

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
E.T.S. DE ARQUITECTURA**

**BIOMIMETISMO ENTRE LOS ENDEMISMOS  
ARQUITECTÓNICOS Y TAXONES  
EN CANTABRIA**

**TESIS DOCTORAL**

**AUTOR**

**Dña. I. BEATRIZ INGLÉS GOSÁLBEZ  
Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid.**

**DIRECTOR**

**Dr. CÉSAR BEDOYA FRUTOS  
Doctor Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid.**

**Septiembre de 2015**



DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICA.  
E.T.S. DE ARQUITECTURA DE MADRID.

**BIOMIMETISMO ENTRE LOS ENDEMISMOS  
ARQUITECTÓNICOS Y TAXONES  
EN CANTABRIA**

**AUTOR**

**Dña. I. BEATRIZ INGLÉS GOSÁLBEZ**

**Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid.**

**DIRECTOR**

**Dr. CÉSAR BEDOYA FRUTOS**

**Doctor Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid.**

**Septiembre de 2015**





**POLITÉCNICA**

Tribunal nombrado por el Sr. Rector Magfco. de la Universidad Politécnica de Madrid, el día.....de.....de 20....

Presidente: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_

Suplente: \_\_\_\_\_

Suplente: \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día.....de.....de 20..... en la E.T.S.I. /Facultad.....

Calificación .....

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO



## **AGRADECIMIENTOS**

Tantas veces nos vemos perdidos en el transcurso de una tesis y más cuando las circunstancias de la propia vida nos llevan a postergar su finalización que sin el apoyo humano no hubiera sido posible esta conclusión.

A mi director de tesis, Cesar, por su paciencia y confianza depositada siempre en mi, por animarme año tras año y darme aliento, porque nunca vio la botella medio vacía de la documentación que le llevaba. Por su gran aportación profesional y experiencia.

A Santos Cirujano, del Real Jardín Botánico de Madrid, que me ofreció su apoyo profesional introduciéndome en el mundo de la botánica.

A Virginia Panicello, medioambientalista y amiga, que me ayudó a localizar y buscar el área geográfica más idónea para los objetivos que buscaba.

A mi hijo, Jorge que ya como arquitecto, me ha enseñado con paciencia las nuevas herramientas que he utilizado, que me ha padecido y ha sabido levantarme en la recta final con su apoyo incondicional. Por su gran calidad humana y de quien me siento muy orgullosa.

A Juan Carlos Perrote, profesor, compañero y amigo, porque siendo mi profesor en primero supo decirme la frase que me acompañó toda la carrera y la que me hizo superarme y no conformarme.

A Fernando, que me ha acompañado en este camino durante estos años y en los que ha sido mi hombro de apoyo y mi aliento y ha sabido siempre sacar lo mejor de mí.

A mi director de departamento, Dr. Arq. Oscar Liébana, por el apoyo y animo recibido, dentro y fuera de las aulas.

A mis compañeras de Universidad, Natalia y Susana, por soportarme en esta última etapa e inyectarme siempre positivismo con palabras de apoyo y sonrisas.

A mi madre y a mi padre, que aunque él no esté entre nosotros, estoy aquí gracias a ellos, a su esfuerzo, sacrificio, amor y comprensión en cada momento de mi vida, porque nunca dudaron de mí y soy lo que soy por ellos.





"Debemos aprender de las capacidades de otros habitantes de la tierra y emular las estrategias que han desarrollado durante miles de años de evolución."

Beatriz Inglés Gosálbez



## INDICE

<b>1. RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>3. ESTADO DEL ARTE . JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS E HIPÓTESIS</b>	<b>5</b>
<b>4. METODOLOGÍA</b>	<b>21</b>
<b>5. ENDEMISMO Y TAXONES</b>	<b>23</b>
5.1. ORIGEN DE ENDEMISMOS	24
5.2. TIPOS DE ENDEMISMOS	29
<b>6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA REGIÓN</b>	<b>33</b>
6.1. SITUACIÓN	33
6.2. COMARCAS NATURALES	34
6.3. MARCO GEOGRÁFICO	36
6.3.1. LITOLOGÍA Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA	36
6.3.2. RELIEVE	39
6.3.3. SUELOS	44
6.3.4. CLIMA	48
6.3.5. PISOS BIOCLIMÁTICOS	53
<b>7. BOTÁNICA. PRINCIPALES ENDEMISMOS Y ESPECIES DE ÁREA PREFERENTE</b>	<b>55</b>
7.1. SERIES DE VEGETACIÓN	55
7.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES ENDÉMICAS	60
7.2.1. AGOSTIS CURTISII	60
7.2.2. ALLIUM PALENTINUM	62
7.2.3. ANEMONE BALDENSIS	65
7.2.4. AQUILEGIA PYRENAICA	67
7.2.5. ARMERIA CANTÁBRICA	69
7.2.6. ARTEMISA CANTÁBRICA	71
7.2.7. CAMPANULA ARVATICA	73
7.2.8. CENTARIUM SOMEDANUM	75
7.2.9. CYTISUS CANTABRICUS	77
7.2.10. DABOECIA CANTABRICA	80
7.2.11. FESTUCA BURNATII	83
7.2.12. GENISTA LEGIONENSIS	86
7.2.13. GENISTA OBTUSIRRAMEA	89
7.2.14. JASIONE CAVANILLESII	92
7.2.15. LINARIA ALPINA	95
7.2.16. NERCISSUS ASTURIANENSIS	98
7.2.17. PETROCOPTIS GLAUCIFOLIA	100
7.2.18. POTENTILLA NIVALIS	102
7.2.19. SALIX CANTÁBRICA	104
7.2.20. SAXIFRAGA CANALICULATA	106
7.2.21. SAXIFRAGA CONIFERA	108
7.2.22. SEMPERVIVUM CANTABRICUM	110
7.2.23. VERONICA MAMPODRENSIS	112

<b>8. INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS EN LA VEGETACIÓN</b>	<b>114</b>
<b>8.1. PRECIPITACIÓN</b>	<b>115</b>
<b>8.2. RADIACIONES</b>	<b>117</b>
<b>8.2.1. RADIACIONES DE ONDA LARGA. TEMPERATURA</b>	<b>119</b>
<b>8.2.2. RADIACIONES DE ONDA CORTA. LUZ</b>	<b>120</b>
<b>8.3. VIENTO</b>	<b>121</b>
<b>9. INFLUENCIA DE LA GEOBOTÁNICA. LA SINTESIS BIOCLIMÁTICA DE LA VEGETACIÓN</b>	<b>123</b>
<b>10. CONSTANTES QUE RIGEN Y ORIENTAN EL DESARROLLO RÍTMICO DE LOS ENDEMISMOS VEGETALES</b>	<b>129</b>
<b>11. ARQUITECTURA. PRINCIPALES ENDEMISMOS Y TIPOLOGÍAS</b>	<b>139</b>
<b>11.1. CASA MONTAÑESA</b>	<b>144</b>
<b>11.2. CASA PASIEGA</b>	<b>151</b>
<b>11.3. CASA LITORAL</b>	<b>153</b>
<b>12. ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS ENDEMISMOS ARQUITECTÓNICOS EN CANTABRIA</b>	<b>155</b>
<b>12.1 ESTUDIO DEL CLIMA EN LAS DIFERENTES LOCALIZACIONES DE LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS</b>	<b>155</b>
<b>12.1.1. ESTUDIO DE CLIMA EN CABUERNIGA</b>	<b>156</b>
<b>12.1.2. ESTUDIO DE CLIMA EN PENAGOS</b>	<b>164</b>
<b>12.1.3. ESTUDIO DE CLIMA EN VEGUILLA</b>	<b>172</b>
<b>12.1.4. ESTUDIO DE CLIMA EN REINOSA</b>	<b>180</b>
<b>12.1.5. ESTUDIO DE CLIMA EN VEGA DE LIEBANA</b>	<b>188</b>
<b>12.1.6. ESTUDIO DE CLIMA EN LAS ROZAS DE VALDEARROYO</b>	<b>196</b>
<b>12.1.7. ESTUDIO DE CLIMA EN VEGA DE PAS</b>	<b>204</b>
<b>12.1.8. ESTUDIO DE CLIMA EN SANTANDER</b>	<b>212</b>
<b>12.2 SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE LOS ENDEMISMOS ARQUITECTÓNICOS EN CANTABRIA</b>	<b>220</b>
<b>12.2.1. SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE LA CASA MONTAÑESA</b>	<b>222</b>
<b>12.2.1.1. SIMULACIÓN EN EL INTERVALO DE OCTUBRE A MARZO</b>	<b>227</b>
<b>12.2.1.2. SIMULACION EN EL INTERVALO DE ABRIL A SEPTIEMBRE</b>	<b>232</b>
<b>12.2.2. SIMULACIÓN ENERGÉTICA LA CASA MONTAÑESA VARIANTE A</b>	<b>235</b>
<b>12.2.2.1. SIMULACIÓN EN EL INTERVALO DE OCTUBRE A MARZO</b>	<b>237</b>
<b>12.2.2.2. SIMULACION EN EL INTERVALO DE ABRIL A SEPTIEMBRE</b>	<b>239</b>
<b>12.2.3. SIMULACIÓN ENERGÉTICA LA CASA MONTAÑESA VARIANTE B</b>	<b>242</b>
<b>12.2.3.1. SIMULACIÓN EN EL INTERVALO DE OCTUBRE A MARZO</b>	<b>243</b>
<b>12.2.3.2. SIMULACION EN EL INTERVALO DE ABRIL A SEPTIEMBRE</b>	<b>244</b>
<b>12.2.4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA LA CASA MONTAÑESA VARIANTE C</b>	<b>245</b>
<b>12.2.4.1. SIMULACIÓN EN EL INTERVALO DE OCTUBRE A MARZO</b>	<b>246</b>
<b>12.2.4.2. SIMULACION EN EL INTERVALO DE ABRIL A SEPTIEMBRE</b>	<b>249</b>
<b>12.2.5. SIMULACIÓN ENERGÉTICA LA CASA MONTAÑESA VARIANTE D</b>	<b>251</b>
<b>12.2.5.1. SIMULACIÓN EN EL INTERVALO DE OCTUBRE A MARZO</b>	<b>253</b>
<b>12.2.5.2. SIMULACION EN EL INTERVALO DE ABRIL A SEPTIEMBRE</b>	<b>257</b>
<b>12.2.6. SIMULACIÓN ENERGÉTICA LA CASA MONTAÑESA VARIANTE E</b>	<b>261</b>
<b>12.2.6.1. SIMULACIÓN EN EL INTERVALO DE OCTUBRE A MARZO</b>	<b>263</b>
<b>12.2.6.2. SIMULACION EN EL INTERVALO DE ABRIL A SEPTIEMBRE</b>	<b>265</b>

12.2.7 SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE LA CASA PASIEGA	268
12.2.7.1. SIMULACIÓN EN EL INTERVALO DE OCTUBRE A MARZO	272
12.2.7.2. SIMULACION EN EL INTERVALO DE ABRIL A SEPTIEMBRE	276
12.2.8 SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE LA CASA LITORAL	280
12.2.8.1. SIMULACIÓN EN EL INTERVALO DE OCTUBRE A MARZO	286
12.2.8.2. SIMULACION EN EL INTERVALO DE ABRIL A SEPTIEMBRE	289
<b>13. ANALISIS DE LOS TAXONES ENDÉMICOS EN CANTABRIA</b>	<b>293</b>
<b>14. CONEXIONADO DE LOS ENDEMISMOS ARQUITECTÓNICOS Y TAXONES. PARAMETRIZACIÓN BIOMIMÉTICA</b>	<b>313</b>
14.1. ORIENTACIÓN	314
14.2. COEFICIENTE DE COMPACIDAD	316
14.3. COEFICIENTE DE PERFORACIÓN	325
14.4. DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO	331
14.5. DEMANDA ENERGÉTICA	337
14.6. ESTRATEGIAS PASIVAS	340
<b>15. RESUMEN DE CONCLUSIONES</b>	<b>351</b>
15.1. CONCLUSIONES	352
15.2. APLICACIONES. MANUAL DE LA HERRAMIENTA BIOVEG-CANTABRIA. BUSQUEDA DE LA FORMA ÓPTIMA	383
15.3. APORTACIONES	390
15.4. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	391
<b>ANEXOS</b>	<b>393</b>
1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	395
2. REFERENCIAS FIGURAS Y TABLAS	401
3. VOCABULARIO	409



## 1. RESUMEN

Es notoria la importancia de la naturaleza en la evolución de la arquitectura. Hasta la gran eclosión de la industria manufacturera y la mejora en las infraestructuras de comunicación, se podría decir que ambas corrían paralelas, para a partir de ahí dejar “congelada” la sabiduría popular y dar un salto a la globalidad, generando una situación de libertad arquitectónica prácticamente total, que independiza la construcción de su ubicación.

"El biomimetismo es esencialmente un campo de investigación interdisciplinar, una serie de colaboraciones entre botánicos, físicos, matemáticos, ingenieros y zoólogos; donde la rígida división entre disciplinas «puras» cede lugar a un área de investigación que apunta a generar tecnología inteligente (smarttechnologies), utilizando materiales o procesos que sean de alguna manera sensibles al medio ambiente." (M. Weinstock, 1998).

“La morfología de las plantas en los diferentes climas parece tener cierta analogía con la edificación, ya que algunas de las tensiones que inciden en su forma (tales como las variaciones de temperatura) corresponden de manera similar a las necesidades humanas.” (V. Olgyay 1963).

En el presente trabajo se han estudiado las especies endémicas que nos rodean, para poder leer a través de ellas millones de años de supervivencia en este entorno, con el fin de mimetizar sus respuestas. También se han estudiado diferentes tipologías de arquitectura vernácula y su simulación energética, con el propósito de evaluar la demanda energética óptima exigible.

A partir de una ubicación específica, la orientación, compacidad, perforación y las características de la envolvente son los elementos que más influyen en la demanda energética de una edificación. Tanto la forma como los materiales pueden ser mimetizados con la naturaleza.

En esta Tesis se han cuantificado los parámetros de diseño formales tomando como referencia las especies vegetales o la arquitectura vernácula, sin perder de vista los objetivos buscados por normativas o institutos en la reducción del consumo energético vinculado a la calefacción y ventilación.

## 1. ABSTRACT

The importance of the nature in the evolution of the architecture is well-known. Until the great burst of the manufacturing industry and the improvement in communication infrastructures, it would be possible to be said that both ran parallel, stops there from leaving "frozen" the popular wisdom and jump to the globalization, creating a situation almost complete architectural freedom, that it frees the construction of its location.

"Biomimicry is essentially an interdisciplinary field of research, a series of collaborations among botanists, physicists, mathematicians, engineers and zoologists; where the rigid division between "pure" disciplines gives way to an area of research that aims to generate intelligent technology (smarttechnologies), using materials and processes that are in some environmentally sensitive manner." (M. Weinstock, 1998).

"The morphology of the plants in different climates seems to have some analogy with the building, as some of the tensions that affect their form (such as the temperature variations) are similar to the human necessities." (V. Olgyay 1963).

In the present work, the endemic species that surround to us have been studied, to be able to read through them millions of years of survival in this environment, in order to mimic their answers. Also different types or popular architecture and their energy simulation have been studied, in order to evaluate the rate of energy optimum demand.

Orientation, compactness, perforation and characteristics of the envelope are the elements that influence more in the energy demand of a building. The shape and materials can be mimic with nature.

Each of them has been quantified in this work by reference plant species or popular architecture, without losing sight of the objectives sought by regulations or institutes about reduction in energy consumption.

## 2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

En muchas ocasiones profesionales me he enfrentado a un proyecto con una situación geográfica donde era difícil de conocer los datos climatológicos propios. Casi siempre las estaciones meteorológicas estaban ubicadas en lugares de microclimas muy diferentes a la situación de la parcela objeto de estudio. Solo con mirar a mi alrededor podía ver la diferencia en la vegetación.

Si bien hay programas de interpolación de los datos de estaciones circundantes, no dejan de ser datos aproximativos. Al trabajar con ellos, los elementos pasivos diseñados y sus estrategias, funcionaban en la simulación energética a través de un programa informático, pero en la realidad construida, los datos de medición mostraban variaciones debidas a los datos de partida. En ocasiones es impensable estar un año o más tomando datos climáticos propios del lugar. Primero porque dicha información es necesaria al comienzo del diseño del proyecto y el promotor tiene unos plazos que no contempla la espera de toma de dichos datos.

Una de las informaciones más veraces las podemos obtener de los lugareños, pero ¿quiénes están y han estado durante más tiempo sobreviviendo en esa zona y sin necesidad de sistemas técnicos?. La respuesta es sencilla, la naturaleza.

Desde que se originó la vida en el planeta tierra hace aproximadamente 3.500 millones de años, la naturaleza a evolucionado constantemente dando soluciones a cada cambio que se le presentaba. El ser humano representa un 1% del total de especies clasificadas, siendo el total sobre el planeta 8,7 millones según un nuevo estudio co-escrito por Derek Tittensor y Boris Worm con el programa de naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA). En principio la tierra firme estuvo desierta hasta hace 1.000 millones de años cuando algunas algas comenzaron a cubrir las superficies húmedas cercanas a la costa. Las especies vegetales invadieron la tierra firme hace 500 millones de años. Las plantas se extendieron creando una película verde "...desde los bordes de las aguas, otros organismos heterótrofos colonizaron este nuevo medio y se adaptaron a un mundo moldeado por la vida vegetal que los había precedido. En aquel entonces, las plantas ya suministraban alimento, alojamiento y sitios para reproducirse, tal como lo siguen haciendo en la actualidad." (Adriana Schnek, 2006). El primate más antiguo encontrado en las Montañas Rocosas, es el *Purgatorius*, tiene 70 millones de años. Hasta hace 15 millones de años en la familia de los homínidos o primeros humanos no comienza la evolución hacia el hombre actual.

Si tan solo somos el 1% de los que habitan la tierra, si surgimos 485 millones de años después a la tierra que la primera especie y somos la única especie que necesita de tecnología para adaptarse al medio ¿por qué no aprendemos del resto de especies?.

En la actualidad se está profundizando en el estudio de la naturaleza como modelo de desarrollo de tecnología sostenible medioambientalmente, lo que se llama biomimetismo. El biomimetismo es uno de los caminos de búsqueda como respuesta a la crisis energética y a la contaminación ambiental, problemas a los que nos enfrentamos después del despilfarro de combustibles fósiles. En los tiempos actuales

hay una necesidad de buscar nuevas formas de acondicionamiento pasivo con el fin de reducir los gastos energéticos en la edificación. Para ello, primero habría que reducir la demanda energética y posteriormente cubrir las necesidades energéticas con sistemas pasivos y renovables.

Desde hace años se está liberando el debate sobre los límites del consumo energético y su impacto en el medio ambiente. La orientación, la relación entre volumen y envolvente, la cantidad de huecos, los materiales, son parámetros que influyen directamente sobre la demanda energética anual en una edificación y los primeros que entran en el diseño conceptual. Cada uno de estos conceptos se necesitan cuantificar de la manera más eficiente energéticamente hablando y en consonancia con la situación geográfica.

El primer objetivo de esta Tesis es seleccionar y estudiar las especies vegetales con el fin de encontrar mejoras, optimización y comportamientos como respuesta al entorno aplicables a la arquitectura.

El segundo objetivo es cuantificar, de la manera más exacta, la demanda energética de acondicionamiento óptima exigible, a partir de la calificación de los parámetros de diseño iniciales, anteriormente mencionados.

Para ello se han estudiado:

- Las especies vegetales endémicas: sus características, sus adaptaciones biológicas y sus constantes ecológicas, la lectura e interpretación de las condiciones bioclimáticas de cada especie endémica.
- La arquitectura popular: sus características arquitectónicas, constructivas, estructurales y acondicionamiento térmico, la simulación energética de cada tipología de vivienda popular para conocer la demanda energética en período frío y en período cálido.
- Evaluación de cada elemento de la envolvente según la mimetización de las especies vegetales o la arquitectura popular, para cuantificar la demanda energética óptima alcanzable.
- Aplicación de los sistemas naturales a la arquitectura, proporcionando una reducción de la demanda energética de forma pasiva y óptima.
- Diseño de una herramienta, de fácil manejo y sin conocimientos previos, que incorpora la mimetización vegetal y evaluación de la demanda energética anual y parcial final de un diseño con solo conocer la ubicación. Una herramienta que sirva de guía en la fase inicial proyectual dentro de unos parámetros de diseño pasivo.

En resumen: **El objetivo de esta Tesis es profundizar en el conocimiento de los parámetros de diseño proyectuales iniciales, aprovechando la experiencia evolutiva de la Naturaleza, para reducir la demanda energética de calefacción y refrigeración, con el objeto de alcanzar un menor consumo de energía primaria.**

### 3. ESTADO DEL ARTE

El sector de la energía en las sociedades industrializadas es probablemente el factor económico más grande de la degradación del medio ambiente (Taller de expertos de la Agencia de Medio Ambiente USA (EPA) 21 de julio de 1992

Actualmente se está profundizando en el estudio de la naturaleza como modelo de desarrollo de tecnología sostenible, es lo que se llama biomimetismo. Bio significa vida y mimetismo significa imitar. El biomimetismo es el aprendizaje y la transferencia de las mejores ideas de la Naturaleza para resolver problemas humanos con el objeto de crear dentro de un marco más sostenible. Las bacterias, hongos, plantas o animales se convierten entonces en fuentes potenciales que ponen sus ventajas evolutivas al servicio de diseños humanos que no sólo reducirían su impacto, sino que su huella ecológica sería positiva, aportando oxígeno, nutrientes, etcétera. Por tanto el biomimetismo surge de una necesidad de encontrar nuevos sistemas, es el puente entre la biología y la arquitectura o ingeniería, que en ocasiones da solución directa a un problema existente mimetizando el proceso de la naturaleza, y en otras es la inspiración para resolver un problema de diseño recurriendo a la naturaleza como solución.

"El biomimetismo es esencialmente un campo de investigación interdisciplinar, una serie de colaboraciones entre botánicos, físicos, matemáticos, ingenieros y zoólogos; donde la rígida división entre disciplinas «puras» cede lugar a un área de investigación que apunta a generar tecnología inteligente (smarttechnologies), utilizando materiales o procesos que sean de alguna manera sensibles al medio ambiente." (M. Weinstock, 1998).

El ser humano no ha dejado nunca de observar a la naturaleza. Los primeros ejemplos gráficos de observación de la naturaleza con carácter científico se encuentra en los estudios de Leonardo Da Vinci sobre sus máquinas voladoras que imitaban las alas de los pájaros. También se pueden encontrar en las estructuras nervadas de las catedrales góticas.

La tradición literaria en Europa sobre la estrecha relación existente entre la naturaleza y las invenciones humanas, tanto en el arte como en diferentes áreas científicas, puede remontarse a 1870 con, entre otras, la obra "*Las enseñanzas de la naturaleza: la inventiva humana anticipada por la naturaleza*" del reverendo J.G. Wood (London, 1862 – Convery, 1923).

El término Biotécnica, es atribuido al arquitecto Frederick Kiesler (Ucrania 1.890 - EE.UU. 1.965) como disciplina que estudia la analogía entre la biología y la tecnología. "El debate gira alrededor de la forma como producto de la evolución, la forma óptima y única." (Philip Steadman, 1982). La forma ya no es a priori, se plantea para cada nuevo proyecto.

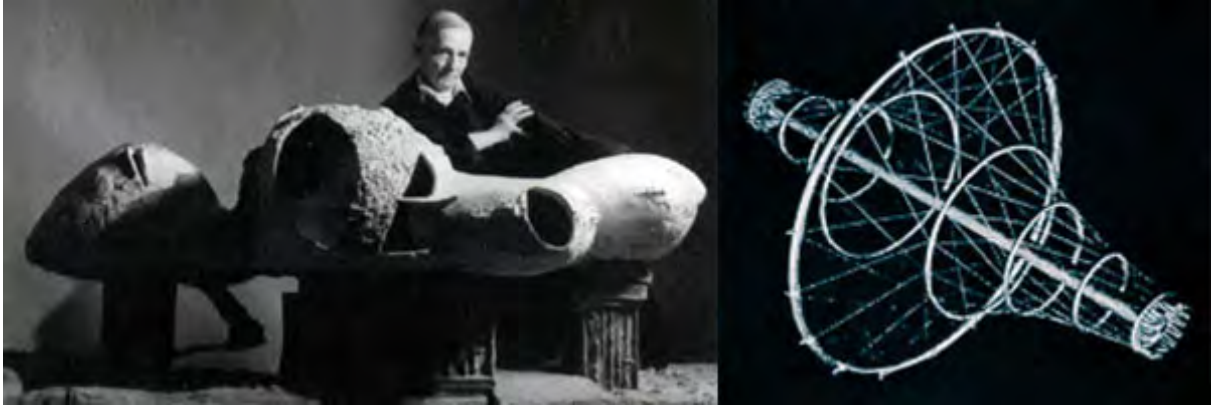


Fig. 238: Endless House 1961 del arquitecto Frederick Kiesler (fuente B. Kolarevic y A. M. Malkawi, "Performative architecture - Beyond Instrumentality", Spon Press, New York 2005). Modelo estructural experimental del ingeniero francés Robert Le Ricolais (fuente A. Juárez, "El arte de construir con agujeros", Revista OrbisTertius, Fundación SEK, N° 1, Mayo 2007).

"Lewis Mumford (EE. UU. 1895 - 1990) describe la arquitectura y el urbanismo biotécnico del futuro, cuyas características principales serían la flexibilidad y la abertura al cambio, ofreciendo así la posibilidad de crecer. En este caso la Biotécnica se propone como una solución a problemas mundiales, como la destrucción de ecosistemas, la polución o el suministro de energía. La imagen es de simplificar y liberar la vida urbana gracias a una tecnología biológica inspirada en modelo de economía de medios, en mecanismos fisiológicos y en el ingenio de las estructuras de los seres vivos." (P. Steadman, 1982).

Robert Le Ricolais (1.894 - 1.977 ), experimentó con la optimización de la estructura, con sus prototipos de vigas metálicas atirantadas. Ricolais estudia el esqueleto humano como economía de material, "..., un andamiaje estructural tridimensional que presentaba una curiosa síntesis entre estructuras trianguladas y láminas resistentes. En estas organizaciones espaciales se encerraba, para él, el futuro de las estructuras." (A. Juárez, 2007).

A mitad del siglo XX aparece el término Biomecánica, cuyo promotor es el ingeniero Yuan-Cheng Fung (Jiangsu, China, 1919). La biomecánica estudia las leyes de la mecánica aplicada a estructuras.


B. Fuller (1.895 - 1.983), fue uno de los primeros diseñadores, ingenieros, arquitectos, en la búsqueda de soluciones sostenibles desde 1930, inventando: automóviles de alta eficacia (el coche dimaxión), duchas de bajo flujo, casas eficientes, etc. Formó parte de pensadores que reconocían la belleza del diseño procedente de la Naturaleza y dedicó su vida a la búsqueda de la geometría fundamental de la naturaleza, a investigar el fundamento de las estructuras mínimas. Publicó los resultados de su trabajo en los volúmenes: Sinérgica I y II.

En la última década de 1.900 aparece una rama científica autónoma, la Biónica. La biónica se ocupa de la aplicación de soluciones biológicas a la tecnología. Se pueden encontrar ejemplos sobretodo en el campo de la medicina en las prótesis humanas. En el campo de la arquitectura y de la ingeniería trata la relación entre forma y función, profundizando en el dominio de la morfología funcional.

La optimización de la forma del edificio nos lleva a mirar y estudiar los procesos de generación de las formas naturales (morfogénesis). Se recuerda, en este sentido, la obra del arquitecto Frei Otto (Alemania, 1925 -2.015) por sus estructuras inspiradas en los fenómenos biológicos, como: la telaraña y sus estructuras tensadas; la investigación sobre la relación entre membrana neumática en la naturaleza y su aplicación tecnológica. En *“Fundamentos de una arquitectura del mañana”*, publicado en 1997, pone en evidencia cómo *«la conciencia ecológica es una novedad en el ámbito de la arquitectura; ha aparecido para proteger no sólo a los hombres, sino también la vida en su conjunto. (...). Si no conoce los procesos de la evolución de la forma, el arquitecto carece del control de su propio quehacer; debe conocer la diferencia entre lo que hace y lo que ocurre en los procesos autónomos»* (Publicado en *“Frei Otto. Conversación con Juan María Songel”*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona 2008).

Hasta este momento las aplicaciones llevaban a objetivos de: optimización, economía y eficiencia de la forma y estructura portante. En el escenario actual se incorporan los objetivos energéticos, crecimiento, sistemas y materiales, se buscan nuevas conexiones de relación de la sociedad humana con la naturaleza, ser parte del ecosistema.

Alberto T. Estévez resumen en un cuadro las bases de la arquitectura del pasado y lo que será el futuro inmediato (figura 236). El sistema formal lo define como organicizante. Forma compuesta por sistemas de interrelaciones que cumplen funciones especializadas con el fin de lograr un propósito común.



	Pasado clásico	Presente moderno	Futuro biodigital
<i>cronología</i>	...hasta el siglo XIX	siglo XX (y hasta hoy)	desde el siglo XXI...
<i>sistema formal</i>	verticalizante	horizontalizante	organicizante
<i>sistema estructural</i>	estructuras a compresión	estructuras a tracción	estructuras vivas (naturales y/o digitales)
<i>sistema material</i>	piedra, ladrillo, madera	hormigón, acero, plástico	ADN natural (vegetal, carne y hueso) y/o software digital
<i>sistema procesual o sistema de producción</i>	producción a mano una a una de piezas todas distintas	producción a máquina automatizada en series de piezas iguales	crecimiento natural y/o producción a máquina robotizada de piezas distintas

Figura 236. Resumen de la arquitectura del pasado, presente y futuro. ¿Hacia dónde evolucionará la arquitectura durante el próximo siglo? Cuadro realizado por A.Estévez, doctor Arquitecto.

Una de las precursoras actuales del biomimetismo es la bióloga Janine M. Benyus (1.958 - ). Benyus ha publicado diversos trabajos en el que presenta ejemplos de cómo el hombre puede orientar su tecnología para copiar los desarrollos de la naturaleza. Posee una consultoría, "Biomimicry Guild", co-fundadora del Instituto de Biomimética junto a Dayna Baumeister, y del programa "Innovation for Conservation". Benyus (2002) y cuyo libro "Biomimicry, innovation inspired by nature" hace referencia a la biomimesis como "echo-inventions" basado en el símil del eco sonoro usado como réplica de la invenciones de la naturaleza, y describe a la biomimética como "los hombres y mujeres exploran las obras maestras de la naturaleza y después copian sus diseños y procesos de producción para resolver nuestros propios problemas, esa búsqueda es la biomimética, la consciente emulación de la genialidad de la vida, la innovación inspirada en la naturaleza", su definición hace referencia a la gran capacidad de la naturaleza para resolver y de solucionar problemas.

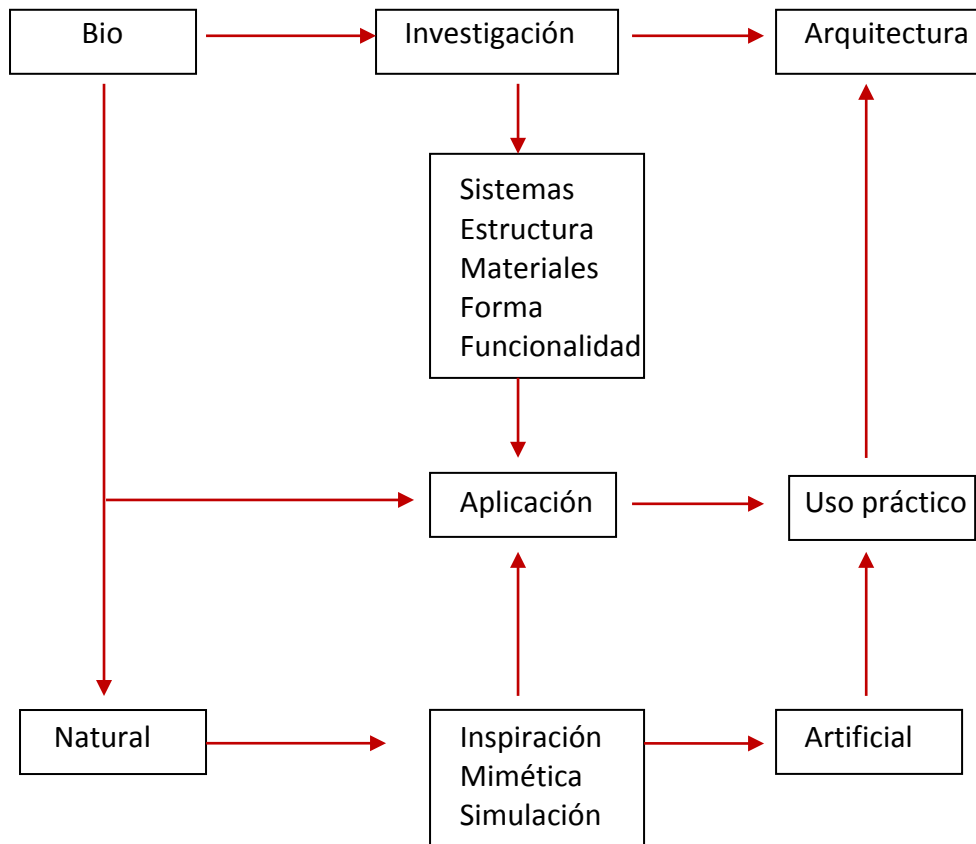
El campo de trabajo actual en la arquitectura es amplio, se trabaja con la forma, con los materiales, la estructura, la función, .... el objetivo es encontrar soluciones que lleven a una optimización de la energía producida y/o consumida bien de forma directa o indirecta.

La arquitectura biodigital, arquitectura genética digital, trabajar con "ADN" artificial (software), para la producción automatizada de la arquitectura digitalmente diseñada. Tanto el ADN como el software son cadenas de información, naturales o artificiales, que determinan el orden para un proceso de la forma, de autoorganización y crecimiento autónomo.

Uno de los arquitectos más influyentes en este campo es Dennis Dollens, de la firma de arquitectura biodigital "Exodesic Architecture" afincada en Santa Fe (EE.UU.) y Barcelona. Trabaja en el campo de la bio-observación, código generativo, y software de crecimiento para hibridación digital y formas de emergencia, superficies, y estructuras arquitectónicas donde células vivas son testeadas como componentes vivos de futuras superficies constructivas. Para desarrollar esta relación de la naturaleza con la arquitectura, Dollens, utiliza el programa Xfrog, el cual, simula estructuras mediante datos botánicos, que le permite la creación de archivos 3D capaces de representar características tales como la ramificación, los nervios, etc. El programa permite la modificación de los parámetros de crecimiento de las plantas, lo que hace posible creación y simulación de especies híbridas. Las geometrías generadas por Xfrog contribuyen a determinar el aumento térmico solar, el potencial fotovoltaico, la ventilación pasiva, la orientación óptima para la luz y las vistas. Sus propuestas no copian el aspecto de un árbol o ala de un pájaro, sino que expresan nuevos sistemas que pueden funcionar como la naturaleza. Es una arquitectura evolutiva a través de sistemas naturales, biomateriales sintéticos y diseño generativo. La idea no es que los edificios se vean como plantas, sino que consiste en entrelazar los algoritmos sobre la evolución de los vegetales con la arquitectura, lo que permite el diseño de edificios biomecánicos.

Otra línea de investigación que se une al biomimetismo, es la nanotecnología, que ha permitido aplicar las dinámicas naturales a una escala inferior llevando al desarrollo de nuevos materiales inteligentes.

La Naturaleza se ha desarrollado en un plazo de tiempo mucho más amplio que la cultura humana, han invertido más tiempo en su adecuación al entorno con ensayos y errores, logrando soluciones efectivas. La metodología usada en la observación y estudio de organismos, animales y plantas, se esquematiza en el siguiente cuadro:



Buena parte de la innovación tecnológica contemporánea contempla al medio ambiente, la ecología y la sostenibilidad como preocupaciones principales. La construcción es uno de los sectores más implicados, por lo que está formulando propuestas que afectan tanto a los materiales, elementos y sistemas, como al diseño y la concepción.

Se pueden encontrar actualmente varios focos de estudio, entre los que se destacan:

**Instituto Tecnológico de Georgia (Atlanta, USA)**

Michael E. Helm dirige las áreas de *Design Intelligence Lab*, *School of Interactive Comcas puting* y el *Center for Biologically Inspired Design*, desarrollando nuevas metodologías para el desarrollo de proyectos de diseño biológicamente inspirados.

## **ESARQ Escuela de Arquitectura de la Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona**

La línea de Investigación llevada es *Arquitecturas Genéticas*, "pone especial atención al nuevo proyectar cibernético-digital y ecológico medio ambiental, para desarrollar conceptos como genético y generativo, la idea de emergencia dentro del mundo natural y digital, biomímesis, bioaprendizaje, morfogénesis, etc. Experimentando con software de motor genético, procesos evolutivos, sistemas emergentes, algoritmos, con lo paramétrico, scripting, etc.". "Este grupo trabaja en una nueva mirada a la ecología y al medio ambiente introduciendo técnicas biológicas, buscando con medios digitales una fusión biodigital en arquitectura. Se centra en la relevancia que tienen los nuevos paradigmas digitales en el proceso de proyectar, en la arquitectura digital y en la arquitectura experimental más avanzada. Con esta línea se ha abierto un nuevo entendimiento de la arquitectura: un nuevo proyectar cibernético-digital y un nuevo proyectar ecológico-medio ambiental."

Una de sus investigaciones fue sobre bioluminiscencia para aplicaciones arquitectónicas: "Bio-lámpara, "batería" con bacterias bioluminiscentes que viven originalmente en peces abisales. En 2008, por primera vez en la historia de la arquitectura, sin necesidad de instalación eléctrica, toda una casa se iluminó de forma sistemática con la bioluminiscencia. Buscando la eficiencia de esta fase también introduce genes en otras bacterias no bioluminiscentes y plantas del grupo responsable de la bioluminiscencia en las bacterias mencionadas anteriormente." ([http://geneticarchitectures.weebly.com/research\\_group.html](http://geneticarchitectures.weebly.com/research_group.html)). Investigador principal Alberto T. Estévez.

## **Centre for Biomimetic and Natural Technologies, Department of Mechanical Engineerin de la Universidad de Bath (UK)**

Julian Vincent, biólogo responsable, identifica tres niveles distintos en los que los patrones pueden ser traducidos desde la biología a la arquitectura, haciendo hincapié en la importancia de reconocimiento de patrones en la transferencia de las derivaciones más abstractas, que demuestra que el mayor potencial de la biomimética radica en su aplicación para la resolución de problemas en lugar de la imitación directa de formas y formas biológicas.

## **Thayer school of Engineering at Dartmouth**

Cuenta con las siguientes líneas de investigación:

### *Biomaterials by freeze casting*

"El reto es sintetizar materiales que imitan la estructura y el rendimiento mecánico del tejido natural y permiten fuertes interfaces de implante de tejido. El objetivo es diseñar materiales compuestos de alto rendimiento con propiedades eficaces que simulan al tejido mineralizado natural. Todavía es difícil con la tecnología actual emular, en biomateriales sintéticos, estructuras compuestas de varios niveles jerárquicos que se cree que son el origen de la propiedad mecánica observada en materiales biológicos. Congelar como técnica de procesamiento para la fabricación de biomateriales, es una gran promesa." Investigador principal Ulrike G. K. Wegst.

#### *Biomechanics of Venus flytrap's rapid motion*

"El rápido movimiento de las plantas carnívoras como la Venus atrapamoscas, uno de los movimientos más rápidos del reino vegetal, ha sido ampliamente estudiado por biólogos, físicos, químicos e ingenieros desde el trabajo pionero de Darwin. El objetivo es investigar sistemáticamente la naturaleza asimétrica de cierre rápido de la Venus atrapamoscas en ambas escalas macroscópicas y microscópicas de las técnicas del estado de la técnica experimental, modelos teóricos y simulaciones numéricas. Los conocimientos adquiridos ayudará a caracterizar y modificar conductas mecánicas del atrapamoscas a través de la confección de las características, así como inspirar el diseño de dispositivos inteligentes, materiales y sistemas con morfologías conmutables." Investigador principal Zi Chen.

#### *Structure-property-processing correlations in ice-templated materials.*

"Se espera que los principales aportes de este trabajo impacten en una multitud de áreas de aplicación como biomateriales y andamios de tejido (por ejemplo, los nervios, huesos), materiales multifuncionales para la ingeniería arquitectónica y ambiental (por ejemplo, de infrarrojos que reflejan, térmicamente aislantes, materiales de blindaje electromagnético), diseño verde (por ejemplo, envases renovables), y la generación de energía y de almacenamiento (por ejemplo, biobaterías, pastillas de combustible nuclear)." Investigador principal Ulrike G. K. Wegst.

#### *Representation of model inputs and parameters using stochastic, time-dependent parameters*

"Se propone seleccionar unos parámetros del modelo de tiempo variable, tratándolos como procesos estocásticos en tiempo continuo. Se ha desarrollado una cadena de Markov Monte Carlo algorítmica, para la estimación Bayesiana de tales parámetros, conjuntamente con los otros parámetros constantes del modelo. El algoritmo consta de Gibbs de muestreo entre los parámetros constantes y variables en el tiempo usando un algoritmo de Metrópolis-Hastings para cada tipo de parámetro. Se ha probado el algoritmo utilizando un modelo climático global simple, donde los resultados muestran que el algoritmo se comporta bien, es computacionalmente tratable, mejora el ajuste del modelo a los datos, y proporciona estimaciones razonables sobre la mayor parte del período de simulación." Investigador principal Mark E. Borsuk.

#### **Delft University of Technology**

Llevar una línea de investigación *Design for Sustainability*. Explora nuevos territorios en el diseño y la sostenibilidad. Ha publicado el libro *Nature Inspired Design*, en este libro "se han estudiado diez empresas holandesas a la vanguardia del biomimetismo, con los conceptos de *cuna a la cuna* y el diseño para la economía circular." Investigador principal J.C. Diehl.

Otra línea de investigación es *Emerging Materials*. Donde se investigan nuevos materiales sostenibles llevados a distintos campos: a la arquitectura, a la industria, a la medicina, etc. Investigador principal Kaspar Jansen.

### **Design Innovation Milán**

Fundada en 1998 por Carmelo di Bartolo. Sigue una línea de investigación que gira en torno a la observación de la naturaleza y de las estructuras materiales del mundo animal y vegetal. Se trata de construir un modelo de referencia para la solución de un problema, sobre la base de la observación de los datos naturales. Profesor de la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad IULM de Milán y Facultad de Aménagement de la Universidad de Montreal (Canadá).

### **Centro de Investigación de Estructuras Naturales del Instituto Europeo de Diseño de Milán**

Carlo Bombardelli centra los estudios de diseño de un objeto, en el desarrollo de un sistema, de un proceso productivo, que presupone un cuadro de orientación global cuya validez va más allá de las ocasiones de diseño puntuales y no indica las soluciones, sino el camino conceptual que hay que seguir en la búsqueda de respuestas concretas.

### **Departamento de Ingeniería de Diseño Industrial y Fabricación de la Universidad de Zaragoza**

Luis Berges Muro e Ignacio López Forniés, investigan sobre modelos metodológicos de diseño conceptual con enfoque biomimético.

### **Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica de Puerto Rico**

Desde el 2011 en el taller de diseño *Biotectonic analogues in architecture*, investiga diversos diseños biológicos para definir estrategias de diseño arquitectónico adaptado al entorno. Inspirado por cavernas, bambú, palmas, hojas, corales, etc., sirven como modelos de estudio para mejorar la tecnología en las edificaciones.

Se pueden encontrar ejemplos construidos o como prototipos. A continuación se muestran algunos de ellos, en relación a la producción de energía y a la reducción del gasto energético.

#### **1. *Eastgate centre*. Edificio de oficinas en Harare, Zimbabwe, arquitecto Mick Pearce.**

Scott Turner, investigador de SUNY, estudiaron la habilidad de las termitas africanas, las *macrotermes michaelseni*, para mantener el interior de los termiteros a una temperatura y humedad constante, a pesar de estar situados en lugares con unas temperaturas entre los 3 °C y 42 °C. Estas termitas edifican sus termiteros teniendo en cuenta la termorregulación. Se orientan en el eje norte-sur, con una enorme chimenea que disipa el aire caliente y renovando el aire frío de la base, por medio de una red de conductos subterráneos que actúan como fuente de refrigeración. La regulación térmica es precisa y constante, varía en apenas un grado a lo largo del día, a pesar del cambio térmico en el exterior. Turner escaneó inicialmente los termiteros y creó un modelo tridimensional, que le llevó a la conclusión que el diseño podría aplicarse a un edificio.

Mick Pearce se interesó por las investigaciones de Turner y Arup Associates, debido a las características y emplazamiento del edificio de oficinas que le había

sido encargado. Los sistemas de acondicionamiento son costoso, deben de ser importados y son difíciles de mantener en África, por lo que el arquitecto optó por la refrigeración pasiva, lo que ahorró al promotor 3,5 millones de dólares.

La temperatura de Harare varía desde los 10 °C a los 40 °C. Con la aplicación de los principios de termorregulación de los termiteros, el edificio se mantiene fresco sin aire acondicionado y solo consume un 10% de la energía primaria empleada por un edificio convencional de oficinas de iguales características.



Figura 232. Eastgate Centre. [www.faircompanies.com](http://www.faircompanies.com)

2. *Portcullis House (PCH)*. Edificio de oficinas en Westminster, London, UK. arquitecto Michael Hopkins and Partners.

El proyecto TERMES, organizado por Rupert Soar en la universidad de Loughborough, ha escaneado digitalmente termiteros y creado modelos tridimensionales para estudiar en detalle los túneles y conductos de aire que gestionan la ventilación de gases, mantienen la temperatura y regulan la humedad de los termiteros. Este proyecto de investigación proporcionará patrones de refrigeración trasladables a la arquitectura.

El edificio de oficinas cuenta con hileras de altas chimeneas que son parte de un sistema de aire acondicionado, que extrae el aire mediante la convección natural, basado en el Centro Eastgate. La planta baja es un gran patio con velas metálicas suspendidas, decorado con árboles y dos estanques de agua, a modo de sumideros de frío.



Figura 233. Portcullis House. [www.en.wikipedia.org/wiki/Portcullis-House](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Portcullis-House)

3. *Arizona Tower*. EE.UU. Arquitecto Dennis Dollens.

El proyecto es una puerta abierta hacia las tipologías biorelacionadas, donde su forma arquitectónica se alinea con la botánica, reinterpretada y desarrollada mediante sistemas computerizados para la producción digital con materiales naturales, no tóxicos y biomiméticos. El proyecto es un entramado de ramas que se entrelazan creando una estructura autoportante. Las hojas se convierten en placas solares, bulbos a modo de vainas que se transforman en espacios arquitectónicos habitables o semillas que pasan a ser acumuladores de agua a través de los cuales se abastecerá a todo el edificio. Por otro lado, la existencia de una subred conformada por las propias raíces de los edificio permitiría el transporte no solo de agua sino también de información u otros suministros.

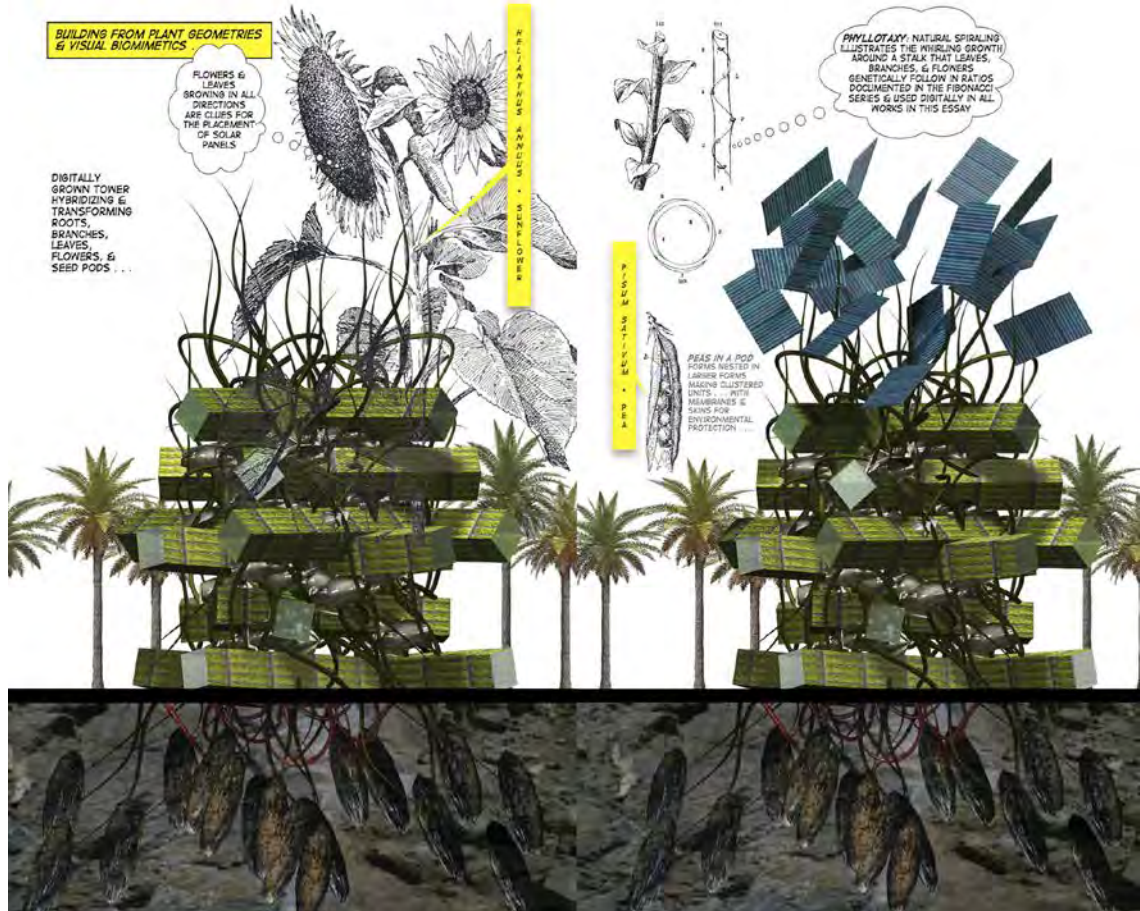


Figura 234. Arizona Tower. [www.faircompanies.com](http://www.faircompanies.com)

#### 4. *The Angeles Tower*. Arquitecto Dennis Dollens

El proyecto se estructura sobre un eje vertical y una piel independiente, fruto de la observación de las palmeras. En su interior se plantea una estructura arbórea que crece ramificándose. El tronco se envuelve con una piel a partir de un tejido biológico que permita la ventilación y transpiración como la piel de una almendra.

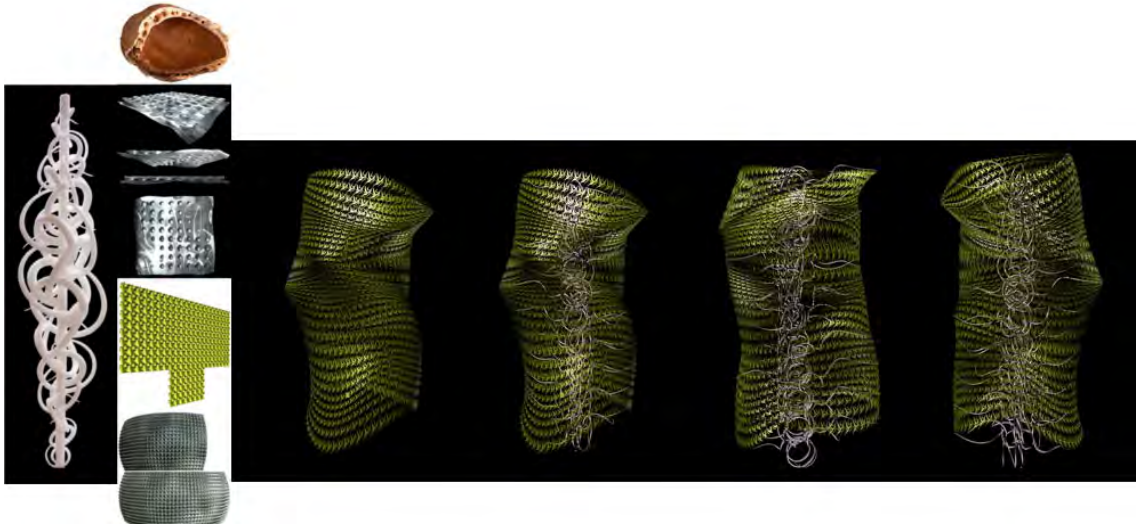


Figura 235. Angeles Tower. [www.compo3t.blogspot.com.es](http://www.compo3t.blogspot.com.es)

#### 6. *Edificio modelo cactus*. Ministerio de Asuntos Municipales y Agrícolas, Doha, Qatar. Arquitecto Aesthetics Architects CO.

