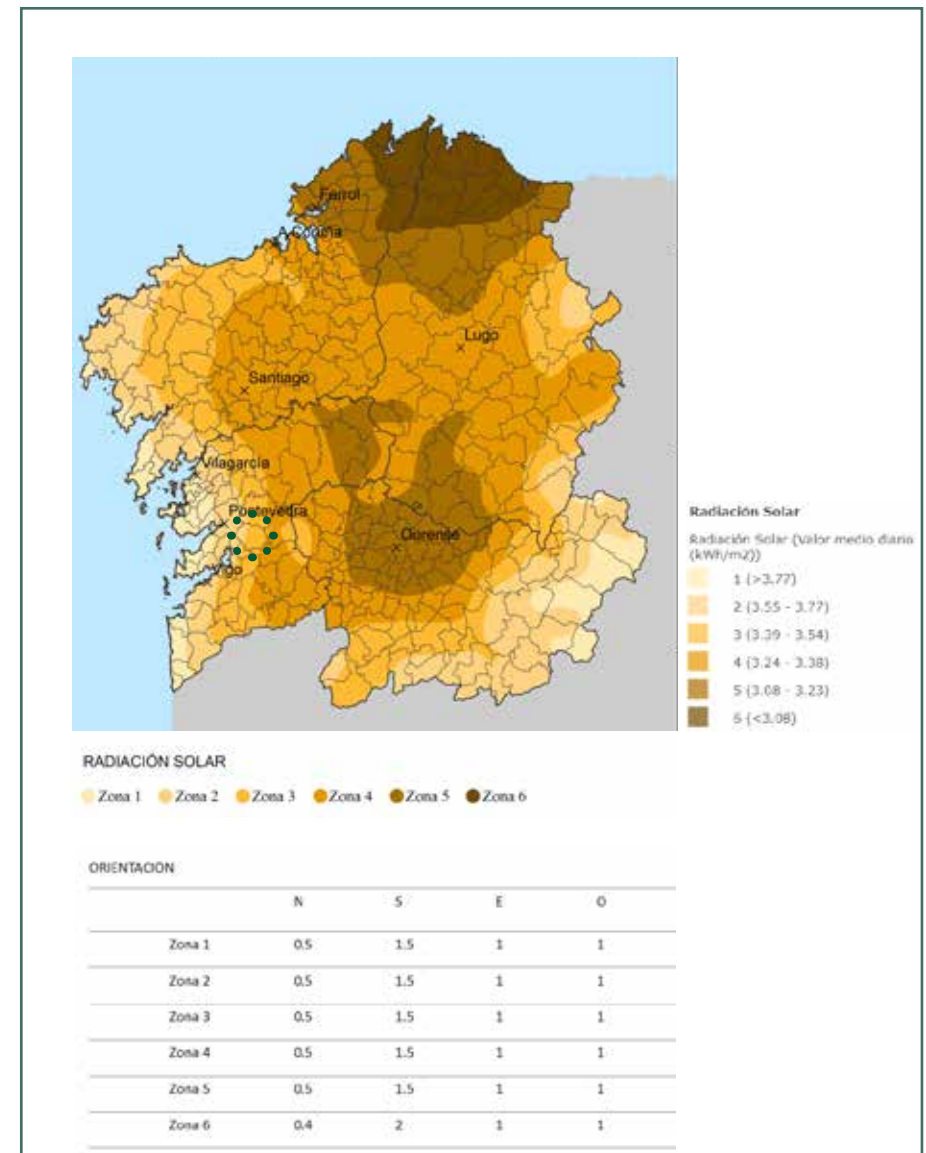
Fig. 58 Mapa zonas, valores termicidad invernal y compacidad (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

## Orientación

La consideración de la orientación en las viviendas es una estrategia pasiva evidente. Orientarse bien, tanto en la implantación como en la forma concreta de una envolvente que sirve de elemento separador con el medio, es algo directamente relacionado con el ejercicio específico de diseño pasivo y que siempre ha formado parte del conocimiento transmitido en la arquitectura popular.

El requisito básico asociado a la orientación es el de orientar la construcción de tal manera que, en la parte opaca de la envolvente y especialmente en los huecos, se permita tener una menor superficie expuesta en los períodos de exceso de soleamiento, limitando así la necesidad de refrigeración, y una mayor superficie expuesta en los períodos de menor soleamiento, limitando así la necesidad de calefacción. Si bien es cierto que se considera la envolvente en su totalidad, sería lógico asociar las mejores orientaciones a las zonas de mayor uso y consumo.

En Galicia se asocia la orientación principalmente a la ganancia de energía solar. El mapa asociado a la orientación se corresponde con la radiación solar. La localidad donde se sitúa la construcción elegida se encuentra en la zona 3 de este mapa, por lo que se obtendría un 1 punto en este apartado (fig. 59).



**Fig. 59** Mapa zonas, valores radiación solar y orientación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)



## Continentalidad

La continentalidad cuantifica la amplitud térmica estacional. A mayor continentalidad mayor diferencia entre estación fría y estival y mayor necesidad de incorporar en la edificación mecanismos de adaptación a dos situaciones diferentes. El requisito básico asociado a la continentalidad es la correcta solución constructiva de la envolvente de tal manera que se permita la adaptabilidad a la amplitud de las condiciones del clima. La envolvente se valorará en función de su capacidad de adaptación a los cambios entre las estaciones.

El índice de continentalidad simple o intervalo térmico anual permite conocer la amplitud de la variación anual de temperatura. El índice de continentalidad se calcula aplicando la siguiente fórmula (fig. 60):

$$I_c = T_{\max} - T_{\min} \text{ (en grados centígrados)}$$

$T_{\max}$ : temperatura media del mes más cálido del año  
 $T_{\min}$ : temperatura media del mes más frío del año

Fig. 60 Cálculo índice continentalidad (Elaboración propia)

En Galicia se asocian los mecanismos de adaptación al clima con la continentalidad. La localidad donde se sitúa la construcción a mejorar está en la zona 3, se obtendría también un 1 punto en este apartado, pero añadiendo mecanismos de adaptabilidad se podría llegar a obtener un 2 de puntuación (fig. 61).

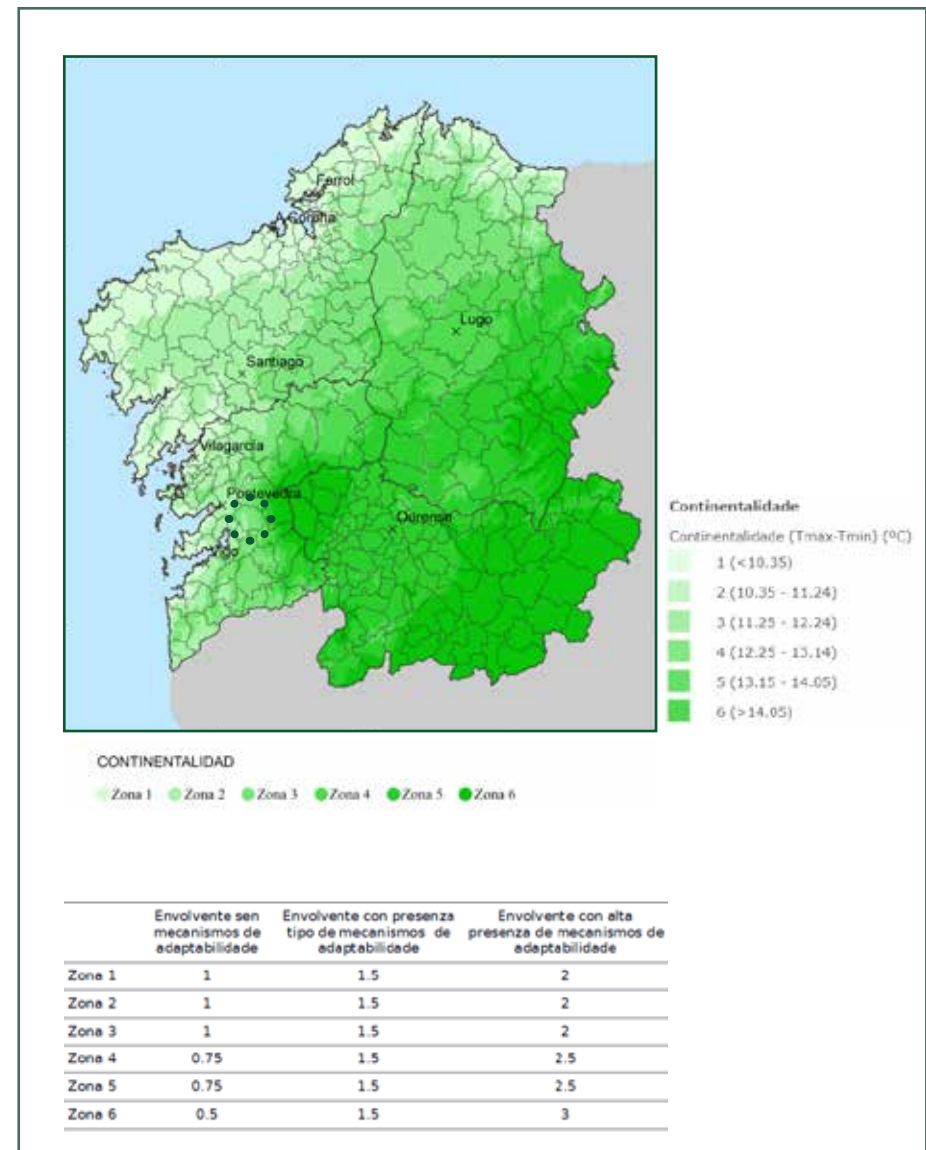


Fig. 61 Mapa zonas, valores continentalidad y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

## Aislamiento

Parece adecuado primar aquellas mejoras en el aislamiento donde la intensidad del frío es más elevada. El índice de termicidad invernal pondera la intensidad del frío y el aislamiento de la envolvente de las partes habitables. Este estará directamente relacionado con la adecuación de la edificación a la severidad de la época fría. Las propuestas se deben adecuar como mínimo a lo establecido en la normativa de referencia (CTE, RITE), siendo este el requisito básico.

El índice de termicidad invernal se calcula de la siguiente manera (fig. 62):

$$I_{ti} : \text{índice de termicidad invernal } (T + M + m) \cdot 10 \Leftrightarrow (T + T_{min} \cdot 2) \cdot 10$$

$I_t$ : índice de termicidad  
 $T$ =temperatura media anual  
 $M$ =temperatura media de las máximas del periodo mensual más frío  
 $m$ =temperatura media de las mínimas del mes más frío  
 $T_{min}$ =temperatura media del mes más frío del año

Fig. 62 Cálculo índice continentalidad (Elaboración propia)

En Galicia se asocia el aislamiento con la severidad climática en invierno. El mapa asociado a esto se corresponde con el de la variable climática termicidad invernal. La localidad de estudio está en zona 2 y ahora mismo el aislamiento de la construcción escogida es inexistente por lo que se obtendría en este apartado la mínima puntuación. Si se mejoraran los parámetros característicos de la envolvente térmica que figuran en el apéndice E del DB-HE del CTE se podría obtener como mínimo una puntuación de 1.5 y de 3 como máximo (fig. 63).

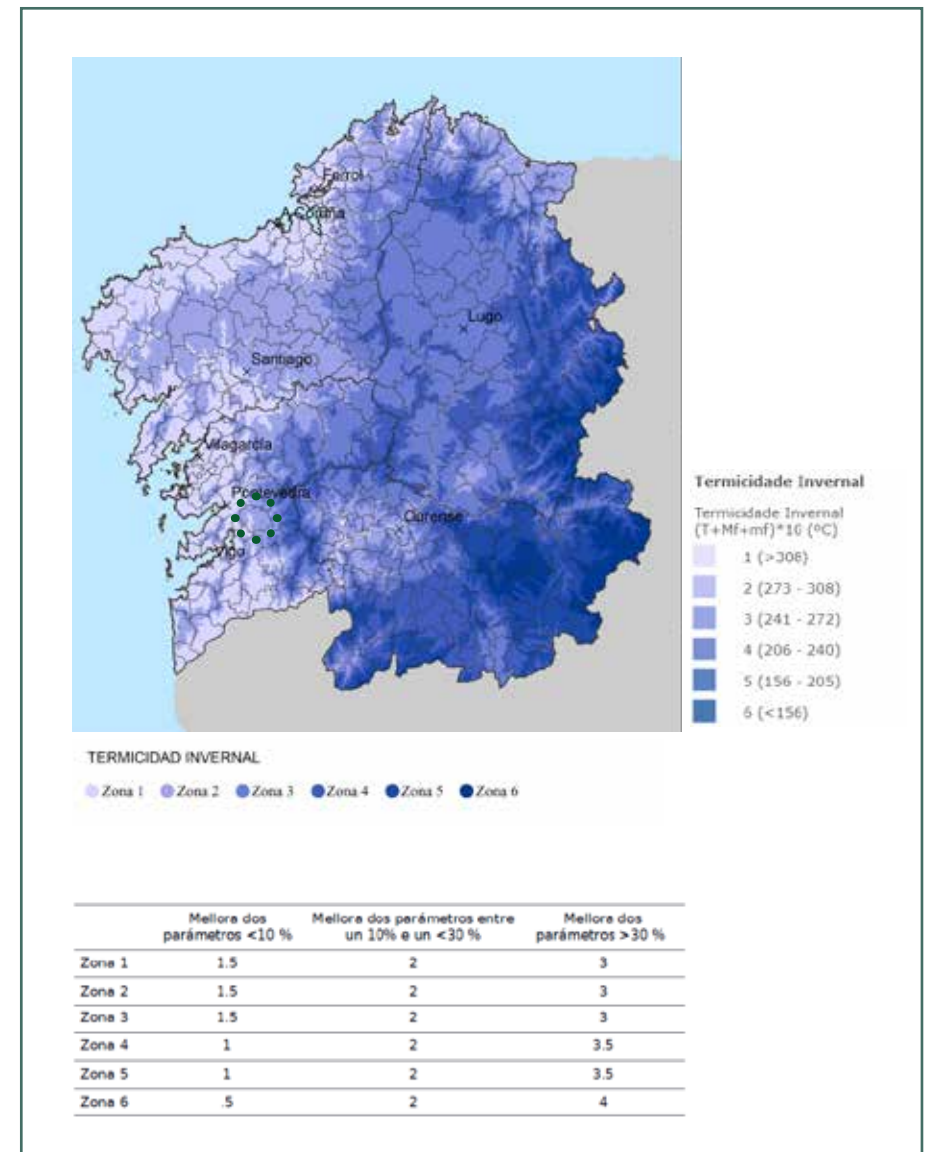


Fig. 63 Mapa zonas, valores termicidad invernal y puntuación, (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

## Ventilación

En situación análoga al aislamiento, parece adecuado primar aquellas mejoras en la ventilación interior donde la intensidad del calor sea más elevada. La ventilación de este apartado se asocia a la capacidad de disipación de calor a través de la ventilación natural por lo que no debe confundirse con el sistema general de ventilación híbrido o mecánico asociado a la calidad del aire interior a través de la renovación y que se cuantifica en el apartado de instalaciones de la guía.

El índice de termicidad estival se considera un índice válido para ponderar la intensidad del calor y la ventilación diurna y nocturna de la edificación, y estará directamente relacionado con la adecuación de la edificación a la necesidad de disipar calor. Es, de hecho, la estrategia que se pondera en el presente apartado.

Las propuestas se adecuarán como mínimo a lo establecido en la normativa de referencia (CTE, RITE), siendo este el requisito básico.

El índice de termicidad estival se calcula de la siguiente manera (fig. 64):

$$I_{te} : \text{índice de termicidad estival } (T + M + m) \cdot 10 \Leftrightarrow (T + T_{min} \cdot 2) \cdot 10$$

$I_t$ : índice de termicidad  
 $T$ =temperatura media anual  
 $M$ =temperatura media de las máximas del periodo mensual más cálido  
 $m$ =temperatura media de las mínimas del mes más cálido  
 $T_{min}$ =temperatura media del mes más cálido del año

Fig. 64 Cálculo índice termicidad estival (Elaboración propia)

En Galicia se asocia la ventilación con la severidad climática en verano. El mapa asociado a esto se corresponde con la variable climática termicidad estival. La renovación del aire interior producida por este efecto se realiza por aire exterior a menor temperatura y solamente en verano: junio, julio y agosto (fig. 65).

En la localidad de estudio con la edificación elegida, estamos en zona 5, la máxima puntuación que se puede obtener es de 2 puntos.

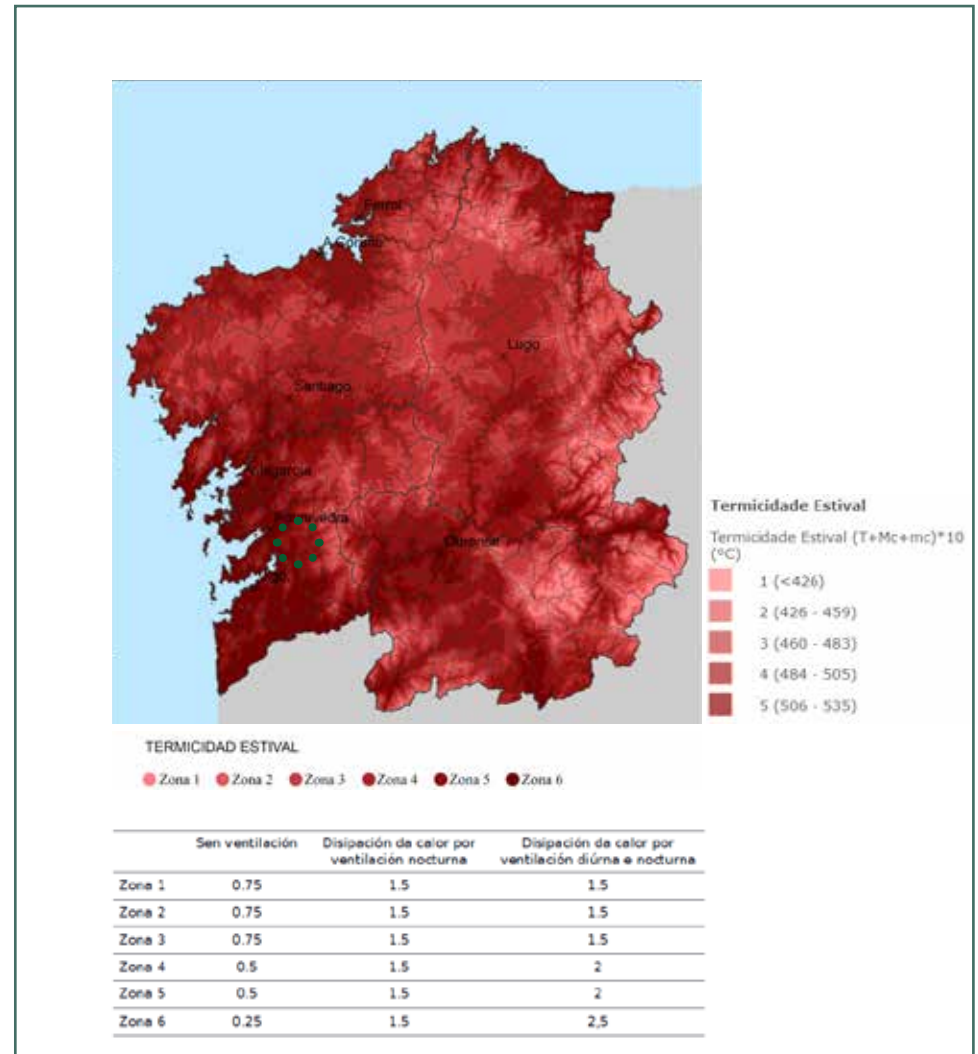


Fig. 65 Mapa zonas, valores termicidad estival y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

## Inercia térmica

El índice de diurnalidad o intervalo térmico diario cuantifica la variabilidad térmica diaria. En las zonas climáticas con una gran amplitud térmica, se considera necesario diseñar una envolvente con inercia térmica suficiente como para atemperar y realizar un control pasivo de las fluctuaciones. Habitualmente la descarga energética es posible por la noche y se sustancia en la cesión del calor acumulado durante el día utilizando ventilación natural. El índice de diurnalidad se calcula de la siguiente manera (fig. 66):

$$Id = T_{cmax} - T_{cmin} \text{ (en grados centígrados)}$$

Id: índice de diurnalidad  
 T<sub>cmax</sub>: temperatura media de las máximas del mes más contrastado del año  
 T<sub>cmin</sub>: temperatura media de las mínimas del mes más contrastado del año

Fig. 66 Cálculo índice de diurnalidad (Elaboración propia)

En Galicia se asocia la inercia térmica con la amplitud térmica diaria. El mapa asociado esto se corresponde con la variable climática diurnalidad. En base a la construcción característica puede considerarse de manera simplificada lo siguiente:

- Envolvente con inercia térmica baja es una envolvente masa baja térmica baja o bien con una capa de aislamiento al interior, visto u oculta por un material ligero.
- Envolvente con inercia térmica tipo es una envolvente convencional de doble hoja con materiales de masa térmica media u otra solución similar.
- Envolvente con alta inercia térmica es una envolvente con masa térmica elevada, con aislamiento a continuación de una cara interior de cerramiento resuelta con un material de masa térmica alta, como ladrillo macizo, materiales pétreos o similares.

La localidad de estudio está en la zona 3 y la construcción elegida cuenta con la mínima puntuación. Mejorando la envolvente térmica se puede llegar a obtener una puntuación de 1,5 o de 3, como máximo (fig. 67).

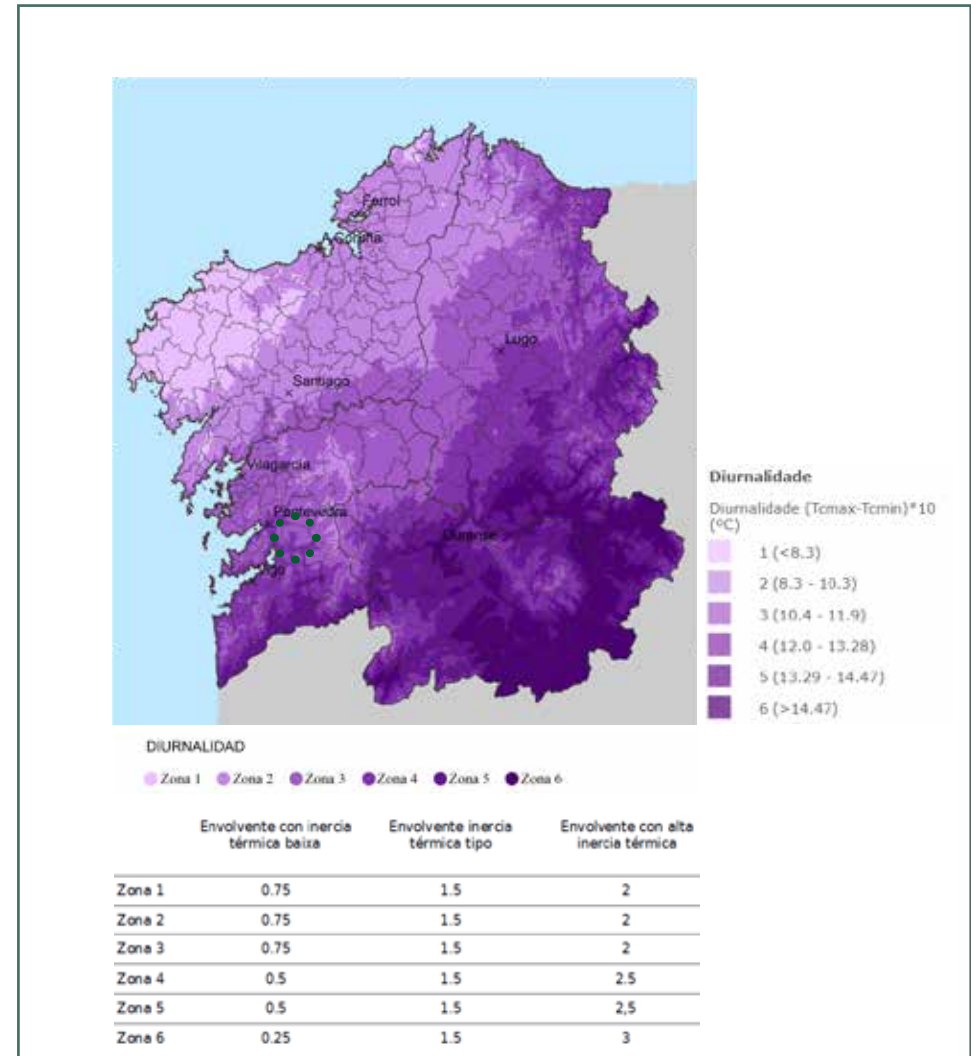


Fig. 67 Mapa zonas, valores diurnalidad y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)



## Infiltración

La velocidad media del viento aproxima a la zona de estudio la posible influencia de las pérdidas por infiltración en la medida en la que aumenta la diferencia de presión entre interior y exterior. En las zonas climáticas con elevada velocidad del viento se considera necesario diseñar una envolvente con elementos de control, que limiten la ventilación no controlada o la ventilación natural por infiltración.

La hermeticidad de la envolvente estará directamente relacionada con la mitigación de los efectos de este valor al reducir las infiltraciones.

En Galicia se asocia la infiltración con la presión del viento. El mapa asociado a esto se corresponde con la variable climática viento.

La hermeticidad se vincula en la guía principalmente a dos factores: las infiltraciones por carpinterías y las infiltraciones debidas a la estanqueidad al aire de los propios materiales y encuentros.

La hermeticidad tipo estaría asociada a los valores mínimos de permeabilidad al aire para parte ciega y para los huecos de la envolvente térmica, que ya son de obligado cumplimiento (DB-H1 CTE), carpinterías tipo 1 y 2, la hermeticidad mejorada se asociará al uso de carpinterías tipo 3 o 4 y la alta hermeticidad se asocia al uso de carpinterías tipo 4 y al cierre estanco, por lo menos las juntas de aislamiento y de los pasos de instalaciones por la envolvente utilizando láminas barreras de viento, cintas reconocidas como estancas al paso del aire o solución equivalente.

La localidad de estudio está en zona 3, se podrían obtener desde 2 hasta 5 puntos. Ahora mismo la construcción elegida contaría con mínima puntuación en este apartado.

En la siguiente figura XX se muestra una tabla resumen indicando las zonas en los mapas donde se sitúa la localidad de estudio – el lugar de Gramil (fig. 68).