El edificio imita a los cactus, que se cierran durante el día, cuando el calor es máximo, y respiran por la noche cuando el entorno se enfría. Su mimética no es la forma sino la superficie de la envolvente, con persianas inteligentes que se abren y cierran en función de la temperatura exterior. Paneles fotovoltaicos como ahorro energético. Soluciones innovadoras para la gestión y reutilización de aguas negras residuales de forma sostenible, reduciendo los gastos de tratamiento total sin sobrecargas del alcantarillado o uso de productos químicos.

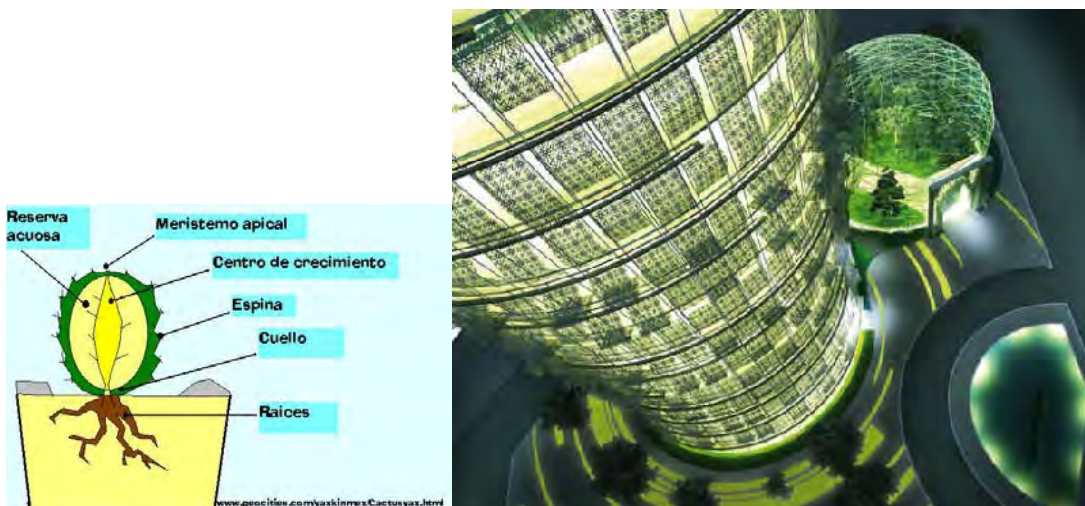


Figura 237. Edificio modelo cactus. [www.faircompanies.com](http://www.faircompanies.com)

7. *Parque de relajación de Torrevieja, Alicante. Toyo Ito & Associates.*

El capullo de una mariposa se produce por dos glándulas que forman una sustancia fibrosa parecida al pegamento, envolviendo el cuerpo de la oruga, y posteriormente al contacto con el aire se endurece. La crisálida carece de cobertura sedal, por lo que al endurecerse se genera una superficie lisa y transparente. Estos aspectos son lo que inspiraron para la construcción de este edificio.

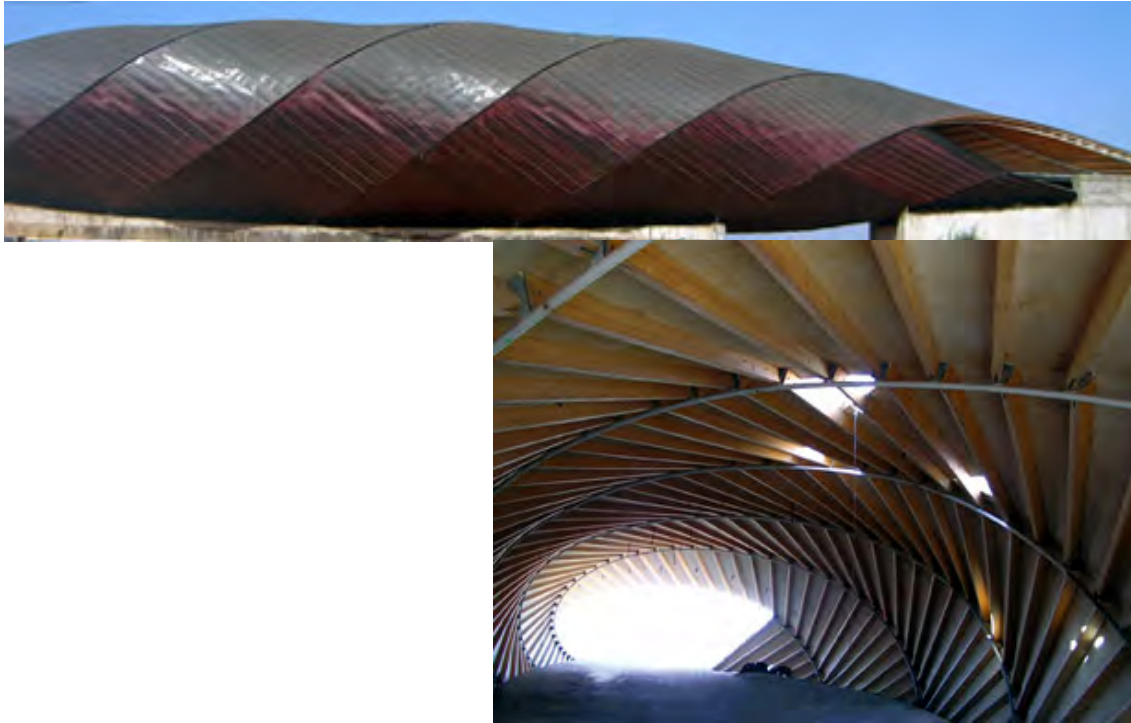


Figura 239. Parque de relajación en Torrevieja. [www.via.arquitectura.net](http://www.via.arquitectura.net)

8. *Conversión de polígonos industriales en un ecosistema industrial.*

Polígonos industriales que funcionan en un ciclo cerrado, que emulan los patrones de ecosistemas maduros como los bosques de secuoyas

Experiencias en el mundo:

Europa	Kalundborg (Dinamarca) Herning- Ikast (Dinamarca) Styria (Austria) Turku, Jyväskylä (Finlandia) Ora Eco- Park (Noruega) Rotterdam (Holanda) Value Park (Alemania) Toscana- Progetto Closed (Italia) Knowsley Park Londonderry Eco- Industrial Park (Reino Unido) Proyecto Aire & Calder (Reino Unido) Proyecto Catalyst (Reino Unido) Proyecto Prisma (Holanda) Proyecto Landskrona (Suecia) Vreten (Suecia) Proyecto Ecoprofit (Austria) Parc Industriel De L´Ain Sphere Ecoindustria D´Alsace (Francia) Sta. Perpetua Mogoda (Cataluña) Proyecto Cicle, Igualada (Cataluña) Proyecto Goitongo (Vizcaya).
--------	--

Canadá	Burnside The Bruce Energy Centre, Saul Ste. Marie (Ontario) Calgary (Alberta) Québec Montreal Nueva Escocia
Asia	Fujissawa (Japón) Naroda (India) Bugangan Baru (Indonesia) Calabarzon (Filipinas) Mat Ta Phut (Tailandia) Seúl (Corea Del Sur)
Estados Unidos	Triangle J (Carolina Del Norte) Fairfield (Baltimore, Maryland) Brownsville (Texas) Midlothian (Texas) Cape Charles (Virginia) Riverside (Burlington, Vermont) Civano (Tucson, Arizona) East Shore (California) Plattsburgh (Nueva York) Trenton (New Jersey) Redhills Ecoplex (Choctaw, Missisipi) Universidad De Yale (New Haven) Londonderry (New Hampshire) Chattanooga (Tennessee)
Centroamérica	Tampico (Tamaulipas, México) Arecibo (Puerto Rico)
América del sur	Zeri Project (Colombia, Brasil)
África	Zeri Project (Namibia)
Oceanía	Steel River (Australia) Monfort Boys Town Integrated Biosystem. (Suva, Fiji.)

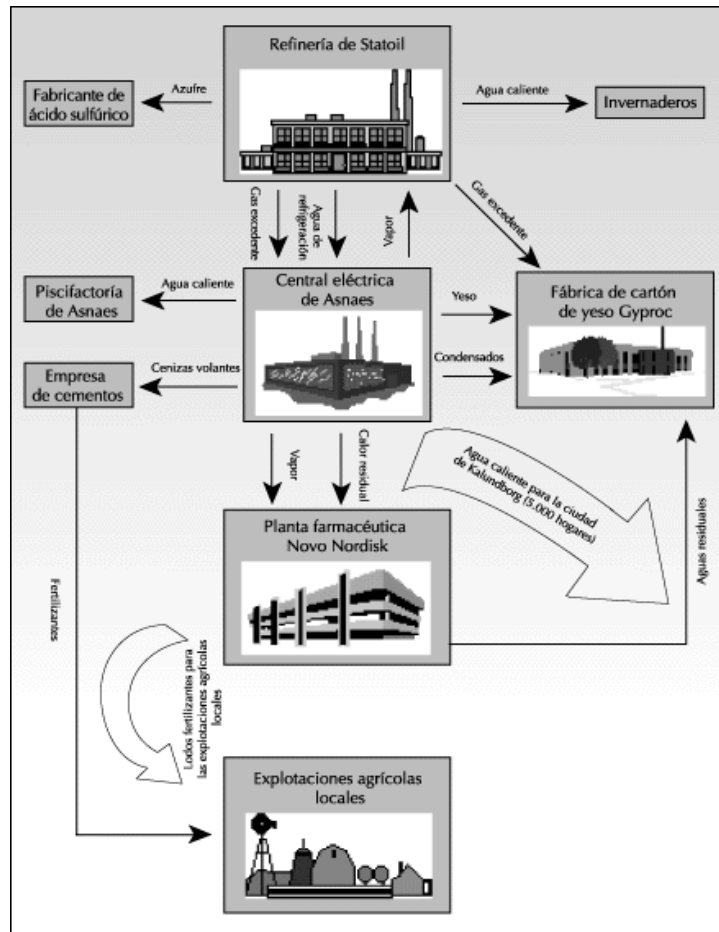


Figura 239. Esquema ecosistema industrial. Proyecto GOITONDO.

Actualmente se conoce que las formas en la naturaleza no son únicas y que hay una gran variedad de especies vegetales que a su vez han desarrollado múltiples tipologías de hojas, raíces, tallos, etc.

A pesar del tiempo, la búsqueda de la optimización en la arquitectura sigue siendo válida y necesaria.

## **Justificación**

Se puede concluir a la vista de lo expuesto en este capítulo que:

- No se han encontrado parámetros claros que cuantifiquen los elementos arquitectónicos que afectan directamente a la demanda energética de climatización de una edificación.
- Las prácticas existentes aun siguen investigando y buscando la optimización en la forma, materiales, estructura, función, organización.
- Conocer las adaptaciones biológicas más adecuadas trasladables a la arquitectura que permitan reducir el consumo energético .

**Por ello, considero oportuno continuar investigando en este ámbito desarrollando una metodología y patrón que nos permita conocer por medio de la mimetización cual es el mejor camino para reducir la demanda en climatización.**

## **Hipótesis**

Es posible que el estudio de las adaptaciones biológicas al entorno de los endemismos vegetales puedan ayudar a la reducción de la demanda energética de calefacción y refrigeración en la arquitectura.



#### 4. METODOLOGÍA

Para poder realizar esta Tesis, se deben planificar de forma ordenadas las distintas etapas y la información a obtener en cada una de ellas.

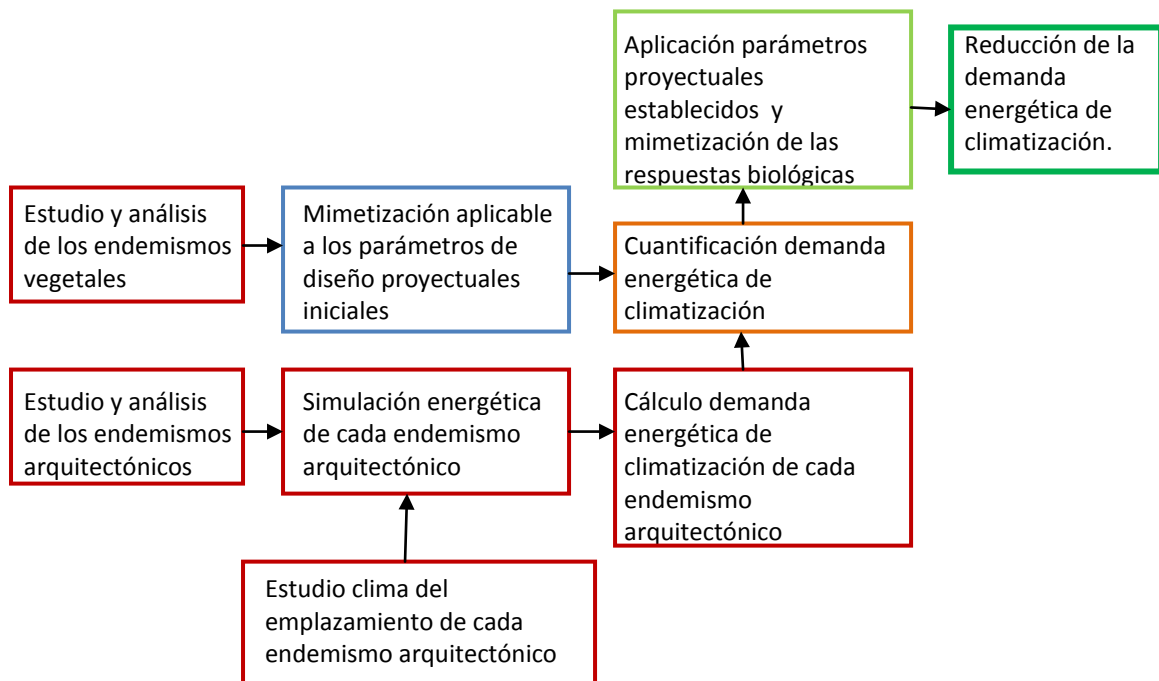
La primera etapa consistirá en identificar los endemismos vegetales de la zona para posteriormente realizar un estudio y análisis, reconociendo los rasgos de adaptación como búsqueda del confort térmico. Se identificará la situación geográfica de cada especie endémica a fin de relacionar estas con cada una de los posibles emplazamientos de construcciones futuras.

De forma paralela se estudiará y analizará los endemismos arquitectónicos, con el fin de realizar la simulación energética y conocer la demanda de calefacción y refrigeración de cada una de las tipologías. Para ello se estudiarán los climas correspondientes de las zonas de ubicación de las tipologías.

La segunda etapa, se estudiarán los parámetros de diseño proyectuales iniciales (orientación, compacidad, perforación y envolvente), mimetizando la morfología y comportamiento de los endemismos vegetales. Para ello se cuantificará cada uno de los parámetros con el fin de reducir la demanda energética de climatización.

En la tercera etapa, se consideran unos límites de demanda energética alcanzable, dividiendo Cantabria en zonas geográficas.

Posteriormente, se calculará la demanda energética en viviendas tipo aplicando: los parámetros establecidos en la etapa segunda; y las respuestas biológicas de las especies endémicas de la etapa primera. Se hará una evaluación de la reducción de la demanda energética de climatización final.





## 5. ENDEMISMO y TAXONES

Endemismo es “un término utilizado en biología para indicar que la distribución de un taxón está limitado a un ámbito geográfico reducido, no encontrándose de forma natural en ninguna otra parte del mundo. El endemismo puede considerarse dentro de un abanico muy amplio de escalas geográficas: así un organismo puede ser endémico de una cima montañosa o un lago, de una cordillera o un sistema fluvial, de una isla, de un país o incluso de un continente.”

En biología, “un taxón o taxon (transliterado como taxis, «ordenamiento») es un grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín, una descripción si es una especie, y un tipo. Cada descripción formal de un taxón es asociada al nombre del autor o autores que la realizan, los cuales se hacen figurar detrás del nombre”.

La definición de endemismo es complicada, ya que, como siempre en la naturaleza, este concepto estará en relación con la escala que utilicemos, pues como se ha dicho “es la escala la que crea el fenómeno”. El concepto de endemismo hay que referirlo entonces a un área territorial y a un rango taxonómico, ya que la idea de que el endemismo se refiere siempre a un territorio pequeño no es exacta.

Más concretamente “un taxón es considerado endémico restringido cuando su área es significativamente inferior al área media de los taxones de su mismo rango”. Indudablemente el que un taxón ocupe una determinada área no se debe a una sola causa: intervienen en ello diversos factores históricos, ecológicos y también fisiológicos, y el concepto abarca a cualquier rango taxonómico.

Los endemismos se han empleado tradicionalmente y con gran eficacia para caracterizar los territorios

Por otro lado, si también se puede aplicar el concepto de endemismo a las comunidades vegetales o fitocenosis, con una composición, ecología e historia precisas ¿Por qué no aplicarlo a la arquitectura, su evolución, su historia ...?

Aquí se plantea el endemismo de la arquitectura como a conjuntos que puedan ofrecer alguna característica fundamental común en respuesta al entorno donde se ubican.

Se han tomado este término por los hechos siguientes:

- Un área rica en endemismos puede ser centro de especialización.
- Es un fenómeno propio de un territorio determinado, contrario a la dispersión.
- Los taxones y arquitecturas exhiben fuertes adaptaciones y soluciones biológicas y bioclimáticas originales.

El problema es que estos endemismos se encuentran en ocasiones en situaciones relictas, si no se han extinguido o demolido.

### 5.1. Origen de endemismos

La causa principal en la formación de endemismos radica en el aislamiento de la población; de ahí que normalmente la formación de éstos se deba a la existencia de barreras, sean estas de carácter biótico o abiótico.

Todos los factores químico-físicos del ambiente son llamados factores abióticos (de *a*, "sin", y *bio*, "vida"). Se define como "factor abiótico", al climático, geológico o geográfico inerte presente en el medio ambiente que afecta a los ecosistemas. Sus componentes son: sol, aire, agua, suelo, clima, relieve, luz, pH

Un ecosistema siempre involucra a más de una especie vegetal que interactúa con factores abióticos. Invariablemente la comunidad está compuesta por un número de especies que pueden competir unas con otras, pero que también pueden ser de ayuda mutua.

Aparte de las especies, también existen otros organismos en la comunidad vegetal: animales, hongos, bacterias y otros microorganismos. Así, cada especie no solamente interactúa con los factores abióticos, sino que está constantemente interactuando igualmente con otras especies para conseguir alimento, cobijo u otros beneficios mientras que compite con otras (e incluso pueden ser comidas). Todas las interacciones con otras especies se clasifican como factores bióticos; algunos factores bióticos son positivos, otros son negativos y algunos son neutros.

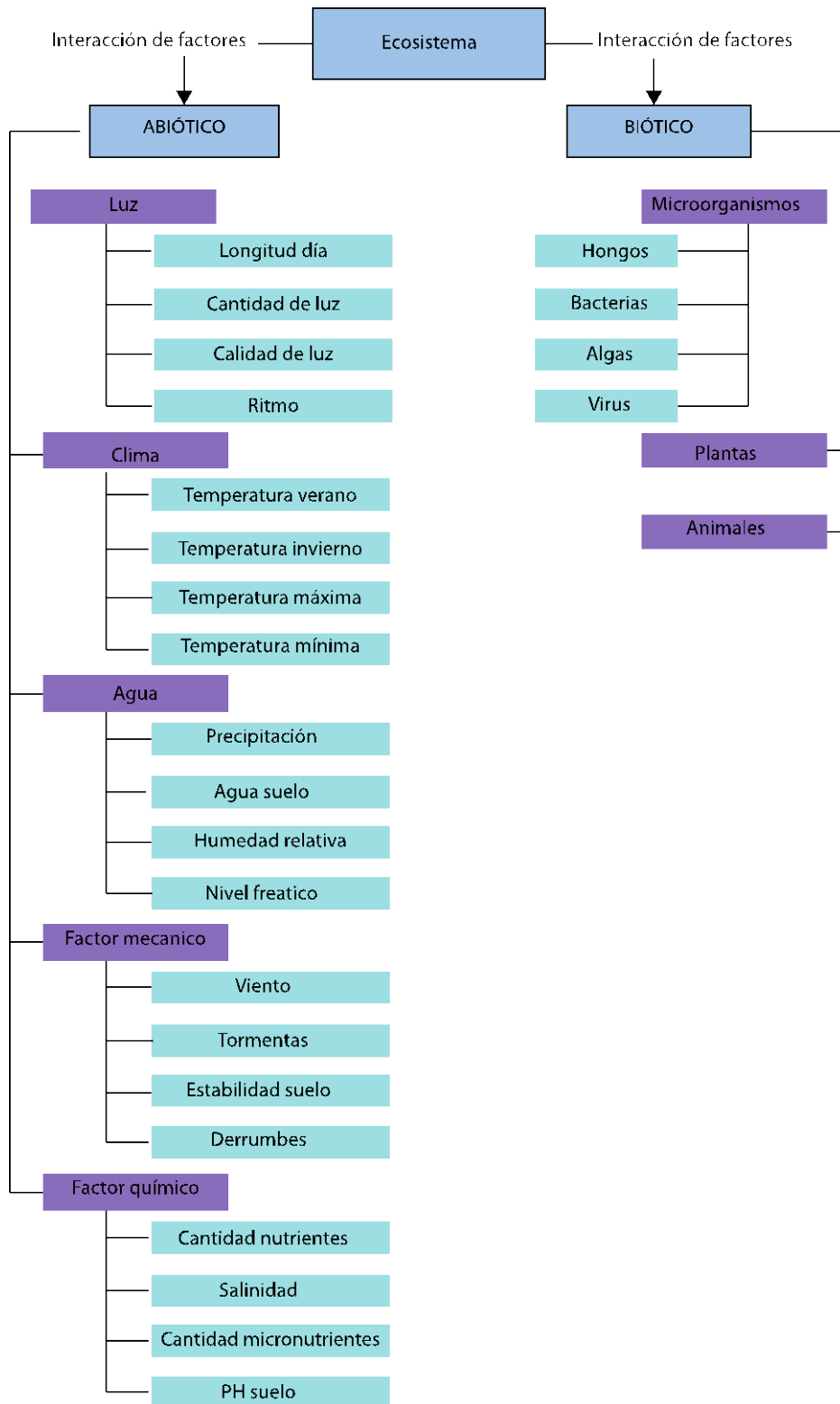


Tabla 1. Ecosistema. Elaboración propia.

La presencia de los organismos en un determinado territorio siempre se debe a la existencia de barreras, y no sólo de tipo topográfico, puesto que también hay determinados factores ecológicos que actúan como tales. Estos factores limitantes pueden ser físicos como la temperatura, la luz, la humedad, la sequedad, o también pueden ser bióticos como la competición, la existencia de vectores de policondensación o de dispersión. De ahí que cada uno de esos territorios sea considerado respecto a sus colindantes, para el desarrollo de la especie.

El orofitismo, el insularismo o los edafismos son algunas de las principales causas de aislamiento.

Este concepto queda patente de forma muy significativa en las montañas y las islas, donde generalmente se unen las barreras orográficas y geográficas a las climáticas, por lo que la originalidad de su flora y especie se hace más evidente. Algo semejante sucede en los desiertos, donde los endemismos son sometidos a barreras climáticas extremas. Un caso particular de aislamiento por barreras tróficas es el de los suelos especiales o edafismos, como sucede con los ricos en sales, metales pesados, etc.

- Aislamiento orográfico.

Las partes altas de las montañas son islas separadas por las condiciones climáticas diferentes de los valles. Esta originalidad viene expresada por el número elevado de endemismos que posee la flora orófila (Sierra Nevada 36%, Pirineos 14%, Alpes Centrales 18%, Alpes Marítimos 13%, Montañas Corsas 30% y Monte Kenya 81%). Es evidente que la tasa de endemismos aumenta cuando al aislamiento orográfico se une el geográfico como sucede en el Monte Kenya, auténtica isla en el mundo paleotropical, en Sierra Nevada, aislada al sur de la Península Ibérica o en las Montañas Corsas.

Cada gran macizo montañoso posee una porción de flora y fauna que le caracteriza y que es diferente de lo de los demás, aunque tenga un origen ancestral común. En la montaña existen dos factores que son los determinantes de esas elevadas tasas de endemismo. Por un lado está la altura como modificadora de los factores climáticos, pero por otro están la topografía abrupta, la naturaleza del sustrato, las praderas, los microclimas, etc., que combinados entre sí dan lugar a condiciones muy selectivas que contribuyen a elevar la tasa de endemismo. Es decir, la diversidad ecológica genera diversidad biológica.

Cada montaña goza de un clima relacionado con el reinante en su base. “Por regla general el orofitismo acentúa la continentalidad, en especial a sotavento de las masas aéreas oceánicas y en las solanas con fuerte pendiente. Así ocurre, por ejemplo, en la vertiente meridional pirenaica, Rioja y Montes palentino-leoneses.” (Pedro Montserrat y Luis Villar).

En el clima continental suele predominar la erosión mecánica. En España abundan los climas mediterráneos modificados hacia la continentalidad, que a veces llega hasta el endorreísmo.

En la península Ibérica hay comunidades abiertas naturales (crestas, laderas con fuerte erosión, claros de bosques, ...), en las vertientes meridionales de las cordilleras cantábrica y pirenaica, persistiendo desde el Plioceno a lo largo del Cuaternario hasta nuestros días.

- Aislamiento desértico.

La tasa de endemismos en los desiertos también es elevada, ya que en ellos el ecosistema es hostil y limitante para el desarrollo de la vida; por esta razón sólo pocos organismos son capaces de vivir en ellos. Los desiertos están separados por barreras orográficas o climáticas, incluso internamente, y este aislamiento da lugar a la existencia de endemismos. Cuando en el desierto existen altas montañas la tasa de endemismos aumenta, como sucede en las altas montañas saharianas, con un 40% de endemismos en los pisos superiores del Tassili, y que pueden llegar al 60% en la parte superior del Hoggan.

También el sistema edáfico contribuye a aumentar la tasa de endemismo en los desiertos. Las grandes extensiones de arena que forman los “erg” en el Sahara representan espacios aislados muy especiales, con una flora pobre en especies, pero rica en endemismos. Lo mismo sucede en los desiertos de Asia Central y de América, donde algunas cactáceas tienen un alto valor endémico.

El porcentaje de endemismos en algunos desiertos cálidos es tan elevado que puede alcanzar el 25% en el Sahara y el 26% en el desierto de Sonora.

- Aislamiento edáfico.

El sistema edáfico es también un factor formador de endemismos, ya que ciertos suelos especiales representan espacios aislados muy selectivos y por tanto centros de especiación de taxones.

Efectivamente, si se analiza la flora de rocas especiales, como son los silicatos básicos (dolomías, serpentinas, etc.) y las rocas calaminarias (ricas en zinc), encontramos una flora particular y original.

Los endemismos edáficos son conocidos desde antiguo. Cesalpino (1519-1603) denuncia ya una raza italo/balcánica de *Alyssum* que posteriormente sería descrita como *Alyssum bertolonii*. Como ejemplos de plantas serpentícolas tenemos *Cupressus sargentii* de California, *Silene pindicola* y *Arenaria serpentini* de las cumbres del Pindo y del Olimpo, así como *Bornmuellera baldacci* y *Alyssum smolikianum*.

En las sierras del sur de la Península Ibérica hay excelentes ejemplos de edafismos, como *Digitalis laciniata* o *Teucrium reverchonii* de las serpentinas de las sierras Bermeja, Carratraca y del Agua, así como *Anthyllis tejedensis* de las dolomías cristalinas de las sierras Béticas, todas ellas en el sureste ibérico. Sobre suelos yesosos son también frecuentes los endemismos tales como *Gypsiphila structhium*, *Helianthemum squamatum*, *Lepidium subulatum* u *Ononis tridentata*, entre otros.

- Aislamiento insular.

Las islas son los espacios en los que el endemismo se manifiesta con mayor potencia al estar limitados por el mar, que actúa como barrera más selectiva. En las islas donde el aislamiento es muy antiguo también es más elevada la tasa de endemismos. El fenómeno se hace aún más patente cuando al insularismo se une el orofitismo, como el caso de Córcega.

En otros casos la insularidad no se traduce en endemismo, debido a la existencia pretérita de puentes continentales que unieron a las masas de tierra próxima. Gran Bretaña es una isla que por su historia y clima forma parte de este grupo, por lo que presenta muy escasa originalidad florística. Su clima actual es bastante uniforme y semejante a los climas templados del norte y centro del Continente, con la excepción de las montañas de Gales y de Escocia. Su situación septentrional hizo que en el enfriamiento del pleistoceno la parte septentrional de la isla se cubriese por el enorme *inlandsis* de más de 300 m de espesor que se formó en el norte de Europa, y el resto se vio afectada por los fríos periglaciares, con lo cual la flora precuaternaria británica fue arrasada. La fijación de grandes masas de agua en forma de hielo trajo como consecuencia el descenso del nivel del mar hasta unos 200 m y con ello la extensión de las tierras emergidas, de tal manera que las Islas Británicas y la parte meridional del Mar del Norte formaban parte del continente, aún después, durante la retirada de la última glaciación. Ello permitió una recolonización de las islas por la flora continental en las épocas de calentamiento postglacial, lo que explica la falta de originalidad de la flora británica.

Un caso contrario lo tenemos en el archipiélago canario, que formado como consecuencia de la acumulación de materiales volcánicos ha permanecido aislado desde el Mioceno, lo que ha generado una elevada tasa de endemismos. La flora canaria tiene unas 1400 especies vasculares, de las que más de un tercio, unas 600, son endémicas del archipiélago. De los 330 géneros de la flora canaria, unos 20 son endémicos, lo que representa un 6%. En el archipiélago llegan a vivir secciones enteras de varios géneros que son endémicas, como sucede con la sección *Pterocladus* del género *Limonium*, de la que 8 de sus 9 especies son canarias.

En cuanto a otras islas, la tasa de endemismos se estima en un 30% en Córcega, 7% en las Baleares, 10% en Creta, 72% en Nueva Zelanda, 82% en Hawái, 94% en Nueva Guinea, y hasta el 100% en las Nuevas Hébridas.

Como norma general, aunque se pueda dar alguna excepción, el endemismo insular es mayor cuando la isla está más alejada del continente y cuando el aislamiento es más ancestral. Y también que Las islas de las zonas cálidas son también más ricas en endemismos que las de las frías.

## 5.2. Tipos de endemismos.

El concepto de endemismo estricto está vinculado al aislamiento; ello se debe, bien a mecanismos que conducen a la formación de taxones todavía no ampliamente dispersados, bien a la reducción de áreas previamente amplias o reducidas por distintas causas. Estos últimos son los endemismos por conservación.

Los cambios bruscos de las condiciones del medio pueden provocar la fragmentación del área de un taxón, de tal manera que los organismos que vivían en ella sufren alteraciones o emigran o se adaptan a las nuevas condiciones, y si no son capaces de ninguna de las dos cosas, perecen. Desde el punto de vista genético, las poblaciones aisladas presentan una gran capacidad evolutiva que les permite superar esos cambios ambientales y esas nuevas condiciones de vida.

Como consecuencia de todo ello, los endemismos estrictos pueden agruparse en diferentes categorías según sea el mecanismo seguido para su formación. Hay que advertir que estas clasificaciones presentan grandes dudas en su explicación y están sometidas a discusión y constante revisión.

Ya en 1882, Engler diferenció dos tipos de endemismos: los **paleoendemismos** (macroendemismos), también llamados endemismos relícticos, y los **neoendemismos** (microendemismos).

El **paleoendemismo** representa un tipo de flora relictiva, aislada filogenéticamente por extinción de sus parientes más cercanos y frecuentemente con un alto nivel de poliploidía. Tienen su origen en la flora Terciaria preglaciar y se han formado a partir de la reducción de un área primitiva mucho más extensa que la actual, acompañada así mismo de una reducción progresiva de la población. En sentido estricto están formados por taxones sistemáticamente aislados, tales como géneros monotípicos, o especies que representan ellas mismas una sección y no tienen sus taxones correspondientes en otros territorios. Son endemismos por conservación o relícticos.

Los paleoendemismos pueden darse en diferentes rangos taxonómicos: familias, géneros y especies.

El ejemplo más representativo de este tipo de endemismo es el *Ginkgo*, como último superviviente de las Ginkgoales, que, aparecidas en el Pérmico, tuvieron su apogeo en el Jurásico, periodo en el que llegaron a tener unos 20 géneros y más de un centenar de especies cuyos fósiles se encuentran repartidos por todo el Hemisferio Norte. Como único representante actual tenemos *Ginkgo biloba*, que de manera natural vive en las montañas del este de China. Aunque se cultiva con profusión en jardines de Europa y

América por su belleza, y sobre todo los pies masculinos, para evitar el penetrante olor a mantequilla rancia que tienen las cubiertas carnosas de sus semillas.

Actualmente los paleoendemismos se presentan en territorios distribuidos por casi toda la Tierra. Así, en Norteamérica, en las zonas lluviosas de California, se conservan los bosques relícticos del paleoendemismo *Sequoia sempervirens* y sus análogos de *Metasequoia* en China. Otros ejemplos de paleoendemismos los tenemos en las Podocarpaceas de Chile y de Nueva Zelanda, en las *Araucaria* de Nueva Caledonia, en las coníferas chilenas, como *Fitzroya*, o en la Cupresácea *Microbiota decussata* de las montañas de Sikhote Alin, en el este de Asia. En los desiertos también se encuentran algunos paleoendemismos, como *Welwitschia* en Namibia e *Idria columnaris* y *Fouquieria splendens* en los desiertos americanos de Sonora.

Un caso interesante de paleoendemismo es el *Naufraga balearica*, de los acantilados del norte de la isla de Mallorca (Mar Mediterráneo) ya que se trata de un género monoespecífico de una de las secciones más antiguas de las umbelíferas, cuyos parientes más próximos hay que buscarlos en Oceanía.

Los **neoendemismos** (microendemismos) son de formación reciente y su nivel taxonómico está restringido a rangos infraespecíficos. Los neoendemismos se han formado por mecanismos creadores que están operando en la actualidad y cuyo proceso de separación taxonómica no ha finalizado aún.

Con arreglo a otros criterios, los endemismos se también se pueden clasificar como **esquizo**, **patro** y **apoendemismos**.

Los **esquizoendemismos** son endemismos emparentados, que se han formado a partir de un ancestro común, endémico o no, cuya área ha sido fragmentada y cuyas poblaciones siguen una diferenciación lenta y progresiva en cada una de sus áreas. Los esquizoendemismos conservan el mismo nivel de ploidía que su ancestro común. Son, entre sí, *endemovariantes*. Muchos de los endemismos insulares y de montaña pertenecen a este grupo.

Los **patroendemismos** derivan de taxones primitivos, de carácter endémico que dan lugar a la formación, en las proximidades de su área, de taxones correspondientes con mayor nivel de ploidía, los cuales reciben el nombre de taxones de sustitución. El área de estos últimos es en general mucho más amplia que la del patroendemismo por su mayor capacidad de expansión. La poliploidía suele realizarse por cruzamiento y no por autopoliploidía.

Finalmente, los llamados **apoendemismos**, son lo contrario del caso anterior, es decir, endemismos de carácter poliploide que tienen su origen en un territorio determinado por poliploidización a partir de un taxón diploide más o menos extendido en los territorios vecinos.

<b>Categoría</b>	<b>Taxón endémico</b>	<b>Taxón correspondiente</b>	<b>Grado de evolución relativa del taxón endémico</b>
Paleoendemismo	Paleopoliploide o diploide	Desconocido	Desconocido
Esquizoendemismo	Diploide o poliploide	Diploide o poliploide	Igual Especiación gradual
Patroendemismo	Diploide o nivel inferior de poliploidía	Poliploide	Menor Especiación brusca
Apoendemismo	Poliploide	Diploide o nivel inferior de poliploidía	Mayor Especiación brusca

Tabla 2. Categorías de endemidad según C. Favarger y J. Contandriopoulos



## 6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA REGIÓN

### 6.1. Situación

La Comunidad Autónoma de Cantabria se encuentra enclavada en la parte centro-oriental de la conocida como Cornisa Cantábrica, estando situada casi en su totalidad al norte de la divisoria hidrográfica que separa la vertiente cantábrica de la Meseta Castellana. Además del mar Cantábrico que le presta su nombre, Cantabria limita con 5 provincias: Asturias, León, Palencia, Burgos y Vizcaya. Hay que señalar que un pequeño enclave perteneciente a Cantabria, Villaverde de Trucíos, se encuentra aislado dentro de la provincia de Vizcaya.



Fig. 1 Mapa de Cantabria y situación geográfica.

Aproximadamente el 82% de la región se encuentra al norte de la divisoria hidrográfica. Mientras que el 18% restante pertenece a las cuencas del Ebro y, en mucha menor medida, a la del Duero. La divisoria constituye no solamente un límite hidrográfico, sino que es también una frontera importante desde el punto de vista geográfico general, con repercusiones en el clima, las comunicaciones, los invariantes de los ecosistemas y la distribución y carácter de la población. Según se mencionará más adelante, de las diez comarcas naturales que se pueden distinguir en la región, ocho se sitúan al norte de la divisoria, en el ámbito cantábrico, mientras que dos se encuentran en el borde del ámbito de la Meseta Castellana.

El clima (templado y húmedo) y la vegetación (densa y siempre verde) de la vertiente cantábrica contrastan con los que existen en la vertiente meseteña, donde la mayor continentalidad y sequedad del clima dan lugar a un paisaje algo más árido.



Fig. 2 Mapa Físico de Cantabria.

A pesar de su extensión relativamente reducida (5.342 km<sup>2</sup>), Cantabria presenta un considerable grado de complejidad y de diversidad en lo que se refiere al conjunto de los rasgos del medio natural, constituyendo la mayor parte de la región un verdadero paraíso para los amantes de la naturaleza.

## 6.2. Comarcas naturales

Tradicionalmente se han diferenciado en la región dos grandes áreas naturales: “La Marina” y “La Montaña”. Entre ellas se observan diferencias acusadas, tanto en la topografía como en el clima, la geología, la flora, la fauna, la densidad de población y el carácter de los asentamientos humanos existentes.

“La Marina” es la zona situada a lo largo de la franja costera, con relieve y clima suaves, densidad de población alta y nivel general de desarrollo elevado. Por su parte el área de “La Montaña” incluye los dos tercios meridionales del territorio regional con la excepción del borde de la meseta, con un relieve en general abrupto, un clima más duro, una escasa densidad de población, un carácter eminentemente rural y un desarrollo general reducido.



Fig. 3 Fotografías de las comarcas “La Marina” y “La Montaña”.

Atendiendo exclusivamente a los rasgos del medio natural (los cuales, a su vez, condicionan en cierta medida las características socioeconómicas) se puede dividir la región en 10 comarcas naturales diferenciadas. Es preciso señalar, no obstante, que en algunos casos los límites son algo difusos, y que, por otra parte, no se pretende en ningún caso establecer en este trabajo una división en comarcas desde el punto de vista histórico, etnográfico o sociológico.

Las 10 comarcas se agrupan en tres conjuntos o franjas con una entidad bastante bien definida. Esos conjuntos son la Franja Costera (“La Marina” tradicional), la Franja de los Valles cantábricos, alargados en dirección norte-sur que ocupan la franja intermedia, y la Franja Meridional, correspondiente a las cuencas del Duero y del Ebro.

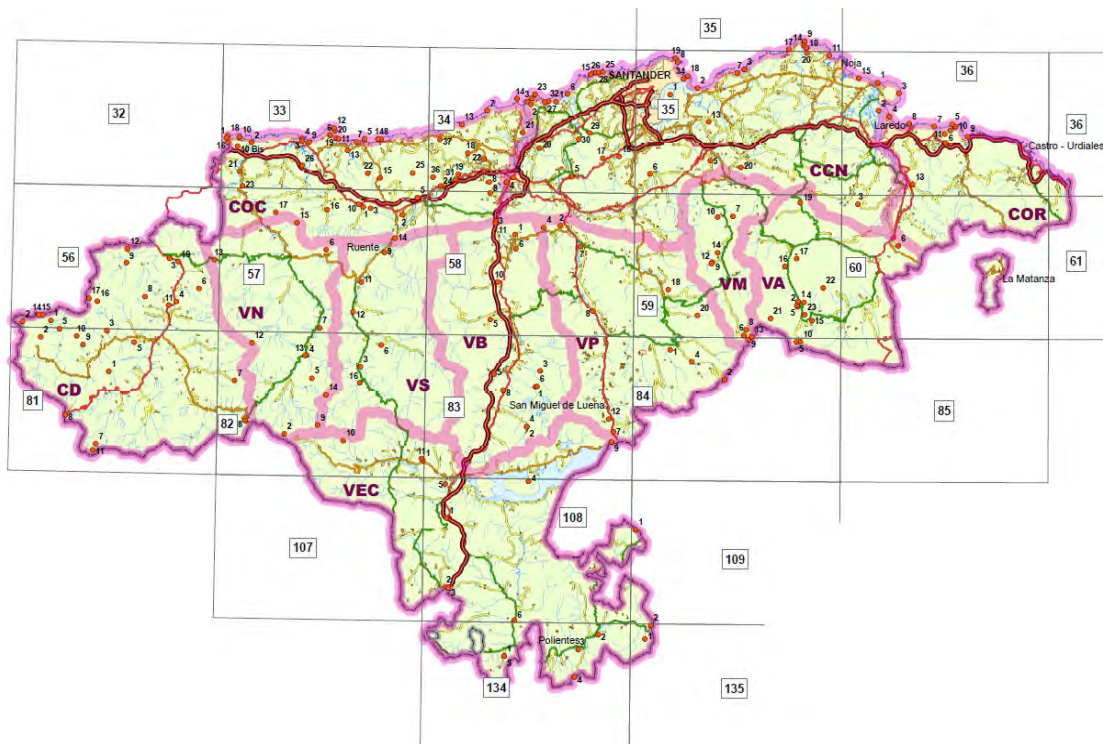


Fig. 4 Mapa de las comarcas en Cantabria.

Estas 10 comarcas, dentro de las tres franjas son las siguientes:

Franja Costera.

1. Franja costera: Oriental (COR), Central (CCN) y Occidental (COC)

Franja intermedia de los Valles cantábricos.

2. Liébana. Valle del Deva (CD).
3. Valle del Nansa (VN).
4. Valle del Saja (VS).
5. Valle del Besaya (VB).
6. Valle del Pas (VP)- Pisueña.
7. Valle del Miera (VM).
8. Valle del Asón (VA) - Gándara.

Franja meridional.

9. Campóo. (VEC).
10. Los Valles del Sur (Valderredible, Valdeolea y Valdeprado). (VEC).

### 6.3. Marco geográfico

#### 6.3.1 Litología y estructura geológica

La naturaleza del sustrato de Cantabria permite definir la existencia de dos áreas diferenciadas, patentes si trazamos una línea imaginaria vertical, desde la Sierra de Sejos hasta las proximidades de Tina Menor: se reconoce así una zona occidental, que abarca la totalidad de la Liébana, Polaciones y las montañas circundantes y una oriental, en la que puede incluirse el resto del territorio regional.



Fig. 5 Mapa del relieve de Cantabria. Se divide en dos zonas según la naturaleza del sustrato.

El **área occidental** coincide con la aparición de materiales paleozoicos intensamente deformados durante la orogenia hercínica y nuevamente fracturados en la alpina. Tales afloramientos, integrantes del Macizo Asturiano, y con él, del zócalo hercínico peninsular, muestran una compleja superposición de cabalgamientos y de escamas resultado de la intensa compresión que sufrió la región durante el Carbonífero. Esta disposición permite el afloramiento de cuarcitas ordovícicas y de calizas y esquistos carboníferos en bandas paralelas a la costa. Sin embargo, no sólo los afloramientos, sino también los frentes de escamas y las fracturas principales tienen este rumbo E-W que, con el N-S y el NW-SE de los accidentes secundarios, van a definir la orientación de las principales formas de relieve, de la incisión de los ríos y de la misma línea de costa, que en este sector tiene una clara componente estructural.

Una de las fracturas más importantes que afectan a los materiales prehercínicos es la que permite la extensión de su afloramiento, a modo de apéndice, a lo largo de una estrecha banda que desde los Picos de Europa se prolonga hacia el este hasta el Valle de Toranzo. Es la Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga, accidente mayor que separa los depósitos de cobertera en dos partes bien diferenciadas, marcando en toda Cantabria una clara transición topográfica entre las comarcas costeras y los valles interiores, aunque los materiales paleozoicos desaparezcan bajo una espesa cobertera a partir del centro de la región. La Franja Cabalgante se prolonga por una serie de fracturas de gran salto (Esles-Miera-Arredondo-Romales), que justifican la presencia de alineaciones y de tramos fluviales con dirección E-W hasta el mismo límite con Vizcaya.

El resto de la región, que hemos agrupado tras la denominación de "**área oriental**", está ocupado por depósitos mesozoicos y paleozoicos. Estos reposan discordantes sobre el zócalo que hacia el este se pierde bajo un espesor cada vez mayor de sedimentos. Los afloramientos más característicos de este sector, cuya antigüedad decrece de oeste a este a medida que nos alejamos del basamento, son las areniscas en fase weald, que ocupan la mayor parte del centro de la región. Las calizas y dolomías del llamado "complejo urgoniano cantábrico", que con su masividad van a determinar el relieve de los valles orientales y varios tipos de conglomerados y de rocas margosas o detríticas, no son siempre cómodas de diferenciar.

Las series sedimentarias se ven afectadas por un estilo de revestimiento. Las disoluciones alpinas del zócalo han deformado la cobertera, que presenta por ello diversos pliegues de gran radio y numerosas fracturas de distinta entidad. Así, entre la Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga y los haces de fracturas y pliegues NW-SE y NE-SW que en el área del Pozazal dan paso a las estribaciones ibéricas, encontramos un gran sinclinorio con orientaciones WNW-ESE y suaves buzamientos, cuyas secuencias litológicas, bastante monótonas, se repiten en los tramos medios y altos de los valles del Nansa, Saja y Pas. Cada vez más abierto y tendido, este gran pliegue da paso al Este de la región, donde no se observa ya más que su flanco septentrional, a una superposición aparentemente monoclinial de los sucesivos estratos mesozoicos (cuya potencia total llega a superar los 4.000/5.000 metros).

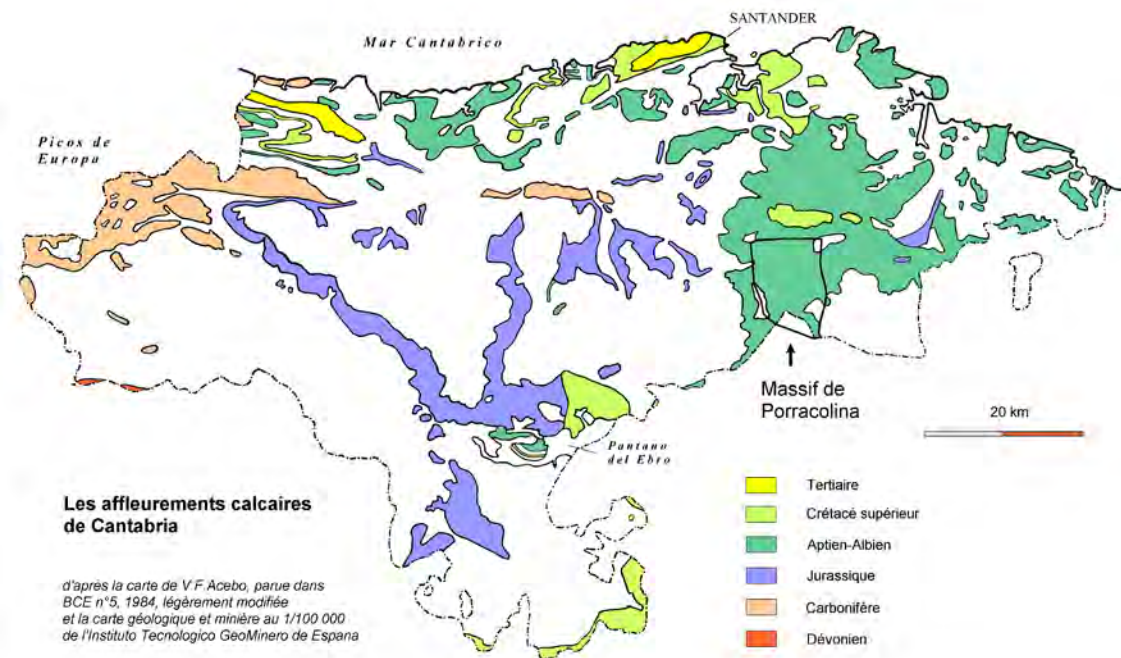


Fig. 6 Afloramientos de piedra caliza en Cantabria.

Este gran pliegue de suaves buzamientos y la continuidad de los afloramientos sólo es interrumpida por algunas grandes fracturas y por las incursiones diapíricas. Las areniscas y las calizas, constituyentes esenciales de la cobertera mesozoica, reposan directamente sobre depósitos muy plásticos y relativamente poco densos del Triásico: arcillas, yesos, sales que responden a los esfuerzos tectónicos, desplazándose o inyectándose a través de las líneas de debilidad en dirección al exterior. Allí donde las fracturas son importantes, como en el repliegue cabalgante del Besaya, de dirección N-S, estos materiales han logrado llegar a la superficie interrumpiendo localmente la citada continuidad y creando bruscos contactos litológicos que la erosión ha aprovechado (como ocurre en los valles de Iguña y parte del de Campóo, que deben su origen y particular configuración a la presencia de masas intrusivas).

Entre la Franja Cabalgante y el mar (y aún bajo su superficie a través de la plataforma continental) la cobertera, compuesta por materiales similares a los existentes al sur de la región, presenta una disposición de detalle bastante más compleja. Ello se debe al entrecruzamiento de distintas direcciones estructurales y a la existencia de una compleja red de fracturas muy relacionada con la presencia de numerosos diapiros. En líneas generales, predominan los pliegues y fracturas con rumbo E-W en el occidente regional (buen ejemplo de ello es el sinclinal de Bielba), las direcciones NE-SW en el centro (donde destacan por su significado topográfico el sinclinal de San Román-Santillana y la falla de Puente Arce) y las NW-SE en el oriente (desde las fallas de Ajo y Colindres hasta el gran anticlinorio vizcaíno en una apretada secuencia), direcciones que coinciden con las que sucesivamente adquiere la costa, pero que se superponen y solapan sobre el terreno. La densidad de la red de fracturas es máxima y horts y fosas

tectónicas hacen difícilmente reconocibles, a la vez que escasamente significativos, los demás tipos de estructuras.

Las mencionadas estructuras geológicas y su compartimentación van a permitir el afloramiento alternante de rocas carbonatadas (representadas básicamente por calizas y dolomías) y silíceas (areniscas, esquistos y cuarcitas principalmente) a través de toda la región. Tal alternativa va a determinar los procesos de modelado. Rocas distintas, por definición, van a comportarse de forma diferenciada, dando distintos tipos de vertientes, de valles o de suelos y confiriendo mayor o menor vigor al relieve, dependiendo de su resistencia a los procesos erosivos. Este comportamiento diferencial frente a los procesos de modelado es el que, unido a los condicionantes estructurales, justifica la disparidad de las formas de relieve y, con ellas, de los nichos ecológicos existentes en Cantabria.

### **6.3.2. Relieve**

El relieve cantábrico, consecuencia de la acción de la orogenia alpina sobre materiales que habían sufrido intensas deformaciones en la herciniana y sobre su cobertera, así como de la rapidez y eficacia de los procesos de modelado que han actuado sobre tales morfoestructuras, va a caracterizarse en toda la región por su gran vigor y sus fuertes contrastes. Estos rasgos son los que en mayor medida definen el paisaje de un territorio, tradicionalmente conocido como “La Montaña”: una de las regiones más abruptas y compartimentadas de la Península Ibérica, a pesar de la moderada altitud de sus cumbres. No es tanto la altitud la que permite hablar de montaña, sino los desniveles relativos y la verticalidad de las formas: menos de 10 km separan la Tabla de Lechugales (2.438 m) de Potes (291 m) que, a su vez, se encuentra a no más de una docena de kilómetros de Peña Sagra (2.042 m). Pero esta brusquedad de los desniveles no es privativa del área occidental de la región, donde se concentran las máximas altitudes. El Asón discurre a 250 m de altitud constreñido por la mole del Mortillano, cuya cumbre (1.415 m) se encuentra a 2 km del lecho y, en la misma línea de costa, el Cerredo, con sus 643 m, dista menos de un kilómetro del mar, en el término de Castro Urdiales, en el extremo oriental de la región.