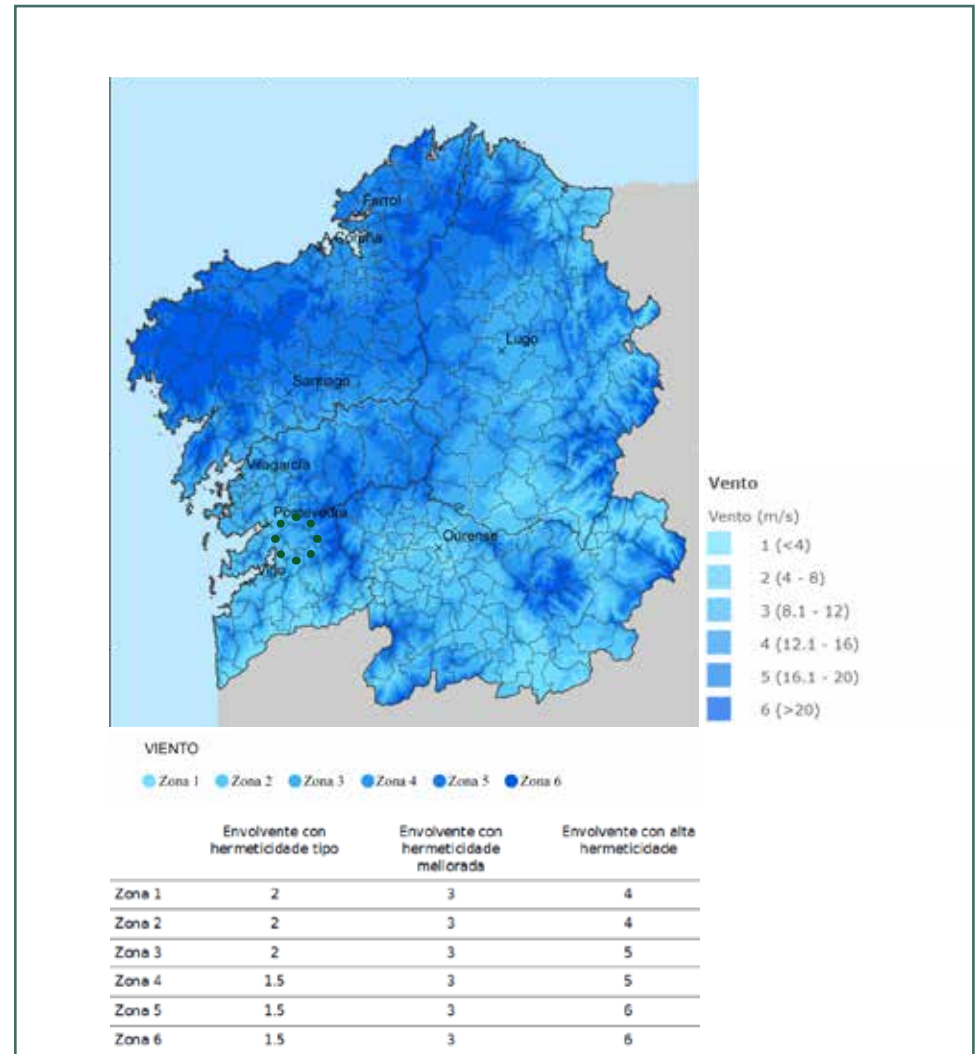


Fig. 68 Mapa zonas, valores termicidad estival y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

En resumen, el lugar de Gramil se encuentra en los mapas entre las zonas 2 y 3, alcanzado la zona 5 en el mapa de termicidad estival (fig. 69). Hasta la zona 3 se considera que se está en un lugar suficientemente amable como para que con el código técnico se puedan cumplir los requisitos necesarios. Habrá que prestar especial atención a la hora de enfrentar la termicidad estival - intensidad de calor, a la cual se le puede dar respuesta con la estrategia pasiva basada en controlar la disipación de energía acumulada gracias a la ventilación natural. Esto se producirá en la época estival.

La guía permite hacer un cálculo final de las estrategias pasivas. Una vez realizados los cálculos de todas las variables vistas a través de las fichas de la guía o a través de la herramienta web, la guía indica que según el método esquematizado se deberá superar, con la suma de las puntuaciones parciales, el valor global que aparece en la figura 70.

Sumando la puntuación obtenida en cada caso sobre la construcción existente, la puntuación está por debajo de la puntuación mínima requerida, lo cual cabría esperar.

Si se tuviera la oportunidad de empezar un proyecto desde cero, la elección de la compacidad y orientación óptimas se podría aplicar ya desde el inicio como medida de diseño pasiva, pero al intervenir en un edificio existente hay que

Zona	Continentalidade (Tmax-Tmin) (°C)	Biorradiação (Dmax-Tmin)*10 (°C)	Intensidade, Verão (m/s)	Áridez, Estival (DEx) (%)	Radiación, Sol (Valor medio diario) (kWh/m2)	Termicidade, Invernal (T-MI-inf)*10 (°C)	Termicidade, Estival (T-Mc-sup)*10 (°C)
3	(11.25 - 12.24)	3 (10.4 - 11.9)	3 (8.1 - 12)	2 (0.77 - 0.83)	3 (3.39 - 3.54)	2 (273 - 300)	5 (506 - 535)

Fig. 69 Tabla resumen de zonas en mapas de la localidad de estudio (Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, 2020)

ver los condicionantes que tenemos y trabajar en la mejora de otras estrategias que sí tendrían cabida en nuestra zona y edificación. En el caso de que la compacidad y orientación no se pudieran modificar, como ocurre en el caso de la construcción objeto de estudio en este trabajo, el margen para alcanzar una mejor puntuación y mejorar el diseño se puede llevar a cabo mediante:

La mejora de la envolvente, contando con la presencia de mecanismos de adaptabilidad, tipo o alta, a las diferentes estaciones. Envolvente tipo es la que tiene mecanismos, como celosías, que controlan el exceso de sol en periodo estival. Envolvente con alta adaptabilidad es la que presenta mecanismos de control solar en periodo estival que no supongan una reducción de ganancia solar en periodo frío. La vegetación estacional también se considera un mecanismo de alta adaptabilidad.

- La mejora de la envolvente térmica teniendo en cuenta el valor la transmitancia térmica en elementos y huecos.
- La mejora de la ventilación, disipando el calor por ventilación natural nocturna solamente o por ventilación diurna y nocturna conjuntamente.
- La mejora de la inercia térmica de la envolvente, pudiendo ser tipo o alta, como se describe en el apartado de la inercia térmica.
- La mejora de la hermeticidad a través de la mejora de las condiciones de permeabilidad y empleando carpinterías tipo 3 y 4, como se describe en el apartado de infiltración.

Tipo de edificación	Puntuación global mínima (P)
Vivienda unifamiliar e vivienda colectiva baixo cuberta	15 pts
Vivienda colectiva (agás baixo cuberta)	10 pts

Fig. 70 Tabla de puntuaciones de la Guía

### 15.5 Herramienta de análisis climático 3: ENVI-MET. Estudio del entorno de la vivienda

Entrando en materia de evaluación energética y para conocer cómo afectan los agentes atmosféricos al entorno inmediato de la futura vivienda que se desarrolla en la Parte 3 de este trabajo, se realiza una simulación y análisis mediante el software especializado ENVI-met. El programa busca reproducir los principales procesos atmosféricos que afectan al microclima sobre bases físicas fundadas, tales como las leyes de la dinámica y termodinámica de fluidos. Es una herramienta de análisis holístico que permite simular entornos en micro-escala y evaluar interacciones entre edificaciones, vegetación, terreno y atmósfera.

Para que los resultados de las simulaciones sean válidos, se requiere la creación de un modelo con los datos del caso de objeto de estudio elegido y ajustar los parámetros de la simulación (figs. 71 a 73). Se utilizó la versión

ENVI-met Lite, de uso gratuito al ser estudiante del máster. En esta versión se puede construir un modelo con una malla de 50x50x50 celdas como máximo y cada celda puede variar de 0.5 a 5 metros.

En este caso se opta por hacer una simulación por horas de los días que se asumen como más desfavorables en cuanto a calor y frío, en verano e invierno (23 de junio y 23 de diciembre), y así poder conocer en qué posibles situaciones extremas se encontraría la vivienda y su entorno. Las ruinas se modelan como si la vivienda estuviera en pie. Los resultados están resumidos de manera gráfica en las figuras 74, 76, 77 y 78 que se acompañan de las observaciones necesarias sobre temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en cada caso.



Fig. 71 Territorio objeto de estudio introducido en ENVI-met 100x100 metros (Elaboración propia)

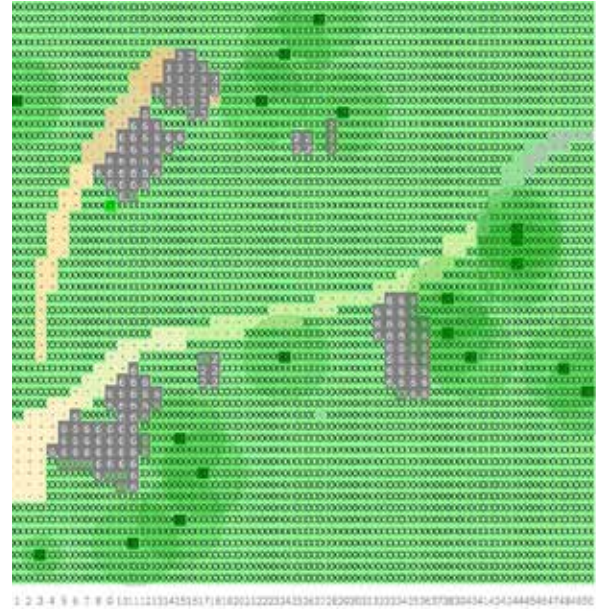


Fig. 72 Captura 2D del modelo introducido en ENVI-met (Elaboración propia)

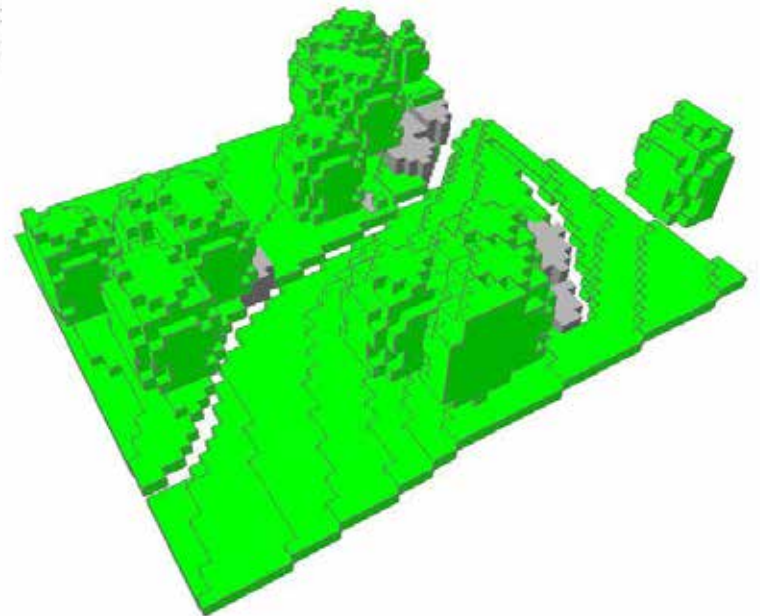


Fig. 73 Captura 3D del modelo introducido en ENVI-met, visto desde el noroeste (Elaboración propia)



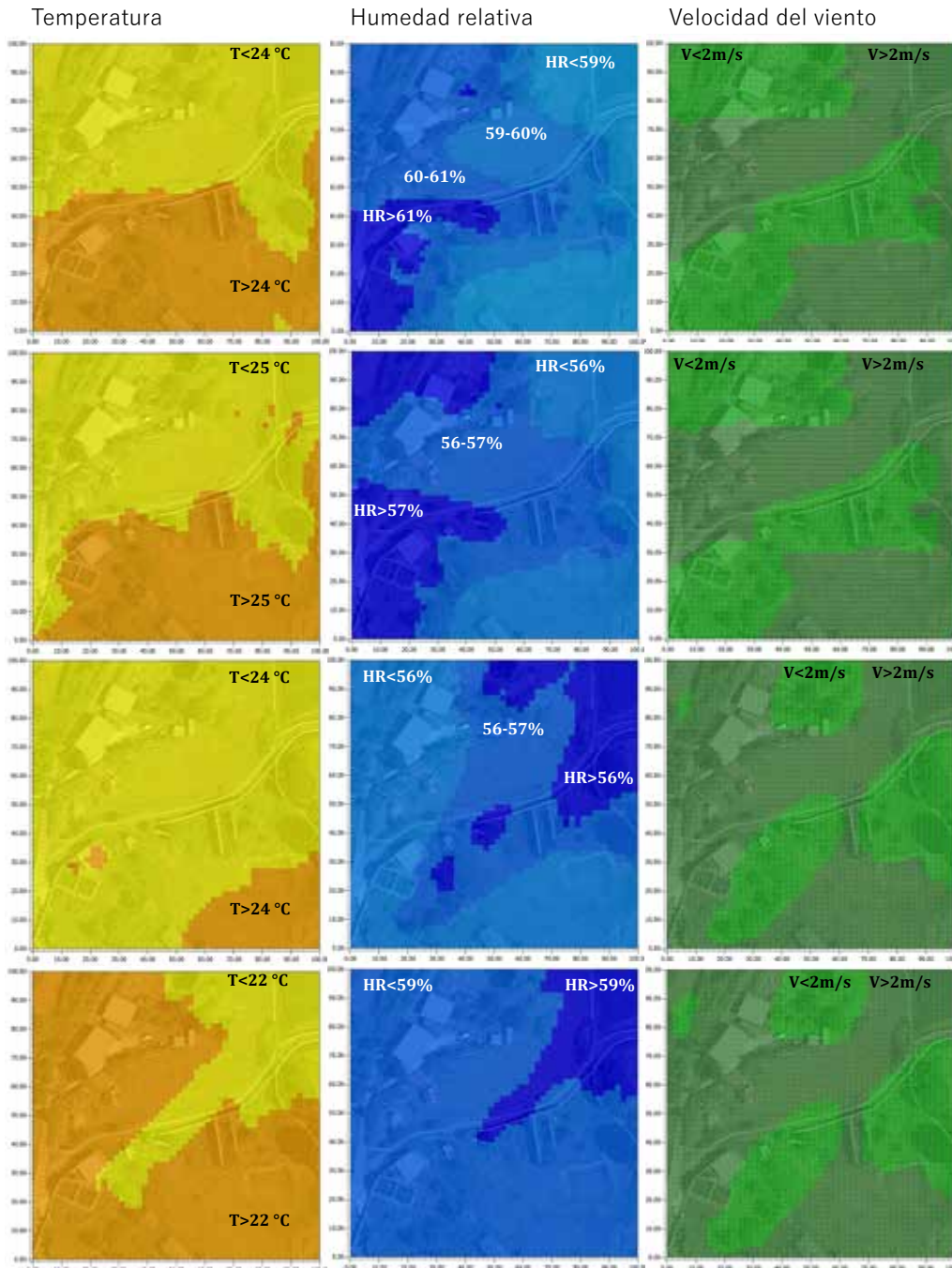


Fig. 74 Capturas de ENVI-met tras realizar la simulación de verano, 2020 (Elaboración propia)

Resultados de la simulación con fecha 23 de junio, horas, de arriba a abajo: 13:00, 15:00, 18:00 y 21:00 (fig. 74).

## Temperatura

Observando los datos extraídos del ENVI-met al realizar un corte siguiendo la forma del terreno a unos 1.8 m de altura, se puede decir que en general la vivienda se encuentra casi siempre en la zona de mayor temperatura con respecto a su entorno inmediato, excepto sobre las 18:00h de la tarde cuando el sol empieza a ponerse detrás de las montañas que hace que la temperatura baje un poco. Después hacia la noche, la vivienda se vuelve a encontrar en la zona de mayor temperatura, posiblemente por el efecto de la radiación solar recibida y acumulada, sobre todo a partir del mediodía, debido a su orientación y a la materialidad de las fachadas.

En general, se podría decir que las temperaturas son bastante estables para la época estival, no hay cambios bruscos y están dentro de un rango que se podría considerar como agradable, aunque esto dependería de la edad, vestuario y la actividad que se esté llevando a cabo.

## Humedad relativa

Con un corte del modelo realizado a 1.80 m de altura, la humedad relativa que alcanza la ubicación de la vivienda oscilaría entre el 60-61% en la hora que más incide el sol, sobre las 13:00h, lo cual podría incrementar la sensación de calor, y después ya se encontraría por debajo del 59%.

Un alto contenido de humedad, superior al 60%, nos hace percibir el aire más caliente o frío de lo que está. Con temperaturas elevadas la humedad relativa alta aumentaría la sensación de calor. En este caso y de modo general, la humedad relativa también se puede decir que es bastante estable y que estaría en el límite de lo que se considera alta.

## Velocidad del viento

Para obtener esta información se hace un corte siguiendo la forma del terreno a 5 m de altura. En verano, la velocidad del viento oscila entre 1 y 3 m/s, o lo que es lo mismo entre 3,6 y 7,2 km/h. Para hacerse una idea de qué efecto tienen estas velocidades y cómo se aprecia esto, se puede emplear la clasificación de Beaufort (fig. 75).

Siguiendo esta clasificación, el rango de velocidad en el que nos moveríamos podría llegar producir una sensación de brisa ligera que pudiera incluso resultar agradable. Por el día, la vivienda se encuentra en la zona de calma y hacia la noche la velocidad aumentaría algo favoreciendo la estrategia de disipación nocturna mediante ventilación cruzada.

La dirección del viento indicada por los vectores en las imágenes muestra que el viento empieza moviéndose dirección este-oeste y después hay un cambio de tendencia entre las 15:00 y las 18:00, momento en el que empieza a moverse en dirección suroeste-noreste. Este cambio podría favorecer también la estrategia de ventilación, primero en un sentido y después en otro y ayudaría a refrescar la fachada oeste hacia la noche, ya que habría acumulado calor durante el día.

Km/h	Descripción	Apreciación
1	calma	el humo se eleva verticalmente
1 a 5	ventolina	el viento inclina el humo pero no gira las veletas
6 a 11	flojito	las hojas se mueven, el aire se siente en el rostro
12 a 19	flojo	las hojas y las ramas pequeñas se mueven continuamente
20 a 28	fresco	el viento levanta polvo y hojas
29 a 38	fresquito	los árboles pequeños empiezan a balancearse
39 a 49	bonancible	se mueven las ramas grandes y resulta difícil usar paraguas
50 a 61	frescachón	los árboles se agitan, molesto caminar cara al viento
62 a 74	duro	se rompen las ramas pequeñas de los árboles, difícil caminar
75 a 88	muy duro	las ramas medianas de los árboles se quiebran
89 a 102	temporal	los árboles son arrancados y dañadas las techumbres
103 a 117	borrasca	destrozos extensos
118 a 133	huracán	idem

Fig. 75 Escala de Beaufort, Wikipedia (Elaboración propia)

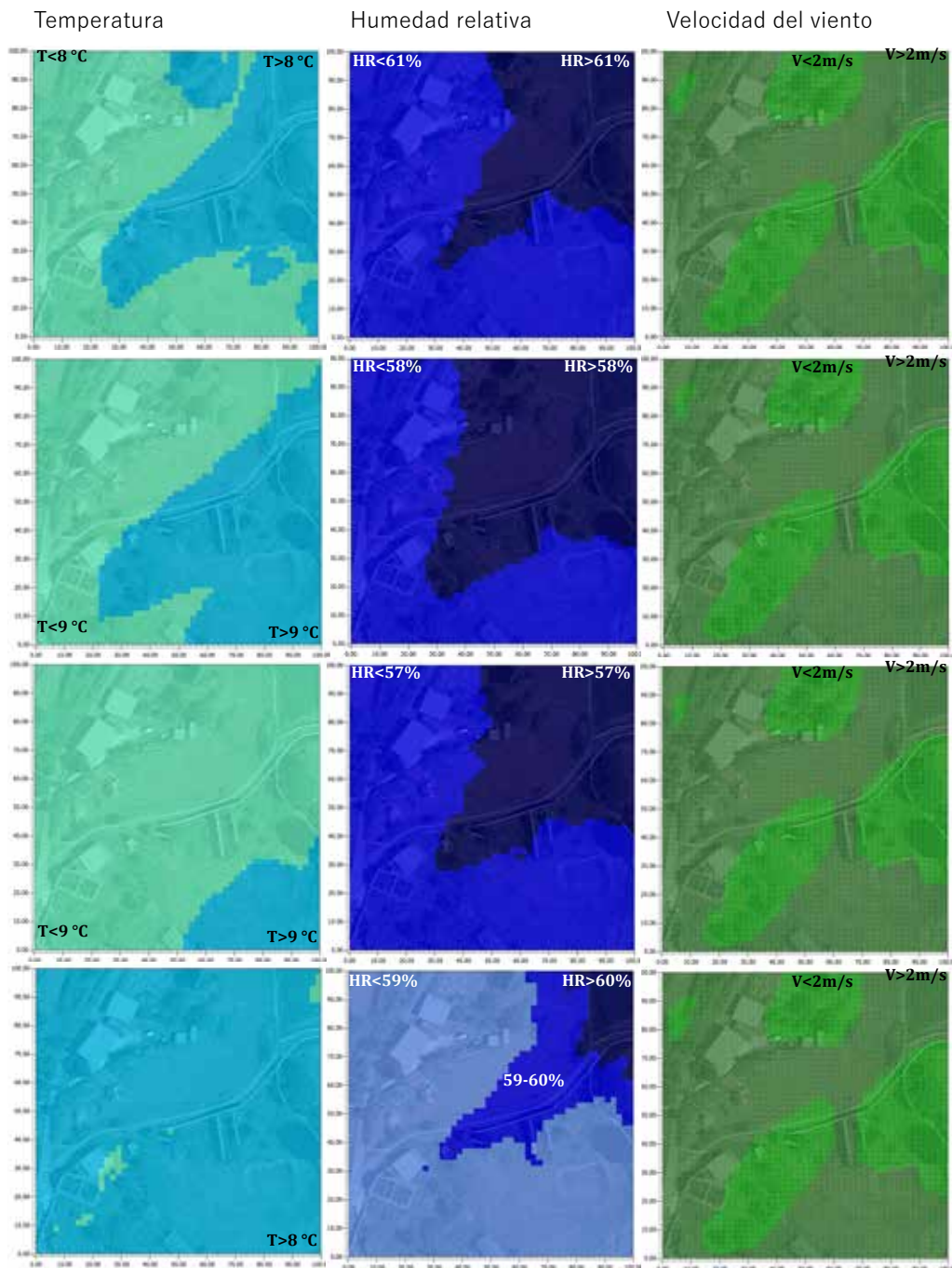


Fig. 76 Capturas de ENVI-met tras realizar la simulación de invierno, 2020 (Elaboración propia)

Resultados de la simulación con fecha 23 de diciembre, horas, de arriba a abajo: 13:00, 15:00, 18:00 y 21:00 (fig. 76).

## Temperatura

En invierno, en cuanto a la temperatura, el patrón es el mismo que para verano, la vivienda se encuentra casi siempre en la zona de mayor temperatura con respecto a su entorno inmediato, excepto hacia las sobre las 18:00h de la tarde cuando el sol se empieza a ponerse detrás de las montañas lo que hace que la temperatura baje un poco. Después hacia la noche, se vuelve a encontrar en la zona de más temperatura.

## Humedad relativa

La humedad relativa más alta que se llegaría a alcanzar sería del 60-61% hacia la zona norte de la vivienda antes de las 13:00h y hacia la noche. Un alto contenido de humedad, superior al 60%, nos hace percibir el aire más caliente o frío de los que está. Con bajas temperaturas, en invierno, aumentaría la sensación de frío. Los valores de humedad relativa vuelven a ser bastante estables y estarían en el límite de lo que se consideran altos.

En este apartado se generan dudas sobre el resultado obtenido. Según la propia experiencia, y tras haber leído al respecto como en el trabajo realizado por García Lasanta (Año: págs.), mencionado antes, la humedad relativa del aire debe estar entre el 30 y el 70% y teniendo en cuenta que en nuestras latitudes es frecuente que en invierno la atmósfera exterior supere esta cifra, habrá que prestar especial atención a la resolución de los problemas de humedades y renovación del aire interior. Esto se tendrá en cuenta para una futura intervención.

## Velocidad del viento

El viento que incide perpendicularmente sobre un edificio aislado genera una división de la corriente tanto en horizontal como en vertical. En la cara que incide el viento, barlovento, se crea una presión positiva, y en la cara protegida, sotavento, se produce una presión negativa. Si el viento actúa con una dirección oblicua, como ocurre en este caso, los patrones anteriores se alteran, reduciéndose significativamente las presiones sobre las fachadas.

La velocidad del viento en invierno oscilaría entre los mismos valores que en verano. Los vectores muestran que el viento predominante es el que viene del suroeste, como cabría esperar, y las fachadas más expuestas son la oeste y la sur. La fachada oeste es el mayor obstáculo que se encuentra el viento a su paso y está totalmente expuesta al carecer de ninguna barrera o protección, ni siquiera vegetación que haga de filtro. Esto podría contribuir a un mayor depósito de microorganismos, polvo y suciedad, creando pátinas que puedan provocar lesiones, por lo que habrá que tener en cuenta la incidencia de este factor a la hora de realizar el mantenimiento de la vivienda en el futuro.

Para resumir, del análisis del entorno se extrae que tanto en verano como en invierno no hay grandes saltos de temperatura, ni en la humedad relativa, ni en la velocidad del viento, por lo que se podría considerar una zona bastante estable en cuanto a lo que el microclima se refiere. Desde el punto de vista de los factores analizados, se podría concluir que es un buen lugar para establecer una vivienda, algo que los antepasados posiblemente ya sabían.

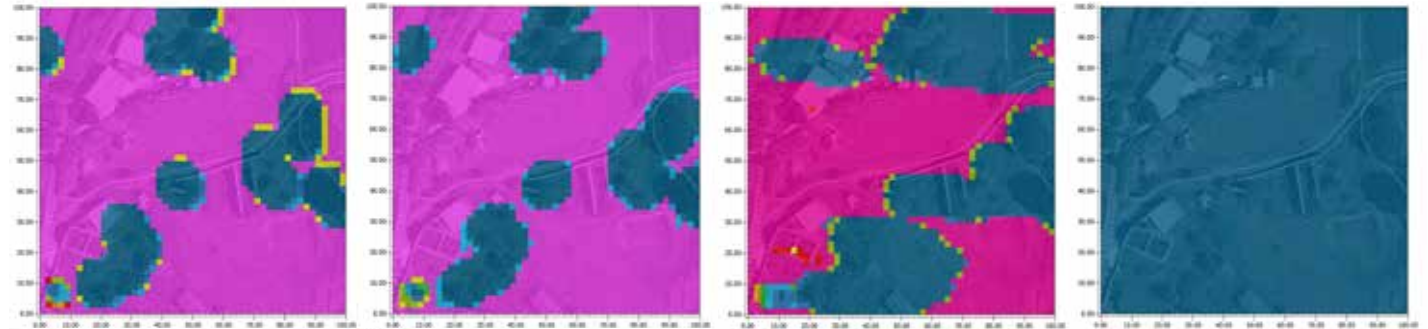


En verano, con fecha 23 de junio

De izquierda a derecha:

13:00, 15:00, 18:00 y 21:00

Directa



Difusa

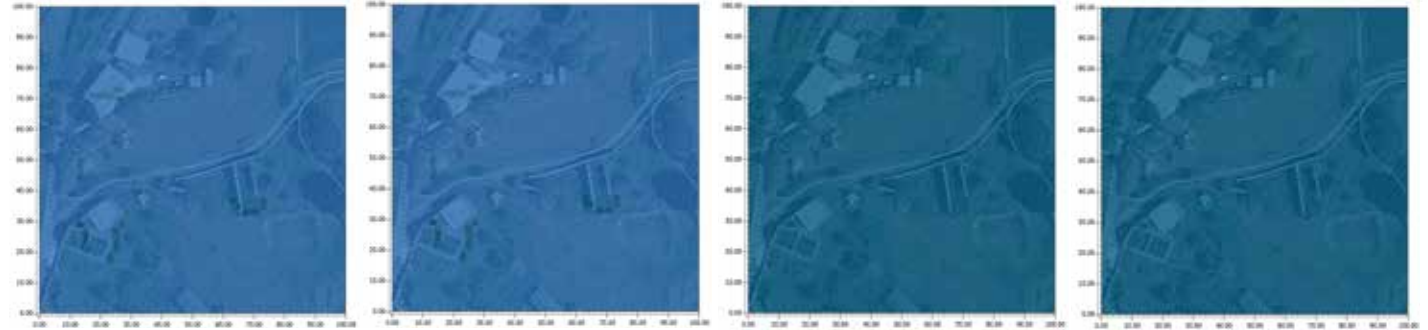


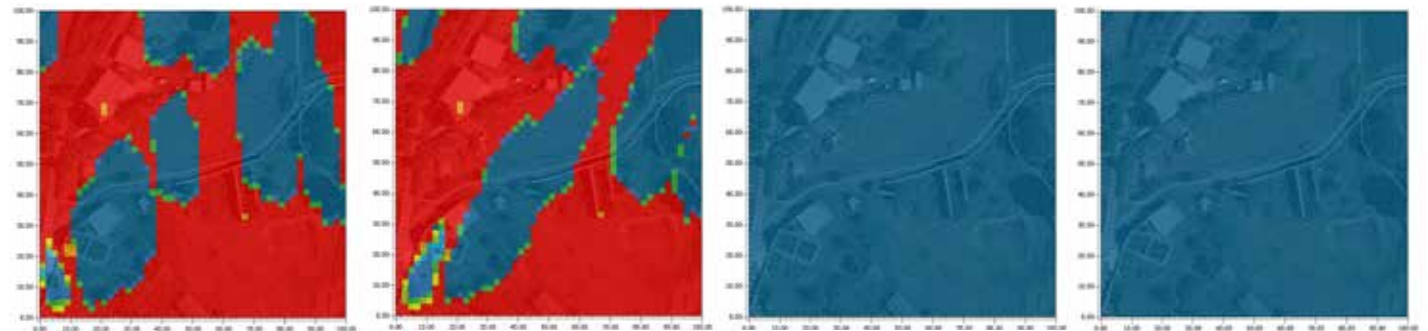
Fig. 77 Capturas de ENVI-met tras realizar simulación verano, 2020 (Elaboración propia)