Con todo, y a pesar de estos rasgos comunes a toda Cantabria, el relieve de la región no es en absoluto homogéneo: las estructuras geológicas y los procesos de modelado que han intervenido, o aún lo hacen, difieren de unas a otras comarcas y ello, unido a las mismas diferencias de altitud, basta para permitirnos distinguir entre, al menos, cinco áreas fisiográficas: - la vertiente meridional de la Cordillera, - la Divisoria Cantábrica y los Valles Interiores, - la de Picos de Europa, -la de las Sierras Prelitorales y - la Marina y Sierras Litorales (fig. 5).

#### *- Vertiente Meridional de la Cordillera Cantábrica:*

Las comarcas situadas al sur de la cordillera constituyen un nudo en el que se funden los caracteres físicos, muy matizados todos ellos por hallarnos en un área de transición, de la Submeseta Norte, del Sistema Ibérico y del Cantábrico. Por añadidura, la mayor parte de esta zona constituye el tramo superior de la cuenca del Ebro, de

donde también se reciben ciertas influencias, aunque en este caso aparezcan mucho más desdibujadas.

Desde el punto de vista del relieve destaca Campóo de Suso, limitado al norte por la Sierra del Cordel, y al sur por la Sierra de Ijer, que confluyen en el Pico Tres Mares, que es a su vez la divisoria hidrográfica esencial, como su nombre indica, y una de las cumbres más destacadas de este sector de la cordillera, con sus 2.175 m. Hacia el este y el suroeste las altitudes decrecen rápidamente, tanto en las sierras cantábricas (Iján, 2.064 m; Roperó, 1.491 m; Mediajo Frío, 1.396 m; Peñas Gordas, 1.208 m), como en las Ibéricas (Cotamañinos, 2.148 m; Endino, 1.533 m; Samaloma, 1.282 m; Bigüenzo, 1.287 m), a medida que el zócalo va quedando fosilizado por un espesor cada vez mayor de sedimentos de cobertera y estos van siendo afectados por buzamientos progresivamente más suaves y una fracturación cada vez menos importante.

Esto supone que, salvo en el municipio citado, las líneas de cumbres no destaquen apenas de un entorno caracterizado por el predominio de formas de relieve onduladas con una altitud media superior a los mil metros. Grandes contactos litológicos o redes de fracturas y daipiros han permitido sin embargo el vaciado de tres grandes valles, el de Campóo, hoy en gran parte anegado bajo las aguas del embalse del Ebro, el de Valdeolea y el de Valderredible, de fondo amplio, formas suaves y muy transformados por el hombre desde antiguo, en contraste con las elevaciones citadas, agrestes y despobladas (y que gracias a ello encierran aún algunas valiosas manchas forestales). Sólo el último de los valles citados, el de Valderredible, limita al sur con un escarpe de cierta entidad, el reborde septentrional de La Lora, desarrollado a favor del contacto entre las areniscas y litologías deleznales del Cretácico Inferior y las duras calizas del Superior.

#### *- Divisoria Cantábrica y Valles Interiores:*

La segunda de las unidades que se han definido es la que corresponde a la Divisoria Cantábrica y a los Valles Interiores, perpendiculares a su eje, que descienden hacia el Océano. La disimetría de la Cordillera Cantábrica, que salvo en el sector más occidental no es más que un enorme escalón que salta desde el nivel de la Meseta hasta el del mar, hace que cuando hablamos de montañas o de desniveles, lo hagamos siempre de la vertiente norte. La Cordillera propiamente dicha se corresponde con la línea de cumbres y con la fachada atlántica, recortada en tramos bien diferenciados por el gran encajamiento de los valles.

De hecho, los valles que históricamente han canalizado las actividades y asentamientos humanos y han fragmentado a la población en pequeñas comunidades prácticamente independientes unas de otras, son también los grandes definidores de las unidades de relieve. La zona de cumbres, orientada de este a oeste, se aproxima al mar por una serie de sierras paralelas entre sí y perpendiculares a la divisoria, separadas por otros tantos valles. Ello justifica, aunque parezca una perogrullada, la consideración como montaña de todo aquello que no es valle, algo que incluso desde un punto de vista morfogénico tiene su sentido. Los ríos, cortos y relativamente caudalosos, tienen que salvar grandes desniveles y ello les confiere una gran capacidad

de incisión y de transporte de sedimentos. Son ellos los que aprovechando en unos casos las grandes líneas estructurales (Besaya, Asón,...) o ignorándolas y tajándolas (Deva, Nansa, Miera,...) han “vaciado” los valles, produciendo así los desniveles que hoy contemplamos.

Las altitudes de la Divisoria Cantábrica son máximas en el sector occidental, allí donde afloran litologías silíceas del zócalo y donde la estructura geológica adquiere su mayor complejidad. De oeste a este se van sucediendo cumbres como el Corisco (2.234 m), Peña Prieta (2.536 m), Pumar (2.065 m), Peña Labra (2.006 m) y los ya citados Tres Mares e Iján, a los que se suma el imponente espigón de Peña Sagra (2.042 m) que con su orientación NW-SE separa los valles de Liébana y de Lamasón y Nansa.

En el centro de la región, y ya en el dominio de los depósitos de cobertera, se produce un rápido descenso de la línea de cumbres. Estas se sitúan entre los 1.000 y los 1.400 metros, prolongándose tales altitudes con cierta uniformidad por los interfluvios anchos y de culminaciones romas, casi planos a veces, comprendidos entre Nansa y Saja, Saja y Besaya (Sierra de Bárcena Mayor: 1.219 m) y Besaya-Pas (Monte Cilda: 1.065 m), poniendo en evidencia una vez más la importancia de la incisión producida por los ríos, encajados en profundos y escarpados valles.

Entre la cabecera del Pas y el límite con Vizcaya, la Divisoria Cantábrica, reducida en este tramo a un gran escalón monoclinial, vuelve a adquirir vigor topográfico y altitud en los Montes de Pas (Peña Negra, 1.498 m.; Castro Valnera, 1.707 m; Picón del Fraile, 1.638 m) para, rápidamente, descender de nuevo hacia el este. El pico Burgüeno, en Villaverde de Trucíos, apenas supera ya los 1.000 metros de altitud. Esta revigorización del relieve coincide con el paso de las areniscas wealdenses, dominantes en el centro de la región, a las calizas aptienses del “Complejo Urganiano”, muy puras y masivas y poco fracturadas en este sector. Todo ello les permite presentar una gran resistencia a la erosión y originar escarpes casi verticales.

En cuanto a los interfluvios de esta zona, altos pero relativamente planos (Porracolina, 1.408 m; Mortillano, 1.415 m; Colina, 1.461 m), están muy afectados por procesos de disolución que favorecen una rápida absorción del agua disponible y crean una relativa aridez edáfica capaz de influir en la composición del manto vegetal.

#### *- Los Picos de Europa:*

Los Picos de Europa constituyen una unidad diferenciada del resto de la Cordillera, tanto por sus caracteres litoestructurales como por su original topografía. Se deben a la fragmentación en escamas de una potente serie calcárea y al apilamiento y posterior realzamiento tectónico de dichas escamas. La consecuencia de esta superposición de capas es que las calizas carboníferas, muy masivas, alcanzan un espesor de varios miles de metros y se comportan como un paquete rígido que ha permanecido relativamente intacto frente a los ataques erosivos. Las importantes manifestaciones del glaciario cuaternario, las consecuencias de los ciclos hielo-deshielo, las formas debidas a la disolución o la incisión de los ríos (que aprovechando líneas de debilidad han originado impresionantes gargantas) no son, pese a su vistosidad, más que retoques incapaces de hacer desaparecer (o que incluso realzan) la grandiosidad de las morfoestructuras.

Ello permitirá la localización en los Picos de Europa de las máximas altitudes de la región: Peña Vieja, con sus 2.613 m es la cota más emblemática, pero la mayoría de las cumbres superan los 2.000 m.

Entre unas y otras cimas, la topografía de los Picos de Europa es de una gran originalidad. Cumbres más o menos tendidas, agujas y paredes verticales, amplios fondos de valle modelados por los glaciares (caso de los Puertos de Áliva) y depresiones cerradas (los "jous"), profundas y recubiertas de derrubios o bloques, se yuxtaponen en una disposición que a pesar de estar determinada por las grandes líneas estructurales del macizo aparenta ser absolutamente anárquica y resulta, en cualquier caso, de gran complejidad.

Los Picos de Europa están situados a medio camino entre la Divisoria Cantábrica y el mar. Ello hace que estén rodeados de cumbres sensiblemente más bajas en medio de las cuales sobresalen claramente. Pero lo que acentúa más la vistosidad de su relieve es estar limitados por valles cuyos fondos se encuentran muy próximos al nivel del mar, como el de la Liébana en el caso de Cantabria.

La Liébana es una fosa compleja de origen tectónico y a la vez erosivo enmarcada por la Divisoria Cantábrica, precisamente en el sector en el que ésta tiene mayor vigor, por Peña Sagra y por los Picos de Europa. En su trayectoria hacia el mar, los ríos procedentes de la divisoria han encajado fácilmente sus cabeceras en las deleznales litologías lebaniegas, pero han topado con el frente estructural de los Picos de Europa y con el obstáculo de Peña Sagra. Incapaces de dismantelar las duras calizas y conglomerados, las aguas ya unidas en un único colector, han logrado abrirse paso a través de las primeras, originando el desfiladero de La Hermida. A medida que esto iba ocurriendo, torrentes y ríos iban erosionando las rocas más blandas, los esquistos y pizarras, y abandonando las más resistentes, que han originado no sólo los resaltes que rodean la comarca, sino también diversas elevaciones en su interior, muy desigualmente vaciado. El Pico Jano con sus 1.446 metros, domina el centro de la fosa como claro testigo de esta evolución.

#### *- Las Sierras Prelitorales:*

La prolongación hacia el este de los afloramientos del zócalo y de su solidario recubrimiento permotriásico a través de la Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga permite la presencia en superficie de una estrecha banda de rocas resistentes, calizas, areniscas y conglomerados básicamente que, tras dar juego a diversos procesos de erosión diferencial, ha permitido la aparición de las Sierras Prelitorales. Estas constituyen una alineación perfectamente rectilínea, como lo son las fracturas que la definen, con rumbo este - oeste y con escarpes muy netos hacia el norte, aunque a veces se pierdan un tanto hacia el sur.

Las Sierras Prelitorales, como simple prolongación hacia el este de los Picos de Europa de los que no aparecen separados más que por el desfiladero de La Hermida, van adquiriendo caracteres propios al alejarnos de ellos. A esto contribuye también la

incisión de los ríos perpendiculares a la alineación, que permiten diferenciar sucesivas sierras de altitudes decrecientes hacia el este: Gamonal, 1.225 m; Picos de Ozalba, 929 m; Gándara, 923 m; Ibio, 798 m; Dobra, 606 m. A partir de la divisoria Pas-Pisueña (Caballar, 658 m) sus rasgos se diluyen, al desaparecer definitivamente el zócalo bajo su cobertera mesozoica. Sin embargo, los haces de fallas con que se prolonga la Franja Cabalgante permiten que, aunque menos nítidamente diferenciadas de los relieves circundantes, las Sierras Prelitorales se continúen con los ásperos relieves del Puerto de Alisas (674 m), Ruesga (Muela Alta: 846 m), Pico las Nieves (778 m) y Monte Ventoso (731 m), donde desaparecen, tras haber atravesado toda la región, marcando la separación entre las comarcas costeras y las interiores, entre “La Marina” y “La Montaña” propiamente dicha.

*- La Marina y las Sierras Litorales:*

Entre las Sierras Prelitorales y el mar se extiende una desigual plataforma de suave relieve, “la Marina”. Su configuración actual es el resultado de la progresiva emersión experimentada por la región durante todo el Cuaternario y de aprovechamiento de las numerosas fracturas y contrastes litológicos que la jalonan por parte de los agentes erosivos. En consecuencia, las principales erosiones coinciden con grandes líneas de falla o con los diapiros, normalmente asociados a ellas, en los que afloran materiales muy fáciles de erosionar. El vaciado de diapiros ha guiado la trayectoria de algunos grandes ríos (Besaya, Asón) y ha permitido la aparición de accidentes en la línea de costa tan importantes como las Bahías de Santander o de Santoña.

Frente a las áreas deprimidas y horizontales resultantes del arrasamiento marino, destacan diversos resaltes topográficos originados por el afloramiento de los flancos resistentes de ciertos pliegues o de pequeños bloques levantados por efecto de la tectónica. Alturas como los Montes Vispieres, Picota y la Masiera de Hinojedo no son más que el resultado del desigual desmantelamiento del sinclinal de San Román-Santillana.

Sin embargo, los afloramientos que han resistido mejor los ataques erosivos han sido los de las calizas y dolomías aptienses. Éstas, nítidamente diferenciadas de las rocas circundantes y normalmente limitadas por fallas, dada su rigidez, han originado macizos de considerable vigor y altitud relativa. Su entidad justifica que las englobemos tras la denominación genérica de “Sierras Litorales”, a pesar de ser unidades bastante independientes las unas de las otras. Las más significativas, muy próximas siempre al mar y separadas de las Sierras Prelitorales por corredores más o menos claros, son las de Udías-Novales, Camargo, Peña Cabarga, Monte Buciero y Cerredo que, desde sus varios cientos de metros de altitud dan una apariencia quebrada a la franja costera. En todos los casos, al estrato compuesto de rocas carbonatadas, la disolución ha modelado la topografía de detalle de estas sierras. Estas presentan así multitud de depresiones cerradas y una relativa aridez edáfica que influye en la distribución de ciertas formaciones vegetales. Ello es lo que explica la frecuente coincidencia entre la presencia de afloramientos calizos y los encinares costeros cantábricos, especialmente clara en las comarcas orientales de la región.

### 6.3.3. Suelos

Los suelos se componen de materia orgánica, materia inorgánica, agua y compuestos en estado gaseoso. Por ello los factores que intervienen en su formación son: material original, organismos, el clima, la topografía y el tiempo. También deberíamos añadir el papel desempeñado por la erosión, los factores hidrológicos, el hombre y la contaminación.

Se diferencian cuatro **tipos de perfil** de suelos. Son niveles horizontales que se desarrollan en el interior del mismo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura, adherencia, etc.

**Horizonte A** Es el más superficial y en él enraíza la vegetación herbácea. De color oscuro, generalmente por la abundancia de materia orgánica descompuesta o humos elaborado, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles.

**Horizonte B** Zona de precipitación. Carece prácticamente de humos, de color más claro. En él se depositan los materiales arrastrados desde arriba, principalmente materiales arcillosos.

**Horizonte C** Subsuelo. Constituido por la parte más alta del material rocoso in situ, sobre el que se apoya el suelo, más o menos fragmentado por la alteración mecánica y química, pero aun se pueden reconocer las características originales del mismo.

**Horizonte R** De material rocoso. Es el material rocoso subyacente, la roca madre, que no ha sufrido ninguna alteración química o física significativa.

Tipos de suelo			Características
ZONALES Suelos condicionados por el clima, que ha actuado largo tiempo. Son suelos maduros muy evolucionados.	Alta latitud		<b>TUNDRA</b> Vegetación escasa. Evolución lenta limitada al período estival.
	Lat. media	Clima frío	<b>PODSOL</b> Tierras grises o de cenizas. Asociados a bosques de coníferas (Taiga). Rico en humus bruto. Suelo ácido y arenoso.
			<b>TIERRA PARDA DE BOSQUE</b> En bosques de caducifolios. Rico en humus. Horizonte B poco desarrollado.
		Clima templado	<b>MEDITERRÁNEOS</b> Veranos secos. Asociados a bosques de encinas y arbustos. Pobres en humus y arcillosos por descalcificación de calizas. Destacan los suelos rojos mediterráneos o terra rossa.

		<b>CHERNOZIOM</b>	Tierras negras de estepa. Climas continentales. Horizonte A muy desarrollado y rico en humus y óxidos de Fe. Suelos muy fértiles.
		<b>DESÉRTICOS</b>	Poca materia orgánica, por lo que tienen un color claro. Presentan concreciones de carbonatos precipitados a partir de aguas capilares o caliches.
	Latitud intertropical	<b>LATERITAS</b>	Clima ecuatorial, cálido y muy lluvioso. Intensa meteorización química, suelos de gran espesor. Carecen de horizonte A por el lavado intenso. El horizonte B presenta hidróxidos de Fe y Al. Se forma una costra rojiza muy dura.
AZONALES Inmaduros o brutos. Horizonte mal desarrollado.		<b>LITOSUELOS</b>	Delgados. Influidos por el tipo de roca madre debido a poca evolución temporal o desarrollo en grandes pendientes.
		<b>REGOSOLES</b>	Sobre depósitos muy recientes: aluviones, arenas, dunas.
INTERZONALES Poco evolucionados, condicionados por roca madre y mal drenaje.		<b>RANKER</b>	Sobre rocas silíceas (granitos, gneises). Propio de climas fríos de montaña y fuerte pendiente. Suelo ácido pobre en carbonatos. Sin horizonte B.
		<b>RENDSINA</b>	Sobre rocas calizas en climas diversos. Poco espesor. Sin horizonte B. Es el equivalente al anterior en terrenos calcáreos.
		<b>SALINOS</b>	Ricos en sales. Climas secos. Escasa vegetación (halófitas). Pobre en humus.
		<b>GLEYS</b>	Zonas pantanosas. Horizontes inferiores encharcados en los que se acumula Fe que le da color "gris azulado".
		<b>TURBERAS</b>	Terreno encharcado con abundante vegetación y exceso de materia orgánica. Suelo ácido.

Los suelos presentes en Cantabria pueden clasificarse en cuatro grandes grupos en función de sus correspondientes perfiles.

Los litosoles calizos y silíceos, con perfiles C o (A)/C ocupan grandes extensiones en Cantabria. Los calizos son predominantes en dos grandes zonas; una, situada al oeste, abarca la mayor parte de las áreas limítrofes con Asturias. Son los suelos típicos del

Macizo de los Picos de Europa y montañas adyacentes, roca desnuda en una gran proporción. Sin embargo, donde existe el pequeño horizonte de humus que caracteriza a los litosuelos más desarrollados, puede perfectamente prosperar el arbolado y se ven hayedos y encinares que han superado estas condiciones edáficas.

La segunda zona importante con predominio de litosoles calizos ocupa gran parte de las cuencas del Miera y Asón. Podrían estar recubiertos de bosques que retuvieran el escaso suelo, ya que aquí la altura no es condicionante como en Picos de Europa. Por fin, existen otros macizos kársticos, sobre todo en la franja litoral, donde los litosoles calizos son el suelo predominante.

Los litosoles silíceos se ciñen en buena medida a la Divisoria Cantábrica, aunque se presentan también, en extensiones nada desdeñables, en los cordales que de aquella parten hacia las comarcas litorales y compartimentan la franja central de la región. Aflora en estos litosoles la roca desnuda con menor frecuencia que en los calizos, pero tienen el inconveniente de su gran acidez, heredada de las litologías silíceas (areniscas, limonitas, pizarras) a partir de las que se han desarrollado. Es destacable en este sentido la vertiente norte de la Sierra de Peña Sagra, en donde cuando no aparece la roca, abundan los canchales recubiertos por brezales y raspaneras; pues aún aquí no podrían subsistir grandes abedulares que, actualmente muy menguados, se refugian en las cuencas o canales angostos. Sobre estos suelos, en otras montañas, están nuestros bosques menos deteriorados.

Algo más favorable para el desarrollo de la vegetación son los suelos de perfiles A/C, asociados íntimamente a los anteriores, aunque son menos abundantes. Ocupan laderas muy pendientes bajo las cumbres y crestas rocosas y son tan susceptibles de erosión como los litosoles.

Sobre rocas silíceas se desarrollan rankers, de los cuales hay grandes superficies en Liébana, en la Sierra del Cordel, y en los cordales que delimitan el amplio curso medio del Pas. Si se trata de roca madre caliza, la abundante materia orgánica está mucho mejor humificada, pero estos suelos, llamados entonces rendzinas, ocupan laderas muy pendientes. Hay amplias superficies, especialmente en las montañas cercanas al nacimiento del Besaya, y también en el valle de Toranzo.

Los suelos más abundantes en Cantabria son los caracterizados por el tipo de perfil A/(B)/C, es decir, luvisoles y sobre todo cambisoles, más conocidos como tierras pardas.

Los luvisoles órticos o terra fusca se desarrollan sobre diferentes rocas calcáreas y son especialmente abundantes en Trasmiera y Ruesga. En los lugares donde la topografía permite una fértil discontinuidad en el deforestado litosuelo. Los luvisoles crómicos o terra rossa, desarrollados a partir de roca calizas puras, son especialmente frecuentes en la costa occidental, también se encuentran en el valle de Camargo y en Trasmiera. Los encinares, que todavía recubren algunas de las áreas donde estos suelos predominan, son su única protección.

Los cambisoles dístricos son el tipo de suelos más abundante en Cantabria y se dan sobre rocas ácidas: areniscas, arcillas, limonitas y pizarras. Son suelos pobres en sustancias nutritivas. Ocupan la mayor parte de Liébana, una gran proporción de los valles del Nansa, Saja y Pisueña y abundan en Trasmiera, cuenca baja del Asón, Guriezo y Campóo. En las zonas menos pendientes se deben reservar para prados o pastizales, no así cuando existen grandes inclinaciones. En estos otros casos, debe entonces respetarse el bosque, o en su caso intentar la regeneración. Los cambisoles húmicos son suelos muy típicos de bosque, tienen gran pobreza en sustancias nutritivas y un gran horizonte de humus. Se desarrollan en extensas áreas entre Ucieda y Cieza, alrededor del Monte Corona, en el Puerto de la Braguía, en Campóo, Soba y valles pasiegos.

Los cambisoles eútricos son suelos muy fértiles desarrollados a partir de calizas arcillosas, margas o areniscas calizas. Es, por ejemplo, el suelo casi exclusivo de Ribamontán al Mar, pero hay otras buenas extensiones en Trasmiera, Guriezo, Sámano. También en los valles del Besaya, Pas, al sur de San Vicente de la Barquera y en los alrededores de Reinosa.

Los phaeozems o tierras pardas calizas se distinguen por su riqueza en elementos nutritivos, materia orgánica y por su gran espesor. Excelentes suelos agrícolas, no muy abundantes en Cantabria, predominan en el triángulo comprendido entre Santillana del Mar, Torrelavega y Suances.

Los suelos podzolizados son suelos de perfil A/B/C, muy ácidos y empobrecidos, ligados a la destrucción de los bosques. Existen zonas de podzoles en Soba, Guriezo, Cieza y Val de San Vicente.

Hay, por último, dos tipos de suelos que presentan, por distintas circunstancias, un perfil apenas diferenciado. Los fluvisoles o suelos de vega, fertilizados por las crecidas de los ríos, que eran regulados por el bosque de ribera. Actualmente estos suelos fértiles se ocupan con viviendas u otras obras, para, en una segunda fase, al producirse las lógicas inundaciones, proceder al encauzamiento o la canalización de los ríos, destruyendo el bosque ribereño. Hay amplias zonas en los cursos del Saja, Besaya, Pas y Pisueña.

Los regosoles proceden principalmente de derrubios o materiales no consolidados. Por ello, su desarrollo en laderas inclinadas supone que el riesgo de erosión sea máximo. Según estén formados a partir de materiales calizos (regosoles eútricos) o silíceos (regosoles dístricos) serán más o menos fértiles. Los dístricos ocupan algunas extensiones en Polaciones, valles del Pas, Miera, Asón y Valderredible. Los eútricos en Valdeolea y cuenca del Besaya.

#### 6.3.4. Clima

En Cantabria tanto la costa como la montaña comparten un clima atlántico húmedo, con abundantes y persistentes precipitaciones a lo largo del año, influenciado por la proximidad al mar y por la orografía.

La proximidad al mar tiene una doble influencia climática. Por un lado, éste actúa como amortiguador térmico, ya que al calentarse y enfriarse el agua con mucha mayor lentitud que el suelo continental y el aire, ejerce la doble misión de ceder calor por las noches, impidiendo fuertes descensos térmicos nocturnos, y de absorber calor por el día, refrescando el ambiente mientras se efectúa el proceso de la evaporación. Mediante este ciclo, el mar ejerce su segunda influencia, que es la de suministrador de vapor de agua y de partículas de sal, que se incorporan a la atmósfera al evaporarse pequeñas gotas y que, por ser la sal una sustancia muy higroscópica, son excelentes núcleos de condensación.

Del mismo modo, la Corriente del Golfo contribuye a suavizar las temperaturas respecto a las que le correspondería realmente según la latitud a que se encuentra la comunidad autónoma. Todo esto hace que las temperaturas en la región no suelen superar valores máximos de 30 °C con medias que se mantiene por debajo de los 20 °C y una amplitud térmica que se sitúa entre los 8 °C y los 15 °C.

Se puede decir pues que el rasgo más característico de Cantabria son sus precipitaciones regulares, que se sitúan entre los 1.000 y 1.200 mm anuales en su mayor parte, y que hacen de ésta, una región nubosa y húmeda. No obstante cabe señalar diferencias entre las diversas comarcas naturales anteriormente descritas.

Las tierras bajas de **La Marina** próximas a la costa disfrutan de un clima templado con una relativa homotermia a lo largo de los años. Las temperaturas invernales no suelen ser excesivamente bajas y es raro que descendan a valores negativos, teniendo unas medias de 10 °C. Del mismo modo, durante el estío éstas no suelen sobrepasar los 30 °C, estando por lo regular próximas a los 20 °C. Las precipitaciones medias anuales se sitúan entre los 800 y los 1000 mm.



Fig. 9. Los picos de Europa desde Lamedo

Nubes estratiformes en los Picos de Europa. El fuerte relieve de la Cordillera

Cantábrica obliga a las masas de aire a ascender, enfriándose y alcanzado la temperatura del punto de rocío, lo que forma estos velos extensos de nubes orográficas.



Fig. 10. Distribución de la temperatura media anual en Cantabria 1981-2010. Meteoruco.

A medida que nos internamos en el interior de la región la suavidad térmica desaparece, habiendo un mayor contraste entre el invierno y el verano en función de la altitud y las condiciones locales. Así, en los **valles altos** es frecuente descender a temperaturas de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en invierno, sin que, por otra parte, en verano se alcancen temperaturas más altas que en el litoral. Al contrario que en las tierras bajas próximas a la costa, donde no existe ningún mes de heladas seguras (aunque sí hay dos meses de heladas probables), en las **tierras de montaña** (1200 m. en adelante) hay dos, tres y hasta cuatro meses de heladas seguras. Esto hace que en las partes más altas del sector más montañoso de la región buena parte de las precipitaciones son en forma de nieve entre los meses de octubre a marzo, siendo ya un clima de montaña.

Una vez **rebাসada la Cordillera Cantábrica** pasamos a un clima de clara influencia continental, en la zona de Campoo, con veranos muy frescos e inviernos prolongados y fríos. Debido al efecto Foehn se produce una menor nubosidad y mayor insolación. En lugares como Reinoso la precipitación media anual es de 980 mm y el verano, aunque no se puede considerar seco se acerca, la precipitación es de menos de 300 mm/mes.

Más al sur, en el **valle del Ebro**, el clima pasa a ser mediterráneo extremo y las precipitaciones descienden aún más, situándose en los 800 mm anuales en su extremo sur. Los inviernos son fríos y largos, con heladas frecuentes. El verano es seco y cálido pero no extremado (la media de las temperaturas máximas diarias del mes de agosto,

el más cálido, no superan los 30 °C). Debido al Embalse del Ebro, en invierno son frecuentes las nieblas.

Excepción térmica lo constituye el **valle de Liébana**. Ubicada a los pies de los Picos de Europa en una hoya rodeada de farallones calcáreos, este impresionante muro crea un microclima que difiere del resto de la región. De este modo, en el fondo del valle persiste un clima mediterráneo atenuado que se transforma progresivamente a un clima atlántico húmedo, a medida que se asciende. Sus temperaturas medias anuales son de 28 °C para las máximas y 8 °C en las mínimas, con una pluviometría de 800 mm anuales.



Fig. 11. Distribución de la precipitación media anual en Cantabria 1981-2010. Meteoruco

Al igual que las horas de insolación y la temperatura, la influencia de los vientos es muy importante en la definición de un clima. Los vientos predominantes en Cantabria se agrupan en dos grandes conjuntos, en función de si es en situaciones húmedas o en situaciones secas.

### Situaciones húmedas:

Se producen, en general, por los vientos del cuarto cuadrante (de norte a oeste). El aire de esta procedencia es húmedo, debido a su origen marítimo, y al ser empujado hacia la Cordillera Cantábrica es obligado por este obstáculo a ascender, y por tanto, a enfriarse, con lo cual se inicia el proceso de condensación y se forman nubes que se estancan contra la cordillera (nubosidad de estancamiento) originando lluvias a menudo persistentes.

Dentro de esta situación podemos distinguir por su origen entre:

1. *Borrascas atlánticas*: Se desplazan de oeste a este, sucediéndose frentes fríos y cálidos. Los frentes fríos penetran desde el NO, estrellándose contra la Cordillera y originándose la nubosidad de estancamiento descrita. Esta situación se da en otoño, invierno, buena parte de la primavera y ocasionalmente en verano. Normalmente los frentes fríos son muy activos y afectan a toda Cantabria, rebasando con frecuencia la Cordillera, si bien los valles de Liébana, Campóo y Valderredible son los menos afectados por estos temporales. Las temperaturas no suelen ser muy bajas, por tratarse de aire atlántico templado, si bien en invierno suelen dar lugar a nevadas por encima de los 1.000 metros.

Los frentes cálidos entran desde el SO y producen lluvias en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica, donde la nubosidad se estanca y el aire cálido y húmedo asciende sobre la rampa que le opone el aire frío más pesado y pegado al suelo. Al ascender y encontrar menor presión el aire cálido se expande, enfriándose, y por este motivo se condensa originando nubes y lluvias. A medida que avanza el frente, el aire aprisionado contra la Cordillera, que se enfría en el ascenso y pierde casi toda su humedad, se precipita por la vertiente norte comprimiéndose, aumentando así su temperatura y alcanzando cada vez mayor velocidad. Son las fuertes "suradas" que producen en Santander y la vertiente norte de la Cordillera Cantábrica días de viento, sequedad y calor. Más adelante el frente vuelve a reproducirse al encontrar de nuevo aire frío, pero ya sobre el mar Cantábrico.

2. *Temporales del Norte*: Con el anticiclón alargado desde Groenlandia hasta las Azores y las bajas presiones al nordeste de la Península, se establece un régimen de vientos del norte (aire ártico) que inciden de lleno sobre la Cordillera Cantábrica.

Estas invasiones de aire frío, que pueden ocurrir en cualquier momento de año, originan en el invierno grandes nevadas, que pueden alcanzar la zona costera y desbordan con facilidad la Cordillera, penetrando en la Comarca Sur o Comarca de los Valles y en Campóo, acompañadas de fuertes temporales en el mar.

En verano originan temperaturas verdaderamente bajas, con chaparrones y tormentas frecuentes en la vertiente norte e incluso nevadas por encima de los 2.000 metros en Picos de Europa. Liébana, Comarca Sur y Campóo son las zonas más protegidas de estos embates. En primavera y otoño dan lugar a que el tiempo invernal se prolongue o se anticipe respectivamente.

3. *Las situaciones cantábricas*: Se trata de un tipo de situaciones realmente particulares de la vertiente Cantábrica, que, principalmente en verano, aportan la mayor parte de las precipitaciones que tienen lugar.

El anticiclón de las Azores, en su posición estival, extiende su influencia hacia la Península. Su borde oriental engloba al Cantábrico, pero haciendo que allí dominen vientos flojos de componente norte, que empujan y estancan contra la Cordillera masas de nieblas. Liébana, la Comarca Sur y Campóo no son afectadas por las situaciones Cantábricas que mantienen en el resto de la región las temperaturas en unos límites agradables, contrastando con los grandes calores estivales que se instalan simultáneamente sobre la Península.

4. *Tormentas*: A veces acompañan a los frentes fríos en los temporales del norte, pero son más frecuentes las tormentas de verano que se producen en algunas

situaciones en los meses cálidos. Los días más propicios para que la tarde se resuelva en tormenta son aquellos en los que reinan vientos del este y SE. Estos días el suelo se ve sometido a un gran recalentamiento, que origina fuertes diferencias térmicas en el aire. La humedad relativa suele ser elevada y el ambiente se vuelve sofocante, con lo que la inestabilidad sólo precisa de los ascensos impuestos por los relieves montañosos para iniciar el crecimiento de grandes nubes de desarrollo vertical, que producen las tormentas. Lógicamente, el interior montañoso es más afectado por estas tormentas, aunque también es frecuente que alcancen las zonas costeras.

### **Situaciones secas:**

Son generadas principalmente por vientos del NE, este y sur.

1. *Vientos del NE y E:* Se originan en situaciones anticiclónicas, cuando el núcleo del anticiclón se halla sobre Europa y las Islas Británicas, o cuando, estando sobre las Azores, su radio de acción se alarga hasta Francia.

Los vientos del NE y del E son de aire continental, seco y frío; producen cielos despejados y buena visibilidad, aunque con fuertes heladas nocturnas que llegan a las zonas costeras y que pueden ir acompañadas de inversiones térmicas.

2. *Vientos del sur:* Se pueden distinguir dos tipos: flujos estables e inestables. Los flujos inestables del sur son los que acompañan a los frentes cálidos, ya descritos. El viento sur tiene tres características: es seco, cálido y muy fuerte. Los días de sur la humedad desciende hasta un 30 % o 40 %, la temperatura es anormalmente alta, con valores que en invierno pueden acercarse a los 30 °C. Las rachas de viento con velocidades superiores a 100 km/h no son nada infrecuentes (se puede citar como ejemplo los 139 km/h en Santander el 15 de febrero de 1941, de triste recuerdo por el incendio de la ciudad).

La sequedad y fuerza del sur deshacen las nubes y nieblas, incrementándose de manera extraordinaria la visibilidad y dando lugar a una insolación muy intensa, con lo que la desecación del suelo se acentúa y se provocan deshielos repentinos.

Los flujos estables del sur aparecen con anticiclón sobre Europa Central y bajas presiones en el Atlántico, a la altura de Galicia o las Azores. Vientos procedentes del norte de África, muy cálidos y secos, fluyen a la península. El buen tiempo es entonces general y las temperaturas anormalmente altas.

Otoño, invierno y parte de la primavera son las épocas propicias en Cantabria para apariciones frecuentes de flujos del sur, los cuales, por sus peculiaridades, dan lugar a anomalías en el comportamiento de muchas personas, lo que ha originado que se llame a este viento el “viento de los locos”.

### 6.3.5. Pisos bioclimáticos

#### - *Piso colino.*

Este piso puede reconocerse desde al nivel del mar hasta una altitud cercana a los 700 m. Es aquí donde se realiza la mayor parte de la actividad agropecuaria y donde, por tanto, la transformación del paisaje natural ha sido más destacable. Por ello es difícil localizar extensiones importantes de bosque que nos permitan comprender la vegetación climática del piso colino.

En la comarca costera, entendida en su sentido amplio, como provincia Cántabro-Atlántica, prosperan los encinares de *Quercus ilex* y los robledales de *Quercus robur*, que alternan con diferentes comunidades de sustitución.

En la provincia Orocantábrica sólo el valle de Liébana cuenta con una representación de este piso en sus cotas inferiores. La vegetación forestal está constituida por encinares de *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* y alcornoques, a lo que hay que añadir algunos vestigios de bosque caducifolio, constituido por tilos y fresnos en ciertas zonas, y por roble albar (*Quercus petraea*) en otras.

#### - *Piso montano.*

El límite inferior del piso montano se sitúa, en contacto con el colino, en torno a los 700 m. Su límite superior coincide con el límite del bosque, al menos en lo que se refiere a la Cordillera Cantábrica.

En este sentido hay que indicar que el retroceso de las comunidades forestales como consecuencia del pastoreo de las zonas altas ha sido notable y por ello hoy vemos el bosque más bajo. Por esta razón ha de entenderse que el límite actual del piso montano se encuentra muchas veces bastante por encima de la zona de bosques actuales, allí donde las comunidades de sucesión así lo indiquen.

En la provincia Cántabro-Atlántica este piso ocupa escasa superficie, quedando relegado principalmente a las montañas de la zona oriental, donde el bosque mejor representado es sin duda el hayedo.

En la provincia Orocantábrica, por el contrario, existe una gran extensión de terreno incluíble en el piso montano. Aquí los hayedos comparten la superficie forestal con robledales de roble albar y abedulares.

#### - *Piso subalpino.*

El terreno que se encuentra por encima de los 1.700 m, aproximadamente, corresponde al piso subalpino. Razones de orden climático impiden el desarrollo de la vegetación arbolada y configuran un paisaje en el que los matorrales y la vegetación herbácea constituyen, junto con la roca, los principales elementos.

Podríamos dividir la alta montaña en una zona en la que dominan los matorrales y otra zona en la que éstos ceden el terreno a los pastizales alpinos. A este respecto, si bien es cierto que en las cumbres de los Picos de Europa y del macizo de Peña Prieta los matorrales se enrarecen en las zonas más altas, no es menos claro que lo hacen arrinconados por roquedos, debido al abrupto relieve de estas zonas. Las matas leñosas como el enebro rastrero alcanzan las cotas más elevadas, por ejemplo, en la misma cumbre de Peña Prieta. Mientras que los pastizales con especies de carácter alpino, se encuentran reducidos a pequeñas superficies de escasa significación en el paisaje.

En la provincia Cántabro-Atlántica la zona de alta montaña se encuentra muy restringida. Sólo las cumbres de algunas montañas pasiegas, en la zona del Castro Valnera, pueden incluirse con certeza en el piso subalpino.

En la provincia Orocantábrica la alta montaña se encuentra mucho más extendida. A los macizos Central y Oriental de los Picos de Europa, hay que añadir casi todo el sector lebaniego de la Cordillera Cantábrica, así como las sierras de Peña Labra, Pico Cordel y Peña Sagra. En esta última la franja subalpina es muy pequeña, quedando reducida prácticamente a las crestas más altas.

En estas zonas la vegetación está formada por un conjunto variopinto de comunidades. Aunque los matorrales de enebro (*Juniperus communis* ssp. *alpina*), arándanos (*Vaccinium gaultherioides*) y gayubas (*Arctostaphylos uva-ursi*) constituyen la vegetación climácica, su representación es muchas veces exigua. Las características del relieve impiden la evolución y maduración del suelo y la vegetación en correspondencia con el clima. Por ello los matorrales pueden estar localmente poco representados, mientras que comunidades de roquedos aparecen como el elemento dominante del paisaje.

## 7. BOTÁNICA. PRINCIPALES ENDEMISMOS Y ESPECIES DE ÁREA PREFERENTE.

Una vez comentadas las principales características de la región de estudio, que la hacen tan propicia para la presencia de especies de área restringida, vamos a detallar parte de las que encontramos en estos territorios. Siempre tendremos que tener en cuenta que el clima, la orografía o las características edáficas no entienden de límites artificiales creados por los hombres, por lo que algunas de las especies enumeradas a continuación, pese a ser, a primera vista, endémicas de la zona cántabra, pueden haber colonizado de forma accidental algunos terrenos de similares características en Comunidades Autónomas cercanas o haber sido transportadas por el hombre a zonas casi idénticas, desde el punto de vista de su hábitat, por su belleza, rareza, utilidad,...

### 7.1. SERIES DE VEGETACIÓN

Conjunto de comunidades vegetales que se hallan en espacios ecológicamente homogéneos (a una escala determinada) como resultado del proceso de la sucesión. Está formada por una etapa climática y sus etapas de sustitución. La descripción de las series de vegetación permite describir el paisaje vegetal e integra una gran cantidad de información. (Rivas-Martínez 2007).

#### 7.1.1. CALLUNO-ULICETEA<sup>1</sup>

Comunidades generalmente de cobertura elevada, dominadas por nanofanerófitos (sobre todo brezos y tojos), caméfitos, hemicriptófitos y geófitos, de óptimo atlántico y mediterráneo-íbero-atlántico, desarrolladas sobre suelos ácidos de humus bruto. Viven por debajo de los pisos subalpino y oromediterráneo, bajo ombroclima al menos subhúmedo, alcanzando su óptimo en los ombrotipos húmedo, hiperhúmedo y ultrahiperhúmedo. Características en el territorio: *Agrostis curtisii*.

+ **Ulicetalia minoris**: orden único de la clase.

\* **Ulición minoris**: comunidades de brezal-tojal atlántico meridionales, colinas y montañas.

\*\* **Daboecienion cantabricae**: brezales-tojales cántabro-atlánticos y orocantábricos. Diferenciales en el territorio: *Daboecia cantábrica*, General en el territorio desde el piso termocolino al montano.

#### 7.1.2. THLASPIETEA-ROTUNDIFOLII

Comunidades, generalmente de escasa cobertura, constituidas por geófitos y algún caméfito que colonizan depósitos, más o menos móviles, de cantos o bloques. Se distribuyen, al menos, por los territorios eurosiberianos y mediterráneos.

+ **Thlaspietalia rotundifolii**: comunidades generalmente de escasa cobertura, constituidas por geófitos y algún caméfito que colonizan depósitos, más o menos

---

<sup>1</sup> N°: Clase  
+: Orden  
\*: Alianza

\*\* : Asociación  
● : Serie de vegetación

móviles, de cantos calizos o de silicatos carbonados. De distribución colino-alpina eurosiberiana y supraoromediterránea.

\* **Linarion filicaulis**: comunidades generalmente de escasa cobertura, constituidas por geófitos y algún caméfito que colonizan depósitos, más o menos móviles, de cantos calizos o de silicatos carbonatados en la alta montaña orocantábrica (altimontano-alpino). Características en el territorio: *Allium palentinum* y *Linaria alpina* subsp. *filicaulis*.

### 7.1.3. ELYNO-SESLERIETEA

Pastizales vivaces de cobertura elevada, dominados por hemcriptófitos, desarrollados sobre suelos terrestres bien estructurados, carentes de horizonte místico y de propiedades oléicas, propios de la alta montaña caliza (pisos subalpino y alpino) de ombrotipo húmedo-ultrahiperhúmedo, distribuidos por las altas montañas eurosiberianas.

• **Pedunculari fallaci-armerietum cantabricae**: pastizales basófilos y quionófilos que ocupan biotopos largamente innovados, en suelos profundos algo descarbonatados en superficie, de distribución subalpina orocantábrica, si bien de forma puntual y en estaciones favorables, pueden alcanzar tanto el alpino como descender al altimontano. En su combinación florística aparecen: *Armeria cantábrica*, *Jasione cavanillesii* y *Aquilegia pyrenaica* subsp. *discolor*.

### 7.1.4. ASPLENIETEA-TRICHOMANIS

Comunidades generalmente de escaso recubrimiento, constituidas por hemcriptófitos, geófitos o caméfitos que ocupan fisuras de peñascos, cantiles o muros secos (casmófitos) o pequeñas repisas de rocas con una delgada capa de tierra (exocomófitos) y de amplia distribución holártica.

+ **Potentilletalia caulescentis**: comunidades generalmente de escaso recubrimiento, constituidas por hemcriptófitos, geófitos o caméfitos que ocupan fisuras de peñascos, cantiles o muros secos de naturaleza calcárea. Este tipo de comunidades tienen su óptimo en los pisos colino-alpino de la Región Eurosiberiana, penetrando en la Mediterránea en sus áreas septentrionales y lluviosas (mesooromediterráneo).

\* **Saxifragion trifurcato-canaliculatae**: alianza única del orden en la zona, endémica de los territorios colino-alpinos orocantábricos, ovetenses, cantabro-euskaldunes (Región Eurosiberiana) y mesosupramediterráneos bercianos (Región Mediterránea). Características en el territorio: *Anemone pavoniana* y *Campanula arvatica*.

\*\* **Saxifragenion trifurcato-canaliculatae**: comunidades saxocalcícolas orocantábricas montanas, subalpinas y alpinas. Características en el territorio: *Petrocoptis pyrenaica* subsp. *glaucifolia*, *Potentilla nivalis* subsp. *artúrica*, *Saxifraga babiana* y *Saxifraga canaliculata*.

- **Potentillo asturicae-Valerianetum apulae:** comunidades casmófitas que colonizan fisuras de lapiazes de cumbres calcáreas, caracterizadas florísticamente por la presencia de *Festuca burnatii*.

#### 7.1.5. FESTUCO HYTRICIS-ONONIDETEA STRIATEA

Comunidad constituida por pastos secos y matorrales almohadillados basófilos, orófilos y quionóforos, formados principalmente por hemipterofitos cespitosos y caméfitos, a veces pulviniformes, que prosperan sobre suelos poco profundos. Una buena parte de ellos sometidos durante la época fría a frecuentes fenómenos de crioturbación. Se distribuyen por el suroccidente de Europa y el óptimo actual es tanto eurosiberiano o meridional montano y subalpino, como supraoromediterráneo subhúmedo-húmedo, alcanzando de un modo empobrecido y muy local las altas montañas béticas y mauritánicas.

+ **Ononidetalia striatae:** pastos secos o matorrales pulviniformes desarrollados sobre suelos ricos en bases, en general poco profundos, y en ocasiones sometidos a crioturbaciones en las altas montañas. Su óptimo se halla en los pisos montano y subalpino subhúmedo-hiperhúmedo aunque de un modo marginal también se encuentra en el colino, meso y supramediterráneo. De distribución prealpina occidental-pirenaico-cantábrica, como reliquias se hallan también en ciertas estaciones rupestres íbero-levantinas septentrionales y provenzales de veranos lluviosos.

\* **Genistion occidentalis:** alianza única del orden en el territorio que agrupa comunidades ricas en caméfitos pulviniformes y hemipterofitos anacollados, colino-montano-subalpinas y supramediterráneas, subhúmedo-húmedo-hiperhúmedas desarrolladas sobre suelos bien estructurados, en ocasiones someros, de distribución orocantábrica, ovetense-cántabro-euskalduna y castellano cantábrica. De un modo vinícola alcanzan territorios pirenaico-occidentales e ibérico-sorianos. Características en el territorio: **Genista legionensis**.

- **Ulici-europali-Genistetum occidentalis:** aulagares con tojos o árgomas, basófilos colinos ovetenses.

+ **Festuco hystricis-Poetalia ligulatae:** comunidades cespitosas basófilas ricas en hemipterofitos gramínicos y caméfitos sufruticosos de pequeña talla, que prosperan sobre suelos calcáreos o dolomíticos en general poco profundos sometidos muy frecuentemente a crioturbaciones. Su óptimo es orófilo ibérico supra-oromediterráneo seco-subhúmedo aunque en la Cordillera Cantábrica se hallan en el altimontano y subalpino inferior húmedo-hiperhúmedo. Tiene una distribución orocantábrica, castellano-cantábrica, ibérico-soriana, maestracense, celtibérico-alcarreña y bética con algunas disyunciones norteafricanas, mesatlánticas.

\* **Festucion burnatii:** alianza única del orden en el territorio, que agrupa comunidades cespitosas basófilas que prosperan sobre suelos someros crioturbados de roquedos o rocas disgregadas, en áreas continentales orocantábricas altimontano-subalpinas húmedo-hiperhúmedas. Características en el territorio: *Artemisa cantábrica*,

*Centaurea janeri subsp. babiana*, *Draba cantabriae*, *Festuca burnatii*, *Saxifraga confiera* y *Sempervivum cantabricum*.

#### 7.1.6. MONTIO-CARDAMINETEA

Comunidades, generalmente de elevada cobertura, constituidas por pequeños helófitos y abundantes briófitos, que ocupan biotopos por donde circulan aguas puras y frías. Esta vegetación fontinal, bioindicadora de la no contaminación de las aguas, tiene su óptimo en los pisos montano, subalpino y alpino de las montañas eurosiberianas, aunque también desciende a los territorios colinos, extendiéndose también por las regiones silíceas de la región Mediterránea, en los pisos supra-orcioromediterráneos.

+ **Montio-cardaminetalia**: orden único de la clase, propio de arroyos y fuentes nacientes frías y no contaminadas.

\* **Cardaminion**: vegetación fontinal, a veces esciófila, de aguas templadas o templadofrías, poco o algo contaminadas, generalmente oligótrofas, de los territorios colinos y montanos.

• **Stellario alsines-Saxifragetum alpigenae**: comunidades de fuentes muy frías y de arroyos muy próximos a las mismas y poco alterados por los animales, de distribución subalpina-alpina inferior orocantábrica y oro-crioromediterránea carpetano-ibérico-leonesa.

\* **Crotoneurion commutati**: comunidades atlántico-medioeuropeas, generalmente de elevada cobertura, constituidas por pequeños helófitos y abundantes briófitos, que ocupan biotopos por donde circulan aguas puras, frías y carbonatadas, propias de los pisos colino, montano, subalpino y alpino. Características en el territorio: *Centarium somedanum*.

#### 7.1.7. CYTISETEA SCOPARIO-STRIATI

Comunidades, en general de elevada cobertura, dominadas por nano o microfanerófitos retamoides áfilos de la tribu de las genisteas, desarrolladas sobre suelos silíceos, profundos, meso-oligótrofos, con humus mull y sin hidromorfía temporal. Constituyen la orla o primera etapa de sustitución de diversos tipos de bosques climatófilos y, si bien su óptimo lo alcanzan en los territorios ibérico silíceos, se distribuyen por las áreas mediterráneo-iberoatlánticas, orocántabro-atlánticas y pirenaicas occidentales, en los pisos meso-supramediterráneo y colino-montano. Características en el territorio: *Cytisus cantabricus* y *Narcissus asturiensis*.

+ **Cytisetalia scopario-striati**: orden único de la clase en el territorio.

\* **Genistion polygaliphyllae**: piornales montanos y supramediterráneos subhúmedo-ultrahiperhúmedos de distribución orocantábrica, cántabro-euskalduna, castellano-cantábrica, ibérico-soriana, leonesa, orensano-sanabriense, salmantina y estréllense. Características en el territorio: *Genista obtusiramea*.

### 7.1.8. NARDETEA STRICTAE

Pastos densos, acidófilos, hidrófilos o mesófilos, dominados por hemcriptófitos graminoides cespitosos, a los que suelen acompañar otros hemcriptófitos y caméfitos reptantes. Se desarrollan sobre suelos profundos ácidos sometidos a una hodromorfía temporal más o menos prolongada, por lo que suelen poseer propiedades estánnicas. Se distribuyen tanto en la subregión Atlántico-Medioeuropea como en los supra-orocrioromediterraneos.

+**Nardetalia strictai**: orden único de la clase. Características en el territorio: *Juncus cantabricus*.

### 7.1.9. QUERCO-FAGETEA

Comunidades dominadas por meso y/o microfanerófitos, en general caducifolios o marcescentes: bosques, prebosques y formaciones arbustivas de xerófilas a hidrófilas. De óptimo colino y montano atlántico-medioeuropeo, se hallan también en áreas lluviosas y frías mediterráneas y en las riberas y cauces de los ríos de esta misma región.

• **Salicetum cantabricae**: saucedas arbustivas que colonizan bordes de cursos fluviales y torrenteras que soportan grandes avenidas primaverales y que se desarrollan tanto sobre sustratos pedregosos como arenosos o limosos, generalmente ricos en carbonato cálcico. Se distribuyen por los territorios orocantábricos, así como en la zona de contacto entre estos y los del sector leonés, ya en la Región Mediterránea, alcanzando el sector castellano-cantábrico por el oriente y el orensano-sanabriense por el occidente. Florísticamente se caracteriza por la presencia de *Salix cantábrica*.

Tras el estudio de estas series, se ha visto que las principales especies vegetales, endémicas en Cantabria son:

- |   |  |
|---|--|
| 1- <i>Agrostis curtisii</i>                             | 13- <i>Genista obtusiramea</i>                       |
| 2- <i>Allium palentinum</i>                             | 14- <i>Jasione cavanillesii</i>                      |
| 3- <i>Anemone baldensis</i> subsp.<br><i>pavoniana</i>  | 15- <i>Linaria alpina</i> subsp. <i>filicaulis</i>   |
| 4- <i>Aquilegia pyrenaica</i> subsp.<br><i>discolor</i> | 16- <i>Narcissus asturianensis</i>                   |
| 5- <i>Armeria cantábrica</i>                            | 17- <i>Petrocoptis glaucifolia</i>                   |
| 6- <i>Artemisa chamaenelifolia</i>                      | 18- <i>Potentilla nivalis</i> subsp. <i>artúrica</i> |
| 7- <i>Campanula arvatica</i>                            | 19- <i>Salix cantábrica</i>                          |
| 8- <i>Centarium somedanum</i>                           | 20- <i>Saxifraga canaliculata</i>                    |
| 9- <i>Cytisus cantabricus</i>                           | 21- <i>Saxifraga conífera</i>                        |
| 10- <i>Daboecia cantábrica</i>                          | 22- <i>Sempervivum cantabricum</i>                   |
| 11- <i>Festuca burnatii</i>                             | 23- <i>Verónica manpodrensis</i>                     |
| 12- <i>Genista legionensis</i>                          |  |

## 7.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES ENDÉMICAS

### 7.2.1. AGROSTIS CURTISII:



AGROSTIS CURTISII	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	Agrostis
Plantas de brezales, brezales-tojales y aulagares.	