En invierno, con fecha 23 de diciembre

De izquierda a derecha:

13:00, 15:00, 18:00 y 21:00

Directa



Difusa

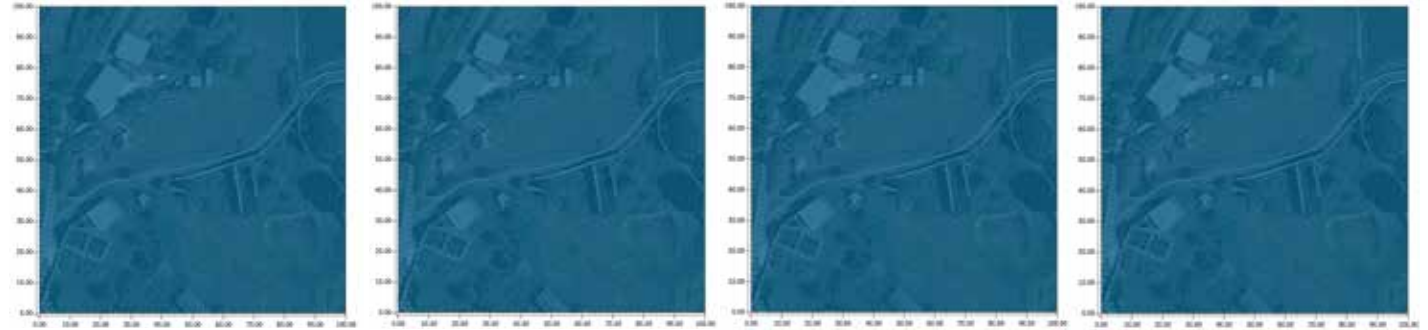


Fig. 78 Capturas de ENVI-met tras realizar simulación invierno, 2020 (Elaboración propia)

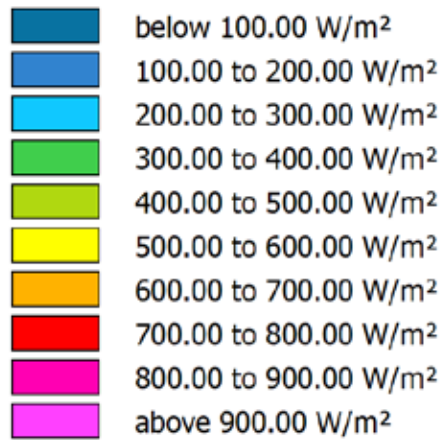


Fig. 79 Valores de radiación ENVI-met

## La radiación

Otra cuestión que podemos analizar con esta tercera herramienta es la radiación. Existen tres tipos de radiación en función de cómo nos llegue:

- Radiación directa. La que proviene directamente del sol.
- Radiación difusa. La que proviene de la atmósfera, por dispersión de parte de la radiación solar en ella. En los días más soleados puede suponer aproximadamente el 15% de la radiación global, pero en días nublados en los que la radiación directa es muy baja supone un porcentaje mucho mayor. En general, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben. Habrá que tenerlo en cuenta a la hora de controlar la exposición que puedan sufrir las cubiertas.
- Radiación reflejada. Es la reflejada por la superficie terrestre. Las superficies verticales, perpendiculares a la superficie terrestre, son las que reciben esta radiación. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, conocido como albedo.

En las figuras 77 a 79 se muestran los resultados obtenidos de la radiación solar directa y difusa en los dos mismos días, por ser las que mayor variación pueden llegar a tener. La radiación reflejada en verano no superaría los 130 W/m<sup>2</sup> y en invierno estaría por debajo de los 100 W/m<sup>2</sup>, por lo que se obtienen unas gráficas bastante planas.

La radiación que mayor impacto tendría para tomar decisiones de diseño sería la radiación directa. Habría que tener en cuenta las horas en las que más afecta a la edificación. Sigue el mismo patrón en verano que en invierno. Esta información da más pistas sobre dónde tendría más sentido realizar un estudio de mecanismos de control en fachada y dónde se puede producir una mejor captación solar pasiva. Por otra parte, se aprecia el gran efecto que tiene la vegetación a la hora de mitigar la radiación solar en las horas más críticas. Es bueno saber que se puede contar y jugar con este recurso natural como estrategia para protegerse de este fenómeno.

## 15.6 Herramienta de análisis climático: HTflux. Estudio del sistema constructivo de la vivienda

Otra herramienta vista que he podido conocer y aplicar durante el máster es el HTflux, un software que simula bidimensionalmente el transporte de calor y vapor de agua. Permite calcular las zonas de punto de rocío, también las cantidades de condensación y evaporación para configuraciones bidimensionales. Su interfaz es bastante fácil de usar, permite importar geometrías CAD y crear simulaciones en el menor tiempo posible.

En este caso, se decide usar el programa para establecer una comparativa del sistema constructivo de la vivienda, sobre una hipótesis de cómo pudo haber sido, que se plantea después del estudio inicial realizado de la tipología a nivel constructivo y su funcionamiento, y sobre una propuesta inicial posible para su rehabilitación como volumetría que recupera la original (figs. 80 y 81).

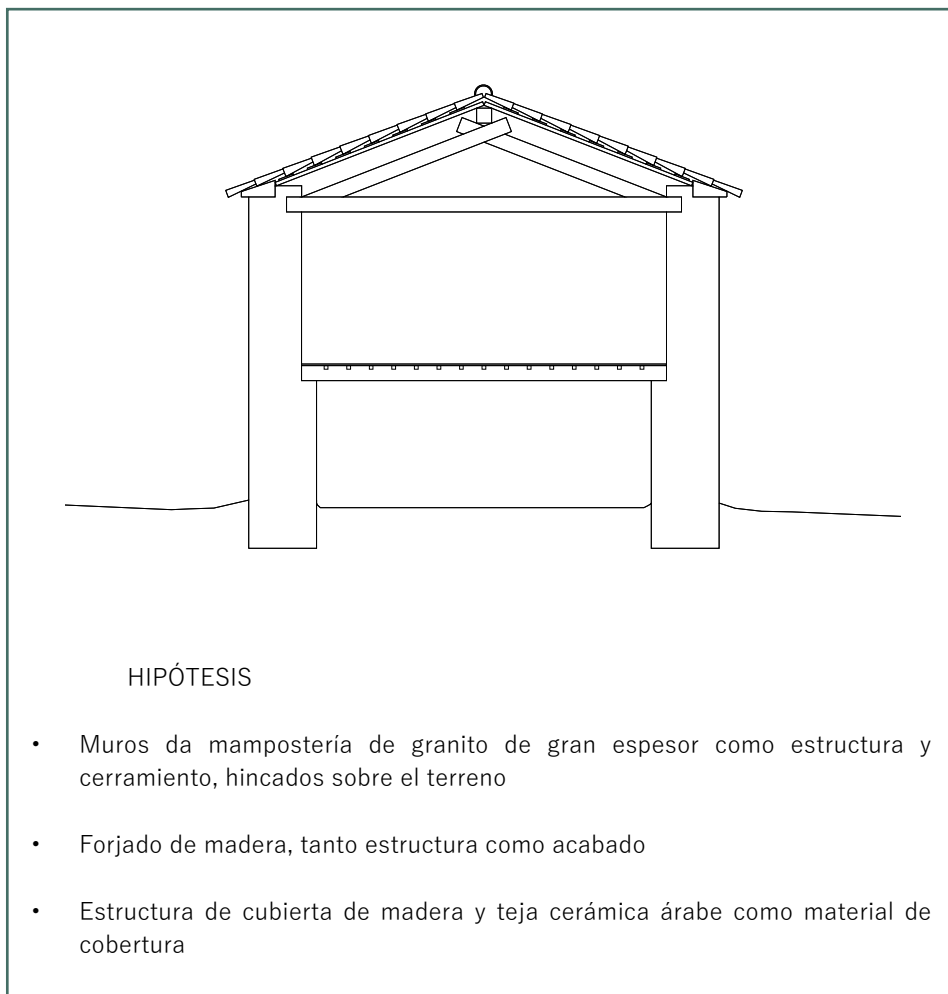
Mediante la comparación de las dos, se pretende conocer si realmente se mejora la eficiencia del comportamiento de la edificación y cuánto, ya que el HTflux da valores para poder evaluarlo. Se realizan dos secciones constructivas de la vivienda, la hipótesis y una propuesta inicial, y se simplifican para poder importarlas al HTflux y trabajar con ellas, asignándoles materiales y ambientes exterior, interior o intermedio.

Después, se procede a la realización de las simulaciones. Del programa se pueden obtener gráficos de temperatura, flujo de calor, humedad y presión parcial (figs. 82 y 83). Entre las aplicaciones del programa también se puede calcular la transmitancia térmica de la envolvente.

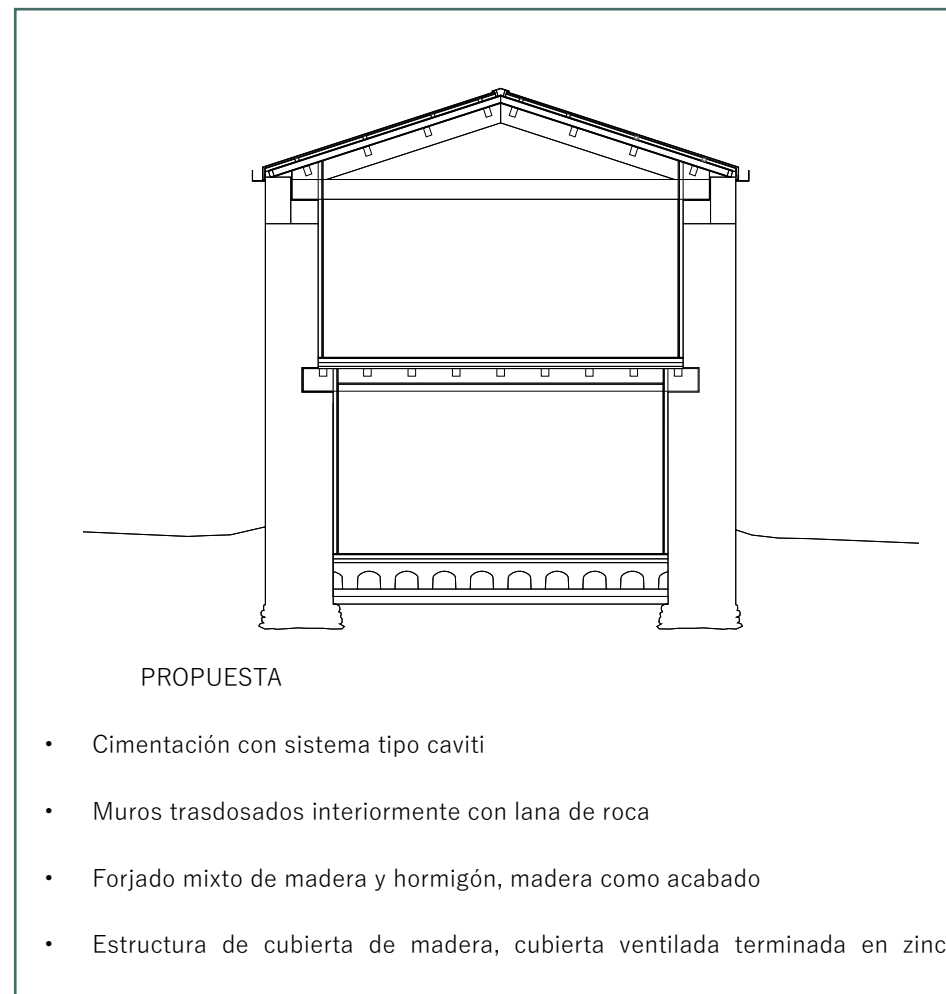
La hipótesis de la vivienda original se plantea con muros de mampostería de granito de gran espesor como estructura y cerramiento, hincados sobre el terreno, un forjado de madera, tanto de estructura como de acabado y una estructura de cubierta de madera y teja cerámica árabe como material de cobertura.

La posible propuesta se configura con una cimentación con sistema tipo Cáviti, muros trasdosados interiormente con lana de roca, un forjado mixto de madera y hormigón, con madera como acabado y una estructura de cubierta también de madera, ventilada y terminada en zinc.

Los resultados obtenidos para el estado previo y el hipotético, los mostramos a continuación clasificados dentro de cuatro parámetros: temperatura, flujo de calor, humedad y flujo de vapor.



**Fig. 80** Sección hipótesis, 2020 (Elaboración propia)



**Fig. 81** Sección propuesta, 2020 (Elaboración propia)



## Estado previo. Hipótesis

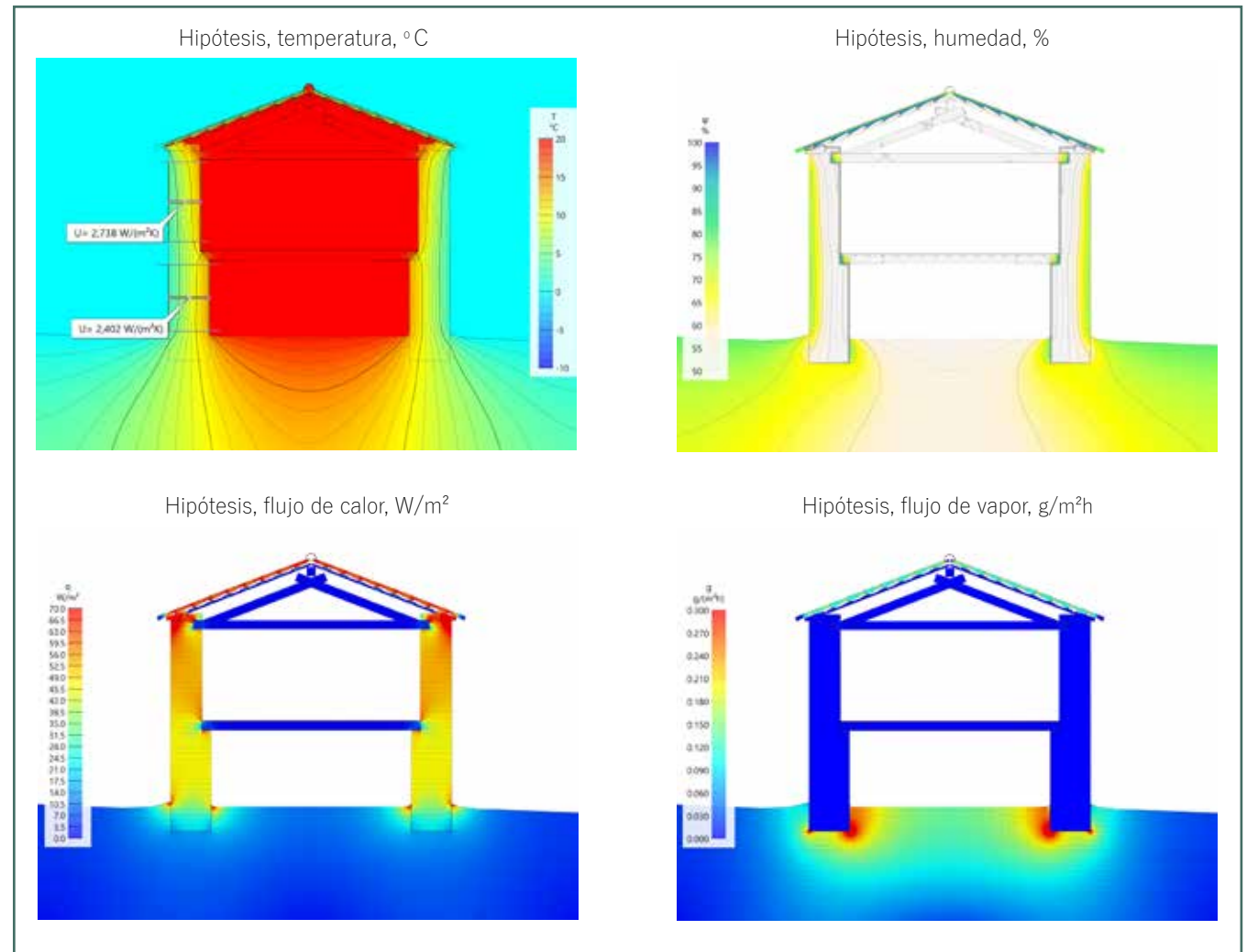


Fig. 82 Capturas HTflux tras la simulación de la hipótesis (Elaboración propia)

## Temperatura

Es la temperatura medida por un termómetro ordinario. Hay que distinguir esto de la sensación térmica, que es la reacción del cuerpo humano ante un conjunto de condiciones desde el punto de vista térmico. La temperatura que marca el termómetro no es el único factor que determina la sensación térmica, la cual requeriría otros estudios más complejos.

Tras la simulación, se observa que los muros de granito, debido a su gran espesor, retienen bastante bien el calor interior.

## Flujo de calor

Las fluctuaciones de temperatura provocan migración de calor. El flujo de calor es la cantidad de energía térmica que fluye por unidad de área por unidad de tiempo. En la [figura 82](#) podemos ver por dónde se escapa el calor.

El porcentaje de flujo de calor de la vivienda es menor en la parte inferior de los muros e incrementa gradualmente a medida que ascienden en altura, alcanzado su porcentaje máximo,  $70 \text{ W/m}^2$ , en las cabezas de los muros y en la capa más externa de la cubierta.

## Humedad

En la [figura 82](#) se representa un porcentaje de humedad estimado en el interior del cerramiento en un momento dado, ya que las condiciones de interior y exterior pueden variar. Se indican las zonas y qué condiciones a nivel de detalle son susceptibles de generar condensaciones intersticiales.

Los encuentros de los muros con la estructura interior son especialmente conflictivos. El problema de pudrición de las cabezas en vigas de madera es típico en edificaciones antiguas, especialmente cuando no se permite a la madera respirar adecuadamente al quedar en contacto directo con agua y las humedades o con materiales con ese contenido en altas proporciones.

También se presenta problemático el encuentro de los muros en su cara interior con el terreno, lo que puede dar lugar a la aparición de humedades por capilaridad, como era y es típico en este tipo de sistemas constructivos.

## Flujo de vapor

Relacionado con el cálculo anterior, el flujo de vapor permite conocer el movimiento del vapor de agua a través del cerramiento. Permite evaluar las barreras de vapor y saber cómo funciona en una rehabilitación poner una barrera de vapor antes o después. En este caso los puntos más conflictivos están vinculados al terreno y a la cubierta en segundo lugar. Habrá que prestar especial atención a estos detalles.

## Estado futuro. Propuesta

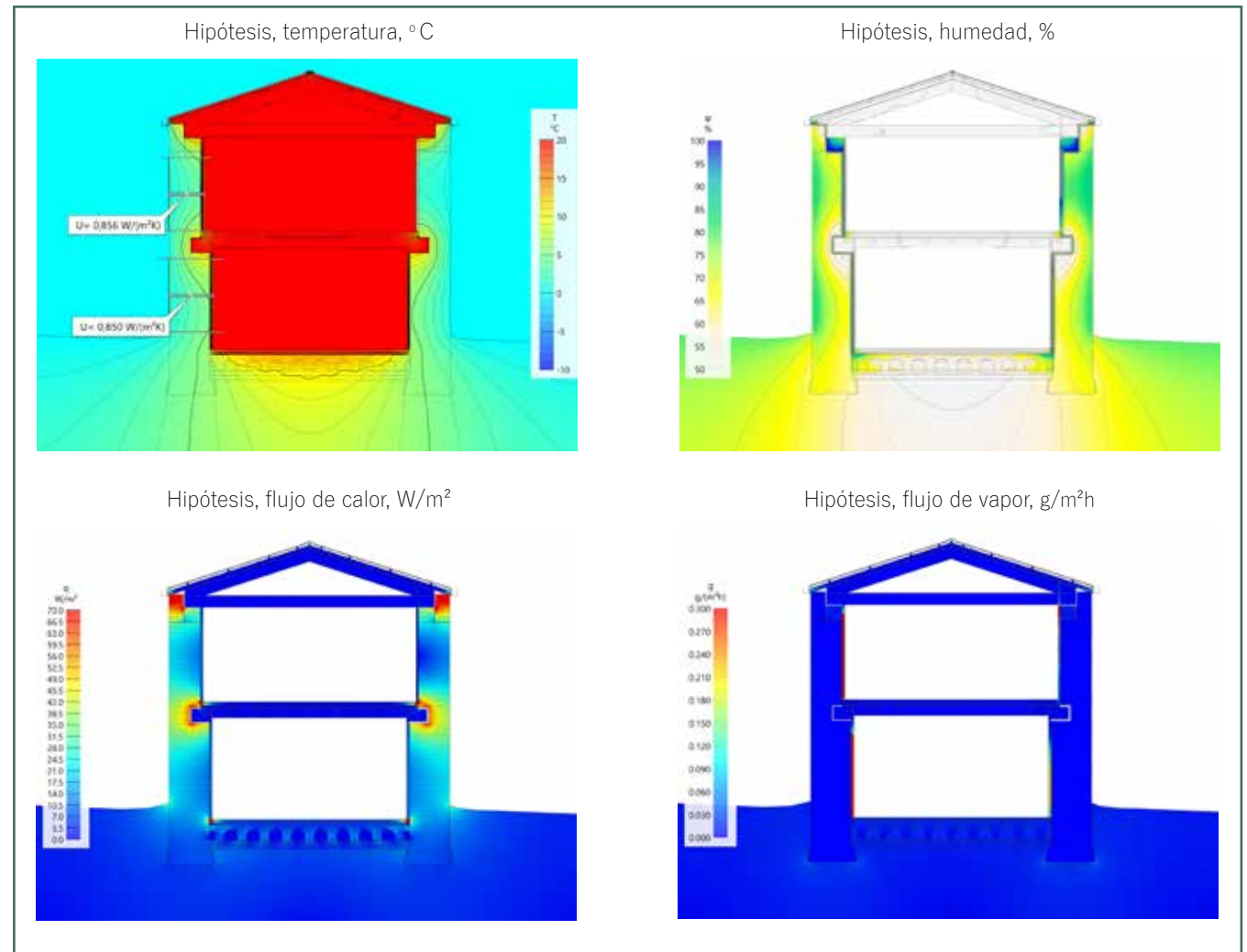


Fig. 83 Capturas HTflux tras la simulación de la propuesta (Elaboración propia)

## Temperatura

El añadir una capa de aislamiento interior en los muros, otra encima del sistema tipo Cáviti y también en la nueva cubierta, parece que mejora la retención de calor interior. El trabajo de la masa de los muros en cuanto a retención de calor pasa a ser realizado mayormente por las capas de aislamiento. En la hipótesis anterior la temperatura de los muros descendía progresivamente, de interior a exterior, mientras que en esta segunda simulación se reduce de manera más drástica.

El HTflux calcula el valor U, la transmitancia térmica de la envolvente, basándose en normas UNE de aplicación en nuestra legislación. Hace un cálculo del valor U para el detalle tipo del cerramiento con la finalidad de saber cuánta energía se pierde, en vatios, por metro cuadrado a través de la fachada.

## Flujo de calor

En cuanto a las pérdidas de calor, la simulación de la propuesta de rehabilitación mejora notablemente el comportamiento con respecto a la hipótesis anterior, aunque en los encuentros habrá que prestar especial atención para resolverlos.

## Humedad

Excepto en cubierta, no parece haber mejorado el porcentaje de humedad, es más, parece que se ha vuelto más crítico, especialmente en los encuentros del muro con el forjado inferior y donde se apoya la estructura de cubierta, por lo que también habría que trabajar en los detalles para evitar posibles problemas.

## Flujo de vapor

El comportamiento en cuanto a flujo de vapor ha mejorado de manera general, empeorando en la cara interior de la envolvente. A veces los detalles y la adición de nuevas capas pueden no lograr los resultados deseados, es entonces cuando hay que afinar el detalle.

Por ejemplo, en este caso el aislamiento parece insuficiente, habrá que ajustar en la propuesta qué espesor sería el adecuado. El cerramiento de la sección no cuenta con barrera de vapor ni cámara de aire que permita la evacuación del vapor, quizás la incorporación de esto al detalle ayude a mejorar su comportamiento.



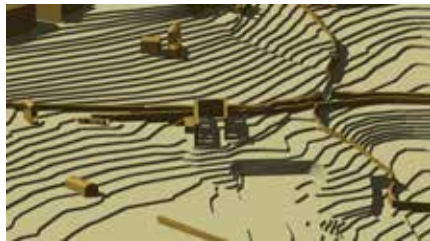
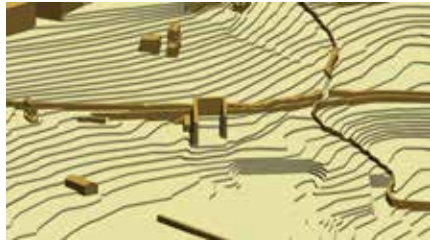
## 15.7. Aproximación al lugar a través del soleamiento con la herramienta Sketch Up

En último lugar, aprovechando que se tiene un modelo esquemático 3D en SketchUp de la vivienda y de su entorno (elaborado por Felipe Málvarez), se hace un análisis inicial del soleamiento, sin árboles. La edificación tiene sus fachadas más largas en dirección norte-sur, giradas 9° al noroeste. Como cabría esperar, antes del mediodía el sol incide en la fachada este y sur. Alrededor del mediodía, cuando el sol está más alto y tiene más fuerza, éste incidiría más en la zona de cubierta y en la fachada sur, siendo esta fachada la de menor superficie, lo cual podría hacer llevar más llevadero los efectos del sol en este tramo del día en verano. Cuando el sol empieza a descender, la parte más expuesta pasa a ser la oeste. La construcción funciona casi como un eje vertebrador que separa zonas de sol y sombra, zonas con mayor y menor temperatura, a lo largo del día.

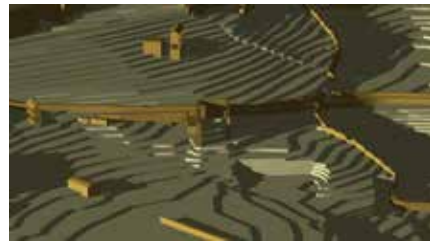
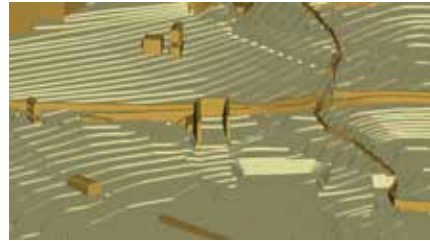
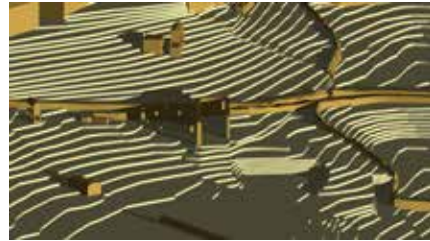
Esta dualidad podría jugar a favor a la hora de elegir hacia donde abrirnos desde la vivienda, ventilar de forma natural a elección de los habitantes para renovar el aire de la casa cuando es necesario y según convenga, y ajustar su confort higrotérmico, tanto dentro como fuera de la casa. En invierno, las horas de sol son muchas menos por lo que la captación solar pasiva se hace imprescindible.

En las figuras 84 y 85 se muestran unas imágenes del soleamiento con la vivienda una vez recuperada su forma, de manera muy simplificada, y facilitando la captación solar mediante superficies vidriadas al sur. Una vez se tenga la distribución interior, tabiquería y forjados, se podría estudiar más en profundidad, en sección, cómo afectaría la incidencia del sol a los espacios internamente a través de las fachadas, teniendo en cuenta el ángulo y la altura del sol según la hora y la época del año, para poder saber si realmente se necesitan mecanismos de control solar y qué tipos serían los más apropiados para las diferentes fachadas.