“Planta perenne densamente cespitosa, con tallos de hasta 60 cm, escábridos cerca de los nudos y bajo la inflorescencia. Las hojas son lineares, de 0.2 – 0.3 mm de ancho, con hojas rígidas, fuertemente aculeoladas, con un surco central profundo y con un reforzamiento de esclerénquima bajo la epidermis. Las flores se reúnen en una inflorescencia de tipo panícula, de 3 – 10 cm, con ramas cortas y erectas. Tiene espiguillas de 3 – 4 mm comprimidas lateralmente y con una flor. La lígula, de 2 – 4 mm, es aguda; las glumas son lanceoladas, agudas, escábridas, membranosas, más largas que las flores y con un nervio. La lema, que mide dos tercios de la gluma, es membranosa o escariosa, con entre 3 y 5 nervios, con los laterales cortamente excurrentes y una arista de hasta 5 mm que surge cerca de la base; tiene un tallo con pelos de hasta 0.5 mm. La pálea es más corta que la lema. Son hermafroditas y constan de 1 – 3 estambres con anteras de 1.5 – 2 mm, y un ovario con dos estilos. Florece de mayo a agosto.” (Romero, A.T., Blanca, G. Y Morales C. 1988, pág. 70)



*Distribución, hábitat y fenología:* Crece en pastos, orlas de bosques, brezales sobre suelos ácidos y también en grietas de los roquedos, desde el nivel del mar a los 1.700 m. Crece en comunidades de cobertura elevada en los que predominan los brezos y tojos, se desarrollan sobre suelos ácidos de humus bruto. Aparecen por debajo de los pisos subalpinos y oromediterráneo bajo ombroclima al menos subhúmedo, alcanzando su óptimo en los ombrotipos húmedo, hiperhúmedo y ultrahiperhúmedo.

“Crece a plena luz aunque soporta sombra. Calor moderado. Piso montano principalmente. Continentalidad intermedia. Suelos secos; indicadora de sequedad moderada. Suelos ácidos; pH 3.5 - 5.5; indicadora de acidez. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Monte de Cabuérniga, Valle de Cabuérniga (610 m), Valle de los Bueyes (590 m), Unquera, Tres mares (1.500 m), Pico Cordel, entre Entrambasaguas a El Henar (1.200 m), Población de Suso (1.150 m), El Henar (1.240 m), Reinosa, Monte de Vixtus, entre Quintarilla y Cordovilla de Aguilar (990 m), entre Polientes y Ruerrero (660 m), Cejanca (740 m), Monte de Selaya en Carriedo, Puente de Orce hacia Escobedo, Salcedo, ría del Pas, Santander montañas y sierra de Carriazo (200 m-250 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 93. Plano de situación *Agrostis Curtisii*.

### 7.2.2. ALLIUM PALENTINUM:

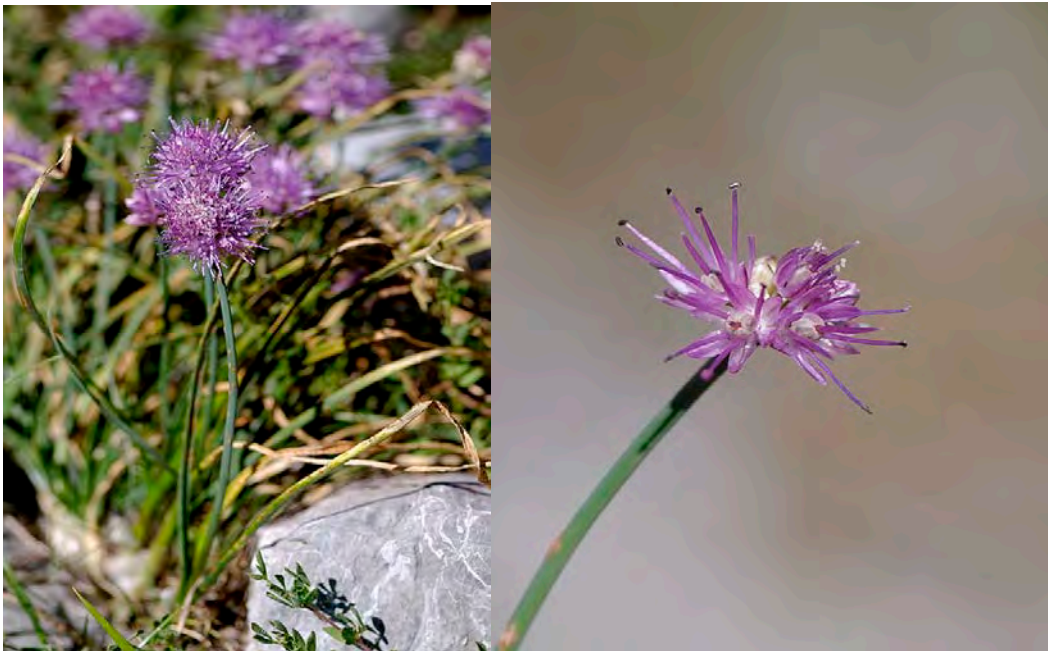


ALLIUM PALENTINUM	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Liliales
Familia:	Liliaceae
Género:	Allium
Planta bulbosa, herbácea perenne, de la familia de las liliáceas, con flores en inflorescencias terminales (a veces solitarias) dispuestas en umbelas con un característico olor a ajo, piezas periánticas rosadas o purpúreas de hasta 6 mm, anteras purpúreas, vainas envainantes 1/3 del tallo.	

“Hierbas perennes, bulbosas, glabras o, a veces, parcialmente pelosas, casi siempre olorosas. Bulbo de fusiforme a globoso, con la túnica externa coriácea, fibrosa o escariosa, solitario o varios insertos en un rizoma  $\pm$  horizontal, a veces con bulbillos en la axila de las hojas internas, más raramente con un bulbillo o bulbilo en el ápice de hojas internas rudimentarias. Tallo escaposo o parcialmente folioso, simple, de sección circular o angulosa, macizo o fistuloso. Hojas todas basales o algunas caulinares alternas, de lineares a elípticas, bien planas, o bien de sección circular o semicircular y fistulosas o a veces macizas, con nervadura principal paralelinervia, en general sin pecíolo, envainadoras. Inflorescencia umbeliforme, terminal, con una espata basal – que encierra el botón de la inflorescencia– formada por 1 o 2 brácteas –que se separan a veces en 2-4 segmentos–, persistentes o caedizas; pedicelos no articulados, a veces transformados en bulbillos, con o sin bractéolas. Flores hermafroditas, trímeras, actinomorfas. Perianto estrellado o campanulado o  $\pm$  tubular, con 6 tépalos, libres, subiguales, de linear-lanceolados a ovados u obovados, blancos, verdosos, amarillos, rosados o purpúreos, en general marcescentes. Androceo con 6 estambres unidos a la base de cada tépalo; filamentos en general connatos en la base, de lineares a lanceolados, simples –a veces con algún lóbulo lateral– o tricuspidados, glabros o raramente papilosos en el margen; anteras oblongas, de subbasifijas a dorsifijas, introrsas, con dehiscencia longitudinal. Los estambres tienen unos pequeños lóbulos basales de alrededor de 0,4 mm. Gineceo con 3 carpelos soldados en ovario súpero, sésil o cortamente estipitado, trilocular; estilo 1, filiforme o cilíndrico, inserto en el fondo de la depresión apical del ovario, casi ginobásico, en general caedizo; estigma entero, capitado o a veces punctiforme, o raramente trífido. Fruto en cápsula, loculicida, en general globosa, a veces de ovoide a globosa, con 1 o 2(4) semillas por lóculo. Semillas angulosas o más raramente subglobosas,  $\pm$  verrucosas, negras, en general sin eleosoma.” (*Flora ibérica vol.20 pág. 220*).

“Planta herbácea perenne que pasa el invierno reducida a unos bulbos de hasta 50 x 19 mm, de aspecto fusiforme, solitarios o en grupos de 2 ó 3; tienen una única túnica

externa escariosa, lisa y rojiza, sin fibras; carece de bulbillos y tienen un rizoma corto. De estos bulbos surgen tallos de 16 a 48 cm, de sección circular y hueco. Las hojas, entre 2 y 4, se disponen en el tercio inferior del tallo; son glabras sin peciolo y con una vaina de hasta 83 mm; su lámina, de hasta 24 cm x 33 mm, es plana, linear, con el ápice obtuso y el margen papiloso o liso. Las flores se agrupan en una inflorescencia de tipo umbela, esférica y densa, formada por entre 6 y 60 flores campanuladas sin bulbillos. Esta inflorescencia tiene en su parte inferior una espata formada por 2 segmentos subiguales, siendo el segmento mayor de 3,9 – 10,1 x 3,1 – 6,5 mm y el menor de 3,7 – 9 x 2,1 – 7,3 mm, de forma ovada, más cortos que la propia inflorescencia y apiculados; son de consistencia membranosa y persisten hasta la fructificación. Las flores tienen pedicelos de hasta 6,6 mm, subiguales, lisos o algo estriados o alados, no engrosados, los externos derechos en la floración. La flor está formada por 6 tépalos elípticos, más o menos obtusos, lisos, de color rosado; los extremos miden hasta 4,3 x 1,9 mm y los internos hasta 5,1 x 2,3 mm. El androceo consta de 6 estambres exsertos; los filamentos externos son simples, linear – lanceolados, con la base apenas ensanchada, mientras que los internos son linear – lanceolados y con la base anchamente triangular, en la que por lo general hay un diente a cada lado del mismo. El ovario, de hasta 3,7 mm, es obovoide, liso, con un estilo entero. El fruto, de hasta 5 x 4,3 mm tiene 1 ó 2 semillas por lóculo, ovado – angulosas, sin eleosoma. Florece de julio a agosto.” ((Losa T.M. y Montserrat P. 1953 páginas 423-425)



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica). Forma parte de prados de alta montaña pero de forma muy escasa., aparece desde los montes de Somiego a la Sierra de Peña Labra, en los Picos de Europa en la zona de Cañameño. Crece en las fisuras y repisas de roquedos calizos, desde los 1.600 m a los 2.230 m. Piso subalpino principalmente.

“No soporta la sombra. Soporta grandes variaciones de temperatura. Requiere suelos húmedos o muy húmedos y de acidez pH 3 a 4,5, por lo que es un indicador de

humedad y de una fuerte acidez. Suelos pobres en nitrógeno. (Losa T.M. y Montserrat P. 1953 páginas 423-425).” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com))

“Encontrado en: Picos de Europa (1.700 m), Aguja de la Canalona (2.130 m) y Pico de Cámara (1.870 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 94. Plano de situación *Allium Palentinum*.

**7.2.3. ANEMONE BALDENSIS subsp. PAVONIANA (Anémona de Pavón):**



<b>ANEMONE BALDENSIS</b>	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Ranunculales
Familia:	Ranunculaceae
Género:	Anemone
Planta de la familia de las Ranunculáceas. Hierba perenne, dispersamente pubescente, de hasta 30cm; hojas basales compuestas, 2-3 veces ternadas, las caulinares son similares pero más pequeñas; flores solitarias blancas, de hasta 4 cm de diámetro, con 7-8 segmentos periánticos oblongo-elípticos obtusos; frutos en aquenios, dispuestos en una cabezuela subglobosa	

“Planta perenne provista de un rizoma no tuberoso, cilíndrico del que surgen tallos de hasta 50 cm, con la base cubierta por restos algo fibrosos, pardos, de antiguas hojas; tiene una pelosidad con pelos que persisten en el escapo y raquis de las hojas, siendo los limbos casi glabros durante el verano. Las hojas aparecen dispuestas en una roseta; son 2-3 ternadas y el peciolo es 2-4 veces más grande que el limbo; los lóbulos alcanzan los 3 mm de anchura y las brácteas, similares a las hojas, tienen el peciolo envainador, corto y muy peloso. Las flores son actinomorfas, solitarias, y su perianto consiste en 6-8 sépalos petaloideos, libre y caducos, de 15-20 x 7-10 mm, de forma elipsoidal-subromboidal, de color blanco, con el dorso piloso y algo azulado. El androceo consta de numerosos estambres más cortos que los sépalos. El gineceo está formado por numerosos carpelos libres y pelosos. El fruto es un poliaquenio de hasta 18 mm, lanífero, ovoide, con 25 a 50 aquenios comprimidos y piriformes, con el estilo curvo y negro. Florece de mayo a junio.” (*Flora ibérica vol.1 pág. 259*).





*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica y subprovincia cántabro-euskalduna). Anémone de roquedos calcáreos sombreados, si está en zonas bajas, pero prefiere el sol en altura, aparece desde los 1.000 hasta los 2.400 metros de altitud.

“No soporta la sombra. Soporta el frío; alta montaña. Pisos alpino principalmente. Continentalidad intermedia. Suelos muy secos por lo que es un indicador de sequedad. Suelos ricos en bases; pH 5,5-8, indicadora de alcalinidad. Suelos pobres en Nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Picos de Europa (2.300 m), Peña Vieja, Áliva, Camaleño, Collado de Cámara a Áliva, y Castro Valmera (1.300 m – 1.350 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

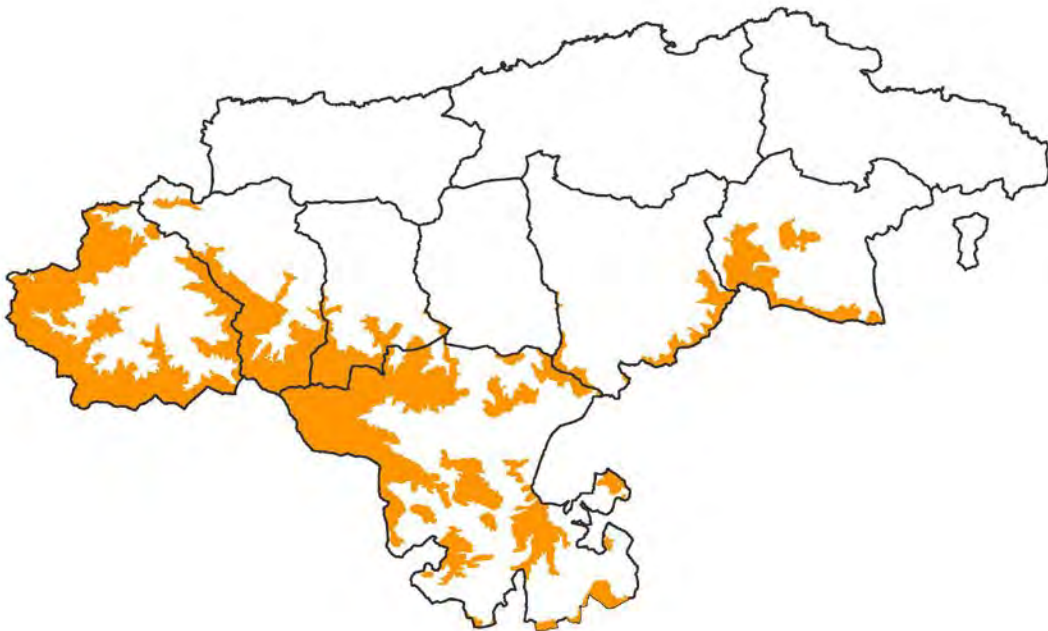


Figura 95. Plano de situación Anemone Baldensis.

#### 7.2.4. AQUILEGIA PYRENAICA subsp. DISCOLOR (Aguileña de dos colores):



AQUILEGIA PYRENAICA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Ranunculales
Familia:	Ranunculaceae
Género:	Aquilegia
Planta de la familia de las ranunculáceas. Hierba perenne, erecta y ramificada, con hojas alternas generalmente enteras, a veces con las inferiores opuestas, sus flores terminales, espolonadas, presentan varios planos de simetría, el fruto es un grupo de folículos con numerosas semillas	

“Planta perenne, con una cepa leñosa, con tallos simples de 6 a 12 cm, más o menos glandular pubescentes en la parte superior, subglabras en la inferior. Las hojas basales se disponen en una roseta; son 1-3 ternadas, glabras o subglabras, con las vainas viejas de color pardo oscuro; sus segmentos foliares son pequeños, bífidos o trífidos, de glabros a glandular-pubescentes, glaucos por el envés y verdes por el haz; las hojas caulinares son enteras o trifidas, con los segmentos de lineares a ovado-lanceolados. Las flores 1-6, se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, formados por hasta tres flores regulares, concoloras o discoloras. El perianto está formado por dos envolturas, una externa de cinco piezas petaloideas o sépalos, caducas, de 10 – 17 x 4 – 8 mm, ovado lanceolados y azules, diferenciados en una uña y un limbo, y una envoltura interna, formada por 5 piezas nectaríferas o pétalos, azules o blancos, con un limbo de 5-9 x 4 – 5 mm y un espolón recto de hasta 12 mm. El androceo está formado por numerosos estambres no exentos, con estaminodios de 4 a 7 mm, lanceolados y agudos, con el margen algo ondulado. El gineceo consta de 5 carpelos sésiles y libres. El fruto es un conjunto de 5 folículos de 10 a 15 mm, glandular – pubescentes, con estilos de 3 a 6 mm en su extremo. Florece de junio a agosto.” (*Flora ibérica vol.1 pág. 376*).

*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (sector picoeuropeo-Ubiñense). Crece en pastos basófilos, quiniófilos, desarrollados sobre suelos profundos y sobre sustratos calcáreos subalpinos, en fisuras o lugares pedregosos, desde 1.700 a los 2.200 m de altitud.

“No soporta la sombra. En piso subalpino principalmente con frescor. Continental, soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos secos, indicadora de sequedad moderada. Sobre suelos ricos en base, pH 5,5 – 8, indicadora de alcalinidad. Sobre suelos pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com))



Lám. 128. —*Aquilegia pyrenaica* subsp. *pyrenaica*. La Rencasa, Huesca (MA 231186). a) hábito; b) hoja; c) flor; d) sépalo; e) pétalo; f) sección de una flor; g) carpelo y estamino; h) plurilocular; i) folículo maduro; j) detalle de los pedos.

“Encontrado en: Collado de Cámara, Camaleño, Picos de Europa, La Vueltona, Áliva, Peña Vieja, Lloroza, Canal de las Nieves, Potes y supra Potes (2.333 m – 2.300 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 96. Plano de situación *Aquilegia Pyrenaica*.

### 7.2.5. ARMERIA CANTÁBRICA (*Armeria cantábrica*):



ARMERIA CANTÁBRICA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Plumbaginales
Familia:	Plumbaginaceae
Género:	Armeria
<p>Planta perenne, densamente cespitosa, en ocasiones cubre superficies de más de 1 m<sup>2</sup>; hojas lineares, glabras o con pequeños cilios en los márgenes, plantas de 15-60 x 1-2.5 mm; inflorescencias en cabezuelas de 13-20 mm de diámetro, sostenidas por escapos de 10-22 mm; flores de color rosa intenso, espolonadas, cáliz de 5.5-7.5 mm, con lóbulos triangulares; fruto en aquenio, con una sola semilla, persistente en el cáliz</p>	

“Planta densamente cespitosa; cepa muy ramificada. Ramas apretadas. Hojas (10) 15-60 x (0,7) 1 -2,5(3,5) mm, lineares o sublineares, de ápice generalmente obtuso y a menudo redondeado, con 1-1+2(3) nervios, planas, con margen membranaceo estrechos erecto-patentes, glabras o cilioladas en el margen. Escapos (7) 10 -22(26) cm, alguna vez pubérulos en la base. Vaina involucral 5-15(20) mm. Involucro 13-20 mm de diámetro. Brácteas involucrales 9-13, algo consistentes, de pajizas a ocráceas; las externas, algo rugosas, ovado-lanceoladas, poco más cortas o de igual longitud que las de la parte media; éstas, de anchamente elípticas a anchamente obovadas, mucronadas o mucronuladas; las internas, obovado-oblongas. Espículas con frecuencia cortamente estipitadas. Brácteas espiculares iguales o poco más largas que las involucrales internas. Cáliz (5) 5,5 – 7,5 mm, holopleurótico, con hileras de pelos más o menos nutridas; espolón 0,3-0,5(0,7) mm, de menos de ¼ de la longitud del tubo; lóbulos (0,8) 1 – 1,7 mm, de ovado-trianguulares a triangular-agudos, con arista de longitud variable, de longitud inferior a ¼ de la del cáliz. Corola rosa intenso, a veces purpúrea, rara vez blanca.” (*Flora ibérica vol.20 pág. 714*).

*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica). Forma unos pastizales con sustratos calcáreos que permanecen cubiertos de nieve hasta bien entrada la primavera, vive en rellanos o fisuras de roca, generalmente de naturaleza caliza; es abundante a partir de los 1.200 m, y hasta los 2.400 m de altitud.



“No soporta la sombra. Piso subalpino principalmente y fresco. Continental, soporta grandes variaciones de temperatura. Suelos muy secos, indicadora de sequedad. Suelos ricos en bases, pH 5,5 – 8, indicadora de alcalinidad. Suelos pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Canal de las Nieves (2.000 m), El Jisu (2.020 m), Horcados Rojos, Pico Tesorero (2.564 m), Peña Vieja, Áliva, Camaleño, Prao Cortés (2.200 m), Canal de San Carlos, Collado de San Carlos y Pico Cordel.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 97. Plano de situación Armeria Cantábrica.

#### 7.2.6. ARTEMISA CHAMAEMELIFOLIA subsp. CANTÁBRICA:



ARTEMISA CHAMAEMELIFOLIA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Compositae
Género:	Artemisa
Plantas de pastizales de alta montaña, matorrales pulviniformes y megaforgios.	

“Hierba de hasta de 30 cm, algo leñosa en la base, aromática, casi o bastante glabra. Hojas alternas, 2-3 pinnatífidas, no glandulosas, las caulinares sésiles, con el segmento inferior amplexicaule. Flores agrupadas en inflorescencias de tipo capítulo, hemisféricos, cortamente pedunculados, recurvados, agrupados en una panícula estrecha no muy ramificada. Brácteas inferiores grandes, a modo de hojas, las superiores pequeñas y simples. Involucro de los capítulos (inflorescencia racimosa) de 2.5-3 mm, con brácteas obtusas, glabras o ligeramente pelosas, las externas lineares herbáceas y las internas oblongas, casi enteramente escariosas. Receptáculo peloso. Flores tubulares, con la corola amarillenta, glabra, glandular. Fruto en aquenio, sin vilano. Florece de julio a agosto.” (*Flora ibérica vol.16*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo de la Cordillera Cantábrica, donde aparece en el entorno leonés de Peña Ubiña. Vive en pedregales nitrificados por el ganado menor y en repisas y desprendimientos sobre sustratos calizos en zonas de clima continental; 2.000 m altitud.

“No soporta la sombra. Piso colino principalmente, necesita calor. Continentalidad continental. En suelos muy húmedos, indicadora de humedad. Suelos exclusivamente

básicos, pH mayor de 6, indicadora de suelos ricos en bases. Suelos ricos en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com))

“Encontrado en: Agujas de Redondo y Peña de las Agujas.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

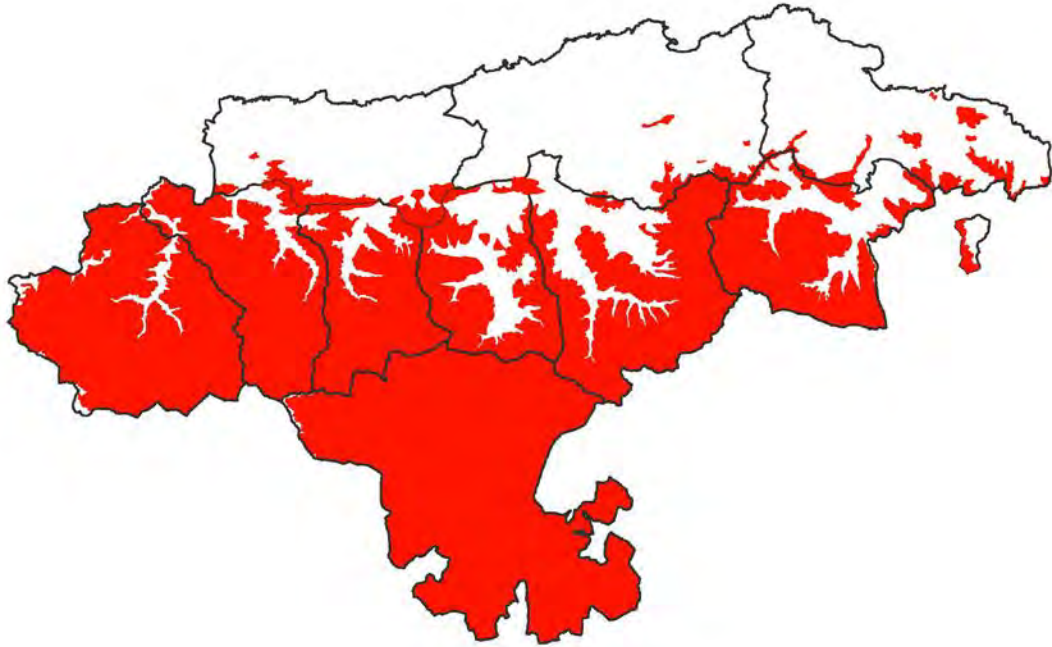


Figura 98. Plano de situación Artemisa Cantábrica.

### 7.2.7. CAMPANULA ARVATICA (Campanilla de Arvás):



CAMPANULA ARVATICA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Campanulales
Familia:	Campanulaceae
Género:	Campanula
De la familia de las campanuláceas, hierba perenne, cespitosa, con grueso rizoma, con tallos de hasta 20 cm; hojas ovales, dentadas, pecioladas, de hasta 8 mm de longitud, las superiores más pequeñas y sésiles o casi; inflorescencias racimosas de pocas flores; flores rotadas o de forma de embudo ancho, de color azul pálido o violáceas, de hasta 25 mm de longitud; fruto en cápsula que se abre por poros laterales.	

“Planta perenne de hasta 40cm, glabra en el ápice, cespitosa, provista de un rizoma ramificado, grueso, con restos de hojas y peciolo, del que surgen tallos de hasta 20 cm, decumbentes y ramificados en la parte superior. Las hojas basales, dispuestas en una roseta, de hasta 12 x 10 mm, acorazonadas u orbiculares, con 3-5 lóbulos y glabras; las caulinares son de orbiculares a triangulares, de hasta 8-12 mm. Las flores son solitarias o a veces aparecen en inflorescencias muy laxas, con pocas flores, con el pedicelo glabro. El cáliz, de 7-10 mm, está formado por 5 sépalos soldados formando un tubo que se abre al exterior por 5 dientes, lisos y sin apéndices entre ellos, linear-lanceolados y con 2 ó 3 pares de dientes laterales. La corola, de 11-16 x 18-22 mm, es de color azul, es de forma rotada a anchamente infundibuliforme, y consta de 5 pétalos soldados formando también un tubo que finaliza en 5 lóbulos de 6-9 mm. El androceo tiene 5 estambre libres, de 5-7 mm, y el gineceo un ovario glabro del que surge un estilo peloso de 9-15 mm, que acaba en un estigma lobulado. El fruto es una cápsula de 6-7 x 3-4 mm turbinada, que se abre por poros laterales dejando libres numerosas semillas. Florece de julio a agosto.” (*Flora ibérica vol.14 pág. 117*).

*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica). Muy frecuente en fisuras, grietas y repisas de roquedos calizos de rocas húmedas con inhibición prolongada. Desde los 500 m a los 2000 m de altitud.



“No soporta la sombra. Piso colino, principalmente; necesita calor. Continentalidad intermedia. En suelos muy secos, indicadora de sequedad. Suelos exclusivamente básicos, pH mayor de 6, indicadora de suelos ricos en bases. Suelos pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Venta de Fresnedo, Coriscao, Cabaña Verónica (1.940 m – 2.330 m), La Vueltona (1.920 m), Picos de Europa, Áliva (2.150 m), Lloroza (1.820 m), Aguja de la Canalona (1.960 m), Horcados Rojos (2.150 m) y Cañamero.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

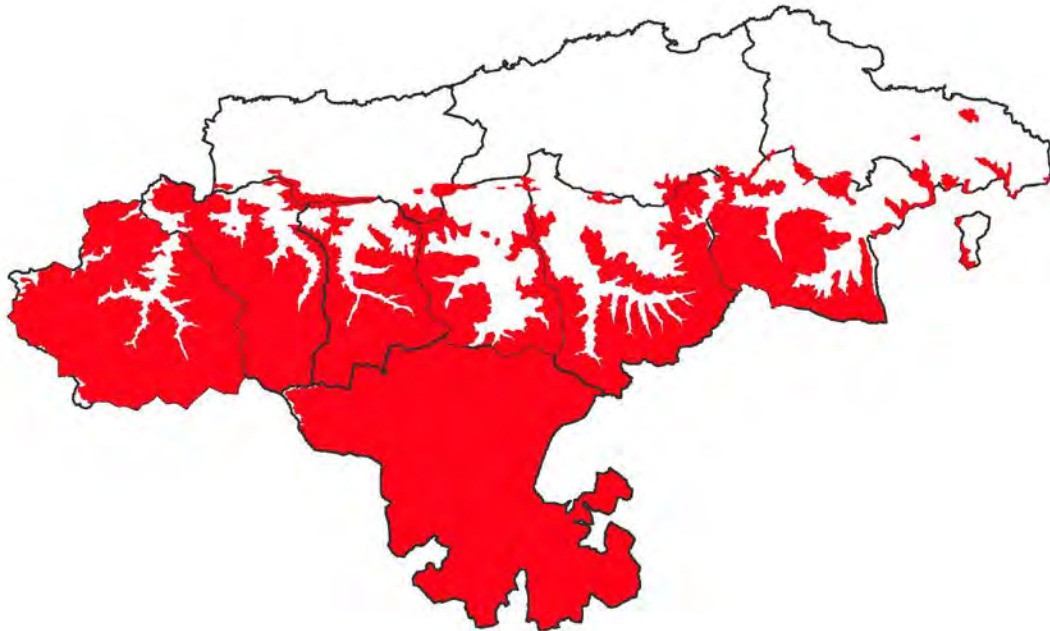
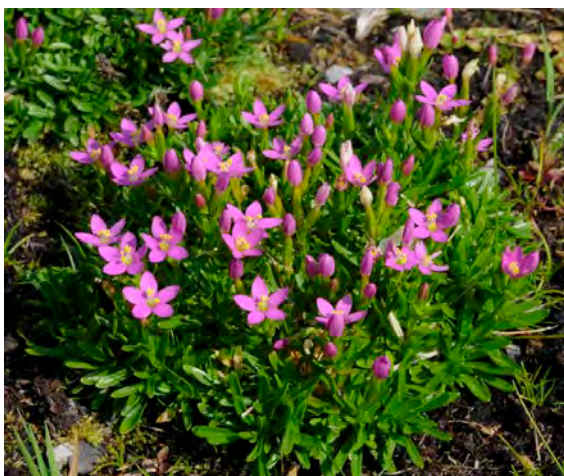


Figura 99. Plano de situación Campanula Arvatica.

### 7.2.8. CENTARIUM SOMEDANUM:



CENTARIUM SOMEDANUM	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Gentianales
Familia:	Gentianaceae
Género:	Centaurium
Es un endemismo cantábrico conocido en menos de veinte localidades del extremo occidental de la Cordillera Cantábrica. <i>C. somedanum</i> es un caméfito de vida corta, del que actualmente se conocen catorce poblaciones, y de ellas sólo cuatro superan los quinientos individuos.	

“Hierba perenne, no cespitosa, erecta o ascendente,  $\pm$  escábrida, con rizoma estolonífero, sin roseta basal bien definida. Tallo tetragono, algo ramificado en la parte basal, con ramas oblicuas de entrenudos muy cortos y nudos a menudo enraizantes, defoliadas, con restos de los tallos fértiles de años anteriores, generalmente escábridas, de las que brotan algunas ramas fértiles de 7-14 cm, erectas o ascendentes, simples, con 2-4 nudos y entrenudos de 13-35 mm, de grosor uniforme, con costillas marcadas y algo aladas, a menudo escábridas, no flexuosas. Hojas inferiores de los tallos fértiles 12-22  $\times$  2,8-5,5 mm,  $\pm$  rosuladas, gradualmente diferenciadas de las superiores, estrechamente obovado-espátuladas, atenuadas en la base, uninervias, brillantes, algo carnosas, corrugadas al secarse, glabras o escábridas en el margen; hojas caulinares 10-25  $\times$  1,6-6,5 mm, de longitud 3-5 veces la anchura, de oblongo-elípticas a obovado-oblongas, uninervias, brillantes, crasiúsculas, glabras o con el margen y el nervio escábridos. Inflorescencia paniculiforme, no ramificada antes de formarse las cimas, con 1-10 flores, generalmente sin cimas laterales por debajo de la cima principal, a veces con cimas laterales unifloras; cima principal 1,5-2,3 cm, simple o con ramificaciones –dicasiales o monocasiales– de 2-4 órdenes, asimétrica, laxa, con el primer entrenudo de 2,5-10 mm. Brácteas 10-12  $\times$  1-2,5 mm, patentes, linear-lanceoladas u oblanceoladas, agudas u obtusas, escábridas en el margen y en el nervio medio. Flores (11,5)14-19 mm, con pedicelo de 0,2- 4,5 mm, de menos de 1 mm de grosor, glabro o escábrido. Cáliz 5,7-9 mm, de 1/3 a casi la misma longitud que el tubo de la corola; lóbulos lanceolados, aquillados en la base, agudos, con margen membranáceo, escábridos en el margen y en el nervio, a veces en toda su superficie. Corola con tubo de 6-11,5 mm, oblongo, no estrechado en el ápice; lóbulos 5,5-7,6  $\times$  1,6-3,5 mm, más cortos que el tubo, oblongo-elípticos u ovado-elípticos, obtusos o agudos, con ápice eroso o entero, de color fucsia. Estambres erectos y convergentes; filamentos rectos, exentos, con la parte libre de 1-2 mm; anteras cerradas 1,5-1,6 mm, tras la dehiscencia 1-1,5 mm y retorcidas helicoidalmente –3-4 vueltas–. Gineceo 11,5-14,5 mm; ovario 7-8 mm, oblongo-ovoide; estilo 3,5-4,5 mm, de c. 1/2 de la longitud del ovario; estigma más corto que el estilo, exerto a 1,5-3 mm del tubo de la corola, con lóbulos de 0,5-0,7  $\times$  0,7-0,9 mm, de longitud algo menor o casi igual que la

anchura, flabeliformes o semicirculares, con la zona papilosa de la cara abaxial gruesa y redondeada en el borde inferior. Cápsula 6-9,5 × 1,3-2,5 mm, oblongo-ovoide. Semillas 0,4-0,5 mm. Florece de julio a septiembre." (*Flora ibérica vol.11 pág. 73*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Crece en zonas musgosas rezumantes en taludes calcáreos especialmente de travertinos. Ocupa hábitats muy específicos, en torno a surgencias de aguas carbonatadas, desde 500 a 1600 m de altitud. La especificidad y escasez de su hábitat son las principales causas de su rareza y amenaza.

“Crece a plena luz aunque soporta sombra. Necesita una temperatura moderada. Piso montano, principalmente. Continentalidad intermedia. Suelos húmedos o muy húmedos, siendo indicadora de humedad. Suelos ricos en bases, pH 5,5 – 8, indicadora de alcalinidad. Suelos pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: limite con Asturias a (1.000 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

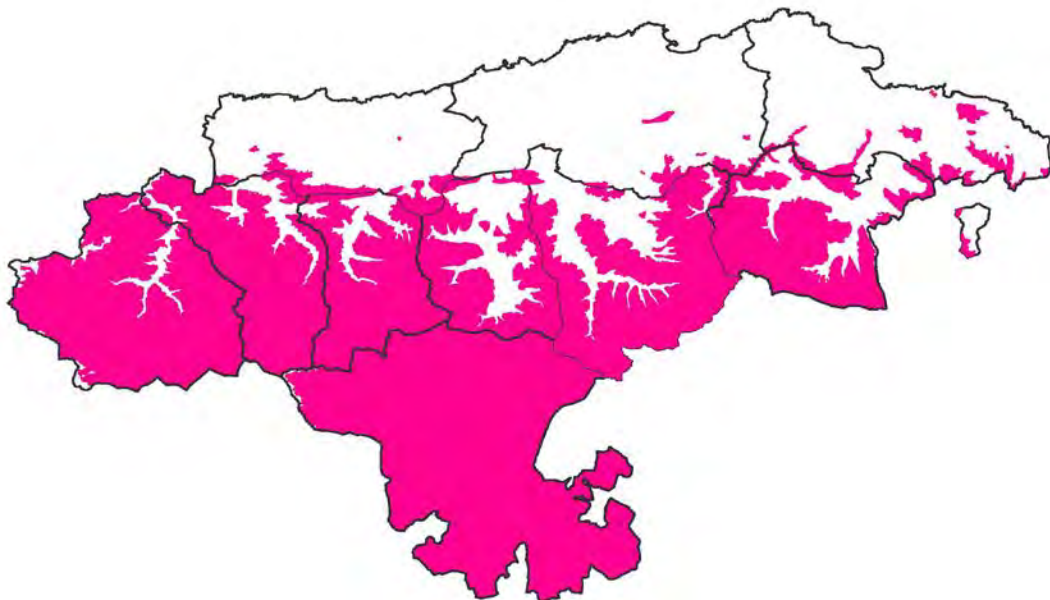


Figura 100. Plano de situación *Centarium somedanum*.

**7.2.9. CYTISUS CANTÁBRICUS (Retama negral):**



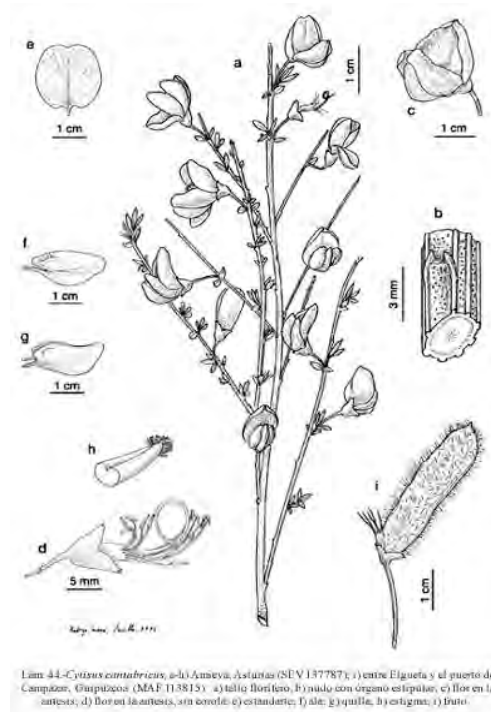
CYTISUS CANTÁBRICUS	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Fabale
Familia:	Leguminosae
Género:	Cytisus
Endemismo cantábrico del tipo biológico Fanerófito.	

Planta arbustiva de hasta 2 m de altura, ramificada, con ramas de sección poligonal provistas de 8 costillas en forma de T longitudinales, que de forma parcial dejan ver los valles intercostales; son pelosas de jóvenes y glabrescentes más tarde. Hojas simples, sentadas y enteras en los tallos jóvenes; trifoliadas y pecioladas en los más viejos, con foliolos densamente pilosos a glabrescentes por el envés.



“Las hojas, estipuladas, tienen pelos largos y patentes en el haz pero son glabrescentes en el envés; las hojas superiores de los tallos jóvenes son unifoliadas, elípticas, más o menos pecioladas; las de los inferiores y braquiblastos son unifoliadas y trifoliadas, éstas últimas con peciolo de hasta 11 mm y foliolos de 12 x 5.5 mm, elípticos, el central más largo que los laterales. El órgano estipular es pequeño y cubre dos costillas del tallo. Las flores se disponen en los órganos estipulares del año anterior; tienen un pedicelo blanquecino de hasta 13 mm con 3 bracteolas. Axiladas por brácteas, reunidas en aparentes racimos terminales, sobre pedicelos de 7-13 mm. El cáliz, de 5 – 7.5 mm, más corto que el pedicelo, lampiño, con dientes cortos, consta de un tubo de hasta 2.5 mm que se abre al exterior por dos labios; el superior, de hasta 4 mm, bidentado, y más pequeño que el inferior, tridentado. La corola es amarilla y papilionácea: tiene un estandarte de hasta 22 mm, emarginado o escotado, con la base redondeada o subcordada, con alas anchamente elípticas y una quilla aguda y

falcada. El androceo tiene 4 estambres largos, 1 mediano y 5 cortos, soldados formando un tubo por cuyo interior pasa el estilo, casi totalmente peloso. Estilo largo y enrollado, aplanado. El fruto es una legumbre de 25 – 45 x 10 – 11 mm, elíptica, aplanada, pelosa en ambas caras y con 3 – 10 semillas ovoideas, pardas o verdosas. Florece de abril a julio.” (*Flora ibérica vol.7 pág. 165*).



Lám. 44.-*Cytisus cistabrisis*, a-d) Asturias, Asturias (NEV 137787), i) entre Elgueña y el puerto de Campañón, Guipúzcoa (MAF 113815) a) tallo florífero, b) nudo con órgano estipular, c) flor en la antesis, d) flor en la antesis, sin corolla; e) estambres; f) pétalo; g) sépalo; h) pistilo; i) fruto.

**Distribución, hábitat y fenología:** Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica). Forma parte de piornales, brezales y claros de bosque, principalmente robledales, abedulares y hayedos, preferiblemente sobre sustratos ácidos, entre el nivel del mar y los 1.300 metros aproximadamente. Floración: III-VI.

“No soporta la sombra. De temperatura calor moderado. Crece en piso montano principalmente. Continentalidad Intermedia. Sobre suelos muy secos, indicadora de sequedad. Suelos muy ácidos; pH 3 - 4.5, indicadora de una fuerte acidez.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: PELLEZO (200 m), Carmona de Cabrojo (200 m), Riente (500 m), Pte. Santa Lucia, Áliva, Picos de Europa, Lon (500 m), Peña Sagra, puerto Lebeña (1.350 m), Rionansa (400 m), Renedo (300 m), Espinama, Igüedri, Cosgaya, entre Potes y Vega de Liébana, Potes, puerto de Palomera, Saja, Poza de la Arbencia (800 m), Monte Canales (700 m), Barago, vega Liébana (600 m), Monte Gulatrapa, Alto Campoo, Entre Entrambasaguas a El Henar (1.120 m), Cubillo de Ebro (700 m), Quintanilla (850 m), Suano, Hermandad Campoo (1.000 m), Bustamante, Alar del Rey (1.879 m), Reinos (1.892 m), Paracuelles (900 m), Acevedo, Rocamundo (1.000 m), Rebollar monte Hijedo, entre Cejanas a Rucandio (780 m), Pico Cordel, Estancas de Trueba (900 m), Camargo (50 m), Igollo (50 m), Tarriba (50 m), Santander, Somo (5 m) y Colindres (50 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

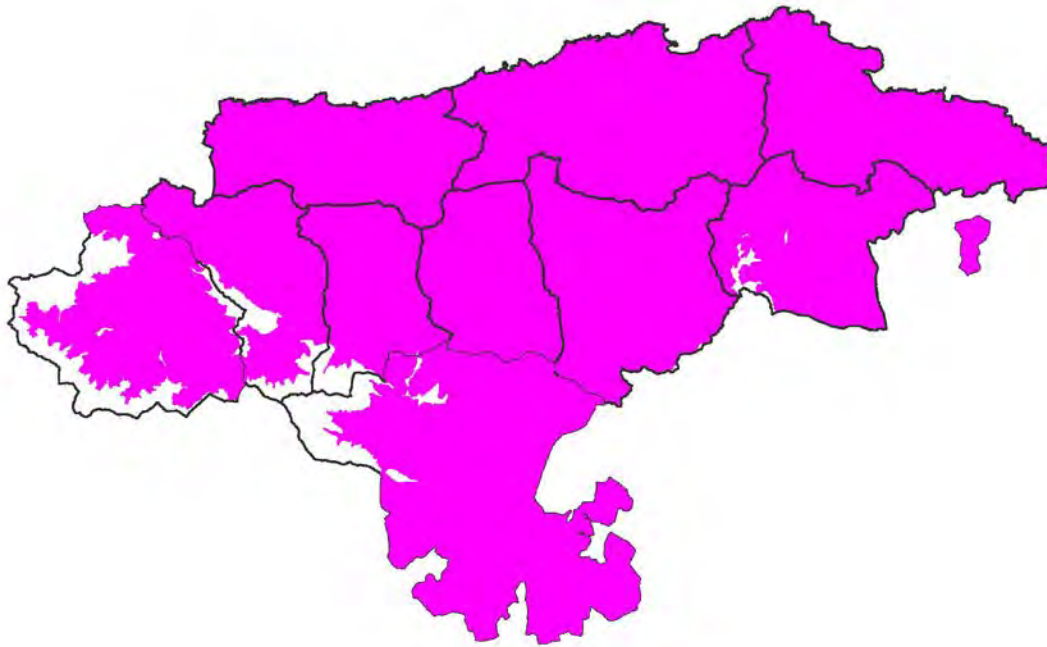


Figura 101. Plano de situación Cytisus Cantábricus

### 7.2.10. DABOECIA CANTÁBRICA:



DABOECIA CANTÁBRICA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Ericales
Familia:	Ericaceae
Género:	Daboecia

“Mata que no alcanza porte de arbusto, subarbusciva de 20 – 50 cm, débil, con ramificación decumbente o ascendente, hispida o glandulosa especialmente en la parte superior. Las hojas, de 10 – 14 x 2 – 5 mm, son alternas, pecioladas, enteras y persistentes, oval – lanceoladas, coriáceas y con el borde revoluto; son de color verde en el haz y blancas – tomentosas en el envés. En disposición alterna. Las flores son tetrámeras, actinomorfas, y aparecen en racimos terminales laxos, reunidas en grupos de 6 – 15, todas colgantes. Los sépalos, de 2 o 3 mm, son lanceolados y no pelosos, mientras que la corola es urceolada, formada por 4 pétalos soldados de 11 – 15 x 5 – 8 mm, de color púrpura y glandulosos; tras la floración cae. El ovario es súpero, peloso, y el estilo filiforme. Los estambres son 8 y tienen anteras con la base sagitada, casi negras, y más largas que el filamento. El fruto es una cápsula de 3 a 7 mm que se abre para liberar las semillas por 4 valvas. Florece de marzo a noviembre.” (*Flora ibérica vol.4 pág. 514*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia cántabro-atlántica y orocantábrica). Aparece en sustratos ácidos en brezales, claros de bosques, laderas húmedas, y zonas rocosas desde los 50, en suelos silíceos o calizos muy

lavados, superando en ocasiones los 1.500 metros. Floración: en un amplio periodo de tiempo, principalmente III-XI.



“Crece a plena luz aunque soporta sombra. Temperatura, calor moderado, en piso montano, principalmente. Continentalidad Intermedia. Sobre suelos secos; indicadora de sequedad moderada. Suelos muy ácidos; pH 3 - 4.5; indicadora de una fuerte acidez. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Monte de la Canal del Infierno, Bárcena Mayor, Pozo de la Arvencia (800 m), Puerto de San Glorio (920 m), Potillo de las Yeguas (1.500 m), Barago, Vega de Liébana (600 m), Cueva (700 m), Tres Mares (1.500 m), Sierra de Hajar (1.400 m), Campoo de Suso (1.100 m), Cabuérniga (620 m-640 m), entre Entrambasaguas y El Henar (1.120 m), Población de Suso (1.150 m), El Henar (1.240 m), Pico Cordel, Argüeso (1.000 m), Collao de Somahoz (1.300 m), Olea, Valdeola (1.100 m), entre El Haya y Matarrepodio (1.020 m), Quintanilla de Hormiguera, Mataporquera, entre Salcedillo a Quintanilla (1.330 m), entre Quintanilla y Cordivilla de Aguilar (990 m), San Martin de Valdelomar (800 m), Rumarosa, Las Caldas de Besaya, Villauso, Anievas (500 m), embalse de Alsa (900 m), Monegros (850 m), Enmedio (850 m), Quintanilla (850 m), Cubillo de Ebro (700 m), Páramo de la Loma de la Pata del Cid, Camargo, El pozo Tremeo, Carandía, Unquera, Pechón, Val de San Vicente, Jerra, San Vicente de la Barquera, La Venta, Lamason (200 m), Puentenansa, Rionansa, Cabezón de la Sal, Ayuela, Bustriguado (340 m), Ruente (270 m), San Miguel, Entre Ontoria a Alto de los Cotorios (160 m), Bustablado (255 m), Camaleño, Áliva, Tresviso, La Ventosa (200 m), entre Cabuérniga y Carmona, Alto Carmona (600 m), Mies del Arco, Fresneda (340 m), Carmona (610 m), Valle de los Bueyes (440 m-590 m), Puerto Valeda (700 m), Camino de Rozas, Vau de la Madera, Igüedri, Espinama, Áliva, Vejo Liébana, Potes, Peña Sagra (1.500 m), Polaciones (800 m) y Saja (500 m), Liendo, Santuario de la Bien (300 m), entre los Tornos a la Calera del Prado, Puerto de Tornos (900 m), Guriezo, Rasines, El

puente (150 m), Corvera de Toranzo (500 m), Sel de la Carrera (280 m), Alto del Escudo (1.000 m), entre Renedo y Las Rozas (840 m), Quintanilla de Rucandio (850 m), Ruerrero (700 m), Rebollar del monte Hijeldo, entre Polientes y Ruerrero (660 m), Cejanca (740 m), Ruerrero (680 m), Rucandio (780 m), Rocamundo (780 m – 1.000 m), Santander, Camargo, Santa M<sup>a</sup> de Cayón (300 m), La Branquilla (750 m), Vega de Pas (300 m), Sierra de Carriazo (250 m), Llermo (50 m), San Roque (600 m), Las Motas (1.390 m), Estacas de Trueba (900 m), Solorzano (350 m), Ogarrio, Ruesga (200 m), Voto y Portillo de la Sía (1.400 – 1.300 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

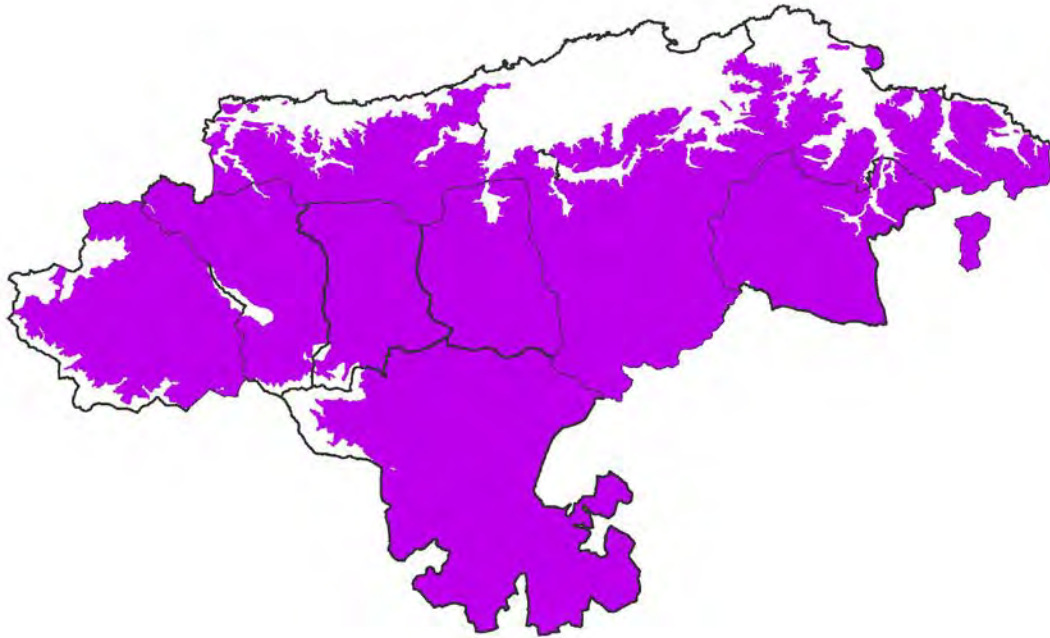


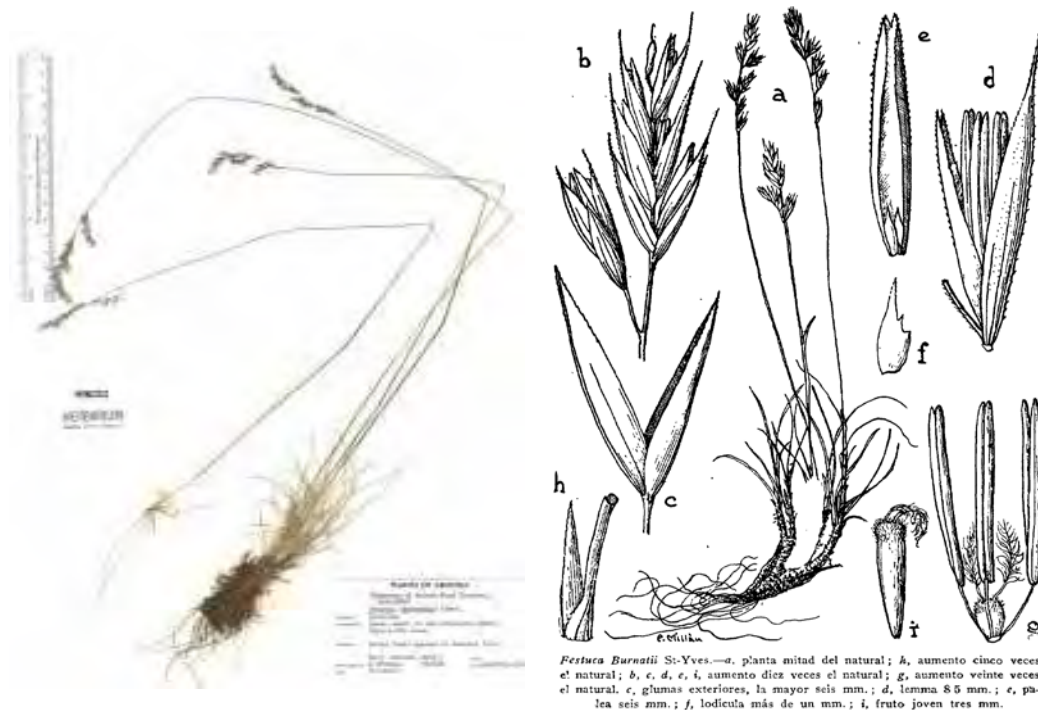
Figura 102. Plano de situación Daboecia Cantábrica.

### 7.2.11. FESTUCA BURNATII:



FESTUCA BURNATII	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	Festuca
Endemismo cántabro que se puede encontrar en pastos terófitos y zonas alteradas	

“Planta gramínea perenne, con fuerte rizoma corto y vigoroso recubierto de un retículo fibroso, gracias al cual resulta posible explorar medios tan difíciles con poco sustrato. Planta de la familia de las Gramíneas, hojas basales ligeramente punzantes, lígula de 5 a 7 mm, que abrazan al tallo (vainas foliares) de unos 5 mm de ancho, con bordes libres menos en la base, unida al tallo mediante lígulas membranosas de 7 mm; lampiñas y arrugadas transversalmente, y con punta aguda. El tallo es ni inflado ni tuberoso en la base de 10 a 25 cm, con un grosor 1 mm aproximadamente. Inflorescencia en panículas o espigas verde pálido con manchas violáceas, de hasta 9 mm, con dos brácteas protectoras. Ovario ovoide, generalmente no soldado a la pálea. Las ramas tienen espiguillas desde casi su base o desde su mitad distal, estando los ejes estas espiguillas dispuestos en dos planos o en más; los pedicelos miden de 0.5 a 3 mm, y son adpresos o patentes. Las espiguillas, de 4 a 10 mm, son estrechamente ovadas, con 5 - 12 flores, que se desarticulan pronto; las glumas son subiguales, agudas, glabras o aculeadas en los nervios, más o menos aquilladas, con nervios prominentes; la gluma inferior, de 1.3 - 2 mm, tiene (1)3 nervios, y la superior, de 1.5 - 2.3 mm, con 3 nervios. La lema, de 2 - 2.6 mm, es redondeada en la parte anterior pero aquillada en la distal, con el ápice de agudo a obtuso, a menudo cortamente apiculada y glabra. Los segmentos del raquis miden 0.5 - 1 mm. Los estambres tienen anteras de 0.4 a 0.6 mm. Florece de abril a julio.” (Losa, T.M. y Montserrat, P. 1954, pág. 419).



*Festuca Burnatii* St.-Yves.—a, planta mitad del natural; b, aumento cinco veces el natural; c, d, e, f, aumento diez veces el natural; g, aumento veinte veces el natural. e, glumas exteriores, la mayor seis mm.; d, lemma 8.5 mm.; e, palea seis mm.; f, lodicula más de un mm.; i, fruto joven tres mm.

**Distribución, hábitat y fenología:** Endemismo del norte de España (provincia orcantábrica). Especie representada por todo el sector orcantábrico (Picos de Europa y montañas cercanas) en altitudes entre 1.800 y 2.200 m. Frecuente en peñascos y pedregales calizos de los pisos subalpino y alpino, en suelos poco maduros por estar sometidos a intensa crioturbación, como consecuencia de ocupar estaciones descubiertas de nieve durante la mayor parte del invierno. También es frecuente en fisuras anchas y terrosas de roqueros calizos, formando parte de comunidades saxícolas; comportándose como casmófito, también constituye un tipo de los pastizales crioturbados de alta montaña en calizas.

“No soporta la sombra. Temperatura de Calor extrema, en zonas muy cálidas. Continentalidad continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos débilmente ácidos; pH 4.5 - 7.5. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com))

“Encontrado en: Santander, Barreda, Fuentedé, Base de Peña Vieja, Picos de Europa, Cuetos de Juan Toribio, Peña Olvidada (1.890 m), Agujas del Pico Cortés, Áliva, El Jisu (2.010 m) y ladera del Lambrión.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

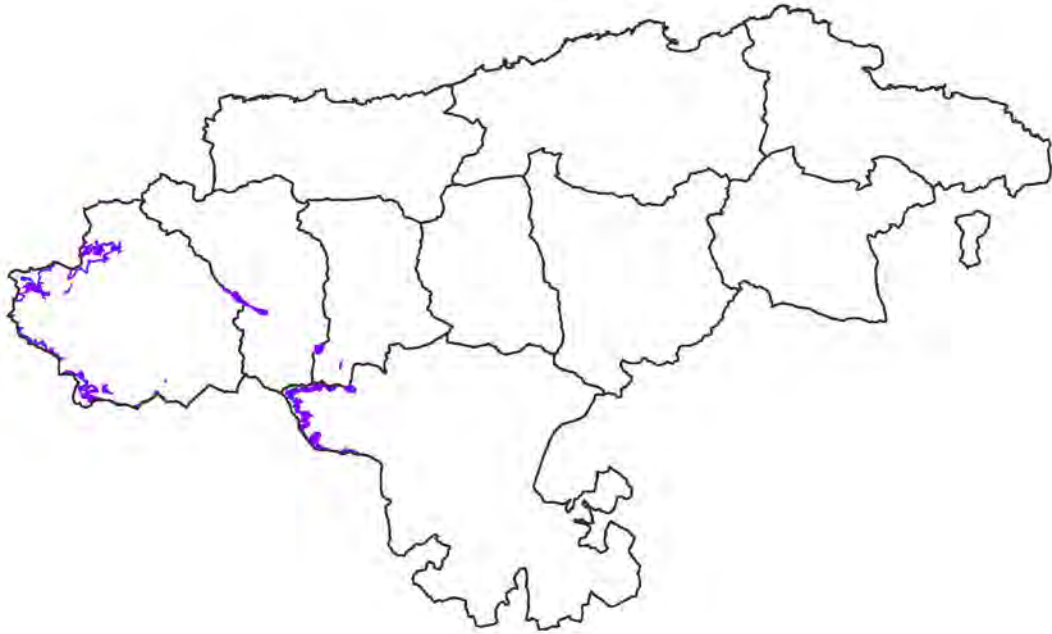


Figura 103. Plano de situación Festuca Burnatii.

### 7.2.12. GENISTA LEGIONENSIS:

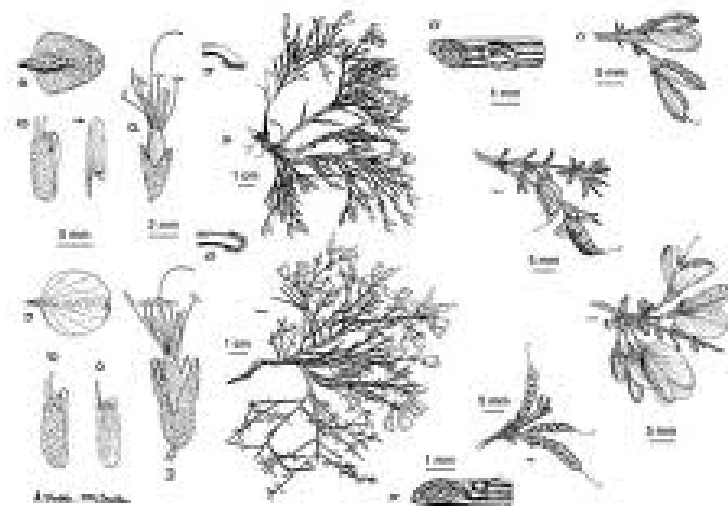


GENISTA LEGIONENSIS	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Leguminosae
Género:	Genista
Plantas de pastizales de alta montaña, matorrales pulviniformes y megaforbios.	

“Mata sufruticosa o arbusto de hasta 40 cm de altura, espinoso y con hojas sólo durante la floración. De aspecto pulvinular achaparrada que se desparrama sobre él formando grandes almohadillas, de hasta 1 metro de diámetro. Los tallos acaban en una espina y tienen 9 o 10 costillas semicilíndricas; tienen una pilosidad doble, ya que en las costillas, en las ramas jóvenes, aparece un indumento seríceo que pronto cae, mientras que en los valles hay pelos cortos y crespos no caducos. Las hojas son alternas, de 3.5 – 9 x 1 – 2 mm, de forma elíptica o lanceolada; tienen el haz glabro y el envés con pelos sedosos; en la base tiene un peciolo corto con 3 nervios que acaba en dos cuernos espinosos de 0.5 – 1.2 mm. Las flores aparecen solitarias en las axilas de las hojas; tienen en la mitad del pedicelo, de 4 – 5 mm y seríceo, tienen un par de bractéolas triangulares. El cáliz, de 5 – 6.5 mm, es seríceo y bilabiado, ya que es un tubo campanulado que se abre al exterior por dos labios: el superior tiene 2 dientes lanceolados y el inferior 3 linear – lanceolados. La corola es amarilla y caduca y tiene 5 piezas libres: la mayor, superior, el estandarte, de 10 – 12 x 6.5 – 7 mm, es ovado, con el ápice emarginado y la base redondeada, con pelos sedosos en la línea media y mitad superior; las piezas laterales son las alas, miden hasta 12 x 2.5 mm y son elípticas y glabras, tan largas como el estandarte; las dos piezas restantes forman la quilla, que mide hasta 11 x 2.5 mm, están soldadas en el ápice, que es incurvo y seríceo. El androceo consta de 10 estambres, 4 son cortos, con anteras basifijas, 5 de tamaño medio, con anteras dorsifijas, y el restante es largo, con antera basifija; todos tienen sus filamentos soldados en la parte baja formando un tubo que rodea el estilo. El gineceo tiene un ovario fusiforme y seríceo que origina un estilo glabro y curvo que acaba en un estigma globoso y crestado. El fruto es una legumbre de 12 – 19 x 3.5 – 4.2 mm, elipsoidea, vellosa, con 2 – 5 abolladuras originadas por las semillas ovoideas y pardo negruzcas que tiene en el interior. Florece de mayo a agosto dependiendo de la altitud.” (*Flora ibérica vol.11 pág. 62*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (parte oriental de la Cordillera Cantábrica, sector picoeuropeo-Ubiñense), donde habita sobre suelos descarnados y roquedos calizos, con frecuencia en ambiente de hayedo. Floración: IV-VI, madura los frutos a lo largo del verano. Las ramitas pueden enraizar al tocar el suelo, lo que da lugar a nuevas plantas. Crece formando matorrales a pulviniformes, acostados a modo de cojines sobre rocas de origen calizo, desde los 1.100 a los 2.200 m de altitud. En pisos colino-montano subalpinas y supramediterráneas que se desarrollan sobre suelos bien desarrollados, a veces someros, en zonas de subhúmedas a hiperhúmedas.



“En zonas de penumbra. Le gusta el calor. Crece en piso colino principalmente. Continentalidad Intermedia. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos exclusivamente básicos; pH mayor de 6; indicadora de suelos ricos en bases. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Peñarrubia, Brañacollado, Lamasón, La fuente (600 m), Sobrelapeña (400 m), La venta (200 m), Carmona, Puentenansa, Santotis, Andara, peña Ajero, Viñon, Liébana (1000 m), Espinama (1.300 m), Casas de Igüedri, Fuente Deva, Invernales de Igüedri, Áliva, El Jisu, Peña vieja, La Vueltona, Potes, Sopeña, Tudanca (850 m), Casanzo (500 m), Barrio (1.300 m), Peñas de Abrejón (1.050 m – 1.090 m) y Peña Cigal, Vendejo.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

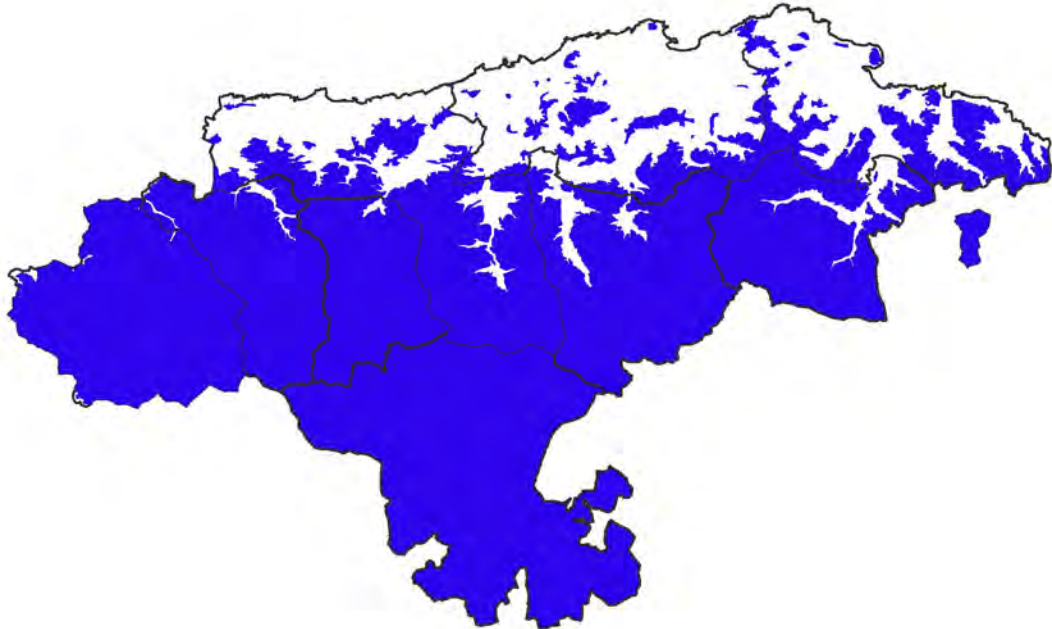


Figura 104. Plano de situación *Genista Legionensis*.

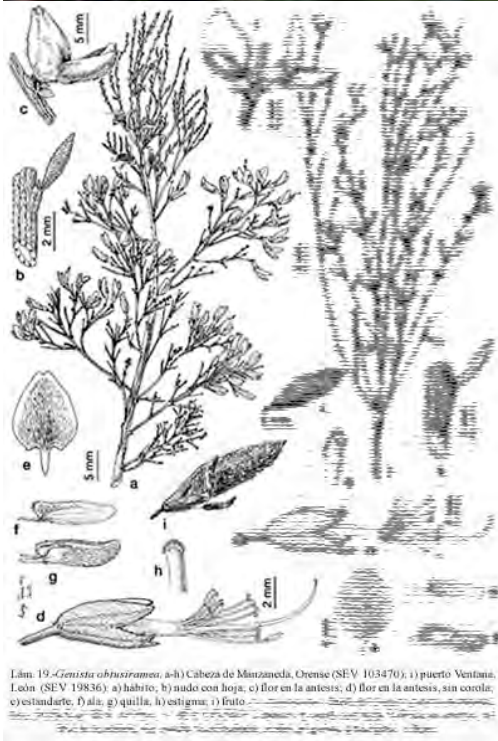
### 7.2.13. GENISTA OBTUSIRRAMEA:



GENISTA OBTUSIRRAMEA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Leguminosae
Género:	Genista
Planta de brezales, brezales-tojales y aulagares.	

“Mata densa, de hasta 160 (200) cm. Ramillas finas, de hasta 1 mm de diámetro, de aspecto nudoso y con 6-8 costillas. Entrenudos cortos, frecuentemente entre 5 y 10 mm, con ramas de ocho costillas que dan lugar a cortas ramillas verdes, de las que salen pequeñas hojas (unos 5 mm de largas), pelosas. Pulvínulos muy evidentes y con dos dienteclillos. Sufrútice de hasta 0,4 m, inerme, muy ramificado desde la base, con los entrenudos muy cortos, poco folioso, de aspecto efedroide. Tallos con 6-8 costillas en forma de T que cuando son viejos dejan ver los valles intercostales con claridad, muy pelosos cuando son jóvenes y glabrescentes en la vejez; indumento doble, seríceo, de pelos rectos, y adpresos, en las costillas, y puberulento, de pelos cortos y uncinados en los valles. Hojas alternas, estipuladas, unifolioladas, con los folíolos linear-lanceolados, oblongo-lanceolados u ovados, sedosos por el haz y por el envés; órgano estipular recorrido por 3 costillas del tallo, persistente, en la vejez semilunar; folíolo 2 - 5(9) x 1 - 2,5 mm, frecuentemente ovado o espatulado, rara vez lanceolado, seríceo por ambas caras. Flores rodeadas por 2 - 4 hojas del braquiblasto, típicamente solitarias y situadas hacia el extremo de las ramillas, que nacen de los órganos estipulares de los tallos del año anterior, sin brácteas y con bractéolas diminutas; pedicelo 2 - 3 mm, piloso. Cáliz 5 - 6(8,5) mm, bilabiado, campanulado, seríceo, con el tubo tan largo o más que los labios; labio superior bipartido, de la misma longitud que el inferior, con lóbulos de 2,5-4 x 1,5-2 mm; labio inferior trífido, con dientes de 0,8-1(2) mm. Corola amarilla, marcescente; estandarte 15 - 18 x 9 - 11 mm, ovado, emarginado, auriculado o subauriculado en la base, más o menos seríceo en el dorso, con uña de 3 - 3,5 mm; alas 15 - 17 x 3,5 - 4 mm, oblongas, ciliadas en la base, junto a la uña, con uña de 3,2 - 3,7 mm; quilla 15,5 - 18,5 x 3 - 3,2 mm, oblonga, algo falcada en el ápice, seríceo, con uña 3,2 - 3,7 mm. Androceo con 4 estambres cortos con anteras basifijas y 6 largos, 1 con antera basifija y 5 con anteras dorsifijas; tubo estaminal membranáceo; anteras basifijas 1,5 - 2 mm, las dorsifijas 0,7 - 1 mm. Ovario viloso-

seríceo, con 6-8 rudimentos seminales; estilo glabro, incurvo en el ápice; estigma capitado-crestado, terminal. Fruto en legumbre, de 13-25 x 5-6,5 mm, oblongo, algo toruloso, densamente viloso, cuyos pelos ocultan sus valvas, con (1)2-5 semillas. Semillas 2,7- 3,8 x 2,4-3,1 mm, ovoideas, algo aplanadas, negras, brillantes. Florece de junio a julio." (*Flora ibérica vol.11 pág. 83*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia

orocantábrica). Se encuentra en zonas de alta montaña, entre los 1.400-2.200 metros, sobre suelos ácidos más o menos rocosos, en abedulares, piornales, brezales, claras producidos por incendios. Pisos montano y supramediterráneos subhúmedo – ultrahiperhúmedos. Floración: VIII-X.

“Crece a plena luz aunque soporta sombra. Gusta del frescor. Crece sobre piso subalpino principalmente. Continentalidad continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos ácidos; pH 3.5 - 5.5; indicadora de acidez. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).



“Encontrado en: Peña Vieja (1.700 m – 1.900 m), puerto de San Glorio, Potes, puerto de Riofrío, Vega de Liébana (1.800 m), Peña Labra (2.000 m), Peña Rubia, puerto de Piedras Luengas, Brañavieja, Herm. Campoo Suso, Reinosa, Pico Cordel, Santa María, Espinama y Monte Salcedillo.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

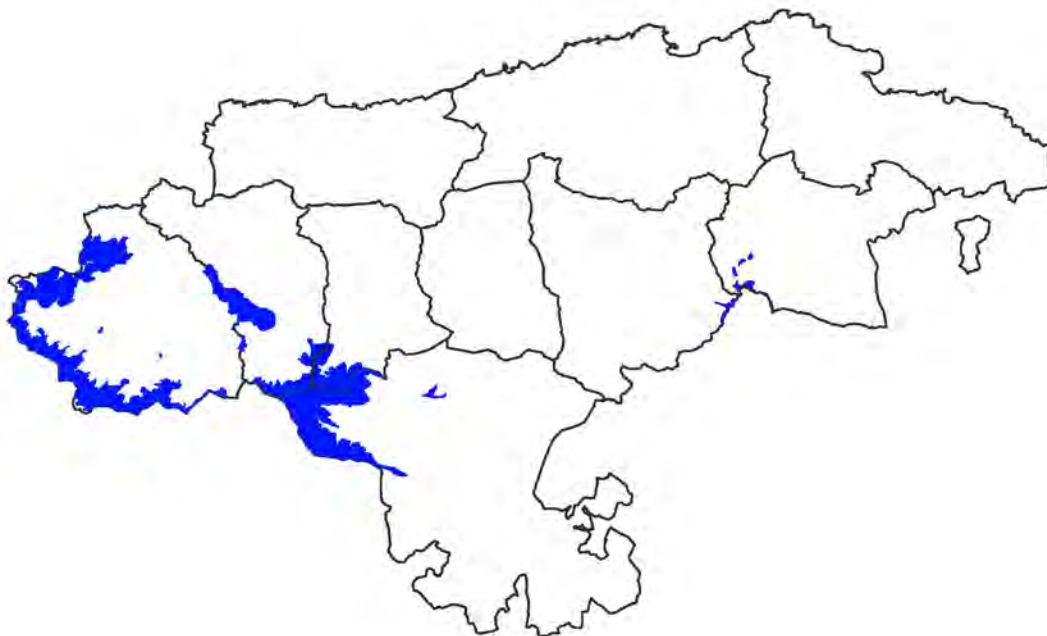


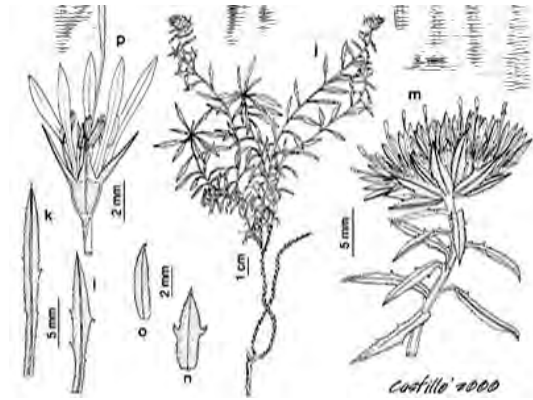
Figura 105. Plano de situación *Genista obtusiramea*.

#### 7.2.14. JASIONE CAVANILLESII:



JASIONE CAVANILLESII	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Campanulales
Familia:	Campanulaceae
Género:	Jasione
De la familia de las Campanuláceas, hierbecilla erecta de flores azul pálido dispuestas en cabezuelas terminales rodeadas de un involucre de hojas, cáliz acampanado, con 5 lóbulos o segmentos, con pedicelos más cortos que el ovario y los lóbulos de la corola libres, androceo con 5 estambres, fruto en cápsula dehiscente por dos poros terminales	

“Planta herbácea, 3-20 cm, perenne, laxamente cespitosa, más o menos pelosa hacia el ápice, glabra en la base, con rosetas basales. Raíces un poco delicadas. Tallos decumbente, muy ramificados, generalmente foliosos en el ápice. Hojas 2,5 - 6,5 x 0,5 - 2,5 mm, oblongo-espátuladas, sésiles, imbricadas, gruesas, con márgenes escasamente engrosados, enteros, con un solo tricoide subapical, ápice redondeado o agudo; las superiores frecuentemente de un rojizo-purpúreo y cartáceas. Con flores pequeñas, apenas pediceladas y que se disponen en un capítulo rodeado por 1 o más filas de brácteas involucrales. Florescencia en glomérulos de 10-15 mm de diámetro, con 2-15 flores; pedúnculo hasta de 1(3) cm; brácteas involucrales claramente distintas de las hojas caulinares superiores, de oblongo-espátuladas a obovado-elípticas, obtusas en el ápice, ocasionalmente con un pequeño mucrón, enteras, pelosas en la cara adaxial, cartáceas, purpúreas, dispuestas en 2 series ± laxas; pedicelos 0,5-1,5 mm. Cáliz con dientes de 1,5-2 mm, de lineares a estrechamente triangulares, glabro, o con pocos pelos largos, finaliza en 5 dientes. Corola 3,5-5 mm, azul; lóbulos curvados. El androceo consta de 5 estambres libres, con anteras unidas generalmente, y el estilo finaliza en 2 estigmas. Estambres con aristas de 0,3 - 0,4 mm de anchura. Estilo 5 - 7 mm. Semillas 1,5 mm, 9-10 por cápsula. n = 6.” (*Flora ibérica vol.14 pág. 169*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (microendemismo de la Cordillera Cantábrica). Se encuentra por encima de los 1.650 metros y hasta los 2.460 m, en fisuras pedregosas de rocas calizas y en pastos con innivación prolongada.

“No soporta la sombra. Temperatura que necesita, Calor. Piso colino principalmente. Continentalidad Intermedia. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos exclusivamente básicos; pH mayor de 6; indicadora de suelos ricos en bases. Suelos pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Horcajos Rojos (2.320 m), Torre Altáiz (1.930 m), Collada Blanca (2.400 m), Peña Vieja, Collado de los Horcados Rojos y Cabaña Verónica.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

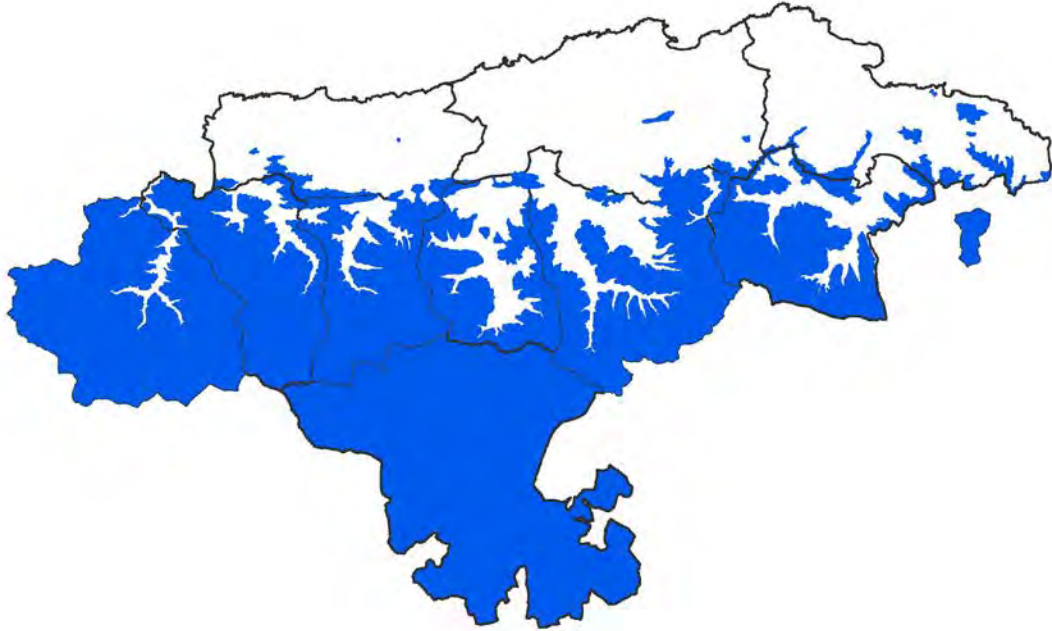


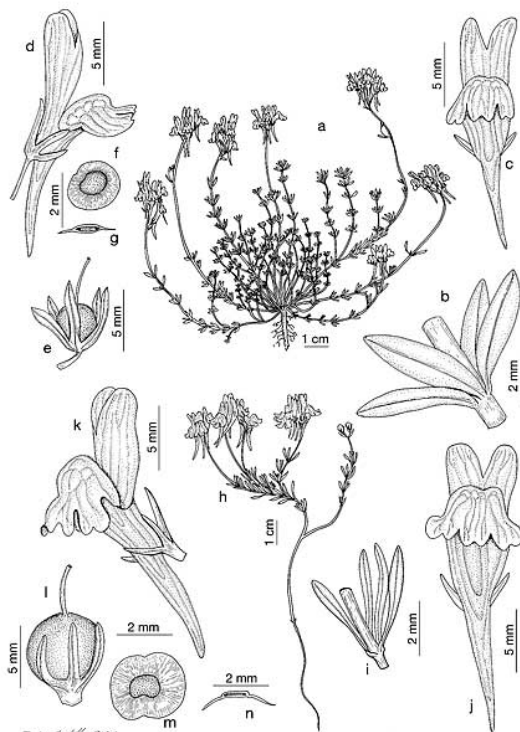
Figura 106. Plano de situación *Jasione Cavanillesii*.

**7.2.15. LINARIA ALPINA subsp. FILICAULIS (Linaria de tallos filiformes):**



LINARIA ALPINA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Scrophulariales
Familia:	Scrophulariaceae
Género:	Linaria
Planta bienal o perenne, glauca, glabra o glandular en la inflorescencia en raras ocasiones. Tallos fértiles 1 - 26, de 5 - 40 cm, de decumbentes a erecto-ascendentes, simples o ramificados en la base o en la zona media; tallos estériles 1 - 20, hasta de 15 cm, procumbentes o ascendentes.	

“Hojas de los tallos fértiles 2,5 - 25 × 0,6 - 5 mm, de estrechamente elípticas u obovadas a lineares, agudas u obtusas, planas, las inferiores y las de la zona media dispuestas en verticilos de (3)4 - 6, ocasionalmente las superiores alternas; hojas de los tallos estériles 3,5 - 18 × 0,7 - 2,5 mm, similares a las de los tallos fértiles. Las hojas son simples, enteras, sésiles, de 5 - 15 × 0,7 - 1,5 mm, de forma línea a oblongo - lanceolada, generalmente verticiladas en la parte baja del tallo y alternas en la superior. Inflorescencia hasta de 12 cm, con 1 - 12 flores, densa o ± laxa en la antesis, laxa en la fructificación; brácteas 2,7 - 12 × 0,5 - 1,6 mm, de linear-oblancoadas a lineares, agudas; pedicelos 1,5 - 12 mm en la antesis - 2,5 - 15 mm en la fructificación-, erectos o suberectos. Cáliz con sépalos desiguales, oblancoados, oblongos o lineares, agudos u obtusos; sépalo superior 3,5 - 6 × 0,5 - 0,9 mm en la antesis - 4,5 - 6,1 × 0,5 - 1 mm en la fructificación; sépalos inferiores 3 - 5 × 0,6 - 1,4 mm en la antesis - 3,4 - 5,2 × 0,6 - 1,7 mm en la fructificación. Corola 12 - 30 mm, azul violeta, rosada, amarilla o de un amarillo-blanquecino; paladar amarillo, amarillo-anaranjado, naranja o blanco, con venas azul violeta o de un azul violeta claro; tubo de (1,5)2 - 4(4,5) mm de anchura; seno del labio superior (2)2,5 - 6 mm; seno del labio inferior 1,5 - 3 mm; espolón (5)8 - 14 mm - 1 - 2 mm de anchura en su base, recto o algo curvado, más corto o casi de la misma longitud que el resto de la corola. Cápsula 3 - 7 × 3 - 7,1 mm, globosa, glabra. Semillas 1,6 - 3,3 × 1,5 - 3,1 mm, suborbiculares, plano-convexas; disco reniforme o reniforme-orbicular, liso o tuberculado, papiloso o no, gris oscuro, castaño o negro; ala de 0,3 - 0,7 mm de anchura, membranácea, no engrosada, entera, con o sin papilas -ocasionalmente con algunos tubérculos hacia el disco-, gris o negra. 2n = 12. Florece de mayo a agosto.” (*Flora ibérica vol.13 pág. 282*).



Lám. 61.—*Linaria alpina* subsp. *alpina*, a-d) puerto de La Bonaigüa, Lérida (ABH 6092); e-g) collado de Eriste, Gistain, Huesca (ABH 35611); a) hábito; b) nudo foliar de un tallo fértil; c) flor, vista frontal; d) flor, vista lateral; e) cáliz y cápsula; f) semilla; g) sección transversal de una semilla. *L. alpina* subsp. *filicaulis*, h-k) Espigüete, Velilla del Río Carrión, Palencia (MA 532529); l-n) Espigüete, Valverde de la Sierra, León (MA 35489); h) hábito; i) nudo foliar de un tallo fértil; j) flor, vista frontal; k) flor, vista lateral; l) cáliz y cápsula; m) semilla; n) sección transversal de una semilla.



**Distribución, hábitat y fenología:** Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica, microendemismo de la Cordillera Cantábrica). Crece en gleras, graveras fluviales y suelos pedregosos calcáreos desde cotas bajas, unos 800 m, hasta unos 2.400 metros de altitud.

“No soporta la sombra. Le gusta el frescor. Piso subalpino principalmente. Continentalidad continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos exclusivamente básicos; pH mayor de 6; indicadora de suelos ricos en bases. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: desfiladero del Deva, La Hermida, Urdón, entre Unquera a Potes, Collado de Cámara, Camaleño, Horcados Rojos (2.150 m), Peña Vieja, La Canalona, Peña Olvidada y La Vueltona.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



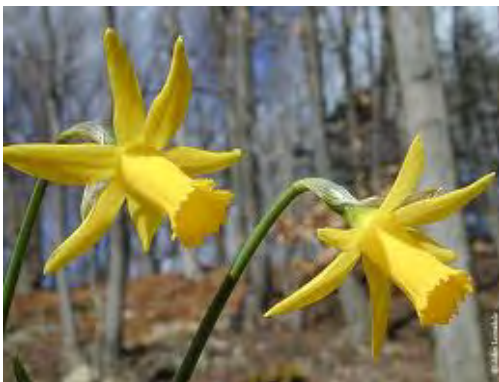
Figura 107. Plano de situación Linaria Alpina

**7.2.16. NARCISSUS ASTURIENSIS (Narciso enano):**



NARCISSUS ASTURIENSIS	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Liliales
Familia:	Amaryllidaceae
Género:	Narcissus
Plantas de pastizales, bosques y prebosques	

“Planta perenne, glabra, que tiene un bulbo subterráneo de 15 – 20 mm. Las hojas, de 5 – 15 cm x 2 – 6 mm, son lineares, erectas y de color glauco. Del bulbo sale también, además de las hojas, un tallo florífero o escapo de 7 – 10 (20) cm; la espata, de 15 – 22 (28) mm, es verdosa en la antesis para hacerse luego más o menos escariosa. Las flores son hermafroditas, actinomorfas, solitarias, normalmente colgantes, con un pedicelo de 3 – 10 mm. El tubo del hipanto mide 5 – 9 mm, y los segmentos del perianto 7 – 14 mm y son erecto – patentes; la corona, de 8 – 16 mm, es amarillo pálido, más estrecho en la mitad y con el ápice más ancho; los márgenes de los lóbulos de la corola son lobulados o laciniados. El androceo está formado por 6 estambres libres, insertos en el perianto y con anteras introrsas. El gineceo tiene un ovario ínfero, tricarpelar y trilocular, con un estilo solitario, más corto que la corona. El fruto es de tipo cápsula y polispermo.” (*Flora ibérica vol.20 pág.383*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincias cantabro-atlántica y orocantábrica). Muy abundante en prados florece durante la época del deshielo. Vive en diferentes tipos de praderas de montaña, claros de piornales y menos frecuentemente en el interior de bosques. Aparece en diferentes tipos de comunidades, como son: prados basófilos; pastos densos, acidófilos e higrófilos; claros de piornales; y con menor frecuencia en claros de bosque, robledales.



“Crece a plena luz aunque soporta sombra. Crece con calor moderado. Piso montano principalmente. Continentalidad intermedia. Sobre suelos de moderadamente secos a húmedos.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Reinos.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 108. Plano de situación *Narcissus Asturianensis*.

### 7.2.17. PETROCOPTIS GLAUCIFOLIA:



PETROCOPTIS GLAUCIFOLIA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllale
Familia:	Caryophyllacea
Género:	Petrocoptis
Plantas rupícolas y glerícolas.	

“Planta perenne, herbácea, de 15 – 30 cm, con una cepa leñosa que emite tallos cortos, gruesos y carnosos (cáudices), sin roseta de hojas en la base; están en la parte inferior revestidos de peciolo persistentes. Las hojas son opuestas, enteras, algo crasas en ocasiones, no estipuladas, las basales pecioladas y las caulinares sésiles. Las flores son pentámeras, y se reúnen en inflorescencias cimosas dicótomas en los extremos de los tallos, con brácteas de 1 – 2 mm, de forma oval – lanceolada, de ápice acuminado, blancas hialinas o purpúreas. El cáliz consta de 5 sépalos, de 7 – 9 mm, soldados, con 10 nervios. La corola está formada por 5 pétalos libres, emarginados, de color blanco en las zonas altas y rosado en las bajas. El androceo tiene 10 estambres y el gineceo un ovario súpero del que surgen 5 estilos. El fruto es una cápsula unilocular, soportada por un carpóforo y que se abre por 5 dientes; en su interior hay varias semillas de hasta 1 mm, con la testa lisa y brillante, y un estrofiolo de hasta 1 mm formado por pelos cilíndricos. Florece de mayo a agosto.” (*Flora ibérica vol.2 pág. 306*).

*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo de la cordillera cantábrica. Crece por lo general en los extraplomos calizos, desde el nivel del mar a los 2.000 m de altitud. Comunidades saxocalcícolas orocantábricas montanas, alpinas y subalpinas.

“Penumbra. Temperatura, le gusta el calor. Piso colino principalmente. Continentalidad, oceánico. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos ricos en bases; pH 5.5 - 8; indicadora de alcalinidad. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).



“Encontrado en: La Hermida, Áliva, Cueto de Áliva, Torre de Altaiz (2.200 m), Andara, Peña Ventosa, Cosgaya, Liébana (700 m), Naroba, Saja, Sopeña, Valle del rio Miera, San Roque de Riomera, Merilla, nacimiento del Gándara, Páramo de la Lora de la Para del Cid y La Lora de Villota de Elines.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 109. Plano de situación *Petrocoptis Glaucifolia*.

### 7.2.18. POTENTILLA NIVALIS subsp. ASTURICA (*Potentilla lanuda*):



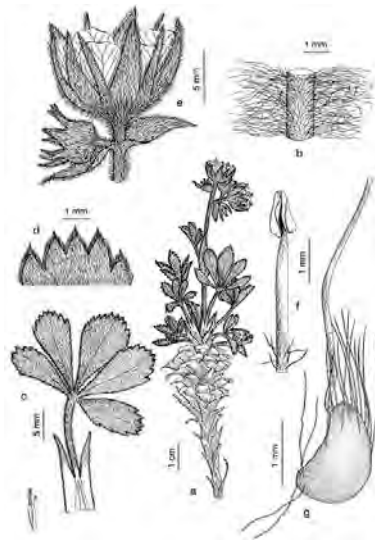
POTENTILLA NIVALIS	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Género:	Potentilla
Planta de la familia de las Rosáceas. Endemismo de los Picos de Europa.	

Herbácea perenne, envés de las hojas blanquecino y peloso, pétalos blancos y hojas palmeadas, fruto en aquenio. Hierba vivaz. Cepa de 7 - 10 mm de diámetro de la que surgen tallos fértiles 1(2), de (2)12 - 30 cm x 0,5 - 1,3 mm de diámetro en la base, que sobrepasan ampliamente a la roseta foliar, terminales, erectos, con (1)2 - 3 hojas e indumento de pelos tectores de diferente longitud,  $\pm$  patentes o aplicados, crespos o rectos, acompañados de pelos glandulíferos pluricelulares, cortos y dispersos.

“Hojas basales con 5 - 7 segmentos—los centrales de 4 - 20(46) x 3 - 10(23) mm, mayores que los laterales—, espatulados, dentados en la mitad apical —dientes (1)7 - 9(13)—, verdes por ambas caras, algo más claros e incluso seríceos por el envés, con pelosidad similar a la de los tallos de esparcida a densa por el haz y densa o muy densa por el envés; estípulas de la roseta 8 - 18 mm, estrechamente lanceoladas, las caulinares, de 12 - 22 mm, anchamente lanceoladas. Inflorescencia de tipo cimoso, en general congesta, de (2)3 - 9(12) flores. El cáliz está formado por 5 sépalos, de 7 - 10 x 3 - 5 mm, más largos que los pétalos, triangulares, incurvados; el cáliz tiene 5 brácteas mayores o más cortas que los sépalos, pero más estrechas y erectas. La corola consta de 5 pétalos de 6 - 7 mm, de orbiculares a obcordados, blancos e incurvados. El androceo tiene numerosos estambres con filamentos de 3 - 6 mm, subterminales, filiformes, y el gineceo un ovario con 3 - 4 estilos. El fruto es un aquenio de hasta 1,8 mm, ovoides, con pelos largos persistentes. Florece de junio a julio.” (*Flora ibérica vol.6 pág. 132*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica). Vive en fisuras, grietas y repisas de peñascos y en pastos de rocas calcáreas, generalmente bien soleadas (crestas), en zonas de alta montaña con una fuerte insolación, desde los 1.800 a los 2.650 m de altitud.



“No soporta la sombra. Le gusta el frescor. Piso subalpino principalmente. Continentalidad continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos exclusivamente básicos; pH mayor de 6; indicadora de suelos ricos en bases. Suelos pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Aguja del Pico Cortés, Picos de Europa, base de Peña Vieja, La Canalona, Peña Olvidada, Collada Blanca y Lambrión.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 110. Plano de situación Potentilla Nivalis.

### 7.2.19. SALIX CANTÁBRICA:



SALIX CANTÁBRICA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Salicales
Familia:	Salicaceae
Género:	Salix

Arbusto caducifolio, que alcanza 2 - 3 m, con aspecto general verde-grisáceo. Ramas adultas glabras, de color negro, castaño-rojizo o pardo-grisáceo; a veces en algunos ejemplares la corteza en ramas glabras se exfolia; madera descortezada con estrías longitudinales dispersas.

“Yemas y brotes tomentosos, luego glabrescentes. Hojas 5 - 10 × 1 - 3 cm, transovado-lanceoladas, lanceoladas o transovado-elípticas, de ápice agudo, recurvado, base redondeada o cortamente atenuada y margen revuelto, paucidentado, por rareza dentado-serrado o crenado; ± tomentosas, a menudo glabrescentes, con pelos adpresos, por el haz, y plateadas, con pelos adpresos y seríceos más densos, por el envés; nervio central y los 6-8 pares de nervios laterales algo hundidos por el haz y ligeramente prominentes en el envés; pecíolo peloso, de 0,5 cm, con base ensanchada; estípulas semirreniformes, pelosas, persistentes. Amentos 3-7 × 1-2 cm, coetáneos o subcoetáneos, sobre pedúnculos con brácteas foliáceas con pelos adpresos, seríceos; brácteas florales trasovadas, largamente pelosas, con ápice obtuso más oscuro que la base. Flores masculinas con estambres de filamentos libres y pelosos en la base; las femeninas con pistilo tomentoso, pedicelado, a veces igual o más largo que la bráctea; estilo largo, estigmas bifidos.  $2n = 76$ .” (*Flora ibérica vol.3 pág. 503*).

*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica). Orillas de ríos, arroyos y torrentes, sobre todo en vegas que sufren inundaciones, en altitudes medias. 700 – 1800 m de altitud. Floración: de abril a junio, precoz y coetánea. Comúnmente en substratos calcáreos.



“No soporta la sombra. Le gusta el frescor. Piso subalpino principalmente. Continentalidad continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos húmedos y muy húmedos; indicadora de humedad.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Áliva (1.420 m), Vega de Liébana, Barrio, Lamedo (1.100 m), Polaciones, La Laguna (800 m), Poza de la Arbendía, Hermandad de Campoo de Suso, Mazandrero, Enmedio, Reinosa (800 m), San Miguel de Aguayo (800 m), Bimón, Collao de Somahoz (1.250 m), Espinosa, Arroyo (850 m), Bimón (850 m), San Vitores (900 m), Valderribe (800 m), Ruerrero, San Martín de Elines (800 m), Monte Hijedo, Villaescusa de Ebro (700 m), Báscones de Ebro (800 m), Puente del Valle, Hoyo Brenalengua, Valdicio, Soba y Bustalveinte.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

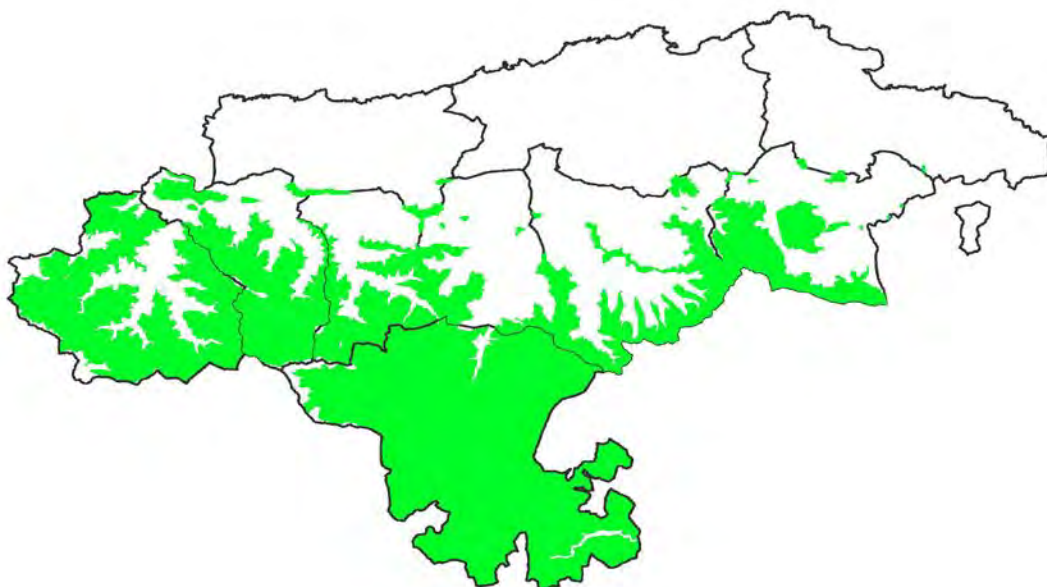


Figura 111. Plano de situación Salix Cantábrica.

### 7.2.20. SAXIFRAGA CANALICULATA:



SAXIFRAGA CANALICULATA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Saxifragaceae
Género:	Saxifraga
Planta sin bulbillos, de hojas blandas sin incrustaciones calcáreas, la mayor parte, lobuladas, glabras, no reunidas en yemas, ovario semiínfero, flores blancas.	

“Planta perenne, laxamente pulvinular, glabra, viscosa, con numerosas glándulas inmersas que le confieren olor balsámico en verano, en ocasiones con tallos y hojas algo purpúreos. Tallos floríferos de hasta 30 cm, terminales, erectos. Hojas basales (9)13 - 17(30) x (4)6 - 8(15) mm, de márgenes engrosados, coriáceas, glabras; lámina de contorno flabelado, con 3 - 5(9) lóbulos o partes –el central (3)4 - 6(9) 0,5 - 1(1,5) mm, generalmente indiviso–, linear-elípticos, con frecuencia de sección circular, apiculados, divergentes, con un surco acanalado longitudinal; pecíolo claramente diferenciado, de longitud igual o algo mayor que la de la lámina, de 1 mm de anchura en la parte media, de sección más o menos circular, con un surco acanalado longitudinal en el haz; hojas de los tallos floríferos 2-4, con 1 - 3(5) lóbulos o partes. Inflorescencia en panícula ovoidea o corimbiforme, con (5)8 - 13(18) flores; brácteas enteras o trífidas; pie de la inflorescencia de longitud 2 - 3 veces mayor que la de ésta. Hipanto provisto de algunas glándulas sésiles. Sépalos (2)3 - 4 mm, linear-deltaideos, atenuados y apiculados. Pétalos (4)6 - 8(10) x (1)2 - 4(5) mm, obovados u obovado-espátulados, imbricados, blancos. Ovario casi ínfero. Fruto globoso –en ocasiones ovoideo–. Semillas 0,55 - 0,8 x 0,25 - 0,4 mm, con micropapilas y tubérculos. Florece de mayo a julio.” (*Flora ibérica vol.5 pág. 217*).





*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica, endemismo de la Cordillera Cantábrica). Frecuente en suelos pedregosos y fisuras de roquedos y cantiles calizos, más rara sobre cuarcitas, desde los 1.000 a los 2.000 m. Alpinas y subalpinas.

“No soporta la sombra. Calor moderado. Piso montano principalmente. Continentalidad continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos ricos en bases; pH 5.5 - 8; indicadora de alcalinidad. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com))

“Encontrado en: Puente Arce (1.300 m – 2.300 m), La Hermida, Peña Vieja, Áliva (1.650 m), Cuetos de Juan Toribio, Camaleño, Coriscao, Puerto San Glorio (1.495 m), Peña Prieta, Peña Labra, Pico Cordel, Reinosa (550 m), el Fresno, Collado de Cámara y Peña Sagra (1.950 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

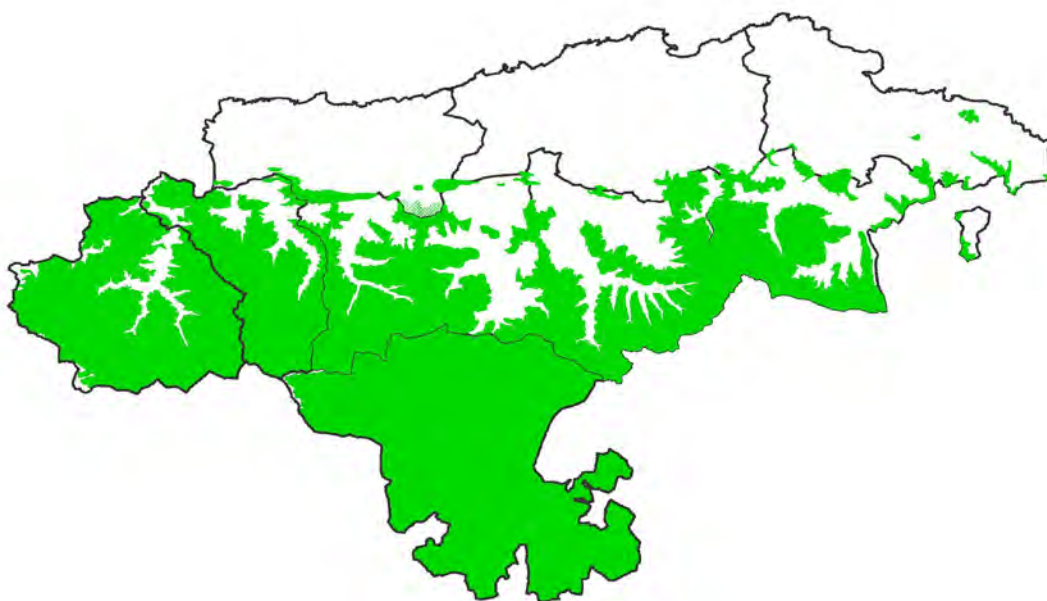


Figura 112. Plano de situación Saxifraga Canaliculata.