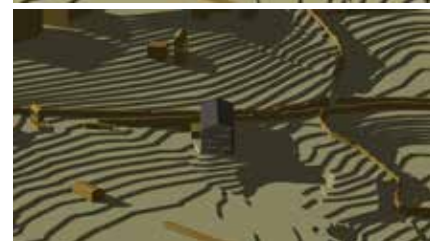
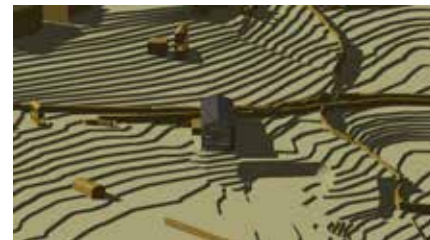
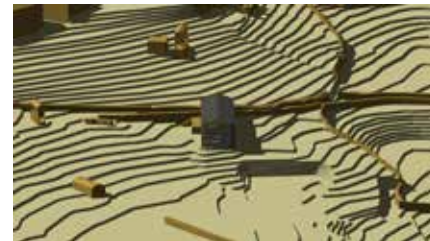
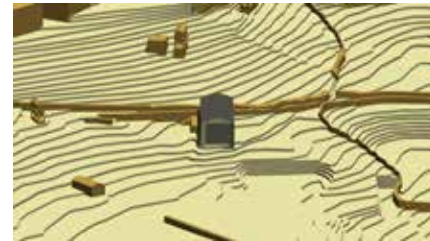
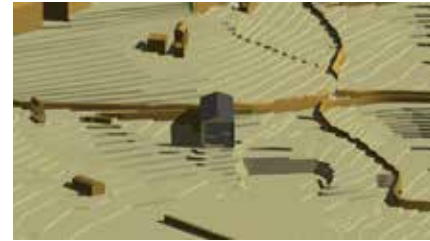
**Estado actual.** De arriba a abajo: 09:00, 12:00, 16:00, 17:00 y 18:00  
Verano, junio



Invierno, diciembre



**Estado futuro posible.** De arriba a abajo: 09:00, 12:00, 16:00, 17:00 y 18:00  
Verano, junio



Invierno, diciembre

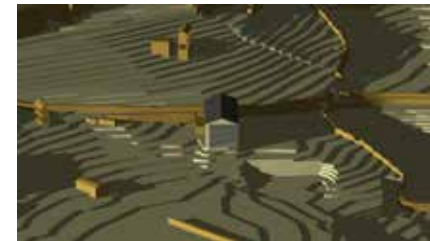
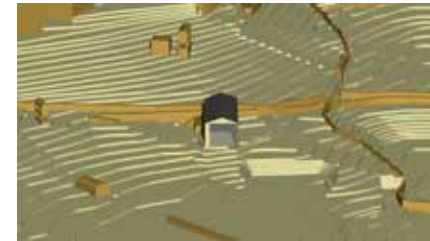
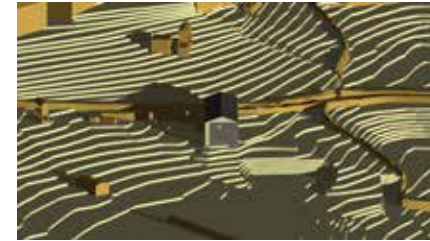


Fig. 84 Capturas de Sketch Up sobre modelo (Elaboración propia)

Fig. 85 Capturas Sketch Up sobre modelo de (Elaboración propia)

## 15.8 Resumen final de las pautas y estrategias resultantes del uso de las herramientas de análisis

Después de haber hecho el análisis de las características climáticas del lugar de estudio así como de los trazos básicos de la construcción objeto de intervención con diferentes herramientas y aproximaciones, diferentes decisiones proyectuales podrán derivar de las estrategias que resultan de las simulaciones y estudios anteriores.

A partir de los resultados de Climate Consultant, las mejores estrategias pasivas serían las de ganancias de calor interno, las ganancias solares pasivas directas en zonas de baja masa o espesor y las ganancias solares pasivas directas en zonas de gran masa o espesor. Para ello, debería intentarse que la edificación rehabilitada tenga una baja demanda de energía aprovechando la energía sobrante producida por las cargas internas como por ejemplo ordenadores, personas, la cocina y demás, y evitar que se pierda. Además, el diseño debería ser el adecuado para intentar garantizar una correcta ejecución de la construcción sin puentes térmicos ni filtraciones, con una forma lo más compacta posible.

A lo anterior habría que añadir la necesidad de fomentar la captación de la radiación solar a través de elementos constructivos como la cubierta, paramentos verticales y superficies vidriadas; intentar que esa energía quede en la edificación acumulada a través elementos con masa térmica, empleando materiales que sean capaces de acumular energía (como, por ejemplo, el

hormigón o el gres), sobre todo en los puntos cercanos a las ventanas y/o en las jambas de los huecos para almacenar el calor producido por la radiación solar a través de la masa. Como estrategia activa, se puede añadir el calefactar. Si atendemos a los resultados de la Guía de arquitectura pasiva para viviendas en Galicia, dado que nos encontramos en la zona 5 del mapa de termicidad estival, habría que protegerse del sol, evitando un exceso de soleamiento en el periodo estival y luchando contra esa termicidad estival mediante la disipación de energía, sobre todo nocturna. Existen diferentes maneras de disipar energía en una vivienda. La más cómoda de todas ellas es la ventilación natural, pero también podría plantear el uso de muros o forjados activos, por ejemplo, muros con masa donde se puede hacer circular el aire de noche sin que el usuario lo perciba en el interior; o utilizar el mismo sistema que usaban las viviendas antiguas, los faiados. La manera de luchar de las casas tradicionales en Galicia contra el frío en invierno y el calor en verano eran los faiados, es decir, bajo cubierta no habitados. Muchos tenían, y tienen, pequeñas ventanas en los hastiales. En verano, las abrían y entonces de noche cuando el aire exterior más frío entraba y el aire caliente de la casa subía, se generaba un movimiento de aire que hacía que el calor de las casas se disipase por ahí, era una manera de refrigerar. En invierno, se cerraban esas ventanas y el faiado se convertía en un aislante, esa cámara de aire bajo cubierta aislaba a la casa del frío.

En el caso que nos ocupa, la estrategia que más interesa aplicar es la primera, la ventilación natural, ya que también se quiere aprovechar el espacio bajo cubierta al no disponer de un volumen muy amplio, descartando como opción tener un fayado, pero teniendo en cuenta que una cubierta ventilada también podría ser una buena opción.

En cuanto a los resultados del Envimet, expuestos con más detalle a lo largo de los apartados anteriores, se concluye que el microclima donde se ubica la vivienda es bastante estable y propicio para erigir una vivienda, y se obtienen una serie de directrices donde poner el foco y/o estrategias favorables a seguir a la hora de desarrollar el proyecto de vivienda y realizar su mantenimiento, como son: el empleo de disipación nocturna mediante ventilación cruzada, prestar especial atención a los posibles problemas derivados de las humedades, importancia de renovar el aire interior, hacer hincapié en mantenimiento de la fachada oeste por estar más expuesta, y tener en cuenta el impacto de la radiación solar a la hora de captarla o protegerse de ella.

Del HTflux, del estado previo se obtiene que los muros de granito, debido a su gran espesor retienen bastante bien el calor interior, se debe prestar atención a la posibles pérdidas de calor por cubierta o las derivadas de posible puentes térmicos, también al encuentro de la construcción con el

terreno y los encuentros de los diferentes elementos constructivos entre sí como muros y forjados, a zonas donde potencialmente se puedan retener humedades, la zona en contacto con el terreno y en cubierta. Todas estas conclusiones confirman lo que ya algunos autores y autoras habían venido recogiendo en sus trabajos y estudios como, por ejemplo, García Lasanta citada anteriormente.

En cuanto a la propuesta, HTFlux da pistas sobre qué detalles hay que revisar y mejorar a la hora de realizar la propuesta, destacando principalmente la necesidad de mejorar del aislamiento térmico y de reducir los puentes térmicos.

Para finalizar, del Sketch Up se concluye que la captación solar en paramentos verticales tendría más efecto en las fachada sur y oeste y se confirma que la vivienda actúa como eje entre diferentes ambientes, cuando una de las fachadas en sentido longitudinal está en sombra, la fachada opuesta está expuesta a la radiación solar y viceversa, lo que permite ajustar el ambiente interior de la vivienda según se abra hacia un lado u otro para ventilar.

## 16. REFLEXIONES SOBRE LAS INSTALACIONES, ENERGÍA Y OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS

Intentar recuperar el volumen inicial de la edificación preexistente, manteniendo su tipología y apariencia y, al mismo tiempo, introduciendo nuevos elementos constructivos e instalaciones que den respuesta a las necesidades y exigencias actuales de confort, es un desafío, sobre todo cuando la intención es su integración en una vivienda tradicional que, aún en ruinas, nunca fue pensada para albergarlas. Por ello, es importante reflexionar sobre cómo abordar esta cuestión, los sistemas de instalaciones a implementar, los espacios necesarios para ellos y su trazado.

### Cuestiones generales

Como acabamos de ver en el apartado anterior, el funcionamiento y consumo energético del edificio se pueden mejorar prestando atención a cosas sencillas, como la orientación y el clima. Minimizar el consumo de energía es, por tanto, posible al usar las ventajas del entorno, sobre todo con la implementación de sistemas tradicionales, es decir, que se han venido usando a lo largo de la historia, como es el caso de la ventilación natural o el aprovechamiento de la luz natural, que simplemente necesitamos adaptar y aprovechar con las mejoras que hoy suma la tecnología.

Por tanto, como objetivos de partida de la rehabilitación, las nuevas instalaciones se deben plantear en función de las características concretas del edificio como son orientación, factor de forma, aislamiento e inercia térmica, infiltraciones de aire, posibilidad de iluminación y ventilación natural, características de los materiales, sistemas constructivos y estructurales, microclima, etc. Si planteamos como premisa la autosuficiencia energética de nuestra arquitectura rehabilitada deberíamos tener en cuenta sistemas pasivos (orientación, aislamiento, protección solar, inercia, etc.) y sistemas

activos, producción de algún tipo de energía (fotovoltaica, solar térmica, etc.).

La clave de la rehabilitación energética en un edificio existente estará en encontrar un equilibrio entre conseguir la inercia térmica adecuada al uso y no destruir el valor del edificio que se quiere mantener, tratar de reducir la demanda y conseguir el mejor rendimiento posible de las instalaciones.

La mejor manera de ahorrar energía es diseñar edificios minimizando su demanda energética, independientemente de las instalaciones, e idealmente que las fuentes energía provengan de fuentes renovables. Para conseguir ahorro energético es fundamental saber manejar los sistemas de instalaciones implementados en el edificio, saber mantenerlos, para poder sacar el máximo rendimiento posible de los mismos.

Cuando los sistemas son muy complejos puede que se necesiten sistemas inteligentes o técnicos especialistas que los manejen. En cualquier caso, los sistemas de ahorro de energía requieren optimizar los consumos y cierta producción. Es muy importante que el usuario final del edificio sea consciente de la repercusión de su labor a la hora de conocer el funcionamiento de los sistemas que ayudan a su confort y cómo mantenerlos, además de revisar sus hábitos de consumo de energía.

Una manera de reducir el espacio que ocupan las instalaciones es incorporarlas a elementos constructivos con grandes superficies de intercambio, como divisiones verticales y horizontales, pero también es cierto que esto requiere el uso de elementos más sofisticados. Hay que valorar como siempre las opciones para poder tomar decisiones.



## Planteamiento inicial de instalaciones: estrategias activas

Una vez que se conozcan las prioridades de los propietarios se planteará un programa y un sistema de instalaciones acorde a sus necesidades. El deseo inicial es conseguir que la casa funcione de la manera más sencilla posible, que las instalaciones sean de fácil manejo, control, uso y mantenimiento, teniendo que lidiar con la menor cantidad posible de artefactos.

Según la figura 86, suponiendo que la nueva vivienda tuviera unos 140 m<sup>2</sup>, las instalaciones podrían llegar a ocupar desde un 1,85% hasta 5,89% del espacio, entonces estaríamos hablando de unos 2,59m<sup>2</sup> hasta 8,25m<sup>2</sup>, más el espacio por donde pasaría la instalación de ventilación mecánica (tubos de unos 80-100-120mm), de obligado cumplimiento.

Para trazar un planteamiento inicial de las instalaciones se seguirá la metodología vista en el máster, estableciendo en primer lugar las prestaciones que se proponen para la vivienda rehabilitada y, a continuación, haciendo una exposición de las instalaciones existentes, una propuesta de las nuevas que se quieren implementar y, finalmente, de su organización espacial.



Fig. 86 Gráfico de ¿Cuánto ocupan las instalaciones en un edificio? 2006 (TIRI, MURA 2021)

## Prestaciones

No hay cambio de uso general en la edificación pero se pretende pasar de una vivienda rural tradicional en ruinas a una vivienda rural actual con capacidad para acoger a una familia de cuatro personas. Los objetivos prestacionales que se buscan son los que se relacionan a continuación:

- Mejora de accesibilidad a la parcela, tanto peatonal como en vehículo, urbanización.
- Mejora de la funcionalidad, adaptación a las demandas actuales de vivienda y cambios normativos. Nuevos estándares de confort e higiene.
- Dignificación de los espacios a la vez que se mantiene la geometría de la construcción preexistente.
- Mejora de la envolvente y estructura, deterioradas por el abandono sufrido por la vivienda durante muchos años, obsoletas por haber sido construidas con técnicas constructivas que se dejaron de utilizar y que no se adaptan a las nuevas ni a requisitos normativos, y a la que le faltan partes también.
- Asegurar el confort en general, garantizar un buen acondicionamiento higrotérmico y calidad del aire interior.
- Nuevas dotaciones técnicas de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS), energía solar, etc.
- Conexión a las redes de abastecimiento municipales.
- Actualización del entorno y parcela.

## Instalaciones existentes

Al estar en suelo rústico la parcela en la que se encuentran las preexistencias, el lugar cuenta con alumbrado público, red de suministro de aguas municipales y no existen redes de saneamiento ni de alcantarillado públicas. En un principio la idea sería poder engancharse a estos servicios obteniendo los permisos pertinentes del Ayuntamiento.