**7.2.21. SAXIFRAGA CONÍFERA (*Saxifraga conífera*):**

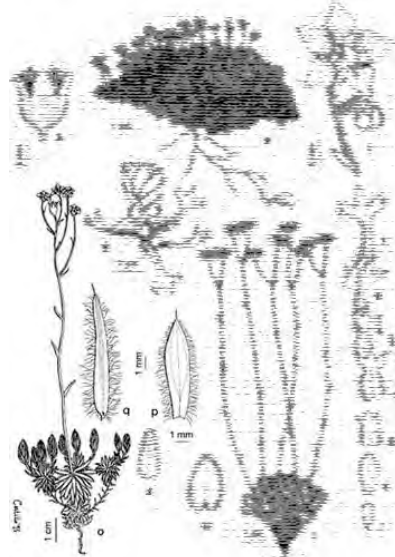


<b>AXIFRAGA CONÍFERA</b>	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Saxifragaceae
Género:	Saxifraga
Plantas de pastizales de alta montaña, matorrales pulviniformes y megaforbios	

“Planta perenne, postrada y cespitosa, con un indumento de glándulas y pelos glandulíferos y no glandulíferos. Los tallos floridos, de hasta casi 15 cm, son terminales y erectos, y están cubiertos por glándulas granates e incoloras, sésiles y estipitadas. Las hojas basales, de 3 – 7 x 0.5 – 1.5 mm, son patentes o reflejas, de margen entero, forma linear – lanceolada, rígidas, y finalizan en un acumen hialino de hasta medio milímetro de longitud, con cilios marginales rígidos pero con el haz y el envés glabros. Apenas tienen peciolo; y las yemas estivales están constituidas por una roseta densa, cerrada, elipsoidal y aguda, de color plateado, con las hojas imbricadas y escariosas, de 8 – 12 x 3 – 4 mm; las hojas de los tallos floríferos, entre 2 y 6, son enteras y similares a las basales. Las flores se reúnen en una inflorescencia de tipo panícula, corimbiforme o antealada, con tan sólo 3 – 6 flores, con brácteas enteras. Las flores tienen un hipanto cubierto de glándulas, y el cáliz formado por 5 sépalos de hasta 3 mm, linear – deltoideos, apiculados. La corola, formada por otros tantos pétalos de 3 – 5 x 1 – 3 mm, son obovados y blancos. El gineceo consta de un ovario ínfero o casi y el androceo de 10 estambres. El fruto es una cápsula globosa. Florece de mayo a julio.” (*Flora ibérica vol.5 pág. 210*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica, endemismo de la Cordillera Cantábrica). No gustando de vecinas crece en suelos pedregosos, pedregales y fisuras de rocas calizas, especialmente en zonas soleadas y ventosas, desde los 1.200 hasta los 2.200 metros de altitud.



“No soporta la sombra. Temperatura que busca el frescor. Piso subalpino principalmente. Continentalidad, continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos ricos en bases; pH 5.5 - 8; indicadora de alcalinidad. Suelos pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).

“Encontrado en: Collado de Cámara, Áliva (1.879 m), Camaleño, El Cable (1.840 m), Peña Vieja, Torre de Altaiz (1.930 m), Fuente Dé, Vega de Liébana, Peña Prieta (2.200 m), Pico Cordel y Reinoso.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 113. Plano de situación Saxifraga Conifera.

### 7.2.22. SEMPERVIVUM CANTABRICUM:



SEMPERVIVUM CANTABRICUM	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Crassulaceae
Género:	Sempervivum

“Planta perenne, herbácea, que forma rosetas (2)4 - 7(9) cm de diámetro, abiertas, subaplanadas, verdes o verde-glaucas. Tallos floríferos de 8 - 26(34) cm, de pilosoglandulosos a densamente hirsutos. Hojas basales 10 - 30(35) x 7 - 10 mm, de oblongo- lanceoladas a oblanceoladas, obtusas, acuminadas, piloso-glandulosas, con cilios blanquecinos en los márgenes, patentes, ocasionalmente teñidas de púrpura en la parte apical; las caulinares (8)11 - 32 (2)5 - 9 mm, lanceoladas, agudas, pilosas. Inflorescencias de 4 - 12 cm de diámetro, con 5 - 30(62) flores. Flores de 15 - 24 mm de diámetro, 9 - 12 meras, de rosadas a púrpuras. Cáliz 4 - 5,5(8) mm, de pubescente a hirsuto; segmentos 3,5 - 5(7) x 1 - 2 mm, lanceolados, subagudos. Pétalos 9 - 13 2 - 3 mm, linear-lanceolados, agudos. Nectarios semicirculares. Estambres con los filamentos de un púrpura rojizo, glabros o pilosos; anteras purpúreas o rosadas. El fruto es un polifolículo. Florece de julio a agosto.” (*Flora ibérica vol.5 pág. 115*).



*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica, endemismo de la Cordillera Cantábrica). Frecuente en fisuras, grietas de rocas, rellanos, taludes, prados, gleras, indiferente al substrato, desde los 600 a los 2300 m.

“No soporta la sombra. Temperatura, soporta el frío; alta montaña. Pisos alpino, principalmente. Continentalidad continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos ricos en bases; pH 5.5 - 8; indicadora de alcalinidad. Suelos muy pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com)).



“Encontrado en: Cueto de Juan Toribio (1.900 m), La Vueltona (2.220 m), Peña Olvidada (1.890 m), Cabaña Verónica (2.330 m), Pico de Cámara (1.870 m), Horcadina de las Nieves (2.050 m), Áliva (1.380 m), Peña Prieta y Tres Mares.” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).

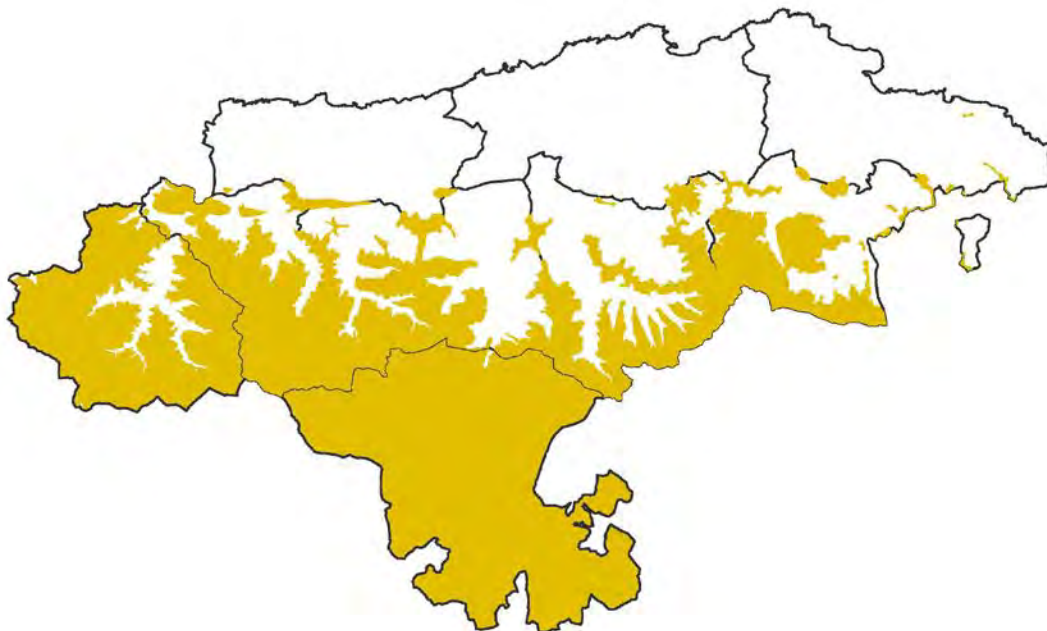
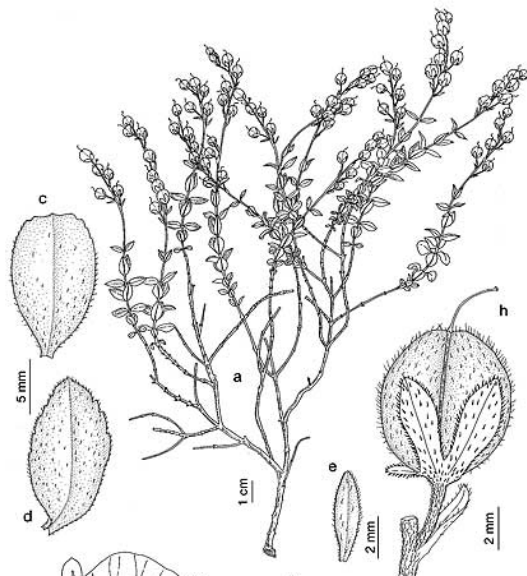


Figura 114. Plano de situación *Sempervivum Cantabricum*.

### 7.2.23. VERÓNICA MAMPODRENSIS:

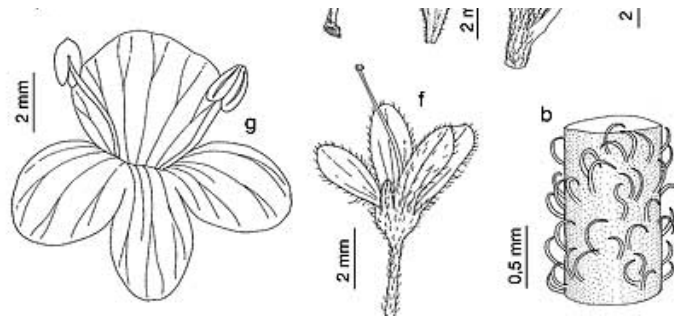


VERÓNICA MAMPODRENSIS	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Scrophulariales
Familia:	Scrophulariaceae
Género:	Verónica

“Planta perenne y sufruticosa, tallo erecto o ascendente, de 6 – 15 cm, de ascendentes a suberectos, leñoso en la base y sin pelos o subglabra en la parte basal pero el resto cubierto de pelos tectores dispuestos más densamente hacia el ápice; tienen entrenudos más o menos evidentes. Las hojas enteras, de 12 – 15 x 5 – 8 mm, son ovaladas, pelosas. Las flores se reúnen en inflorescencias de tipo racimo, terminal, con entre 6 y 10 flores, con brácteas lanceolado – ovadas a ovales. El cáliz está formado por 5, a veces 4, sépalos de oblanceolados a estrechamente ovales u obovados, y la corola, de 8 – 12 mm de diámetro, de color violáceo rosado o azulado, tiene 4 pétalos soldados en la base formando un corto tubo. El androceo está formado por 2 estambres exsertos y el gineceo por un ovario provisto de un estilo de hasta 3 mm. El fruto es una cápsula tan ancha como larga o algo menor, comprimida, de anchamente ovada a suborbicular, y con la base redondeada; en su interior hay hasta 30 semillas pardo anaranjadas. Florece de julio a agosto.” Flora ibérica Pág. 379)

*Distribución, hábitat y fenología:* Endemismo del norte de España (provincia orocantábrica, principalmente la encontramos en la Cordillera Cantábrica). Crece en repisas y grietas de rocas, pastos pedregosos, en calizas preferentemente. Desde los 1.900 metros hasta las más altas cumbres, crece en lugares que permanecen cubiertos de nieve mucho tiempo.

“No soporta la sombra. Temperatura, frescor. Piso subalpino principalmente. Continentalidad continental; soporta grandes variaciones de temperatura. Sobre suelos muy secos; indicadora de sequedad. Suelos ricos en bases; pH 5.5 - 8; indicadora de alcalinidad. Suelos pobres en nitrógeno.” ([www.asturnatura.com](http://www.asturnatura.com))



“Encontrado en: Canal de Asotín, Los Pozos de Lloroza, Peña Vieja (1.950 m), Áliva (1.750 m), Lloroza, Coriscao y Llánaves (2.230 m).” ([www.anthos.es](http://www.anthos.es)).



Figura 115. Plano de situación Verónica Mampodrensis



## 8. INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS EN LA VEGETACIÓN

En este capítulo se estudian los factores abióticos que influyen en la vegetación y los efectos limitantes para el desarrollo de ésta. Los factores que se van a considerar son: las precipitaciones, las radiaciones de onda larga responsables de la temperatura del aire, las radiaciones de onda corta responsables de la iluminación, y el viento.

### 8.1. PRECIPITACIÓN

“La disponibilidad de agua en el suelo es imprescindible para la existencia de vegetales en los ecosistemas terrestres. Dichos vegetales están constituidos por este compuesto en proporción que puede llegar al 80%. Además, el agua es el vehículo de los nutrientes en su circulación por la planta y para su absorción por las raíces, y es indispensable en la fotosíntesis (fotólisis del agua). Esa disponibilidad depende de multitud de factores, que podemos resumir en tres importantes:

- la cantidad y distribución anual de las aportaciones, que se concretan en las precipitaciones, si se prescinde de las aportaciones por freatismo o por riego.
- la capacidad de retención de agua en el suelo, como factor edáfico.
- la intensidad de las pérdidas, que al ser provocadas por la evaporación y la transpiración, dependen del régimen térmico del lugar. Ambas formas de pérdida pueden atenuarse con la abundancia de humedad atmosférica, quien en algunos casos especiales es a su vez, por condensación directa sobre la tierra o la vegetación, fuente de agua para el suelo.” (Serrada, R. 2.008, pág. 87).

“La precipitación total anual de una comarca es sólo una indicación aproximada del régimen hídrico (GANDULLO, 1985). La disponibilidad hídrica mínima para la existencia del bosque se estima en 250 mm de precipitación al año, de los cuales 100 mm (1.000 m<sup>3</sup> /Ha/año) deben estar disponibles en el periodo vegetativo. Según SPURR, (1982), para que se pueda mantener la espesura completa en un bosque la precipitación anual debe alcanzar los 400 mm.” (Serrada, R. 2.008, pág. 89).

Cada especie tiene una fisiología distinta, con unas necesidades hídricas adaptadas al medio para completar su ciclo anual de desarrollo. Por lo que permite clasificarlas en: xerófitas, mesófilas, higrófilas e hidrófitas.

*-Hidrófitas o plantas hidrófilas.* Coinciden con la vegetación acuática, algunas de ellas son especies flotantes.

*-Higrófitas o plantas higrófilas.* Son especies muy exigentes en humedad, a veces están sumergidas parcialmente. El mayor inconveniente que tienen que superar es la falta de oxígeno libre al nivel de las raíces por lo que se ven obligadas a absorberlo de la atmósfera. Por esta razón, desarrollan exageradamente sus órganos aéreos garantizando que van a sobresalir siempre por encima del nivel del agua o flotar sobre su superficie. Presentan hojas

grandes a tenor de las grandes cuotas de evapotranspiración.

Excepción: Puede darse el caso de que exista vegetación en los lechos de los ríos y que no pertenezcan a una especie higrófila, ya que depende de la abundancia de ese cauce.

-*Mesófitas o plantas mesófilas.* Son especies que necesitan una cantidad media de agua, aunque no soportan los encharcamientos. Es más importante la humedad ambiental que la edáfica. Aparecen donde las nieblas y brumas son habituales y en las zonas donde llueve mucho.

-*Xerófitas o plantas xerófilas.* Son aquellas especies de las zonas con sequía más o menos acusada y donde los niveles de precipitación total son reducidos. La mayor parte de las especies del ámbito mediterráneo son xerófilas. Este tipo de plantas presentan rasgos que denotan la adaptación a la escasez de agua, como hojas pequeñas que transpiran menos, el brillo en la parte de arriba de la hoja (haz). Tiene hojas coriaferas que son capaces de cerrar los estomas para impedir la transpiración. Además a veces son hojas lineales, como agujas.

En cuanto a las raíces serán de 2 tipos. Uno cuyas raíces busquen las precipitaciones que han caído recientemente y otras que busquen el nivel freático de la profundidad.

Tanto el déficit como el exceso de agua resultan perjudiciales para una planta. Si el suelo es muy seco la planta debe limitar su transpiración, lo que significa que cierra los estomas de sus hojas. Por el contrario cuando el suelo está saturado de agua impide la presencia de aire y dificulta la respiración de la planta. Las plantas se han adaptado a su medio adoptando diversos mecanismos de defensa y morfologías apropiadas.

	Higrófilas / Hidrófilas	Mesófilas	Xerófilas
Clima	Ecosistemas de alta humedad.	Ecosistemas con clima templado seco.	Ecosistemas con clima árido seco.
Evaporación	Mayor	Media	Menor
Relación entre el desarrollo aéreo y subterráneo	Raíces pequeñas / órganos aéreos muy grandes.		Raíces muy grandes / órganos aéreos pequeños.
Raíces	Menor cantidad.	Adventicias, pivotantes o desarrolladas.	Profundas o extendidas. En ocasiones con tejidos leñosos en la base.

Follaje	Mayor tamaño y densidad		Menor tamaño y densidad.
Forma y consistencia del tallo y de las ramificaciones	Vástagos grandes y largos, tejidos tiernos y poco leñosos.		Tallos pequeños, ramificados, duros y muy leñosos. A veces tallos y hojas carnosos donde acumulan agua.
Hojas	Grandes y abundantes. Membranosas muy finas, con estomas superficiales. Abre los estomas para favorecer la transpiración.	Lisas. Hojas con mayor número de estomas en su parte inferior para evitar evaporación excesiva. Su parte superior especializada en la captación de luz para fotosíntesis. Si parte inferior es esponjosa, de células irregulares para la obtención de gases para la fotosíntesis.	Hojas pequeñas o sin hojas. Lineares. Con ceras y pelos. Haz brillante. Hundimiento de estomas. Los estomas los cierra para evitar transpiración. Endurecimiento de cutículas.
Espinas y olores	Sin espinas o poco significativas	Sin espinas o poco significativas	Plantas espinosas y frecuentemente muy aromáticas
Forma	En paraguas	Variada	En embudo

Tabla 5. Adaptaciones vegetales al medio según la cantidad de agua. Elaboración propia basada en escrito Prof. Alberto J.A. Biogeografía y Geografía Ambiental 2009.

Por otro lado, si las precipitaciones son en forma de nieve, además de aportar agua al suelo “favorece el desarrollo de algunas especies (quionófilas) o algunas clases de edad de poca talla, pues el manto de nieve aísla a la parte aérea de las bajas temperaturas del aire en invierno, impidiendo daños por congelación de los tejidos o del suelo.” (Serrada, R. 2.008, pág. 89).

## 8.2. RADIACIONES

“Las radiaciones procedentes del sol son las que aportan a los sistemas terrestres la luz y el calor necesarios para el desarrollo de la vegetación. La radiación incidente se distribuye en una amplia gama de longitudes de onda como se observa en la figura inferior según Reifsnnyder y Lull, 1965.” (Serrada, R. 2.008, pág. 90).

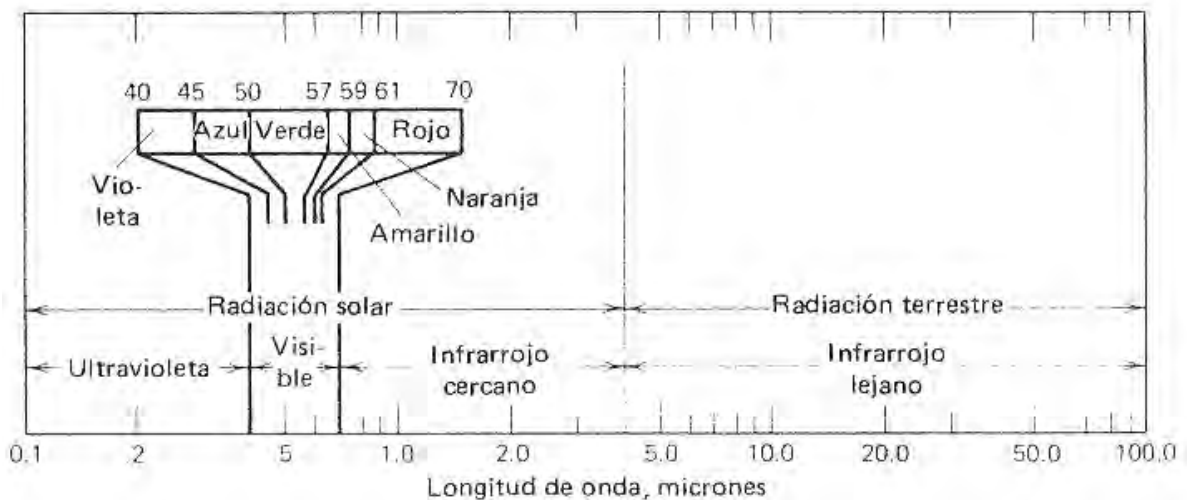


Figura 7a.- Longitud de onda de la radiación solar y terrestre y bandas del espectro. (Según Reifsnnyder y Lull, 1965) .

“Dentro del conjunto de longitudes de onda, las que tienen influencia sobre los vegetales van desde 290 a 5.300 nm” (Serrada, R. 2.008, pág. 90). Sus denominaciones, proporción relativa sobre el conjunto de la energía radiante y efectos en los vegetales, se resumen en el cuadro:

Longitud de onda (nm)	Denominación	Porcentaje (%)	Efectos
290 - 440	Ultravioletas	1%	Modificaciones en la forma. Mutaciones.
440 - 750	Espectro visible	39%	Fotosíntesis
750 – 5300	Infrarrojos	60%	Energía y temperatura del aire

FIGURA 8. Denominación, distribución y efectos sobre los vegetales de las radiaciones. Según Serrada, R. 2008).

- *“Ultravioletas.-* Este tipo de radiaciones provocan la inhibición de las auxinas, por lo que se produce un efecto de enanismo vegetal. Este efecto explica los fenómenos de falta de esbeltez vegetal en alta montaña. Por otro lado, las radiaciones ultravioletas provocan mutaciones sobre la dotación genética de los vegetales.

- *Espectro visible.-* Dentro de este espectro se presentan dos máximos de actividad fotosintética que son: de 650 a 670 nm, correspondiendo con las coloraciones rojas; y alrededor de 440 nm, de coloraciones azules. También este tipo de radiación inhibe la formación de auxinas, por lo que las plantas tienen menos esbeltez en ambientes más iluminados. Los vegetales presentan fotosensibilidad positiva en el tallo y negativa en la raíz. La ausencia o extremada reducción de la radiación luminosa provoca la muerte de las plantas

o de las ramas (poda natural), por paralización de la fotosíntesis.

- *Infrarrojos*.- Este tipo de radiaciones estimula la producción de auxinas en los tallos, por lo que la predominancia diferencial de radiación infrarroja respecto de las anteriores conduce a la formación de tallos largos y esbeltos, provocándose esta situación en masas de alta espesura. En masas de poca espesura pero con escasez de radiaciones de onda corta, como pueden ser altas latitudes o zonas de gran nubosidad, también se producen portes esbeltos por esta causa.” (Serrada, R. 2.008 pág. 91).

### 8.2.1 Radiaciones de onda larga. Temperatura.

Las radiaciones infrarrojas aportan calor o energía y se evalúa a través de la temperatura del aire. Según Gandullo (1985) define la relación entre crecimiento de los vegetales y temperatura los siguientes valores:

- *Temperatura letal inferior*, aquella a partir de la cual se establece la muerte de la planta, -50 °C.
- 
- *Temperatura letal superior*, aquella a partir de la cual se establece la muerte de la planta, +50 °C.
- 
- *Temperatura umbral inferior*, aquella a partir de la cual se establece la actividad vegetativa, +6 °C y +7,5 °C.
- 
- *Temperatura umbral superior*, depende del metabolismo de la planta. “La respiración de las plantas se inicia de forma sensible a partir de la temperatura umbral inferior y aumenta de forma exponencial con la temperatura. La fotosíntesis se inicia en igual punto y aumenta también con la temperatura hasta que empieza a decrecer alrededor de los 30 °C ó 35 °C. El descenso está relacionado con la dificultad de disolución del CO<sub>2</sub> en los líquidos a estas temperaturas y con el cierre de estomas.”(Serrada, R. 2.008 pág. 93). Harold (1.984) da respuesta de la relación de la fotosíntesis y de la respiración al aumento de temperatura, figura 7.

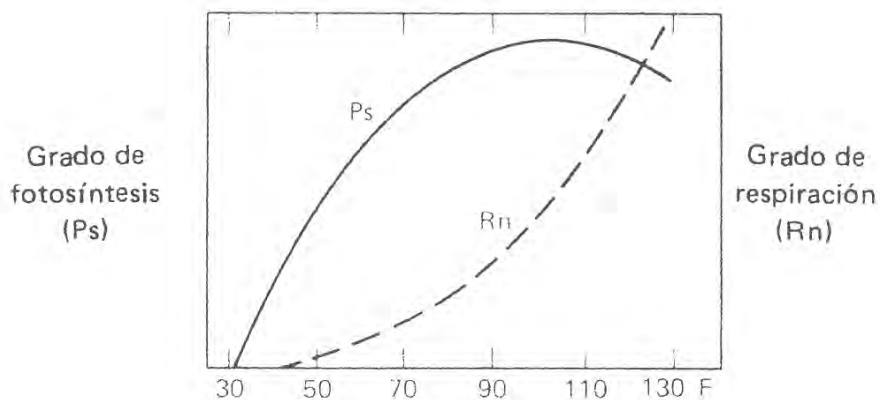


Figura 7. Respuesta de la fotosíntesis y de la respiración al aumento de la temperatura. (Harold, 1984)

- *Temperatura óptima de crecimiento*. Hay un intervalo térmico donde la

fotosíntesis neta es máxima y el crecimiento del vegetal también. Este intervalo es la temperatura óptima de crecimiento del vegetal y es diferente para cada especie.

Cuando baja la temperatura las plantas se adaptan para soportar el desafío del frío de distintas maneras. Así, los árboles y arbustos pierden sus hojas al comenzar los primeros fríos y conservan sus yemas o brotes protegidos por escamas, resinas y pelos abundantes. Las plantas herbáceas conservan los órganos aéreos situados a ras de suelo. Otras plantas pierden totalmente la parte aérea pero conservan la raíz bajo tierra, que guardan gran cantidad de alimento para un futuro desarrollo aéreo en la estación propicia; otras desaparecen en épocas frías pero conservan sus semillas.

En exceso de calor, para evitar la exposición excesiva, las plantas desarrollan hojas pequeñas que evitan la excesiva transpiración, reducen el número de estomas, con cutículas y cubiertas protectoras.

### 8.2.2 Radiaciones de onda corta. Luz.

Las variaciones de la iluminación dependen de la latitud y época del año, pero es suficiente para el desarrollo de las plantas al menos durante una estación. Cuando hay nubes la irradiación solar se vuelve difusa reduciéndose un 25 % ó 30 % por término medio, de la iluminación con cielo despejado. Si las nubes llevan masa de agua pueden descender hasta menos de un 5 %. (Huetz de Lempis A., 2.005, pág. 26).

Se obtienen formas de tallo esbeltas, cuando hay falta de luz, y achaparradas, cuando la luz es abundante. “La reducción de la iluminación se expresa como porcentaje existente de la radiación incidente sobre el dosel de copas y está relacionada con la espesura. La figura 8, tomada de SPURR (1982), expresa esta reducción.

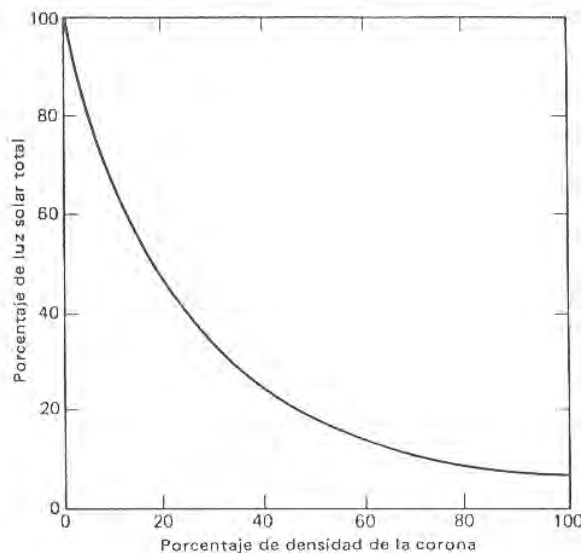


Figura 8. Efecto de la fracción de cabina cubierta (porcentaje de densidad de la corona) sobre la penetración de la luz. (Spurr 1982.)

Según Harold (1984) pocas especies pueden vivir si la intensidad de luz es menor de 1% de la luz solar total.

La variación del ritmo de la radiación también influye en el sistema vegetal. Así, la duración de los periodos luminosos en un punto concreto depende de su latitud, y a igualdad de latitud, de la estación del año que se considere. En el ecuador, con periodo vegetativo extendido a todo el año, la duración del día es constante e igual a 12 horas. Al subir en latitud, los periodos vegetativos tienden a acortarse y la duración de la luz en ellos a alargarse. Las diferencias de duración de los periodos luminosos provocan adaptaciones de las especies vegetales, que exponemos siguiendo la teoría de los estadios de LYSENKO (1935), resumida en GANDULLO (1985): “las radiaciones recibidas condicionan la posibilidad de que se cumplan los estadios siguientes:

- para que se formen las yemas florales es indispensable que las radiaciones infrarrojas proporcionen energía acumulada suficiente (termostadio).
- la formación de las flores requiere una determinada duración de la luz del día que proporcione, durante esas horas y sólo en ellas, radiaciones visibles de onda corta (fotoperiodostadio)
- para que tenga lugar la maduración de los gametos se precisa una determinada intensidad de radiaciones de onda corta (ergostadio).”

Las plantas Heliófilas se desarrollan mejor cuando la intensidad de luz es mayor, son plantas adaptadas a la vida a pleno sol y en sombra tienen dificultades. Especies arbustivas y herbáceas son heliófilas. Estas plantas reducen el número de estomas para una mejor adaptación a la luz. La reducción de estomas también la relacionamos con la temperatura, pues a mayor intensidad de luz, la temperatura de la hoja es mayor y la evotranspiración también. Las especies vegetales se defienden de las altas temperaturas por medio de la transpiración, gracias al calor de cambio de estado del agua se pueden establecer diferencias de 10 °C entre el aire y las hojas.

Las plantas Esciófilas se desarrollan mejor con intensidad de luz menor, son plantas que viven en penumbra, suelen ser especies arbóreas. Cuando hay luz las hojas no necesitan adaptación, pero cuando hay escasez de luz las hojas son más anchas para tener una mayor captación; suelen ser orientadas y se disponen de forma que se maximiza la superficie foliar, y la planta busca no hacerse sombra sobre sí misma.

### **8.3. VIENTO**

Se presenta el resumen de los efectos del viento siguiendo a Gandullo (1.985), en los siguientes puntos:

1.- *Renovación de las masas de aire (brisa moderada)* en la proximidad de la parte aérea de los vegetales, homogeneizando la composición de la atmósfera con aporte de CO<sub>2</sub>, estimulando la transpiración y reduciendo la temperatura. Este es un efecto positivo general, que estimula la función fotosintética.

2.- *Provocar desecaciones*, si el aire es seco, *la velocidad alta* y la dirección y sentido constantes. Aumenta peligrosamente la transpiración al aportar constantemente aire no saturado que entra en contacto con las hojas. Estas desecaciones se traducen en: portes en bandera de los árboles; ausencia de

formaciones arbóreas en algunos lugares como los collados; favorecer la presencia de formaciones de matorral de porte almohadillado o rastrero. Los estomas se cierran cuando la velocidad del viento supera los 2 m/s (Huetz de Lempis A., 2.005, pág. 36) y la fotosíntesis se reduce.

3.- *Con fuertes velocidades del viento* se producen daños mecánicos en la parte aérea del arbolado, con rotura de ramas y fustes e incluso derribos por arranque de la cepa. Las vegetaciones tienen un reducido tamaño (especies rastreras). También adoptan posiciones aerodinámicas, formas de bola o almohadillas pegadas al suelo.

4.- El papel del viento como vector de propágulos y polen es trascendental y favorable en las especies anemócoras y anemógamas.

5.- *En las costas*, las formaciones vegetales se pueden ver afectadas, además de por el efecto mecánico del viento, por el *aporte de gotitas de agua salada*, con efectos negativos en el desarrollo de ramas y hojas.

## 9. INFLUENCIA DE LA GEOBOTÁNICA. LA SINTESIS BIOCLIMÁTICA DE LA VEGETACIÓN.

La distribución de las precipitaciones en el curso del año y las variaciones de la temperatura constituyen dos elementos indisolubles en la vida de las plantas. Así en base a las precipitaciones, Martonne define el *índice de aridez* como:

**Índice aridez anual**

$$A = \frac{P}{T+10}$$

**Índice aridez mensual**

$$a = \frac{12 p}{t+10}$$

P	total de precipitaciones anuales
p	total de precipitaciones mensuales
T	temperatura media anual
t	temperatura media mensual

De aquí se deduce que a valores más bajos, más árido es el clima:

Índice de aridez	clima
> 20	Humedad suficiente
20 < A o a > 10	Tendencia a sequía
A o a < 10	Árido
A o a < 5	Hiperárido

Tabla 6. Relación de los índices de aridez y el clima. Elaboración propia basada en escrito Huetz de Lemps A. 2005.

Cantabria ronda unos índices de aridez entre 26,11 a 46,9. Mucho más altos que en otras provincias de España, como puede ser Almería, que es un 7,6.

Por otra parte, los pisos bioclimáticos están claramente influenciados por el clima, ya que tienen una componente ómbrica (ombrotipo) y otra térmica (termotipo).

**El ombrotipo** se puede determinar a partir del índice ómbrico u ombrotérmico:

$$I_o = (P_p / T_p) 10$$

I <sub>o</sub>	índice ombrotérmico anual
P <sub>p</sub>	precipitación positiva anual (de los meses de T media mensual superior a 0 °C)
T <sub>p</sub>	temperatura positiva anual: suma en décimas de grados centígrados de las temperaturas medias mensuales. T <sub>i 1-12</sub> >0 °C.

Pisos bioclimáticos: ombrotipos				
Ombrotipo	Tropical	Mediterráneo	Templado	Boreal y polar
Ultrahiperárido	> 0,1	> 0,1		
Hiperárido	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3		

Árido	0,3 – 1,1	0,3 – 0,9		
Semiárido	1,1 – 2,0	0,9 – 2,0	> 2,2	> 2,2
Seco	2,0 – 3,0	2,0 – 3,0	2,2 – 3,2	2,2 – 3,2
Subhúmedo	3,0 – 5,5	3,0 – 5,5	3,2 – 4,6	3,2 – 4,6
Húmedo	5,5 – 11,0	5,5 – 11,0	4,6 – 10,0	4,6 – 9,0
Hiperhúmedo	11,0 – 22,0	11,0 – 22,0	10,0 – 20,0	9,0 – 18,0
Ultrahiperhúmedo	> 22,0	> 22,0	> 20,0	> 18,0

Tabla 3: Ombrotipos en los distintos macroclimas del mundo. (Alcaraz F.J. 2013)



Figura 12: Ombrotipos de la España Peninsular y Balear. Servicio Cartografía de la Universidad de Navarra, Botánica.

Por otro parte, el Termotipo se puede reconocer a través del índice de termicidad compensado, con temperaturas bajas, del índice de temperaturas positivas:

**El índice de termicidad (Itc) :**

$$Itc = (T+M+m)10 \Leftrightarrow (T+Tmin \times 2)10$$

- T temperatura media anual en grados centígrados.
- Tmin temperatura media del mes más frío del año.
- M temperatura media de las máximas del mes más frío del año.
- m temperatura media de las mínimas del mes más frío del año.

“Itc es, por lo tanto, un índice que pondera la intensidad del frío, factor limitante para muchas plantas y comunidades vegetales, junto con la temperatura media anual. La correlación entre los valores de este índice y la vegetación es bastante satisfactoria en los climas cálidos y templados. En los fríos con valores de Itc inferiores a 120 y en los continentales con Itc > 21, resulta más significativo y preciso el empleo del valor de la temperatura positiva anual (Tp)”. (Rivas-Martínez S. 2.008).

$$Itc = Tp$$

- Tp temperatura positiva anual: suma en décimas de grados centígrados de las temperaturas medias mensuales.  $T_{1-12} > 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Piso bioclimático templado : termotipos	
Termotipo	Tp (Itc)
Infracolino	>2.350 (410 – 480)
Termocolino (Termotemplado) Sólo franja costera entre Galicia y Vizcaya	2.000 – 2.350 (300 – 410)
Colino (Mesotemplado) 0 - 400 m	1.400 – 2.000 (180 – 300)
Montano (Supratemplado) 500 - 1.700 m	800 – 1.400 (20 – 180)
Subalpino (Orotemplado) 1.700 - 2.300 m en los Acares y alto Campoo	380 – 800
Alpino (criorotemplado) 2.200 - 2.300 m	1 -380

Tabla 4. Termotipos en el clima templado. (Alcaraz F.J. 2013)

El **índice de continentalidad** expresa la amplitud de la oscilación anual de la temperatura. Los más empleados son los siguientes:

Sencillo simple	Diferencia entre la temperatura media de los meses más cálido y más frío del año (Tmax-Tmin)
Sencillo ampliado	Diferencia entre las temperaturas medias absolutas de los meses más cálido y más frío del año (Tamax-Tamin)
Sencillo magnificado	Diferencia entre la temperatura máxima absoluta y mínima absoluta del año (T'-m')
Compensado por latitud	Gorezynski = (1.7 Itc/sen lat.) 20.4, Conrad = (1.7 Itc/sen lat. + 10) -14, Currey = índice simple (1 + 1/3 lat)
Compensado por altitud	Rivas-Martínez = índice simple + [altitud x 0.6/100]

Por la sencillez y disponibilidad de datos, se utiliza el Itc (índice de continentalidad simple), expresado en grados centígrados. La clasificación bioclimática de la tierra se halla en el primer mapa de oceanidad de la Tierra (Sudan 1884), y es la siguiente:

Tipos	Subtipos	Valores
Hiperocéánico	Ultrahiperocéánico acusado	0-2,0
	Ultrahiperocéánico atenuado	2,0-4,0
	Euhiperocéánico acusado	4,0-6,0
	Euhiperocéánico atenuado	6,0-8,0
	Subhiperocéánico acusado	8,0-10,0
	Subhiperocéánico atenuado	10,0-11,0
Océánico	Semihiperocéánico acusado	11,0-13,0
	Semihiperocéánico atenuado	13,0-14,0
	Euoceánico acusado	14,0-16,0
	Euoceánico atenuado	16,0-17,0
	Semicontinental atenuado	17,0-19,0
	Semicontinental acusado	19,0-21,0

Continental	Subcontinental atenuado	21,0-24,0
	Subcontinental acusado	24,0-28,0
	Eucontinental atenuado	28,0-37,0
	Eucontinental acusado	37,0-46,0
	Hipercontinental atenuado	46,0-56,0
	Hipercontinental acusado	56,0-66,0

Tabla 7. Tipos, subtipos y niveles de continentalidad simple (Ic) que se reconocen en la tierra.

“La **tipología de los sustratos** es otro de los factores abióticos que condicionan en gran medida los tipos de suelos y, por ende, la cubierta herbácea que soportan, por lo que, desde este punto de vista, los prados y pastizales los podemos agrupar atendiendo al contenido en bases de la roca madre. Así podemos considerar los pastos herbáceos sobre sustratos ricos en bases [c] (calizas, dolomías, margas, etc.), los que se desarrollan sobre rocas silíceas [s] (cuarcitas, areniscas, pizarras, etc.), o bien los indiferentes al tipo de sustrato [i].” (Día, T.E. y Fernández, J.A. 2.005, pág. 703).



## **10. CONSTANTES QUE RIGEN Y ORIENTAN EL DESENVOLVIMIENTO RITMICO DE LOS ENDEMISMOS**



Tabla 8. CONSTANTES SEGÚN LOS RASGOS DE ADAPTACIÓN									
	Tipo / Florece	Evaporación	Desarrollo aéreo / Subterráneo	Raíces	Follaje	Tallo / Ramificaciones	Hojas	Espinas / Olores	Forma
<b>AGROSTI CURTISII</b>	Perenne. Mayo a agosto	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos altos.	Rizoma corto y vigoroso con retículo fibroso.	Poca densidad.	Tallo largo 60 cm. Ramas cortas y erectas.	Lineares, rígidas, protegida sustancias céreas.	Espinas en forma de aguijón. Sin olor.	Tallos buscan la luz, las hojas cerca de la raíz, la humedad. Poco follaje, para no quitar luz a las hojas.
<b>ALLIUM PALENTINUM</b>	Perenne. Julio a agosto.	Media.	Raíces cortas Órganos aéreos medianos y densos.	Rizoma horizontal y tuberoso.	Densidad media.	Tallos medianos de 16-48 cm. Con pocas hojas sin ramas.	Sin peciolo, basales, glabras, lisas, margen papiloso.	Sin espinas. Con olor.	Hojas nacen de la base recogiendo el agua y dirigiéndola al rizoma (acumulador); buscando luz.
<b>ANEMONE BALDENSIS subsp. PAVONIANA</b>	Perenne. Mayo a junio.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Densidad media.	Tallos de 50 cm. Base fibrosa. Ramas cortas.	Roseta de 2-3 ternadas. Pelos en el raquis, en verano limbos glabros.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas en roseta a modo de captación de luz, agua y no sombreado sobre sí misma.
<b>AQUILEGIA PYRENAICA subsp. DISCOLOR</b>	Perenne. Junio a agosto.	Media.	Raíces medianas. Órganos aéreos medianos.	Rizoma pivotante.	Poca densidad.	Tallos cortos de 6-12 cm.	Basales en rosetas 1-3 ternadas. Glabras. Glaucos envés, verde haz.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas en roseta a modo de captación de luz, agua y no sombreado sobre sí misma.
<b>ARMERIA CANTÁBRICA</b>	Perenne. Junio a agosto.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos densos.	Rizoma ramificado.	Mucha densidad.	Muy ramificada y Ramas cortas y erectas.	Lineares, planas, glabras en el margen y muy delgado.	Sin espinas. Sin olor.	Planta extensiva horizontalmente y densa a modo de protección.
<b>ARTEMISA CHAMAEMELIFOLIA subsp. CANTÁBRICA</b>	Perenne. Julio a agosto.	Media-alta.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos y densos.	Rizoma ramificado.	Densidad media - alta.	Tallo 30 cm Ramas cortas o inexistentes.	Pinnatífida asentada, bastante glabra.	Sin espinas. Aromática.	Planta extensiva horizontalmente y densa a modo de protección.
<b>CAMPANULA ARVÁTICA</b>	Perenne. Julio a agosto.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma ramificado.	Densidad media – alta.	Tallos 20 cm Ramificados y rastreros.	Basales, roseta, acorazonadas, 3-5 lóbulos, glabras.	Espinas en hojas. Sin olor.	Hojas inferiores más grandes que las superiores y todas ellas recolectoras y en superficie.
<b>CENTARIUM SOMEDANUM</b>	Perenne. Julio a septiembre.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos y densos.	Rizoma que produce brotes.	Densidad alta.	Tallo ramificado en la base. Ramas oblicuas. Erectos.	Diferenciadas inferiores y superiores, ovado-espátuladas a ovado-oblongas. Carnosas, margen glabra. Sin pelos.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas inferiores más grandes que las superiores y todas ellas recolectoras y acumuladoras.
<b>CYTISUS CANTABRICUS</b>	Perenne. Abril a julio.	Media.	Raíces profundas. Órganos aéreos densos y altos.	Rizoma pivotante.	Densidad alta.	Tallo ramificado. Ramas pelosas de jóvenes y grabas después.	En tallos jóvenes hojas simples pecioladas. Tallos viejos hojas trifoliadas pelos largos en el haz y grabas envés.	Sin espinas. Sin olor.	Densa redondeada, en busca de luz y humedad; diferenciación de hojas nuevas y viejas, así como disposición en la planta.

<b>DABOECIA CANTÁBRICA</b>	Perenne. Marzo a noviembre.	Media.	Raíces medias. Órganos aéreos densos y medios.	Rizoma pivotante.	Densidad alta.	Tallos hasta 50 cm. Ramificación ascendente.	Hojas alternas pecioladas, oval-lanceolada. Verde haz y blancas envés.	Sin espinas. Sin olor.	Densa redondeada, en busca de luz y humedad.
<b>FESTUCA BURNATII</b>	Perenne. Abril a julio.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma corto y vigoroso cubierto por retículo fibroso.	Poca densidad.	Tallos hasta 25 cm, finos.	Hojas basales punzantes.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas que protegen del sol la zona donde se encuentra la raíz.
<b>GENISTA LEGIONENSIS</b>	Caduca. Mayo a agosto.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante con tejido leñoso en su base.	Poca densidad.	Tallos de hasta 40 cm, acaban en espina, de 9-10.  Ramas pelosas caducas en altas latitudes y perennes en valles, cortos y crespos.	Forma lanceolada, haz glabro y envés peloso sedoso.	Con espinas. Sin olor.	Circular extensiva, flexible y achaparrada, protegiendo humedad de raíz.
<b>GENISTA OBTUSIRAMEA</b>	Perenne. Junio a julio.	Media.	Raíces profundas. Órganos aéreos 1,6 a 2m.	Rizoma pivotante.	Alta densidad.	Tallos pelosos de jóvenes. Ramillas finas con cortas ramillas verde pelosas.	Pequeñas, pelosas, linear – lanceoladas, sedosas por el haz y por el envés.	Sin espinas. Sin olor.	Densa guardando humedad.
<b>JASIONE CAVANILLESII</b>	Perenne. Mayo a julio.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma delicado extensivo.	Media-alta densidad.	Tallos rastreros y muy ramificados, con muchas hojas. Ramificación pelosa hacia el ápice.	Oblongo – espatuladas, estrechas, asentadas, superpuestas y gruesas y márgenes engrosados.	Sin espinas. Sin olor.	Muchas hojas en busca de luz y humedad, con pelosidad protectora de arriba abajo.
<b>LINARIA ALPINA subsp. FILICAULIS</b>	Perenne. Mayo a agosto.	Media.	Raíces profundas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Alta densidad.	Tallos fértiles hasta 40 cm. Rastreros a erecto-ascendentes. Ramificados bajo y medios .	De lanceoladas a lineares, planas. Inferiores y medias brotan del mismo nudo, superiores alternas.	Sin espinas. Sin olor.	Globo, hojas que intentan no hacerse sombra superior y mayor densidad inferior, protegiendo la raíz.
<b>NARCISSUS ASTURIENSIS</b>	Perenne. Marzo a junio.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma bulboso.	Poca densidad.	Tallos florífero hasta 20 cm.	Lineares, erectas y color glauco.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas que nacen de la base, recogiendo el agua y dirigiéndola al rizoma (acumulador); buscando luz.
<b>PETROCOPTIS CLAUCIFOLIA</b>	Perenne. Mayo a agosto.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma leñoso.	Poca densidad.	Tallos cortos hasta 30 cm, gruesos y carnosos. Sin roseta de hojas en la base.	Opuestas, enteras, crasa, basales pecioladas y las superiores sésiles.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas que almacenan y se disponen en forma piramidal en el tallo para evitar sombras.

<b>POTENTILLA NIVALIS</b> <b>subsp. ASTURICA</b>	Perenne. Junio a julio.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma bulboso.	Densidad media.	Tallos cortos hasta 30 cm. Erectos, pelos rectos, cortos y dispersos.	Basales con 5-7 segmentos, pelosidad densa por el haz y muy densa envés.	Sin espinas. Sin olor.	Organización en superficie y hojas abiertas hacia la luz y humedad ambiental.
<b>SALIX CANTÁBRICA</b>	Caduca. Abril a junio.	Media.	Raíces profundas. Órganos aéreos altos.	Rizoma pivotante.	Poca densidad.	Tallos que alcanzan 3 m. Ramas adultas grabas.	Lanceoladas. En el haz pelos cortos, en el envés pelosidad más densa y plateados.	Sin espinas. Sin olor.	Arbustivo, hojas pequeñas y protegido por la pelosidad o leñoso.
<b>SAXIFRAGA CANALICULATA</b>	Perenne. Mayo a julio.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Media densidad.	Tallos floríferos Erectos hasta 30 cm.	Linear – elípticos, sección circular. Basales con márgenes engrosados, glabras.	Sin espinas. Olorosa.	Hojas basales extendidas superficiales y florescencia alta.
<b>SAXIFRAGA CONIFERA</b>	Perenne. Mayo a julio.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Poca densidad.	Tallos floridos Erectos hasta 15 cm. Pelosos.	Basales, gruesas, linear-lanceolada, rígidas. Haz y envés glabros.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas basales protectoras, tallos erectos con pelos protectores.
<b>SEMPERVIVUM CANTABRICUM</b>	Perenne. Julio a agosto.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Muy densas.	Tallos floridos Erectos hasta 34 cm, densamente pilosos.	Forma rosetas. Basales oblongo – lanceoladas pilosas. Las de los tallos lanceoladas pilosas.	Sin espinas. Sin olor.	Superficial con pelosidad protectora, no se crea sombras propias.
<b>VERONICA MAMPODRENSIS</b>	Perenne. Julio a agosto.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Densidad media.	Tallo erecto hasta 15 cm. Leñoso en la base y sin pelos, pero el resto pelos que aumentan en densidad hacia el ápice.	Ovaladas enteras, gruesas 8 mm, pelosas. Envés con más densidad de pelos que el haz.	Sin espinas. Sin olor.	Mayor densidad basal. Hojas pequeñas. Se protege por la pilosidad. Hojas acumulativas.

Tabla 10. CONSTANTES ECOLÓGICAS										
	Situación	Aridez anual	Luz	Temperatura	Continentalidad	Humedad	Acidez	Nitrógeno	Termotipo	Ombrotipo
<b>AGROSTI CURTISII</b>	Nivel del mar a 1.700 m.	Humedad suficiente	Luz pero soportan sombra.	Calor moderado.	Oceánico. Continental.	Suelos secos.	pH 3,5-5,5. Ácidos.	Suelos pobres en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano.	Húmedo templado.
<b>ALLIUM PALENTINUM</b>	1.600 a 2.230 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Oceánico.	Suelos húmedos o muy húmedos.	pH 3 -4,5. Muy ácidos.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>ANEMONE BALDENSIS subsp. PAVONIANA</b>	1.000 a 2.400 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Soporta el frío.	Oceánico. Continental.	Suelos muy secos.	pH 5,5-8, Básico, alcalinidad.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>AQUILEGIA PYRENAICA subsp. DISCOLOR</b>	1.700 a 2.200 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Continental.	Suelos secos.	pH 5,5-8, Básico, alcalinidad.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>ARMERIA CANTÁBRICA</b>	1.200 a 2.400 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Oceánico. Continental.	Suelos muy secos.	pH 5,5-8, Básico, alcalinidad.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>ARTEMISA CHAMAEMELIFOLIA subsp CANTÁBRICA</b>	400 a 2.000 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Necesita calor.	Oceánico.	Suelos muy húmedos.	pH>6, ricos en bases.	Suelos ricos en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano.	Húmedo a hiperhúmedo templado.
<b>CAMPANULA ARVÁTICA</b>	500 a 2.000 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Necesita calor.	Oceánico. Continental.	Suelos muy secos.	pH>6, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano.	Húmedo a Hiperhúmedo templado.
<b>CENTARIUM SOMEDANUM</b>	500 a 1.600 m.	Humedad suficiente	Luz pero soportan sombra.	Temperatura moderada.	Oceánico.	Suelos húmedos o muy húmedos.	pH 5,5 – 8, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano	Húmedo templado.
<b>CYTISUS CANTABRICUS</b>	0 a 1.300 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Calor moderado.	Oceánico. Continental.	Suelos muy secos.	pH 3 – 4,5. Muy ácidos.	Suelos pobres en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano.	Húmedo templado.
<b>DABOECIA CANTÁBRICA</b>	50 a 1.500 m.	Humedad suficiente	Luz pero soportan sombra.	Calor moderado.	Oceánico. Continental.	Suelos secos.	pH 3 – 4,5. Muy ácidos.	Suelos pobres en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano.	Húmedo templado.
<b>FESTUCA BURNATII</b>	1.800 a 2.200 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Calor extremo.	Oceánico.	Suelos muy secos.	pH 4,5 – 7,5. Débilmente ácidos.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>GENISTA LEGIONENSIS</b>	200 a 2.200 m.	Humedad suficiente	Penumbra.	Calor.	Oceánico.	Suelos muy secos.	pH>6, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano.	Húmedo templado.

<b>GENISTA OBTUSIRRAMEA</b>	1.400 a 2.200 m.	Humedad suficiente	Luz pero soportan sombra.	Frescor.	Oceánico. Continental.	Suelos muy secos.	pH 3,5-5,5. Ácidos.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>JASIONE CAVANILLESII</b>	400 a 2.460 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Calor.	Oceánico.	Suelos muy secos.	pH>6, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano.	Húmedo templado.
<b>LINARIA ALPINA subsp. FILICAULIS</b>	800 a 2.400 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Oceánico. Continental.	Suelos muy secos.	pH>6, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>NARCISSUS ASTURIENSIS</b>	700 a 1.500 m	Humedad suficiente	Luz pero soportan sombra.	Calor moderado.	Continental.	Suelos poco secos a húmedos.			Supratemplado, montano.	Húmedo templado.
<b>PETROCOPTIS CLAUCIFOLIA</b>	0 a 2.000 m	Humedad suficiente	Penumbra.	Calor.	Oceánico.	Suelos muy secos.	pH 5,5 – 8, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Mesotemplado, Colino a Supratemplado, montano.	Húmedo templado.
<b>POTENTILLA NIVALIS subsp. ASTURICA</b>	1.800 a 2.650 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Oceánico.	Suelos muy secos.	pH>6, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>SALIX CANTÁBRICA</b>	700 a 1.800 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Oceánico. Continental.	Suelos húmedos o muy húmedos.			Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>SAXIFRAGA CANALICULATA</b>	550 a 2.000 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Calor moderado.	Oceánico. Continental.	Suelos muy secos.	pH 5,5 – 8, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Húmedo templado.
<b>SAXIFRAGA CONIFERA</b>	1.200 a 2.200 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Continental.	Suelos muy secos.	pH 5,5 – 8, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>SEMPERVIVUM CANTABRICUM</b>	600 a 2.300 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Oceánico.	Suelos muy secos.	pH 5,5 – 8, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.
<b>VERONICA MAMPODRENSIS</b>	1.900 a 2.300 m.	Humedad suficiente	No soporta la sombra.	Frescor.	Oceánico.	Suelos muy secos.	pH 5,5 – 8, ricos en bases.	Suelos pobres en nitrógeno.	Supratemplado, montano.	Hiperhúmedo templado.

Tabla 9. CONDICIONES BIOCLIMÁTICAS SEGÚN LAS ADAPTACIONES BIOLÓGICAS						
	Tipo	Florece	Raíces	Tallo	Tallo y ramificaciones	Hojas
<b>AGROSTI CURTISII</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en mayo.	Terreno seco.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas no viento. >T. Rd. infrarroja. <Luz Rd. visible = Nuboso.		Protección de la deshidratación y quemaduras, supera los 35 °C. Protección frío en invierno. Problemas de agua.
<b>ALLIUM PALENTINUM</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en julio.	Terreno húmedo.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Reducen su metabolismo con órganos aéreos a ras de suelo y bulbos subterráneos.	Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>ANEMONE BALDENSIS subsp. PAVONIANA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en mayo.	Terreno seco.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.		Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>AQUILEGIA PYRENAICA subsp. DISCOLOR</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en junio.	Terreno húmedo. Zona viento.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Rastreros, para aprovechar la temperatura del suelo.	Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz, pero en envés protección de la radiación indirecta. No supera los 35 °C.
<b>ARMERIA CANTÁBRICA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en junio.	Terreno húmedo.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.		Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>ARTEMISA CHAMAEMELIFOLIA subsp. CANTÁBRICA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en julio.	Terreno húmedo.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.		Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>CAMPANULA ARVÁTICA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en julio.	Terreno húmedo.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Forma almohadilla sobre el suelo, para aprovechar la temperatura del suelo.	Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>CENTARIUM SOMEDANUM</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en julio.	Terreno seco.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Forma almohadilla sobre el suelo, para aprovechar la temperatura del suelo.	Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C. Hoja almacena agua.
<b>CYTISUS CANTABRICUS</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en abril.	Terreno húmedo.	>Latitud. Altitud 0 m. >T. Rd. infrarroja. <Luz Rd. visible = nuboso.		Protección de la deshidratación y quemaduras, supera los 35 °C. Protección frío en invierno.
<b>DABOECIA CANTÁBRICA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en marzo.	Terreno húmedo. Zona viento.	>Latitud. Altitud 0 m. >T. Rd. infrarroja. <Luz Rd. visible = nuboso.		Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz, pero en envés protección de la radiación indirecta. No supera los 35 °C.

<b>FESTUCA BURNATII</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en abril.	Terreno húmedo.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.		Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>GENISTA LEGIONENSIS</b>	No desempeña función en invierno por las temperaturas bajas.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en mayo.	Terreno seco. Viento.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Rastreros para aprovechar la temperatura del suelo. Pelos protegen del exceso de radiación y deshidratación.	Protección del frío en invierno, envés protegido del frío. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>GENISTA OBTUSIRAMEA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en junio.	Terreno seco.	>Latitud. >Altitud, zonas no viento. >T. Rd. infrarroja. <Luz Rd. visible = nuboso.	Pelos protegen del exceso de radiación y deshidratación.	Protección de la deshidratación y quemaduras. Protección frío en invierno. Problemas de agua.
<b>JASIONE CAVANILLESII</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en mayo.	Terreno húmedo. Zona viento.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Rastreros para aprovechar la temperatura del suelo.	Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>LINARIA ALPINA subsp. FILICAULIS</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en mayo.	Terreno húmedo. Busca aguas profundas, zona viento.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Rastreros para aprovechar la temperatura del suelo.	Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>NARCISSUS ASTURIENSIS</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en marzo.	Terreno húmedo.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Reducen su metabolismo con órganos aéreos a ras de suelo y bulbos subterráneos.	Protección del frío en invierno. Verano protección exceso de radiación. No supera los 35 °C.
<b>PETROCOPTIS CLAUCIFOLIA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en mayo.	Terreno seco. Zona viento.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Tallo craso de almacenamiento de agua.	Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C. Hoja almacena agua.
<b>POTENTILLA NIVALIS subsp. ASTURICA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en junio.	Terreno seco. Zona viento.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Reducen su metabolismo con órganos aéreos a ras de suelo y bulbos subterráneos. Pelos protegen exceso radiación y deshidratación.	Protección de la deshidratación, quemaduras y exceso radiación. Protección frío en invierno. Problemas de agua.
<b>SALIX CANTÁBRICA</b>	No desempeña función en invierno por las temperaturas bajas.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en abril.	Terreno húmedo. Zona viento.	>Latitud. Altitud 0 m. >T. Rd. infrarroja. <Luz Rd. visible = nuboso.		Protección de la deshidratación y quemaduras. Protección frío en invierno. Viento.
<b>SAXIFRAGA CANALICULATA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en mayo.	Terreno húmedo.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.		Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.
<b>SAXIFRAGA CONIFERA</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en mayo.	Terreno seco. Zona viento.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Rastreros, para aprovechar la temperatura del suelo. Pelos protegen del exceso de radiación y deshidratación.	Protección del frío en invierno. Verano captación calor y luz. No supera los 35 °C.

<b>SEMPERVIVUM CANTABRICUM</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en julio.	Terreno seco. Zona viento.	>Latitud. Altitud 0 m a zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Pelos protegen del exceso de radiación y deshidratación.	Protección de la deshidratación, quemaduras y exceso radiación. Protección frío en invierno. Viento.
<b>VERONICA MAMPODRENSIS</b>	Temperatura zona 6 °C a 35 °C.	Horas de frío pasan y comienza clima benigno en julio.	Terreno seco. Zona viento.	>Latitud. >Altitud, zonas viento. <T. Rd. infrarroja. >Luz Rd. visible.	Rastreros para aprovechar la temperatura del suelo. Pelos protegen del exceso de radiación y deshidratación.	Protección de la deshidratación, quemaduras y exceso radiación. Protección frío en invierno. Viento.

## 11. ARQUITECTURA. PRINCIPALES ENDEMISMOS Y TIPOLOGÍAS

“La arquitectura es quizás el mejor indicador de las condiciones materiales de un grupo determinado, entendiendo por arquitectura la construcción de un hábitat construido por un ser vivo, y expresa el medio geográfico” (Demangeón, 1952).

Considero que el endemismo en la arquitectura es lo que llamamos arquitectura vernácula o popular por su carácter tradicional y rural. No tiene concesiones estilísticas, ni tampoco introducción de elementos foráneos, que únicamente homogeneizarían el hábitat perdiendo esa adecuación geográfica.

La arquitectura popular se caracteriza por la falta de autor. Es decir, tiende a reproducir modelos conocidos, sin pretender originalidad. Persiste una inercia arquitectónica repetitiva, que tiende a hacer perdurar modelos de construcciones, lo que las hace en muchas ocasiones difíciles de fechar. Todo ello, paradójicamente, sin dejar de enfrentarse a las necesidades de cambio que los tiempos requieren. Se elabora por autoconstrucción, con mano de obra local, que aplica técnicas artesanales y utiliza las materias primas que tiene más a mano.

En este apartado se van a estudiar las siguientes las características de las viviendas populares de Cantabria:

### 1. *Adaptación al medio.*

La arquitectura vernácula intenta resolver las necesidades derivadas de la actividad productiva mezclada en ocasiones con tradiciones culturales y religiosas, adaptándose además a las condiciones climáticas, geográficas y a los materiales que se tienen a mano. De esta manera se integran con el paisaje y pasan a formar parte del lugar.

### 2. *Formas de poblamiento.*

En los pueblos se aprecia la sabia disposición de los edificios, aprovechando al máximo las horas de sol y buscando estar al abrigo de los "malos vientos" dominantes (del noroeste y del norte), dando la espalda a las humedades de los ríos (Santiurde). Así es común que la fachada principal se oriente al sur y al este, reservando la parte trasera del edificio al norte. El contraste entre ambas partes es vivo. Un pueblo observado desde el norte nos producirá una impresión triste, sombría, mientras que la vertiente sur, que además suele estar revocada de blanco, ofrece un aspecto alegre y diáfano. Esto puede cambiar si es una vía de comunicación la que ordena su crecimiento. Entonces la silueta del pueblo se alarga linealmente siguiendo la vía (Matamorosa, La Población de Yuso) y las fachadas se abren, a un lado o a ambos, del "camino/calle mayor", sin que sea posible mantener siempre esta beneficiosa orientación.

En el área campurriana, predomina el hábitat concentrado. Aparecen pueblos cuyo casco urbano se presenta bien como un núcleo compacto, bien clareado, dispuesto en barrios (Abiada, Orzales, Lanchares, Los Carabeos, etc.).

La casa es un reflejo neto del solar familiar sobre el que se levantan. Aparecen exentas, como edificios independientes, o agrupadas en hileras a otras edificaciones por los

muros laterales, formando barrios o corraladas que se adaptan al terreno (por ejemplo, La Aguilera). Estos barrios, que pueden ser el resultado de haber dividido el solar inicial en herencia entre varios miembros de la familia o el de haberse ampliado por construcciones sucesivas adosadas, conseguían efectos positivos como el de la protección mutua, mejor aprovechamiento del calor, etc. Fruto de esta alineación la cubierta corrida a dos aguas, que todos comparten, tiene caída a la fachada principal y posterior, evitando problemas de humedades a las viviendas colindantes.

Como ya hemos visto el solar, la parcela de la casa conforma la estructura de los barrios. Estos, a su vez, crecen respetando el entramado del viario: las callejas que sirven de nexo de unión entre los diversos barrios, los caminos, etc. Los derechos de paso persisten subyacentes a lo largo del tiempo en las estructuras del territorio.

En la configuración de los pueblos no suele existir “la plaza” propiamente dicha. El espacio público por antonomasia se extiende alrededor de la iglesia. Sólo en núcleos importantes (Reinosa, Mataporquera, Polientes) o en ámbitos más meridionales (Valderredible, Valdeolea) aparece una plaza que en núcleos como San Martín de Elines o en Ruerrero, con soportales, tiene un trazado irregular

### *3. Utilización de materiales autóctonos y técnicas artesanales.*

La situación geográfica suele determinar parcialmente el material que se utiliza a la hora de construir. Se aprovecha lo que se tiene más cerca.

La piedra es resistente y no siempre es sencillo hacerse con ella, pero es muy utilizada. Corconte, Polientes, Villamoñico son algunos de los pueblos donde predomina la piedra. El aparejo de sillería, de forma rectangular, es cara y se suele reservar para la fachada principal o, si hace falta restringirlo aún más, se limita a la planta inferior, aparte de usarlo como refuerzo de esquinales y vanos. En el resto de los muros se utiliza sillarejo, mampostería o hasta cantos rodados que luego se revocan. En todo caso la decoración es muy sobria, quizá en parte propiciada por la dureza de la caliza, piedra por otro lado apropiada para soportar las fuertes variaciones de temperatura de la zona. En los valles del sur (Valderredible, Valdeolea, Valdeprado) son frecuentes la arenisca, bastante más dúctil, y en las casas más antiguas, la piedra de *toba*, ligera y con buenas cualidades aislantes. La *toba* aparece utilizada, junto con el adobe y el ladrillo, para cerrar paramentos en combinación con entramado de madera recubierto con argamasa y cal. Algunas ramas de avellanos entrelazados forman la precaria base de las paredes o tabiques en las viviendas más humildes. La endeblez misma de estos materiales hacía que no duraran mucho tiempo. Vestigios de estas antiguas técnicas aparecen por ejemplo en Bustasur, Carabeos o Campo de Ebro.

La madera se utiliza para las tablas que dividen los pisos, la carpintería interior o las vigas que soportan las cubiertas, sobre todo la madera de roble, pero también es frecuente el castaño o el haya. En todo Campoo y los Valles es frecuente ver cómo puertas, ventanas, balcones, galerías... se pintan de colores alegres (verdes, azul, blanco...), no siendo raro que se combinen con el blanco.

Finalmente, el tejado se cubre con teja curva árabe, asentada sobre un lecho de

helecho, escobas, retama o paja, que sirve de aislante. Esta composición debía cuidarse por el peligro que suponía la elevada inflamabilidad de estos materiales.

#### 4. *Prototipo de las edificaciones. La evolución de la vivienda.*

En los valles bajos, cercanos al mar, o medios, se ha asentado un modelo característico regional, denominado casona montañesa. En las comarcas altas se perciben influencias fronterizas ya sea en Campoo y Valderredible, en Liébana o en Cantabria oriental (Guriezo, Valle de Villaverde), donde la influencia vasca es notable. En los valles pasiegos, la cabaña vididora o ganadera responde a una cultura singular, como si se tratara de una etnia aparte.

Las casas más antiguas que se conocen en Cantabria son de fines de la Edad Media, debido a que anteriormente eran íntegramente de madera. Es la casa llana. Una vivienda "mínima" de planta baja, cuadrada, y dimensiones verdaderamente reducidas, donde convivían las dependencias humanas: un habitáculo, que serviría tanto de cocina como de habitación, y el establo, separadas tan solo por un tabique bajo. Hay rastros de esta estructura en barriadas ya ruinosas en Proaño y en Bustasur, entre otros lugares. Gracias al crecimiento de la actividad económica y la mejora de la calidad de vida, esta situación fue superada y, mediante constantes agregaciones y transformaciones, la vivienda comenzó a crecer hacia adelante, lateralmente, y por encima, extendiéndose en superficie y en altura.

Paulatinamente se acotó un lugar exclusivo para el ganado y se añadió un espacio nuevo delante del medianil para uso humano. Luego, con el tiempo, se construye un piso superior instalándose el pajar sobre la cuadra, mientras en la parte delantera, sobre la cocina, el portal o la bodega aparecen las habitaciones. Las casas se hacen más largas de fondo que de ancho de fachada, aunque este frente también crece. Con cubierta a dos aguas y fachada en el hastial. La morfología de los vanos suele ser arcos apuntados. Transcurrida la Edad Media, los arcos apuntados dejarán paso a otros adintelados y de medio punto. Estos edificios antiguos (Proaño, Suano, Bustasur) muestran una fábrica de piedra y una apariencia cerrada y volumétrica muy masiva.

El cambio más destacado, desde finales del siglo XV, se produce en la estructura, que desarrollando por un lado la planta bajo-cubierta, evolucionará hasta convertirse por último en una auténtica segunda planta. Y, por otro lado, se perfila un soportal que tanta importancia adquirirá en el tiempo, con el nombre de estragal.

A lo largo de los siglos XVI y XVII se irá configurando el modelo de arquitectura tradicional del campo de Cantabria.

En los siglos XIX y XX las casas alcanzan hasta los 3 pisos, al añadirse el desván o tercero.

Se blanquean con más frecuencia e incorporan elementos como la solana (balcón entre muros cortafuegos, prolongación de los laterales, situado en el piso superior) o balcones en voladizo, solo comprensibles en zonas de clima más suave (son rarísimas en la Hermandad de Campoo de Suso, y más frecuentes en Campoo de Yuso, Pesquera

o Valderredible, zonas atemperadas por su menor altitud). También tardía es la aparición de las galerías acristaladas cerradas, muy abundantes en Reinosa y zonas de tránsito o carreteras. Las galerías permiten una ligera ampliación de espacio, disfrutando y aprovechando el calor del sol a modo de invernadero. Al incrementarse la altura, aparecen edificios exentos donde el tejado se complica a varias aguas, con chaflanes, en vez de mantener las dos vertientes tradicionales.

##### 5. *Prototipo de las edificaciones. Características.*

En la casa tradicional, dedicada a actividades agropecuarias, se practica sobre todo la economía de medios. El muro de los paramentos predomina en la fachada sobre los huecos de ventanas y puertas, que suelen ser pequeños, suficientes para permitir el paso de la luz y la ventilación mínimas necesarias, pero pensando en impedir en lo posible el avance del frío. No hay que olvidar que el cierre de las ventanas con cristales es relativamente tardío. Había pues que minimizar el frío, sellando lo más posible los huecos para reforzar ese aislamiento. En los meses de invierno se cubría con *tepes* o césped las ranuras y huecos de las fachadas más expuestas a los temporales.

El número de las ventanas es variable, pero en todo caso, poco abundantes. Su tamaño y ubicación, irregulares, se abren conforme surgen nuevas necesidades en la casa. De todas formas son más pequeñas en la planta baja y en el último piso, así como en la parte trasera del edificio. En el pajar, sobre la cuadra, hay un hueco de mayor tamaño (1 m x 1,5 m), denominado *bocarón* o boquerón, por dónde se carga y descarga la hierba. Se sitúa en la parte posterior del edificio o en una fachada lateral.

Suele ser en las ventanas donde se concentra la escasa decoración existente; bien por su forma (de arco apuntado, carpanel, geminadas), por la talla de molduras de bolas o pequeñas imágenes, cruces, o por el color con que se pintan. Por lo demás, la tonalidad de la piedra y el ritmo de los vanos son los elementos decorativos más simples y utilizados. No hay relieve. En algunas paredes laterales, por ejemplo en Entrambasaguas, aparecen los picos salientes de las "*trabas*", una largas piedras que servían para unir los dobles lienzos con que se forman los muros.

El conjunto resulta sin duda hermético y sobrio, quizá con la leve excepción de la fachada principal. Incluso las puertas, tanto de arco de carpanel o adinteladas, son relativamente reducidas. Las propias condiciones climáticas aconsejan que el edificio sea compacto, aunándose vivienda, cuadra y pajar en una sola construcción de volúmenes cúbicos (normalmente de planta rectangular). Se aprovechaba así el calor del ganado; la paja almacenada actuaba también como aislante térmico.

Para aguantar mejor el peso de la nieve, en municipios como la Hermandad de Campoo de Suso el muro se remata con una cornisa moldurada de piedra sobre la cual la cubierta apenas sobresale 10 - 15 cm; con ello se facilita la caída de la nieve y, al impedir su acumulación, se evita que las heladas retengan el agua que podría penetrar entre las tejas al interior de la casa. En las zonas más meridionales o de menor altitud, donde la nieve no supone un problema, se desarrollan aleros más profundos, sostenidos con modillones de madera más o menos trabajados.

La parcela de propiedad se marca con una cerca o tapia de piedras que rodea el corral, que se sitúa delante o en un lateral de la vivienda. A la cuadra se puede entrar desde aquí, pero también desde el interior de la casa, a través del portal. Se localizan otras construcciones significativas, como los *colgadizos* (tejavana cubierta a una sola agua, con postes de madera apoyados en pies derechos, donde se guardan los útiles de trabajo, carros, aperos de labranza, leña, los ponederos de las gallinas) además de la hornera, la huerta, las cochiqueras o cortiles, las colmenas, etc.

#### 6. *Prototipo de las edificaciones. Distribución interior.*

Si hiciéramos un esquema de la distribución de una vivienda (cuestión difícil por la variedad e inexistencia de prototipo) se observa que la mayor parte de la planta baja posterior, se dedica a la cuadra y encima el pajar. El portal enlosado conduce a la cocina donde se concentra la actividad humana. Al otro lado aparecen la bodega, la patatera en Valderredible, etc. En la cocina se establece la reunión al amor de la lumbre, del fuego abierto del llar, y más recientemente, de las cocinas económicas. No existía ningún sistema de calefacción exclusivo, hasta la aparición de la *gloria*, que distribuía el calor bajo el suelo. Un sistema muy similar al del hipocaustum romano.

Una escalera asciende al segundo piso, pues el frío y la humedad reinantes aconsejaron trasladar los dormitorios hacia arriba, aprovechando así el calor proveniente del establo y de la cocina. Suele haber pequeñas alcobas sin ventilación exterior que van a dar a una sala, además de alguna habitación mayor. En el último piso, bajo el tejado, está el desván o tercero que sirve como lugar de almacén, aunque también puede haber más camas, otra cocina para curar la matanza, incluso colmenas o palomares.

La delimitación de la arquitectura popular no es fácil, como dice A. Hauser "el arte del pueblo" realizada por "estratos sociales carentes de ilustración y no pertenecientes a la población industrial y urbana ... los miembros de estos estratos participan en él no solo como sujetos receptivos sino la mayoría de las veces también como sujetos creadores, a pesar de que no se destacan individualmente en este sentido ni pretenden que se les reconozca la condición de autores." (Hauser, 1.973). En ocasiones hay influencias por la inmigración de alguno de los miembros, que inserta elementos arquitectónicos traspasados de otras condiciones climáticas, lo que puede llegar a distorsiones.

### 11.1. Casa Montañesa



Figura 224. Ejemplo Casa Montañesa, zona Cabuérniga y Bárcena Mayor

La Casa Montañesa es una vivienda aislada en algunos casos pero lo más frecuente es formando parte de un conjunto de unidades semejantes. Cada vivienda alberga a personas, animales y los productos del campo.

La casa es de planta rectangular, de dos pisos de altura y encima se aprovecha el bajo cubierta o desván. Las cubiertas son a dos aguas y el caballete paralelo a la fachada principal, que suele estar orientada al mediodía, se hallará preferentemente en uno de los lados mayores. La fachada principal es tratada y se abre al sol, mientras que los otros tres lados, aún con muros de mampostería, será tosca, sin guarneces, sin encalar y con escasos y pequeños huecos.

En planta baja hay un zaguán abierto o estragal entre dos muros cortafuegos medianeros de sillería. Tiene una profundidad de 2 a 3 m; es donde se resguarda el carro y la leña. Los dos muros cortafuegos recogen la solana en la planta superior, cubierta por un alero prolongado, que es un lugar para el gozo del sol y secadero. La solana se protege en sus laterales, o únicamente al oeste, con tablazones. El estragal y solana se convertirán en espacios fundamentales de la casa campesina, tanto por su contribución a la realización de los quehaceres domésticos como por su función de canalización de la socialidad.

El sistema estructural está formado por muros de carga laterales y vigas y pilares de madera. Las vigas del piso alto y alero apoyan en los muros laterales y en dos o tres pies derechos de madera de castaño con zapatas. Sobre las vigas se tiende un forjado de viguetas de madera, donde se apoyan las tablas que hacen el suelo. El piso de planta baja es de losas o encachado. Los muros laterales son de piedra armados en mampostería, vistos o encalados, llamados paravientos o cortafuegos.

Los muros cortafuegos se elevan con la forma e inclinación de la cubierta. Sobre estos se apoyan las vigas de madera formando la cubierta. Si hay mucha luz entre los muros cortafuegos se apean sobre pie derecho de madera con zapata sobre las vigas inferiores. La cubierta es de teja curva y en los extremos se colocan piedras rodadas para aumentar el peso. Corona la cubierta una chimenea prismática ensanchada en su parte superior.

La fachada principal es un tabique de ladrillo guarnecido y blanqueado. En planta baja, normalmente, con una puerta central y una ventana a cada lado. En planta alta con amplia proporción de huecos para recoger el máximo de luz y soleamiento. Los muros cortafuegos y trasero con pocas aberturas o nulas, y muros sin tratar. En ocasiones se abren una o dos ventanas en la buhardilla.

Con respecto a la distribución nos encontramos en planta baja con el estragal que da paso a la izquierda una cuadra con poca ventilación y una ventanuca al norte, a la derecha un vestíbulo del que arranca la escalera de madera de castaño a la planta superior, y otro espacio que es bodega o almacén.

La planta primera se distribuye con el vestíbulo que da paso a un espacio longitudinal profundo que ocupa el frente de fachada donde hace la vida la familia y sale a la solana. Dos alcobas al fondo con puertas vidrieras que son por donde se ventilan e iluminan a través del espacio familiar. La cocina se sitúa en la parte posterior, orientada a la zona fría y tiene un hueco pequeño, con campana y lumbre de leña. La escalera en algunos casos se prolonga al sobrado o desván.

El interior de la vivienda es de piso de madera con muros interiores blanqueados y techos bajos de vigas de madera al descubierto.

**Localización:** Bárcena de Pie de Concha, Molledo, Arenas de Iguña, Anievas, Cieza, Los Corrales de Buelna, San Felices de Buelna, Ruate, Valle de Cabuérniga, Los tojos, Mancomunidad Campoo-Cabuérniga, Rionansa, Herrerías, Val de San Vicente, Udías, Alfoz de Lloredo, Piélagos, Torrelavega, Suances, Miengo, Polanco, Cabezón de la Sal, Mazcuerras, Carles, Rionansa, Hermandad de Campoo de Suso, Pesquera, San Miguel de Aguayo, Santiurde de Reinosa, Valdaliza, Reocín, Peñarrubia y Lamasón.



Figura. 13. Localización de la tipología de la Casa Montañesa

Existen las variantes:

**Variante A. Una tercera planta o buhardilla superior.**



Figura 225. Ejemplo Casa Montañesa variante A, zona de Penagos y Castañeda.

Se encuentra en: Villaescusa, Penagos, Liérganes, Riofuerdo, Entrambasaguas, Ribamontán al Monte, Castañeda, Villacarnedo, Villafufre, Puente Viesgo, Corvera de Toranzo y Santirude de Toranzo.

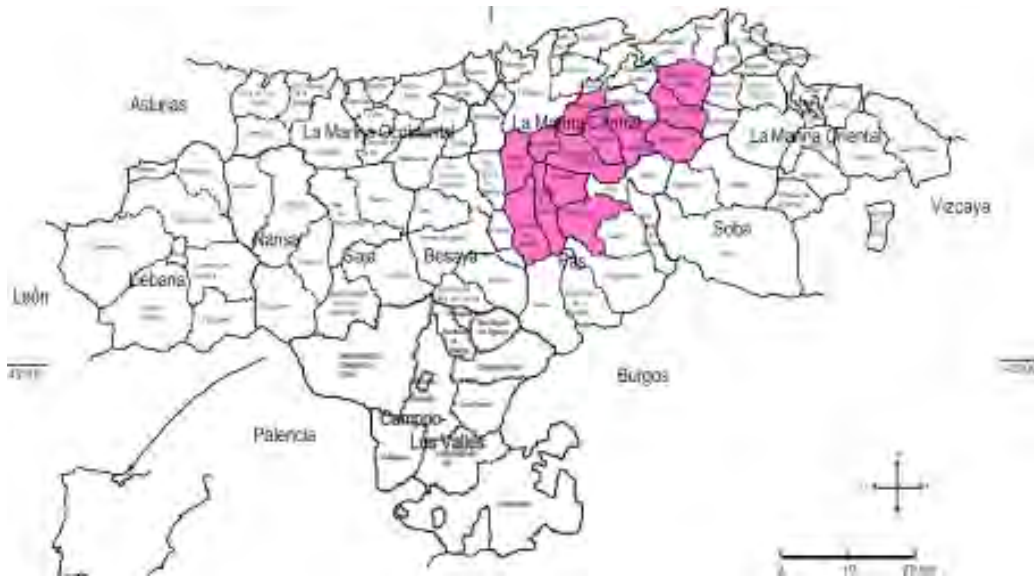


Figura. 14. Localización de la tipología de la Casa Montañesa, variante A.

**Variante B. Solana volada sin estragal.**



Figura 226. Ejemplo Casa Montañesa variante B, zona Ruesga y Soba.

Se encuentra en: Hazas de Cesto, Solórzano, Ruesga y Soba.



Figura 15. Localización de la tipología de la Casa Montañesa, variante B.

Variante C. La balconada pierde diaphanidad o se acristala, pero siempre permanece hermética con pequeños huecos.



Figura 227. Ejemplo Casa Montañesa variante C, zona Reinoso

Se encuentra en: Campoo de Yuso, Reinoso, Valdeprado del Río, Valderredible, Valdeola y Enmedio.



Figura 16. Localización de la tipología de la Casa Montañesa, variante C.

**Variante D. Segunda planta pajar y solana se cierran con entramado de madera, ladrillo y cal, no hay estragal.**



Figura 228. Ejemplo Casa Montañesa variante D, zona Liébana.

Se encuentra en: Pesaguero, Potes, Cabezón de Liébana, Camaleño Polaciones, Castro-Cillorigo y Vega de Liébana.



Figura 17. Localización de la tipología de la Casa Montañesa, variante D.

**Variante E. Segunda planta de cerramiento de entramado de madera colocada verticalmente y resto con mortero de cal y piedras. Sin solana.**



Figura 229. Ejemplo Casa Montañesa variante E, zona Las Rozas.

Se encuentra en: Las Rozas.



Figura 18. Localización de la tipología de la Casa Montañesa, variante E.

## 11.2 Casa Pasiega



Figura 230. Ejemplo Casa Pasiega, Zona Vega de Pas.

Otro tipo de vivienda es la Pasiega, cuya planta rectangular orienta al sur su fachada principal. La entrada se eleva aproximadamente un metro sobre el nivel del terreno, lográndose el acceso a la vivienda a través de un patín que recorre la fachada o alguno de los lados. Son siempre viviendas aisladas. De esta manera la zona vividera o payo queda aislada de la humedad.

El sistema estructural es de muros de carga perimetrales y pilares de madera que sustentan la cumbrera de la cubierta. La cubierta se realiza con lajas de piedra o piezas de piedra pizarrosa, de regular tamaño, toscamente aparejadas. Las vertientes son a dos aguas, con vuelo mínimo respecto al plano de fachada. El caballete es perpendicular a la fachada principal y suele situarse sobre uno de los lados menores del rectángulo. Sobre la cubierta sobresale la chimenea de la lumbre baja que hace las veces de cocina. El sistema constructivo es de par e hilera, cabríos y viga cumbrera con tablazón.

Los muros son de mampostería o sillarejo de roca caliza o arenisca irregular, aunque suelen tener grandes piezas de sillería bien labrada enmarcando los paños de fachada y en recercado de huecos. La piedra, generalmente, queda vista, pero puede encontrarse enfoscado con una fina capa de cal, que mantiene la textura de la piedra y se decora con esgrafiados de diseño primitivo. Muchos de los muros se construyeron a canto seco, con un ancho de 70 cm, levantados por doble paramento con cascajo de relleno y con separaciones de una traba o piedra pasadera como llave para reafirmar y evitar la abertura. En otras ocasiones el aparejo es cohesionado con barro o mortero a base de tierra arcillosa y agua.

Los pisos son de madera, escalera y particiones interiores, aunque se pueden encontrar separaciones con seto o vergonazo. Los balaustres de madera, cercos de ventanas y puertas se pintan con colores brillantes, rojo, amarillo, azul,...

En cuanto a la distribución, encontramos en planta baja los establos y los corrales, que tienen el acceso directamente desde el nivel de campo, mediante una puerta con dintel de piedra o madera. La planta primera, destinada a zona vividera y almacén o pajar, tiene su acceso a través de un patín, escalera maciza de peldaños de losa con una solana cubierta con prolongación del alero de cubierta, formando un cobertizo, y

parte de este se suele utilizar como corralillo para animales domésticos, por lo que se cierra con barandilla ciega de tablazón. Si la pendiente del terreno es pronunciada, el acceso se realiza por el lateral de cota alta.

Los huecos son angostos y escasos y de reducido tamaño en todas sus fachadas, considerados únicamente como ventilación.

**Localización:** Luena, San Pedro del Romeral, Vega de Pas, Selaya, San Roque de Riomiera, Miera, zona de Soba y zona de Arredondo.



Figura 19. Localización de la tipología de la Casa Pasiega.

### 11.3 Casa Litoral



Figura 231. Ejemplo Casa Litoral, zona Santoña y Laredo.

El otro tipo de vivienda que nos encontramos es el Litoral. Vivienda propia de las zonas costeras típicas de pescadores. De elevada altura, de tres a cinco pisos, y fachada de proporción estrecha. Todas las viviendas buscan abrirse a la fachada, en donde se ubica la galería abierta y corrida. Es el lugar para el tendido de las redes que ocupa todo el ancho de fachada. Los bloques de vivienda se disponen en hilera, alineadas a calle.

De planta rectangular, 3,40 m x 14,70 m aproximadamente. En cada planta se ubica una familia. El núcleo vertical de comunicación suele ser una escalera desarrollada en un único tramo.

En planta baja se ubica la cuadra y entrada a los pisos. A través de la escalera se accede a la parte trasera de la vivienda, donde está la cocina y pasillo distribuidor. Desde el pasillo se accede a las diferentes habitaciones, hasta llegar al espacio de fachada que es el comedor y zona estancial familiar.

En ocasiones podemos encontrar una planta superior abuhardillada, con habitación superior centrada en la fachada, con hueco abuhardillado sobre la cubierta del edificio de dos aguas.

Como material de construcción se usa el mampuesto revocado, usando la piedra solo en dinteles, jambas y esquinas. Con balcones al sur de madera o hierro pintados en la fachada principal, con tejazoz, y en ocasiones a modo de galería acristalada al norte, junto la cocina. Las ventanas con la carpintería a haces exteriores y contraventanas de madera interiores. La cubierta a dos aguas de teja, construida con caballete de madera, sobresale en alero protegiendo la solana.

**Localización:** Castro-Urdiales, Guriezo, Liendo, Laredo, Colindres, Limpias, Voto, Ampuero, Rasines, Ramales de la Victoria, Bárcena de Cícero, Escalante, Santoña, Argoños, Noja, Arnauero, Meruelo, Bareyo, Ribamontán al Mar, Marina de Cudeyo, Medio Cudeyo, Astillero, Camargo, Santander, Santa Cruz de Bezana, Val de San Vicente, San Vicente de la Barquera, Comillas, Ruiloba, y Santillana de Mar.



Figura 20. Localización de la tipología de la Casa Litoral.

## **12. ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS ENDEMISMOS ARQUITECTÓNICOS EN CANTABRIA.**

### **12.1 Estudio del clima en las diferentes localizaciones de la tipología de viviendas.**

El clima es la base de una buena simulación energética; si optamos por un archivo de clima de una estación meteorológica que nos parece cercana a nuestra ubicación pero de altitud distinta, estaremos cometiendo un error en los datos considerados de humedad, temperatura y posiblemente vientos.

No siempre se tienen datos precisos de la ubicación que se pretende estudiar, ya que no todo el territorio tiene estación meteorológica y existen condicionantes de entorno que crean microclimas dentro de los climas generales de una zona.

Para este punto se ha optado por trabajar con datos que se interpolan de las estaciones meteorológicas cercanas. Para ello se trabaja con el programa Meteonorm, que es un software especializado en el desarrollo de bases de datos meteorológicas. Con este programa obtendremos un archivo de clima que podemos intercambiarlo con el programa Ecotect y con el programa Design Builder.

Para el estudio inicial del clima y estrategias bioclimáticas, así como estudios de iluminación, se prefiere el uso de Ecotect, ya que la información es más clara y precisa.

Se van a estudiar los climas donde se han encontrado los tipos de viviendas característicos y sus variantes.

### 12.1.1. Estudio del clima en Cabuérniga.

Este clima es característico del entorno donde se ha desarrollado el tipo de vivienda “Casa Montañesa”.

A partir de los datos de situación

**Altitud:** 260 m  
**Latitud:** 43° 13' 40''N; 43,23 °N  
**Longitud:** 4° 18' 01''O; 4,30 °O  
**Situación:** aislada  
**Zona horaria:** +1

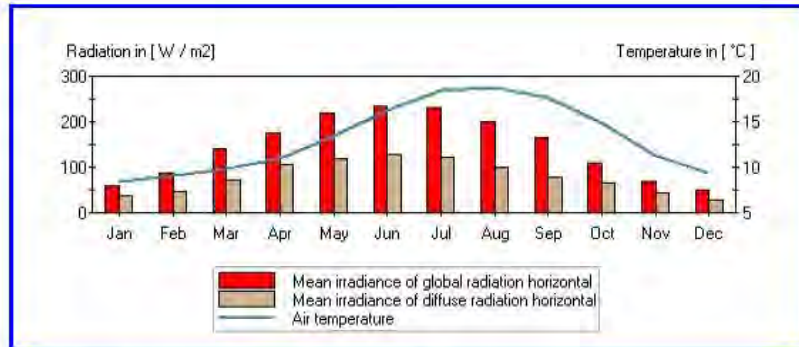
Obtenemos los siguientes datos del clima del programa METEONORM

Calculation (hour)		26. 06. 2015 / 10:50				
<b>METEONORM Version 5.1</b>						
Site:	Cabuerniga-1					
Situation:	open					
Horizon:	astronomic					
Azimuth:	0	Inclination:	0			
Type	Userdefined site	Format	TMY 2			
Month	<G_Gh>	<G_Bn>	<G_Dh>	Lg	Ld	N
Jan	60	69	36	6525	4440	6
Feb	88	93	48	9523	5944	5
Mar	140	133	71	15210	8746	5
Apr	174	113	105	19093	12559	6
May	218	147	119	23920	14375	5
Jun	234	153	128	25799	15629	5
Jul	230	159	121	25396	14999	5
Aug	200	156	99	22070	12455	5
Sep	167	151	79	18265	10081	4
Oct	110	92	65	11984	7931	6
Nov	69	66	44	7522	5393	6
Dec	51	74	28	5526	3558	5
Year	145	117	79	15903	9676	6
Month	Ta	Td	RH	p	DD	FF
Jan	8.5	4.9	79	985	270	3.9
Feb	9.1	5.5	79	985	270	3.4
Mar	9.9	6.1	79	985	270	3.6
Apr	10.9	7.2	79	985	270	4.2
May	13.4	10.3	82	985	270	3.4
Jun	16.2	12.9	83	985	270	3.3
Jul	18.4	15.5	83	985	270	3.3
Aug	18.7	15.7	83	985	270	3.0
Sep	17.7	13.8	79	985	270	3.3
Oct	14.9	11.3	80	985	270	3.4
Nov	11.2	7.5	79	985	248	4.2
Dec	9.3	5.5	78	985	270	4.0
Year	13.2	9.7	80	985	268	3.6
<b>Legend:</b>						
Gh:	Mean irradiance of global radiation horizontal					
Bn:	Irradiance of beam					
Dh:	Mean irradiance of diffuse radiation horizontal					
N:	Cloud cover fraction					
Lg:	Global luminance					
Ta:	Air temperature	RH:	Relative humidity			
Td:	Dewpoint temperature	DD:	Wind direction			
FF:	Wind speed	p:	Air pressure			
Radiation in [W/m²]						
Temperature in [°C]						
Pressure in [hPa]						
Wind speed in [m/s]						

Figura 84. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Cabuérniga.

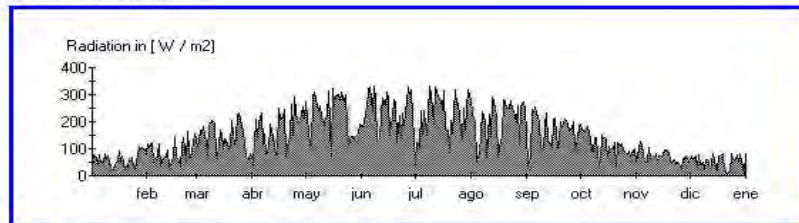
# METEONORM Version 5.1

## Cabuerniga-1



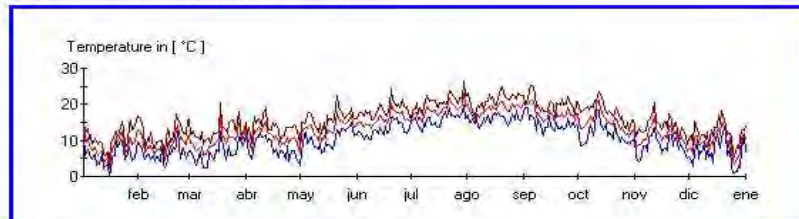
File: C:\Program Files (x86)\Metecotest\MN\_51\output\Fig\_Ghm.jpg

### Daily means of global radiation



File: C:\Program Files (x86)\Metecotest\MN\_51\output\Fig\_Ghd.jpg

### Daily values of temperature (mean, min. and max.)



File: C:\Program Files (x86)\Metecotest\MN\_51\output\Fig\_T\_Ad.jpg

Figura 84. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Cabuerniga.

A partir de los datos extraídos de METEONORM, utilizamos la herramienta “weather tool”, del programa ECOTECT, para el estudio del clima.

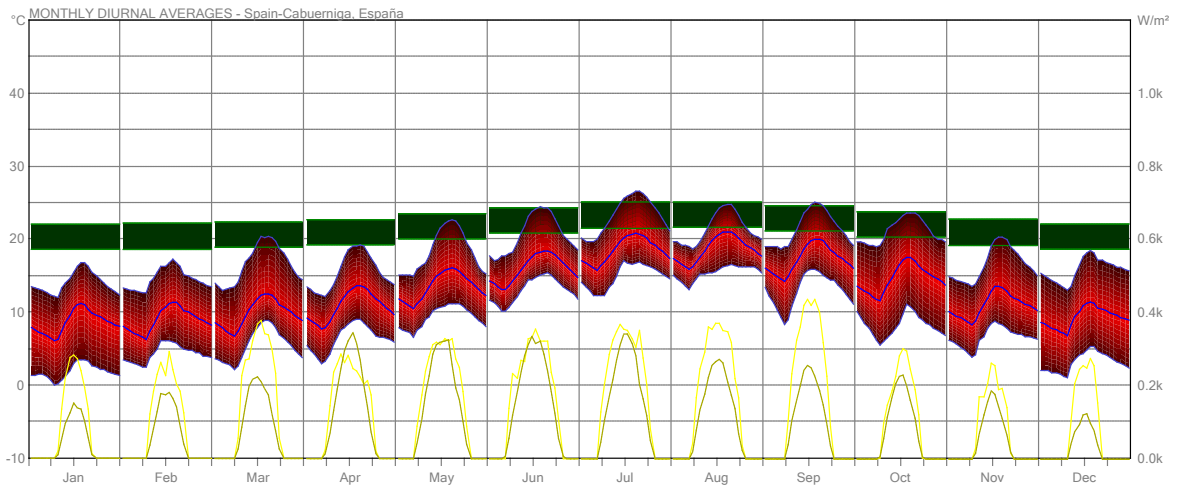


Figura 85. Temperaturas media, máxima y mínima; radiación directa e indirecta. Clima Cabuerniga.

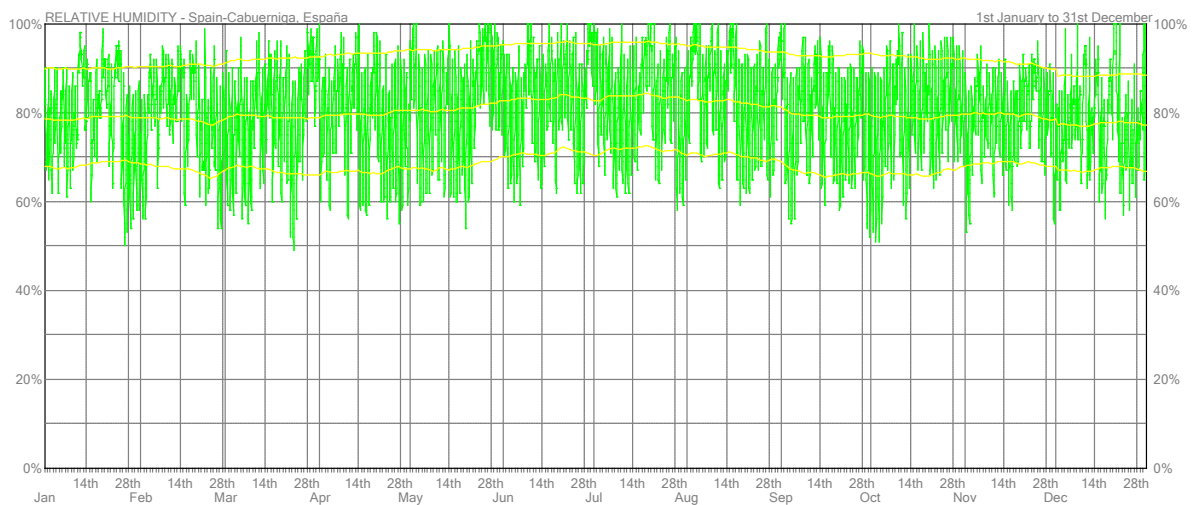


Figura 86. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Cabuerniga.

De las figuras anteriores se destacan los siguientes datos:

1. La temperatura máxima media en todo el año oscila entre 16,1 °C (enero) y 23,1 °C (agosto).
2. La temperatura mínima media en todo el año oscila entre 1,9 °C (enero) y 13,4 °C (agosto).
3. La humedad relativa máxima media (9 am) en todo el año oscila entre 77 % y 82 %.
4. La humedad relativa mínima media (3 pm) en todo el año oscila entre 67 % y 73 %.
5. La radiación solar directa no crece de forma lineal según el crecimiento del día, debido a que la nubosidad va creciendo. En los meses de abril, mayo, junio y julio la radiación indirecta supera a la directa en muchos momentos del día,

debido a este hecho. El mes de mayor radiación directa es septiembre con  $0,44 \text{ kW/m}^2$ .

- La radiación difusa aumenta en los meses de abril, mayo, junio y julio, no solo por el crecimiento del día, también por el aumento de nubosidad, siendo en muchos días mayor la radiación indirecta que la directa. Los meses de mayor radiación indirecta son estos cuatro meses, con  $0,35 \text{ kW/m}^2$ .

Igualmente se obtiene el diagrama psicrométrico:

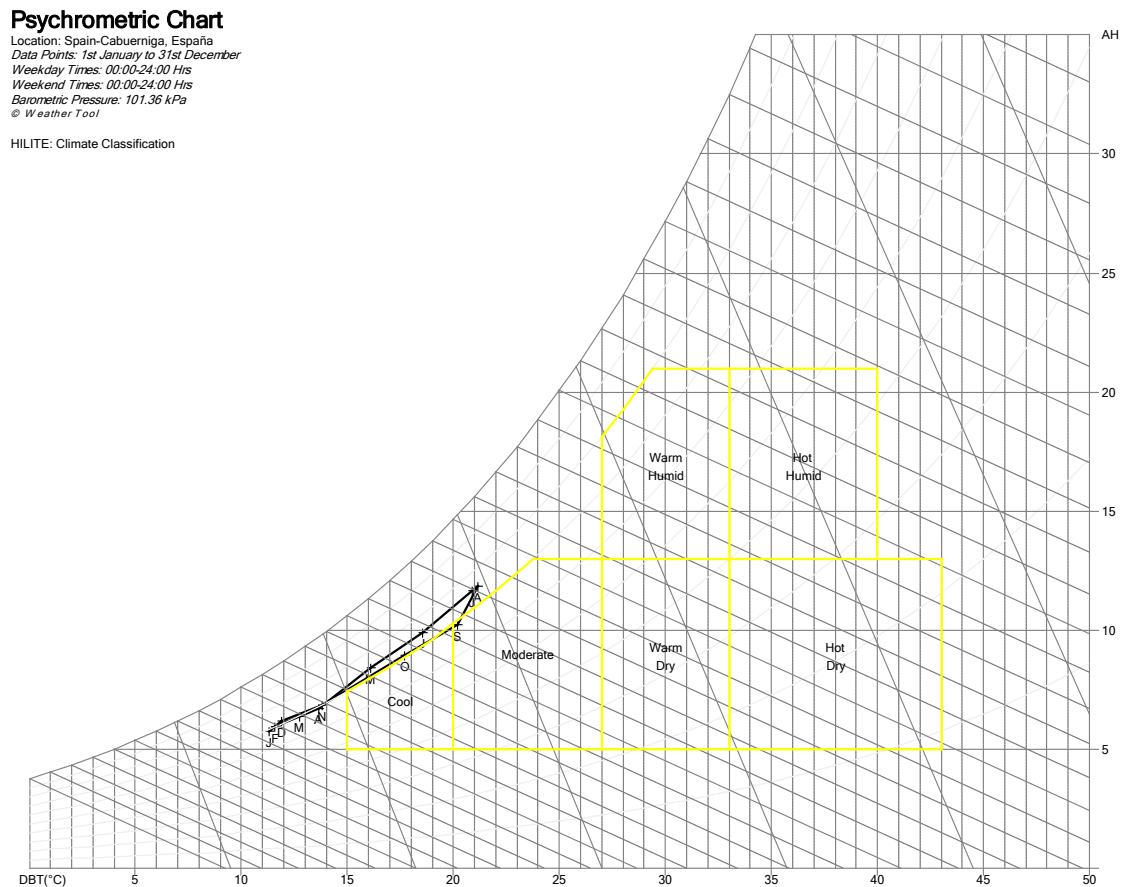


Figura 87. Clasificación del clima de Cabuerniga.

El diagrama indica que los meses de clima frío son: enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, con temperaturas medias entre  $8,4 \text{ °C}$  y  $14,8 \text{ °C}$ . Los meses de clima moderado son: junio, julio, agosto y septiembre, con temperaturas entre  $15,8 \text{ °C}$  y  $18,6 \text{ °C}$ .

En cuanto a la lectura de los gráficos de los días extremos se tiene:

El día más caluroso del año es en el mes de julio.

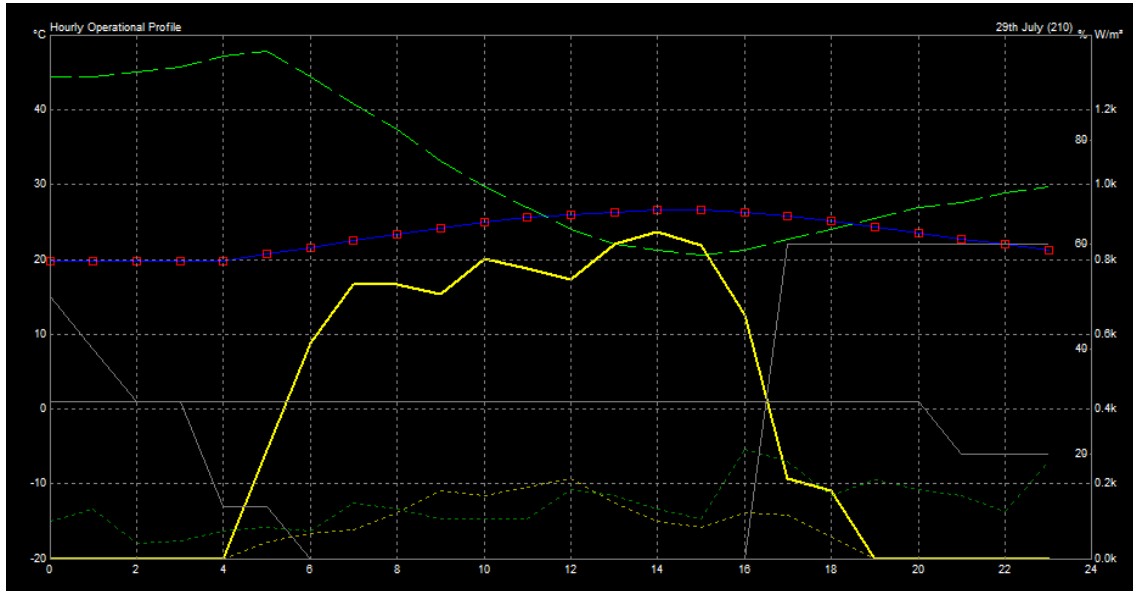


Figura 88. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, para el clima Cabuerniga.

Este día está despejado desde las 6:00 horas y se mantiene hasta las 16:00, lo que permite que la radiación solar directa eleve la temperatura desde los 20 °C hasta los 28 °C, en su punto álgido, con una radiación solar de 0,8 kW/m<sup>2</sup>. El aumento de la radiación solar reduce la humedad relativa desde el 90 %, a las 4:30, hasta poco más del 40 %, a las 14:30.

El día más frío de todo el año es en el mes de enero.