## Instalaciones a implementar

En base a las prestaciones que se buscan y a las instalaciones existentes, una primera propuesta de las instalaciones a proyectar incluiría las siguientes:

- Instalación de calefacción
- Instalación de ventilación mecánica con recuperador de calor
- Instalaciones de fontanería y ACS
- Instalaciones de saneamiento (fitodepuración para aguas grises y fosa séptica)
- Instalaciones de drenaje y recogida de agua
- Instalación de televisión
- Instalación eléctrica

Conseguido lo anterior, pasaríamos de una vivienda preexistente sin ninguna instalación, a una rehabilitada en la que se integran todos los sistemas arriba indicados. Uno de los retos a los que deberá enfrentarse el proyecto será el de dotar a la vivienda de todos los servicios necesarios en el volumen reducido de la arquitectura tradicional, cumplimiento la normativa actual y respetando los valores reconocidos en la pieza y su entorno.

## Criterios espaciales

Se plantea que las nuevas instalaciones puedan discurrir por los diferentes elementos constructivos. Las conexiones y trazados verticales irán por el nuevo trasdosado interior de los muros y por la tabiquería. Las redes horizontales transcurrirán por los forjados y falsos techos. También será necesario la reserva de un cuarto donde poner los equipos que requieran más espacio.

Todas las instalaciones deberán instalarse de manera que se facilite su registro, mantenimiento y reparación. A la hora de plantear las instalaciones es bueno tener en cuenta todos estos aspectos pero hay que ser conscientes de las variaciones que pueden surgir durante el proceso constructivo y/o a la hora de tramitar y obtener las licencias necesarias.

Conocer las instalaciones necesarias y lo que ocupan antes de afrontar la definición del proyecto de rehabilitación es imprescindible para controlar el impacto que tendrán en la respuesta. También estar en control de los plazos de trámites y su ejecución, garantiza poder responder con una mayor flexibilidad y un mayor margen de maniobra ante los posibles imprevistos.



## 17. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

BROTO, Carles (2005). *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. Tomo 2. Materiales I (pétreos, cerámicos y madera). Barcelona: Links.

CAAMAÑO SUÁREZ, Manuel (2006). *Las construcciones de la arquitectura popular. Patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules de Ediciones.

Código Técnico de la Edificación (CTE)

<https://www.codigotecnico.org/>

DÍAZ MORENO, Cristina y GARCÍA GRINDA, Efrén. Aprender a vivir de otra manera. *El Croquis* 2010/2020 HARQUITECTES, 203.

FOSTER, Norman Foster + Partners (2003). Architecture and Sustainability. <https://www.fosterandpartners.com/media/546486/essay13.pdf>

GARCÍA LASANTA, M<sup>a</sup> Dolores. Blog de arquitectura bioclimática. <https://abioclimatica.blogspot.com/>

GIEBELER, Georg (2008). Metodología de planificación para proyectos de rehabilitación. *Detail: revista de arquitectura y detalles constructivos*, 2, 208-214.

Guide for the Structural Rehabilitation of Heritage Buildings (2010). CIB Commission.

Instituto Galego de Vivenda e Solo, 2017. *Guía de arquitectura pasiva para viviendas en Galicia*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Consellería de Infraestruturas e Vivenda.

<https://libraria.xunta.gal/es/guia-de-arquitectura-pasiva-para-viviendas-en-galicia>

Instituto del Patrimonio Cultural de España. *La mirada experta. Los proyectos de conservación-restauración del Instituto del Patrimonio Cultural de España*

<https://ipce.culturaydeporte.gob.es/difusion/videos/20200605-mirada-experta.html>

LLANO CABADO, Pedro de (2006). *Arquitectura popular en Galicia, razón y construcción*. A Coruña: Edicións Xerais de Galicia.

LLANO CABADO, Pedro de (2019). *Arquitectura popular en Galicia*. A Coruña: Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia. Edición revisada de los dos libros de Arquitectura Popular en Galicia publicados por primera vez en 1981 y 1983.

Ley 5/2016, de 4 de mayo, del patrimonio cultural de Galicia.

<https://bit.ly/39r7XMs>

Ley 2/2016, de 10 de febrero, del suelo de Galicia.

<https://bit.ly/3NW0JiG>

RIVERA BLANCO, Javier (2008). *De varia restauratione. Teoría e historia de la restauración arquitectónica*. Madrid: Abada editores.

SERER FIGUEROA, Marcos (2006). *Gestión integrada de proyectos*. Ediciones UPC.

SERRA, Rafael y COCH Elena (1995). *Arquitectura y energía natural*. Ediciones Universitat Politècnica de Catalunya.

SERRA, Rafael (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

A continuación, se relaciona el software utilizado en el desarrollo de esta parte del trabajo en 2020-2022:

- Autocad
- ReCap Photo
- Dxo View Point 3
- Sketch Up
- Climate consultant
- ENVI-met, versión Lite
- HTflux

Fotografía de portada realizada por la autora: vista de la vivienda en ruinas desde la parcela, año 2020.



## 18. RELACIÓN DE FIGURAS

Fig. 01 Vista general del modelo 3D que representa el lugar de Gramil  
(Elaboración Felipe Malvárez y editado por la autora)

Fig. 02 Posible ámbito de actuación, vista del modelo 3D de la figura 01

Fig. 03 Ámbito de actuación escogido, vista del modelo 3D de la figura 01

Fig. 04, 05, 06 Imágenes extraídas con el programa ReCap Photo

Fig. 08 Planta baja ruinas vivienda (Elaboración propia)

Fig. 09 Planta alta ruinas vivienda (Elaboración propia)

Fig. 10 Alzado norte ruinas (Elaboración propia)

Fig. 11 Alzado oeste ruinas (Elaboración propia)

Fig. 12 Fachada norte ruinas, 2021 (Fotografía de la autora)

Fig. 13 Fachada oeste ruinas, 2021 (Fotografía de la autora)

Fig. 14 Alzado este ruinas (Elaboración propia)

Fig. 15 Alzado hórreo (Elaboración propia)

Fig. 16 Fachada este ruinas, 2021 (Fotografía de la autora)

Fig. 17 Inscripción hórreo, 2021 (Fotografía de la autora)

Fig. 18 Lesiones en la fachada norte, 2021 (Elaboración propia)

Fig. 19 Fotografías de la autora, 2020

Fig. 20 Lesiones en la fachada este, 2021 (Elaboración propia)

Fig. 21 Fotografías de la autora, 2020

Fig. 22 Lesiones en la fachada este, 2021 (Elaboración propia)

Fig. 23 Fotografías de la autora, 2020

Fig. 24 Construcción del muro Casa en Ullastret, Girona

(Díaz Moreno, Cristina y García Grinda, Efrén. Aprender a vivir de otra manera.

El Croquis 2010/2020 HARQUITECTES, 203, año 2019, página 202)

Fig. 25 Casa en Ullastret, Girona

(Díaz Moreno, Cristina y García Grinda, Efrén. Aprender a vivir de otra manera.

El Croquis 2010/2020 HARQUITECTES, 203, año 2019, páginas 194 y 195)

Fig. 26 Leon Battista Alberti (Imagen de Wikipedia, 2021)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Leon\\_Battista\\_Alberti](https://es.wikipedia.org/wiki/Leon_Battista_Alberti)

Fig. 27 Eugène Viollet-le-Duc (Imagen de Wikipedia, 2021)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Eug%C3%A8ne\\_Viollet-le-Duc](https://es.wikipedia.org/wiki/Eug%C3%A8ne_Viollet-le-Duc)

Fig. 28 John Ruskin (Imagen de Wikipedia, 2021)

[https://es.wikipedia.org/wiki/John\\_Ruskin](https://es.wikipedia.org/wiki/John_Ruskin)

Fig. 29 William Morris (Imagen de Wikipedia, 2021)

[https://es.wikipedia.org/wiki/William\\_Morris](https://es.wikipedia.org/wiki/William_Morris)

Fig. 30 Luca Beltrami (Imagen de Wikipedia, 2021)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Luca\\_Beltrami](https://fr.wikipedia.org/wiki/Luca_Beltrami)

Fig. 31 Camillo Boito 28 (Imagen de Wikipedia, 2021)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Camillo\\_Boito](https://es.wikipedia.org/wiki/Camillo_Boito)

Fig. 32 Gustavo Giovannoni (Imagen de Wikipedia, 2021)

[https://it.wikipedia.org/wiki/Gustavo\\_Giovannoni](https://it.wikipedia.org/wiki/Gustavo_Giovannoni)

Fig. 33 Examen médico (Imagen de Wikipedia, 2021)

<https://bit.ly/3tuEoAo>

Fig. 34 Brigada de cocina (Imagen de Wikipedia, 2021)

<https://bit.ly/3tBmjRo>

Fig. 35 Estudio de arquitectura (Imagen de Wikipedia, 2021)

<https://bit.ly/3zCAr0q>

Fig. 36 Línea de montaje de vehículos (Imagen de Wikipedia, 2021)

<https://bit.ly/3tuWRN5>

Fig. 37 Equilibrio con plato chino

<https://bit.ly/3aXL8Ac>

Fig. 38 Director de orquesta (Imagen de Wikipedia, 2021)

<https://bit.ly/3NRoZCv>

Fig. 39 Arquitectura popular en Pedrafita do Cebreiro, 2021 (Fotografía de la autora)

Fig. 40 Arquitectura popular en Pedrafita do Cebreiro, 2021 (Fotografía de la autora)

Fig. 41 Vivienda del Castro de Santa Tecla, 2022 (Fotografía de la autora)

Fig. 42 Zonas climáticas 2 y 3 de Galicia según García Lasanta (Elaboración propia)

Fig. 43 Ortofotografía del lugar de Gramil, 1956-1957 (Web PNOA, 2020)

Fig. 44 Estado actual de las ruinas, 2021 (Fotografía de la autora)

Fig. 45 Estado actual de las ruinas, 2022 (Fotografía de la autora)

Fig. 46 Parámetros del modelo ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Model (Captura del Climate Consultant, 2020)

Fig. 47 Ábaco psicométrico CC (Captura del Climate Consultant, 2020)

Fig. 48 Estrategias del CC (Elaboración propia)

Fig. 49 Ábaco psicométrico CC (Captura del Climate Consultant, 2020)

Fig. 50 Valores MET (Google imágenes, 2020)

<https://bit.ly/3HnExvq>

Fig. 51 Valores CLO (Google imágenes, 2020)

<https://bit.ly/3xO78H5>

Fig. 52 Datos del modelo ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Model (Captura del Climate Consultant, 2020)

Fig. 53 Cálculo y estrategias de mejora obtenidas del Climate Consultant, 2020 (Elaboración propia)

Fig. 54 Pautas de diseño obtenidas del Climate Consultant, 2020 (Elaboración propia)

Fig. 55 Metodología Requisitos Sostenibilidad (Instituto Galego de Vivenda e Solo, en adelante IGVS, 2017: 19)

Fig. 56 Relación entre las características del medio y sus soluciones constructivas (IGVS, 2017: 21)

Fig. 57 Cálculo compacidad (Elaboración propia)

Fig. 58 Mapa zonas, valores termicidad invernal y compacidad (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

<http://mapas.xunta.gal/visores/igvs/>

Fig. 59 Mapa zonas, valores radiación solar y orientación (Elaboración propia a

partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

<http://mapas.xunta.gal/visores/igvs/>

Fig. 60 Cálculo índice continentalidad (Elaboración propia)

Fig. 61 Mapa zonas, valores continentalidad y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

<http://mapas.xunta.gal/visores/igvs/>

Fig. 62 Cálculo índice continentalidad (Elaboración propia)

Fig. 63 Mapa zonas, valores termicidad invernal y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

<http://mapas.xunta.gal/visores/igvs/>

Fig. 64 Cálculo índice termicidad estival (Elaboración propia)

Fig. 65 Mapa zonas, valores termicidad estival y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

<http://mapas.xunta.gal/visores/igvs/>

Fig. 66 Cálculo índice de diurnalidad (Elaboración propia)

Fig. 67 Mapa zonas, valores diurnalidad y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

<http://mapas.xunta.gal/visores/igvs/>

Fig. 68 Mapa zonas, valores termicidad estival y puntuación (Elaboración propia a partir de Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, e IGVS, 2017)

<http://mapas.xunta.gal/visores/igvs/>

Fig. 69 Tabla resumen de zonas en mapas de la localidad de estudio (Xunta de Galicia, Información Xeográfica de Galicia, 2020)

<http://mapas.xunta.gal/visores/igvs/>

Fig. 70 Tabla de puntuaciones de la Guía

Fig. 71 Territorio objeto de estudio introducido en ENVI-met 100x100 metros (Elaboración propia)

Fig. 72 Captura 2D del modelo introducido en ENVI-met (Elaboración propia)

Fig. 73 Captura 3D del modelo introducido en ENVI-met, visto desde el noroeste (Elaboración propia)

Fig. 74 Capturas de ENVI-met tras realizar la simulación de verano, 2020 (Elaboración propia)

Fig. 75 Escala de Beaufort, Wikipedia (Elaboración propia)

Fig. 76 Capturas de ENVI-met tras realizar la simulación de invierno, 2020 (Elaboración propia)

Fig. 77 Capturas de ENVI-met tras realizar simulación verano, 2020 (Elaboración propia)

Fig. 78 Capturas de ENVI-met tras realizar simulación invierno, 2020 (Elaboración propia)

Fig. 79 Valores de radiación ENVI-met

Fig. 80 Sección hipótesis, 2020 (Elaboración propia)

Fig. 81 Sección propuesta, 2020 (Elaboración propia)

Fig. 82 Capturas HTflux tras la simulación de la hipótesis (Elaboración propia)

Fig. 83 Capturas HTflux tras la simulación de la propuesta (Elaboración propia)

Fig. 84 Capturas de Sketch Up sobre modelo (Elaboración propia)

Fig. 85 Capturas Sketch Up sobre modelo de (Elaboración propia)

Fig. 86 Gráfico de ¿Cuánto ocupan las instalaciones en un edificio? 2006 (TIRI, MURA 2021)

TIRI (materia del máster): Técnicas de intervención en rehabilitación de instalaciones.