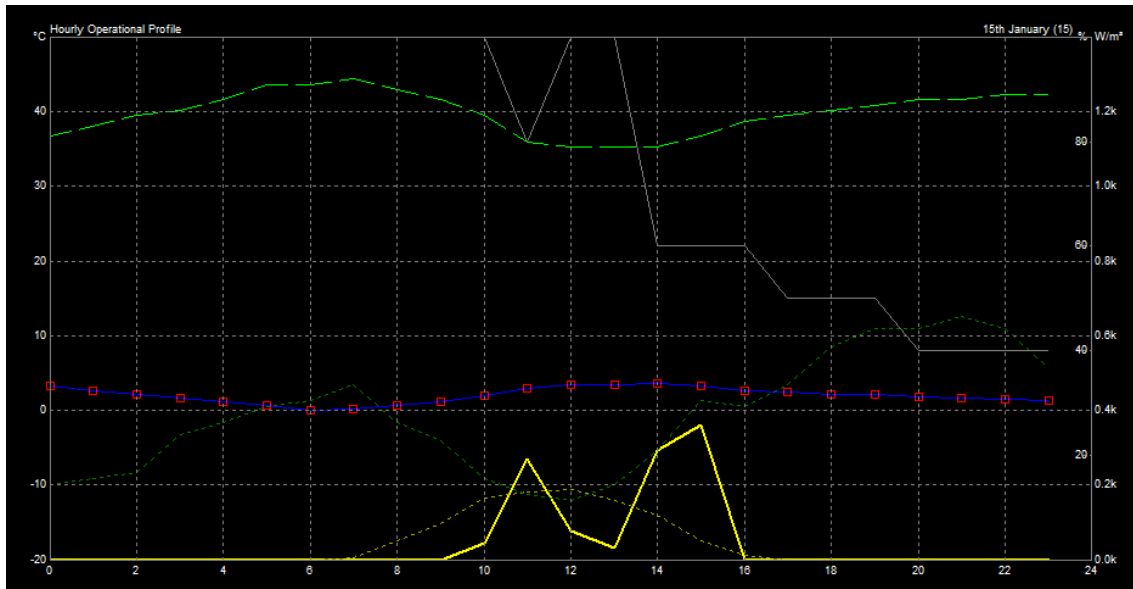


Figura 89. Condiciones climáticas del día más frío del año, para el clima Cabuerniga.

En este día la temperatura tiene poca variación: entre 0 y 4°C, debido a la alta nubosidad, que se mantiene casi todo el día, hasta las 14:00, donde empieza a despejar, con el aumento de los vientos de la tarde. La humedad se mantiene en torno al 80 % y la radiación apenas afecta a la temperatura.

A partir de los datos estudiados anteriormente, y situándolos sobre el diagrama psicrométrico se obtienen las estrategias pasivas que se deberían adoptar en el espacio arquitectónico.

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Cabuerniga, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

#### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

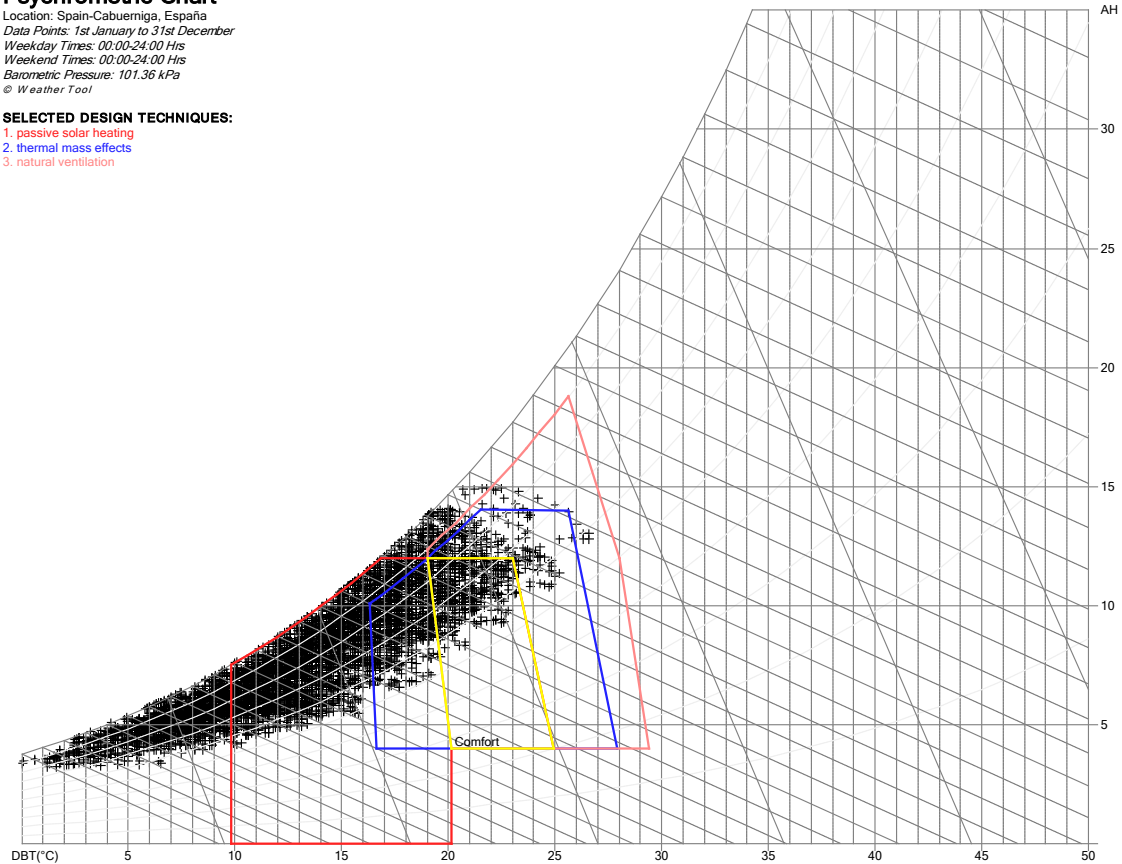


Figura 90. Estrategias bioclimáticas, para el clima de Cabuerniga.

Por tanto, las estrategias pasivas serán las siguientes:

1. Calentamiento solar pasivo, durante los meses fríos.
2. Masa térmica que permita una acumulación de calor y amortiguación de la temperatura exterior, tanto en los meses fríos como en los cálidos.
3. Sombreamiento de la envolvente, durante los meses cálidos.

En momentos puntuales se puede optar por la ventilación natural como estrategia pasiva, en horas punta del día, para eliminar el calor interior y bajar la humedad relativa y la sensación de calor.

Por otro lado, se estudian los vientos en los meses más cálidos, donde es necesario para ser adoptada la estrategia pasiva de ventilación natural.

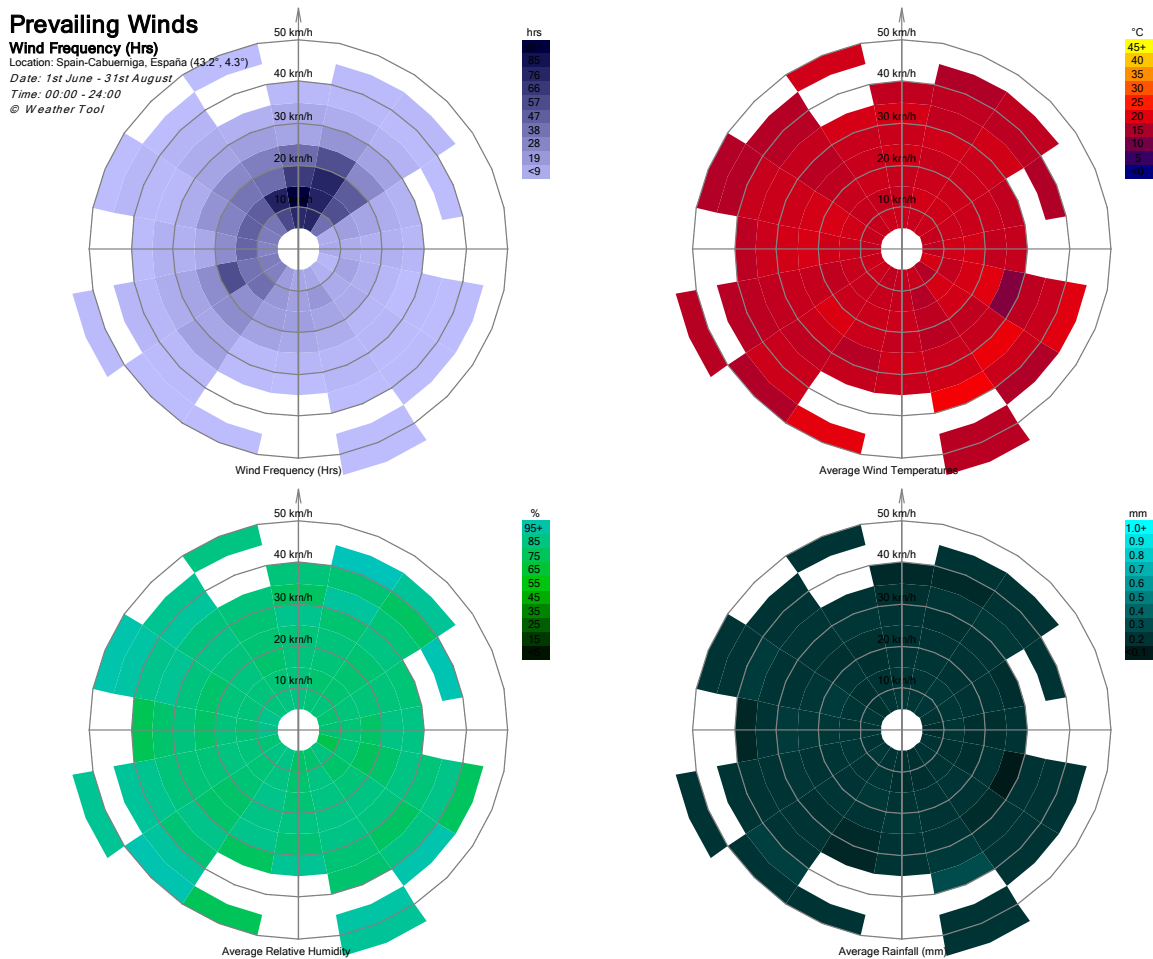


Figura 91. Análisis de viento en los meses de más temperatura, para el clima de Cabuerniga.

Por tanto, para ventilar naturalmente, se hará con vientos del norte con temperaturas de 15 °C y humedad del 45 %, de velocidad 10 km/h y frecuencia +95 h. Durante las mañanas se mantiene esta dirección y velocidad; al medio día y por la tarde cambia su dirección a noroeste 15 ° y con frecuencia de 15 h, volviendo en la noche al norte y aumentando con frecuencia de 34 h.

Por último, se presenta este gráfico que muestra el porcentaje de horas en cada mes que se encontrarían en la zona de confort térmico, si se adoptaran las técnicas pasivas.

**Comfort Percentages**

NAME: **Spain-Cabuerniga**  
 LOCATION: **España**  
 WEEKDAYS: **00:00 - 24:00 Hrs**  
 WEEKENDS: **00:00 - 24:00 Hrs**  
 POSITION: **43.2°, 4.3°**  
 © Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

CLIMATE: **Cfb**

Moist mid-latitude climate with mild winters.  
 Marine climates found on the western coast of most continents.  
 High humidity with short dry summers. Heavy precipitation in winter.  
 Warmest month below 22°C.

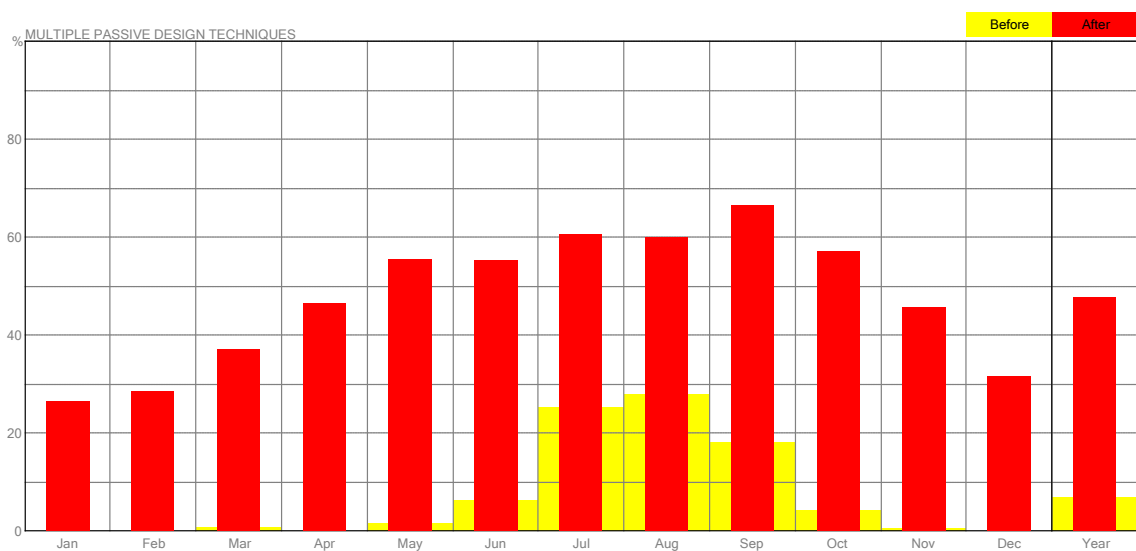


Figura 92. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima de Cabuérniga.

En conclusión, como resumen anual, se puede alcanzar un 48% de horas en zona de confort, por lo que no se necesitaría de climatización convencional.

### 12.1.2. Estudio del clima, Penagos

Este clima es característico del entorno donde se ha desarrollado el tipo de vivienda “Casa Montañesa, con la variante A (Una tercera planta o buhardilla superior).

A partir de los datos de situación

**Altitud:** 134m  
**Latitud:** 43° 20' 16''N; 43,34 °N  
**Longitud:** 3° 48' 29''O; 3,81 °O  
**Situación:** aislada  
**Zona horaria:** +1

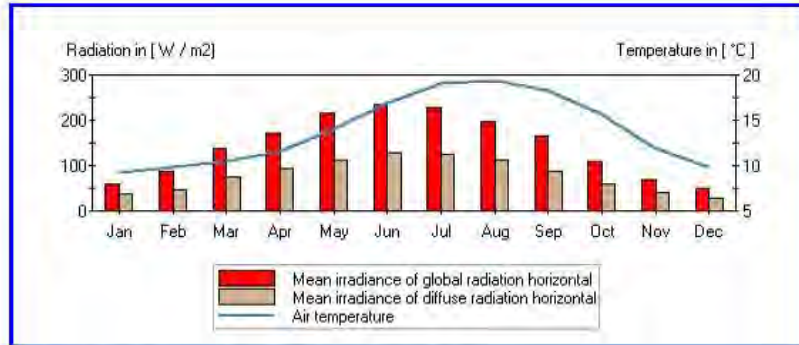
Obtenemos los siguientes datos del clima del programa METEONORM

Calculation (hour)		26. 06. 2015 / 10:56				
<b>METEONORM Version 5.1</b>						
Site:	Penagos					
Situation:	open					
Horizon:	astronomic					
Azimuth:	0	Inclination:				0
Type	Userdefined site	Format				TMY 2
Month	<G_Gh>	<G_Bn>	<G_Dh>	Lg	Ld	N
Jan	60	65	37	6501	4490	6
Feb	87	95	47	9441	5802	5
Mar	139	125	74	15130	9021	5
Apr	173	128	94	18978	11387	5
May	217	154	113	23831	13734	5
Jun	233	151	128	25674	15638	5
Jul	228	152	125	25206	15456	5
Aug	198	130	113	21907	13882	6
Sep	166	141	86	18198	10783	5
Oct	109	104	59	11889	7307	5
Nov	69	76	42	7476	5126	5
Dec	51	69	29	5500	3647	6
Year	144	116	79	15811	9881	6
Month	Ta	Td	RH	p	DD	FF
Jan	9.2	5.1	76	999	270	4.0
Feb	9.8	5.6	76	999	270	3.5
Mar	10.4	6.2	76	999	270	3.6
Apr	11.6	7.3	77	999	270	4.3
May	14.1	10.4	79	999	270	3.4
Jun	16.8	13.1	81	999	270	3.4
Jul	19.1	15.6	80	999	270	3.3
Aug	19.3	15.9	81	999	270	3.1
Sep	18.3	14.0	78	999	270	3.4
Oct	15.7	11.4	77	999	270	3.5
Nov	11.9	7.7	77	999	248	4.4
Dec	9.9	5.7	76	999	270	4.2
Year	13.8	9.8	78	999	268	3.7
<b>Legend:</b> Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal Bn: Irradiance of beam Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal N: Cloud cover fraction Lg: Global luminance Ta: Air temperature Td: Dewpoint temperature FF: Wind speed RH: Relative humidity DD: Wind direction p: Air pressure Radiation in [W/m²] Temperature in [°C] Pressure in [hPa] Wind speed in [m/s]						

Figura 75. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Penagos.

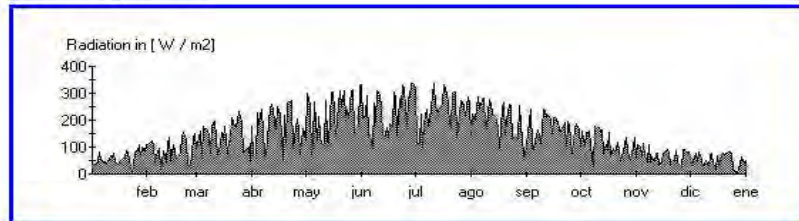
# METEONORM Version 5.1

## Penagos



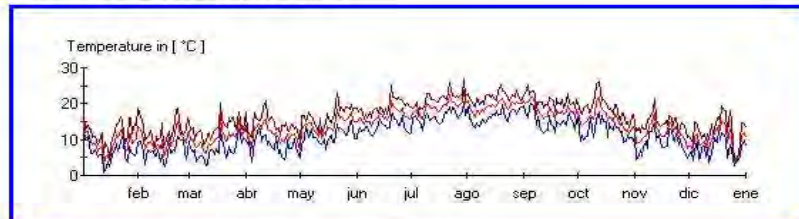
File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghm.jpg

### Daily means of global radiation



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghd.jpg

### Daily values of temperature (mean, min. and max.)



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_TAd.jpg

Figura 75. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Penagos.

A partir de los datos extraídos de METEONORM, utilizamos la herramienta “weather tool” del programa ECOTECT, para el estudio del clima.

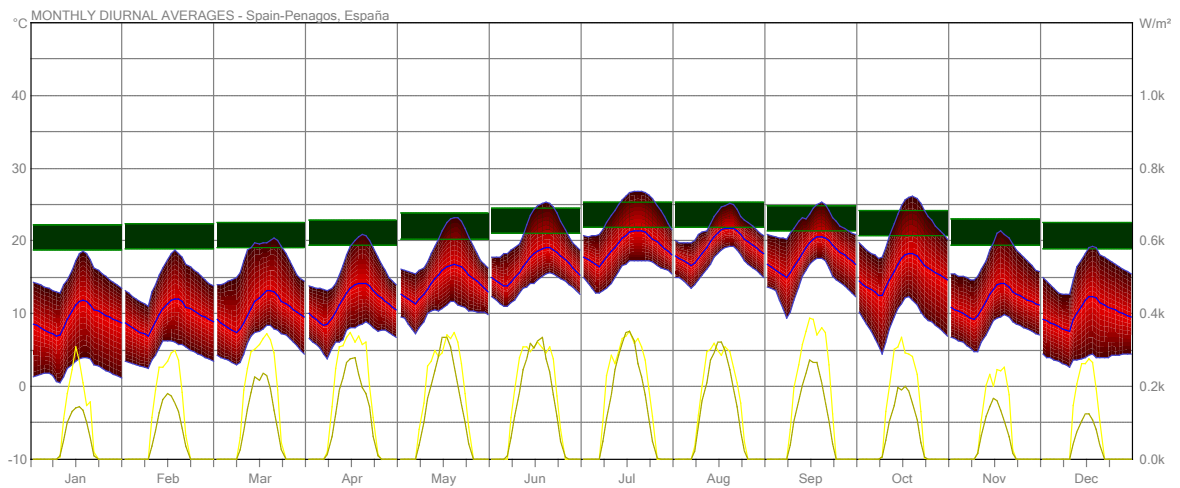


Figura 76. Temperaturas media, máxima y mínima; radiación directa e indirecta. Clima Penaqos.

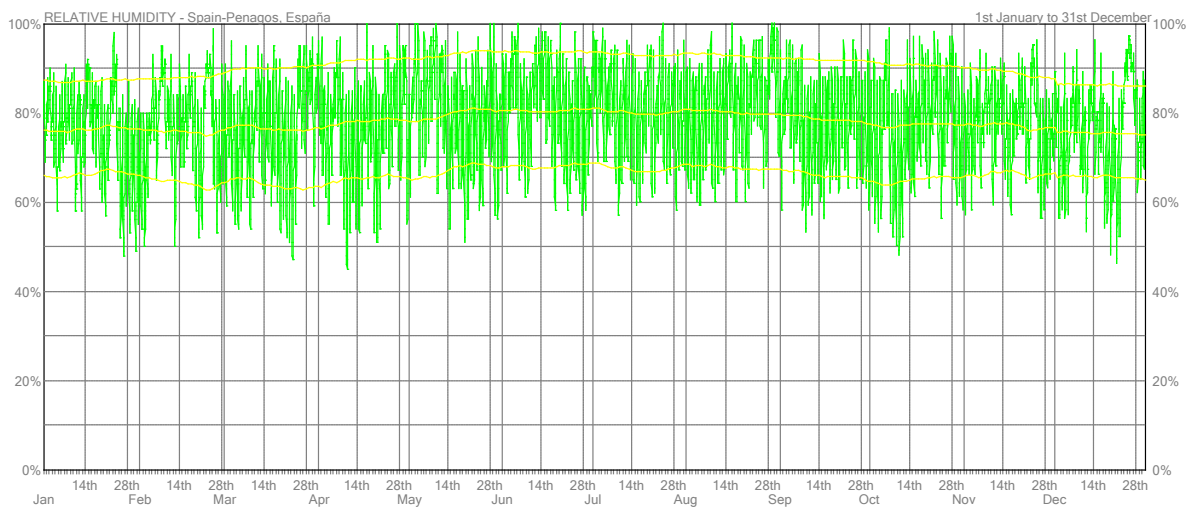


Figura 77. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Penaqos.

De donde destacan los siguientes datos:

1. La temperatura máxima media en todo el año oscila entre 16,7 °C (enero) y 23,4 °C (agosto).
2. La temperatura mínima media en todo el año oscila entre 2,9 °C(enero) y 13,5 °C (agosto).
3. La humedad relativa máxima media (9 am)en todo el año oscila entre 74 % y 79 %.
4. La humedad relativa mínima media (3 pm)en todo el año oscila entre 64 % y 71 %.
5. La radiación Solar directa no crece de forma lineal según el crecimiento del día, debido a que la nubosidad va creciendo. Los meses de mayo, junio, julio y agosto la radiación indirecta supera a la directa en muchos momentos del día,

debido a este hecho. El mes de mayor radiación directa septiembre con  $0,38 \text{ kW/m}^2$ .

6. La radiación difusa aumenta en los meses de mayo, junio, julio y agosto, no solo por el crecimiento del día, también por el aumento de nubosidad, siendo en muchos días mayor la radiación indirecta que la directa. Los meses de mayor radiación indirecta son estos cuatro meses con  $0,34 \text{ kW/m}^2$ .

Así mismo, se obtiene el gráfico psicrométrico:

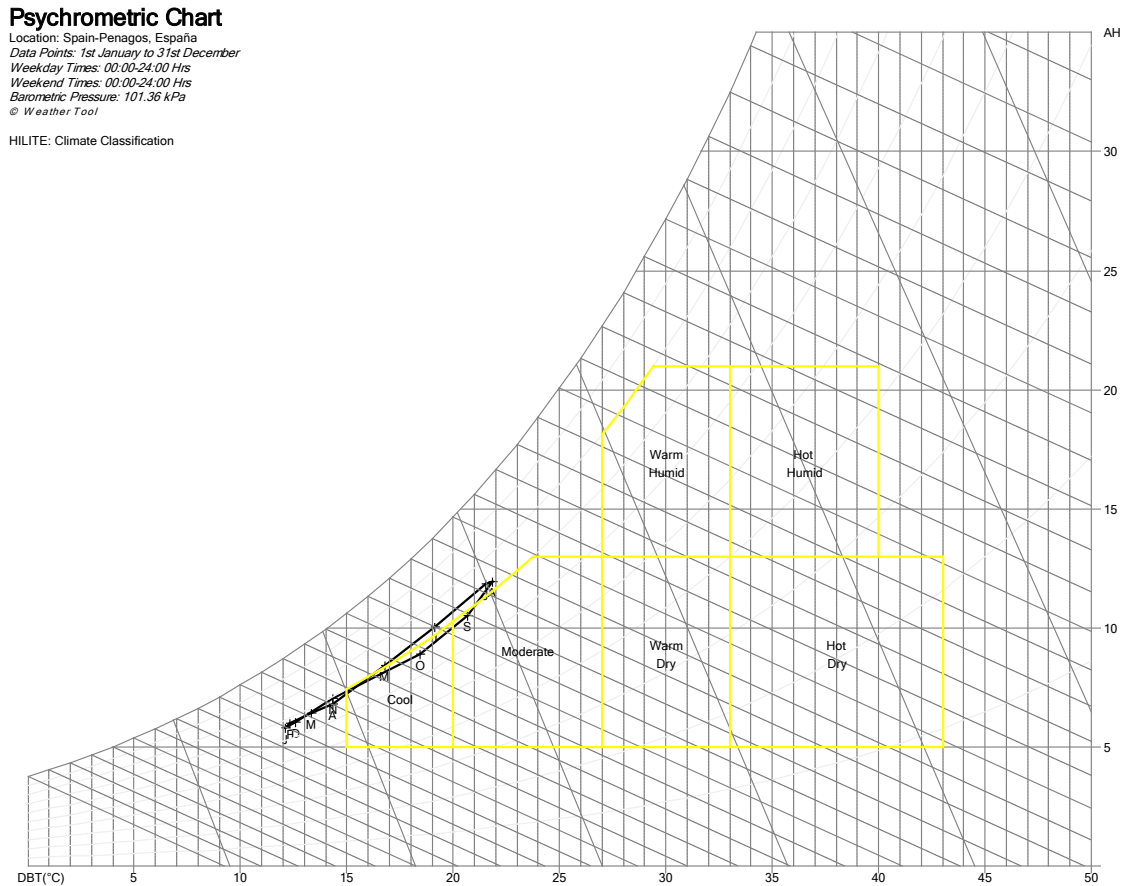


Figura 78. Clasificación del clima de Penagos.

Esto indica que los meses de clima frío son: Enero, febrero, marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre, con temperaturas medias entre los  $9,1 \text{ °C}$  y  $14,1 \text{ °C}$ . Los meses de clima moderado son: junio, julio, agosto, septiembre y octubre, con temperaturas entre los  $15,6 \text{ °C}$  y  $19,2 \text{ °C}$ .

En cuanto a la lectura de los gráficos de los días extremos se tiene:

El día más caluroso del año es en el mes de julio.

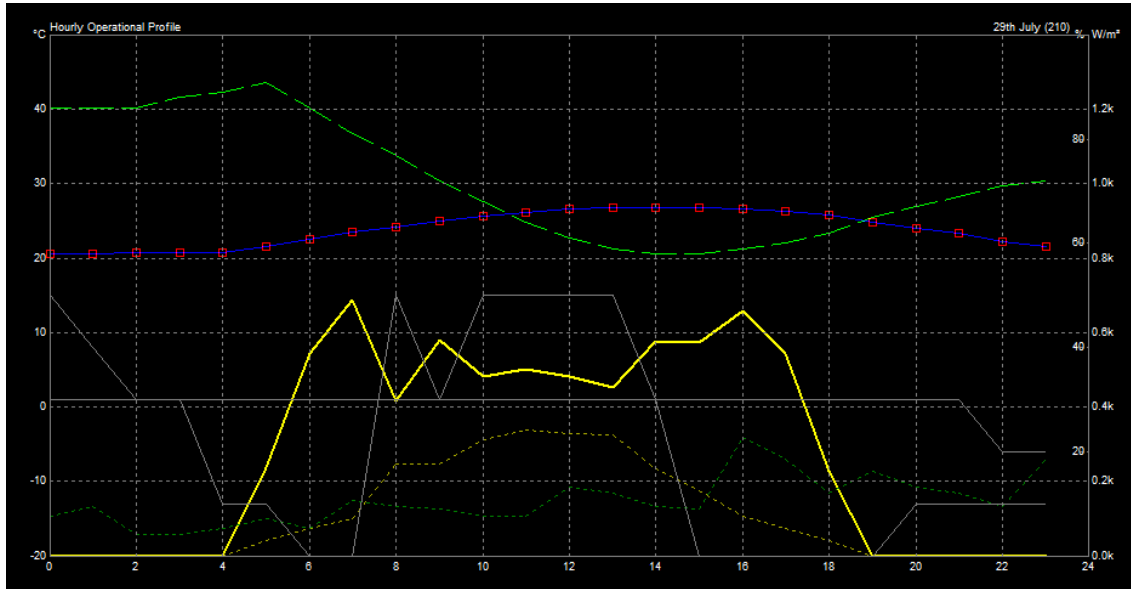


Figura 79. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, para el clima Penagos.

En este día hay intervalos nubosos hasta las 15:00 h. Por la tarde despeja. La nubosidad de mediodía, hace que la radiación solar solo alcance los 0'65 kW/m<sup>2</sup>. La radiación solar directa eleva la temperatura desde los 20 °C hasta los 28 °C en su punto álgido a las 14:00 h. Este aumento coincide con una reducción de la humedad relativa desde el 85 % a las 5:00 h, hasta poco más del 40 % a las 14:00 h.

El día más frío de todo el año es en el mes de enero.

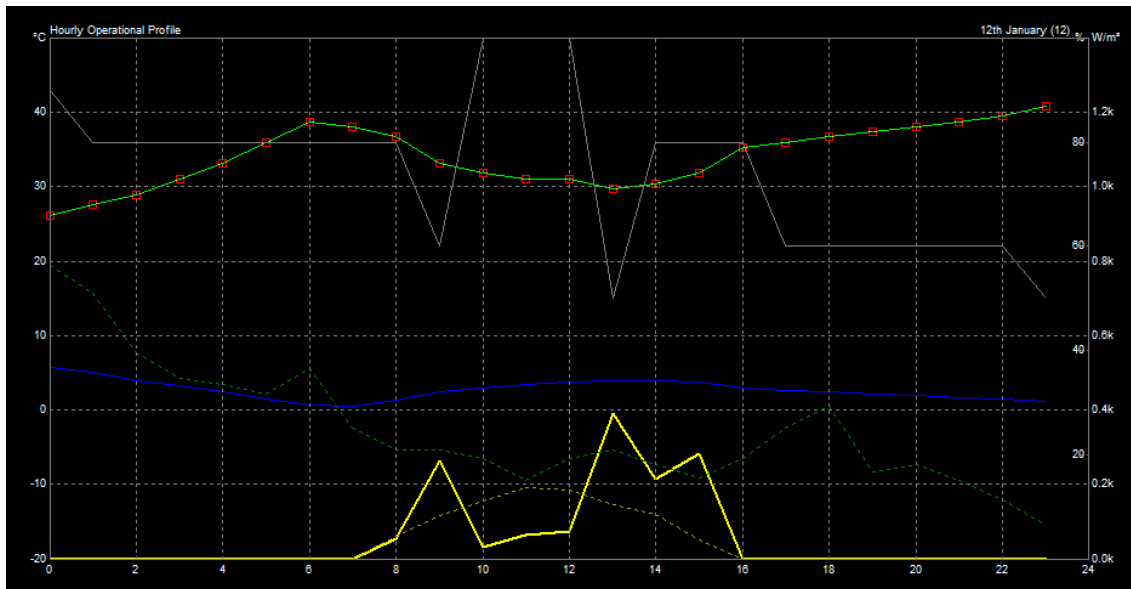


Figura 80. Condiciones climáticas del día más frío del año, para el clima Penagos.

En este día la temperatura tiene una variación: entre 0 y 8 °C, debido a la alta nubosidad, que se mantiene casi todo el día. La radiación apenas alcanza los 0'4 kW/m<sup>2</sup>, mientras la humedad relativa oscila entre el 50 % y el 80 %. Los vientos de la noche van amainando según progresa el día hasta estabilizarse a medio día.

A partir de los datos estudiados anteriormente, y situándolos sobre el diagrama psicrométrico se obtiene las estrategias pasivas que se deberían adoptar en el espacio arquitectónico.

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Penagos, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

#### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

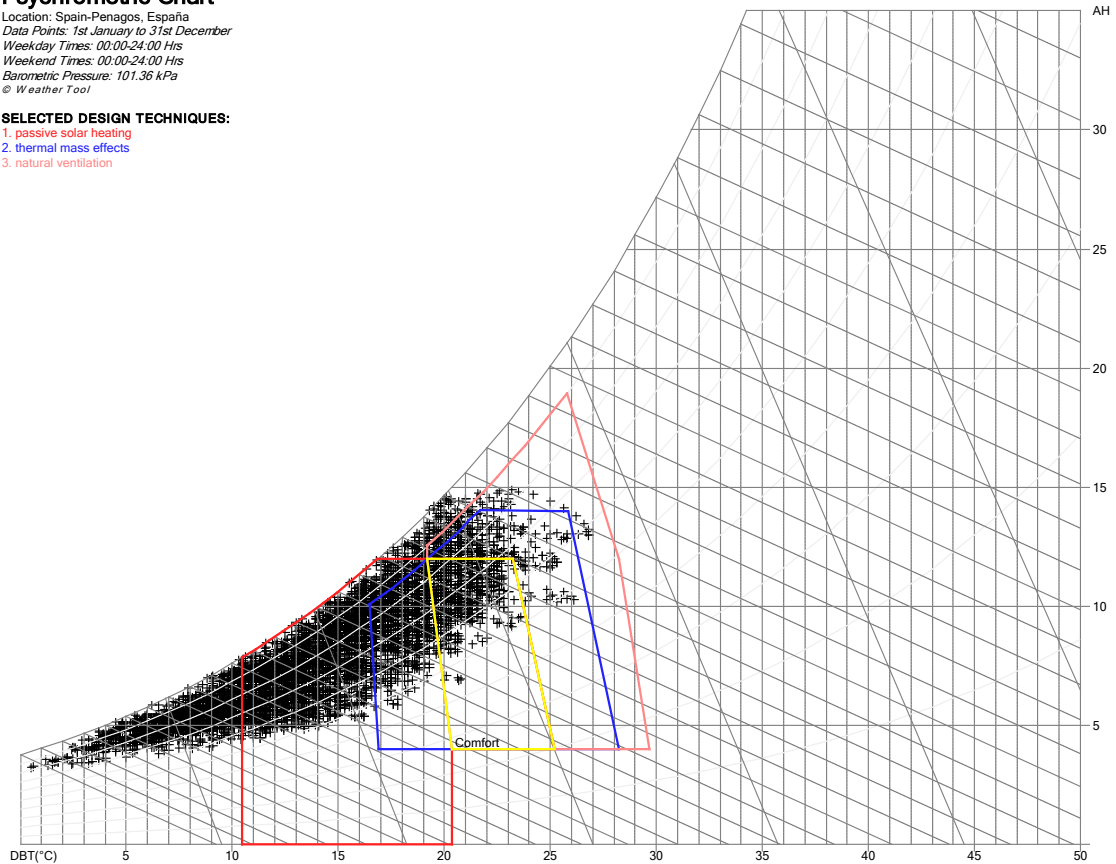


Figura 81. Estrategias bioclimáticas, clima Penagos.

Por tanto, las estrategias pasivas adoptadas serán las siguientes:

1. Calentamiento solar pasivo durante los meses fríos.
2. Masa térmica que permita una acumulación de calor y amortiguación de la temperatura exterior, tanto los meses fríos como los cálidos.
3. Sombreamiento de la envolvente durante los meses cálidos.

En momentos puntuales se puede optar por la ventilación natural como estrategia pasiva, en horas punta del día para eliminar el calor interior y bajar la humedad relativa y la sensación de calor.

Por otro lado, se estudian los vientos en los meses más cálidos donde es necesario para ser adoptada la estrategia pasiva de ventilación natural.

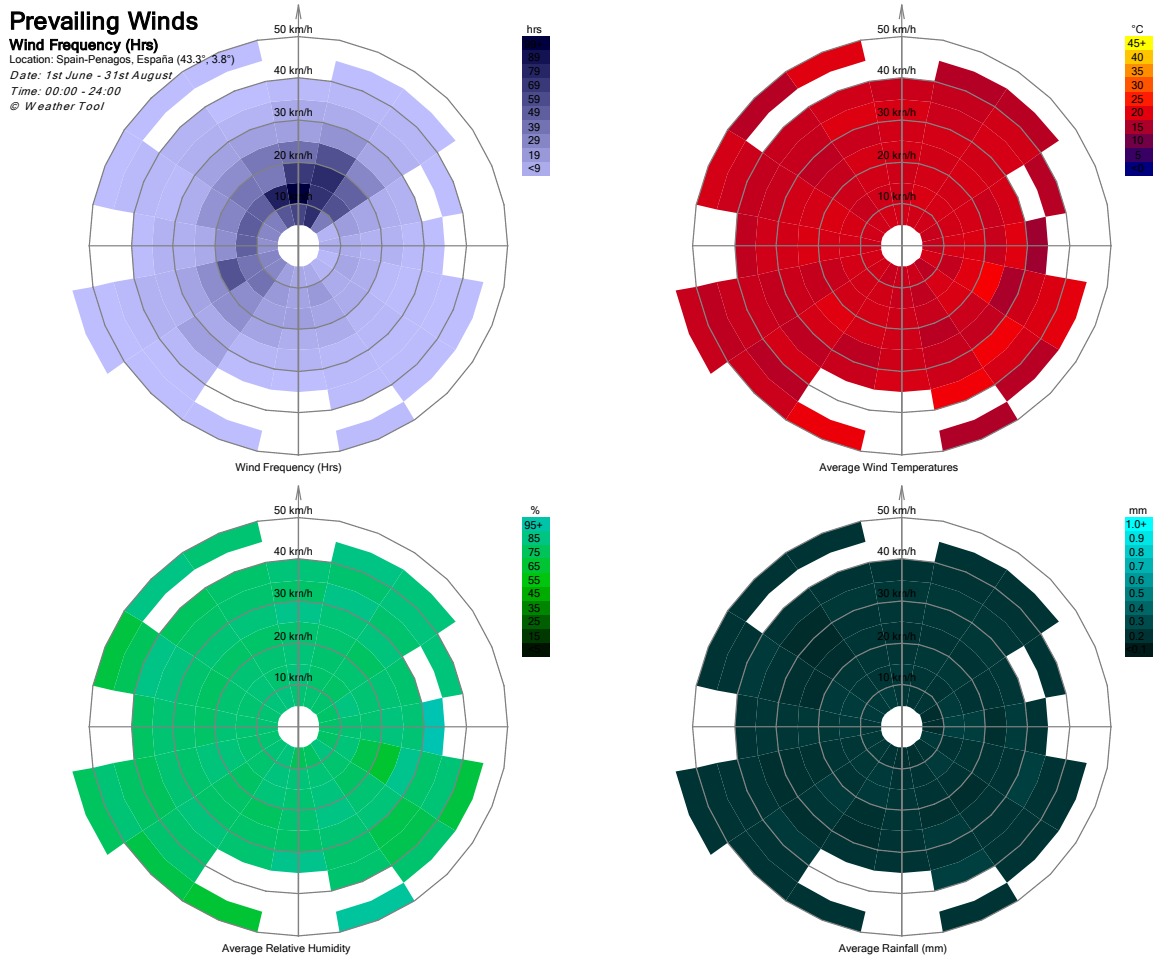


Figura 82. Análisis de viento en los meses de más temperatura, para el clima Penagos.

Por tanto, para ventilar se hará con vientos del norte con temperaturas de 15 °C y humedad del 45 %, de velocidad 10 km/h y frecuencia +99 h. Durante las mañanas se mantiene esta dirección y velocidad, al medio día y por la tarde cambia su dirección a noroeste 15 ° y con frecuencia de 16 h, volviendo en la noche al norte y aumentando con frecuencia de 35 h.

Por último, se presenta este gráfico que muestra el porcentaje de horas en cada mes que se encontrarían en la zona de confort térmico, si se adoptaran las técnicas pasivas.

**Comfort Percentages**

NAME: Spain-Penagos  
 LOCATION: España  
 WEEKDAYS: 00:00 - 24:00 Hrs  
 WEEKENDS: 00:00 - 24:00 Hrs  
 POSITION: 43.3°, 3.8°  
 © Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

CLIMATE: Cfb

Moist mid-latitude climate with mild winters.  
 Marine climates found on the western coast of most continents.  
 High humidity with short dry summers. Heavy precipitation in winter.  
 Warmest month below 22°C.

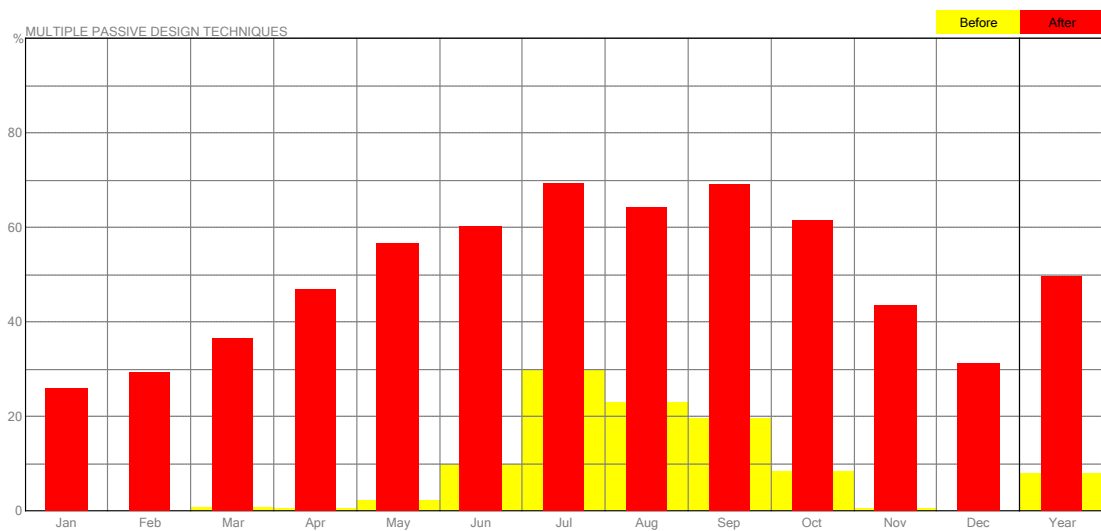


Figura 83. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima de Penagos.

En conclusión, como resumen anual se puede alcanzar 50 % de horas en zona de confort que no necesitaría de climatización convencional.

### 12.1.3. Estudio del clima, Veguilla

Este clima es característico del entorno donde se ha desarrollado el tipo de vivienda “Casa Montañesa” con la variante B (Solana volada sin estragal)

A partir de los datos de situación

**Altitud:** 330 m  
**Latitud:** 43° 10' 59''N; 43,18 °N  
**Longitud:** 3° 31' 20''O; 3,52 °O  
**Situación:** aislada  
**Zona horaria:** +1

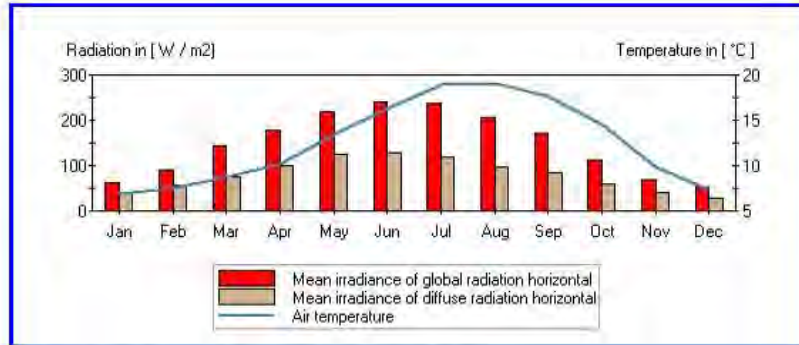
Obtenemos los siguientes datos del clima del programa METEONORM

Calculation (hour)		26. 06. 2015 / 11:00				
<b>METEONORM Version 5.1</b>						
Site:	Veguilla-1					
Situation:	open					
Horizon:	astronomic					
Azimuth:	0	Inclination:	0			
Type	Userdefined site	Format	TMY 2			
Month	<G_Gh>	<G_Bn>	<G_Dh>	Lg	Ld	N
Jan	61	73	36	6634	4384	6
Feb	90	82	55	9806	6672	6
Mar	143	131	75	15578	9115	5
Apr	177	125	100	19395	12064	6
May	220	145	124	24325	15113	5
Jun	240	161	127	26430	15510	5
Jul	237	173	120	26228	15093	5
Aug	207	170	96	22812	12094	5
Sep	171	152	85	18742	10719	4
Oct	112	116	58	12213	7297	5
Nov	70	77	41	7813	5039	6
Dec	52	75	28	5607	3536	5
Year	148	124	79	16282	9720	6
Month	Ta	Td	RH	p	DD	FF
Jan	6.9	3.9	83	977	270	3.7
Feb	7.5	4.6	83	977	270	3.2
Mar	8.8	5.6	82	977	270	3.3
Apr	10.2	6.5	80	977	270	3.8
May	13.4	9.9	80	977	270	3.2
Jun	16.3	12.4	81	977	270	3.1
Jul	18.9	14.9	79	977	270	3.0
Aug	19.1	15.4	81	977	270	2.7
Sep	17.7	13.2	77	977	270	3.0
Oct	14.5	10.7	79	977	270	3.1
Nov	9.8	6.6	82	977	248	3.6
Dec	7.4	4.5	82	977	270	3.6
Year	12.6	9.0	81	977	268	3.3
<b>Legend:</b>						
Gh:	Mean irradiance of global radiation horizontal					
Bn:	Irradiance of beam					
Dh:	Mean irradiance of diffuse radiation horizontal					
N:	Cloud cover fraction					
Lg:	Global luminance					
Ta:	Air temperature			RH:	Relative humidity	
Td:	Dewpoint temperature			DD:	Wind direction	
FF:	Wind speed			p:	Air pressure	
Radiation in [W/m²]						
Temperature in [°C]						
Pressure in [hPa]						
Wind speed in [m/s]						

Figura 66. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Veguilla.

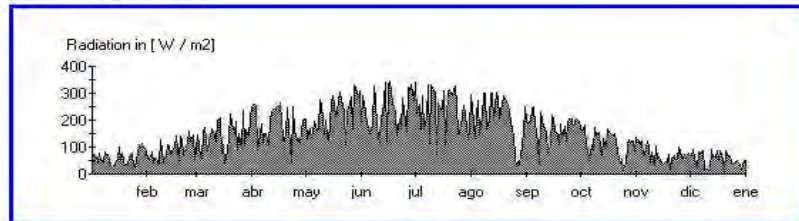
# METEONORM Version 5.1

## Veguilla-1



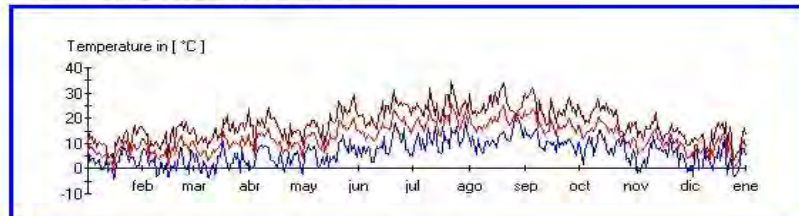
File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghm.jpg

### Daily means of global radiation



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghd.jpg

### Daily values of temperature (mean, min. and max.)



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_TAd.jpg

Figura 66. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Veguilla.

A partir de los datos extraídos de METEONORM, utilizamos la herramienta “weather tool” del programa ECOTECT, para el estudio del clima.

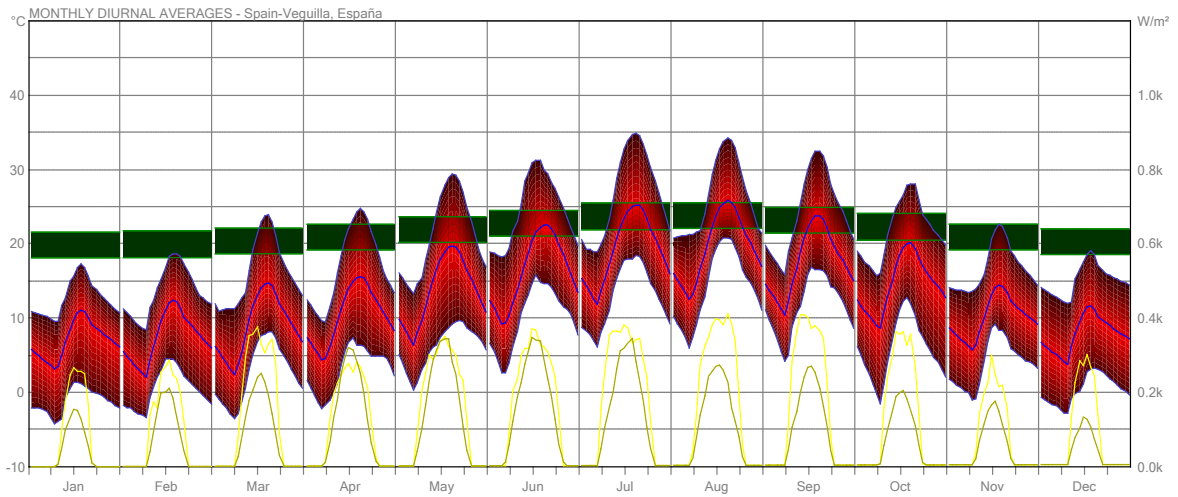


Figura 67. Temperaturas media, máxima y mínima; radiación directa e indirecta. Clima Veguilla.

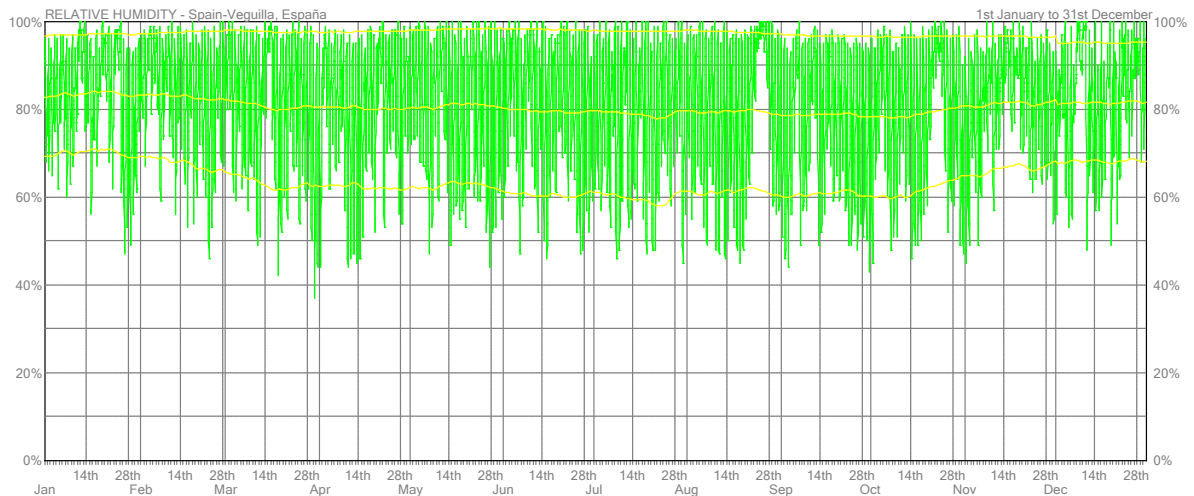


Figura 68. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Veguilla.

De donde destacan los siguientes datos:

1. La temperatura máxima media en todo el año oscila entre 16,3 °C (enero) y 31,2 °C (julio).
2. La temperatura mínima media en todo el año oscila entre -1,7 °C (febrero) y 6,7 °C (julio).
3. La humedad relativa máxima media (9 am) en todo el año oscila entre 74 % y 83 %.
4. La humedad relativa mínima media (3 pm) en todo el año oscila entre 60 % y 75 %.
5. La radiación Solar directa no crece de forma lineal según el crecimiento del día, debido a que la nubosidad va creciendo. Los meses de mayo, junio y julio la radiación indirecta supera a la directa en muchos momentos del día, debido a

este hecho. El mes de mayor radiación directa son los meses de agosto y septiembre con  $0,40 \text{ kW/m}^2$ .

6. La radiación difusa aumenta en los meses de mayo, junio y julio, no solo por el crecimiento del día, también por el aumento de nubosidad, siendo en muchos días mayor la radiación indirecta que la directa. Los meses de mayor radiación indirecta son estos tres meses con  $0,35 \text{ kW/m}^2$ .

Así mismo, se obtiene el gráfico psicrométrico:

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Veguilla, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

HILITE: Climate Classification



Figura 69. Clasificación del clima de Veguilla.

Esto indica que los meses de clima frío son: Enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, con temperaturas medias entre los  $6,8 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $14,4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Los meses de clima moderado son: junio, julio, agosto, y septiembre, con temperaturas entre los  $16,0 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $19,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

En cuanto a la lectura de los gráficos de los días extremos se tiene:

El día más caluroso del año es en el mes de julio.

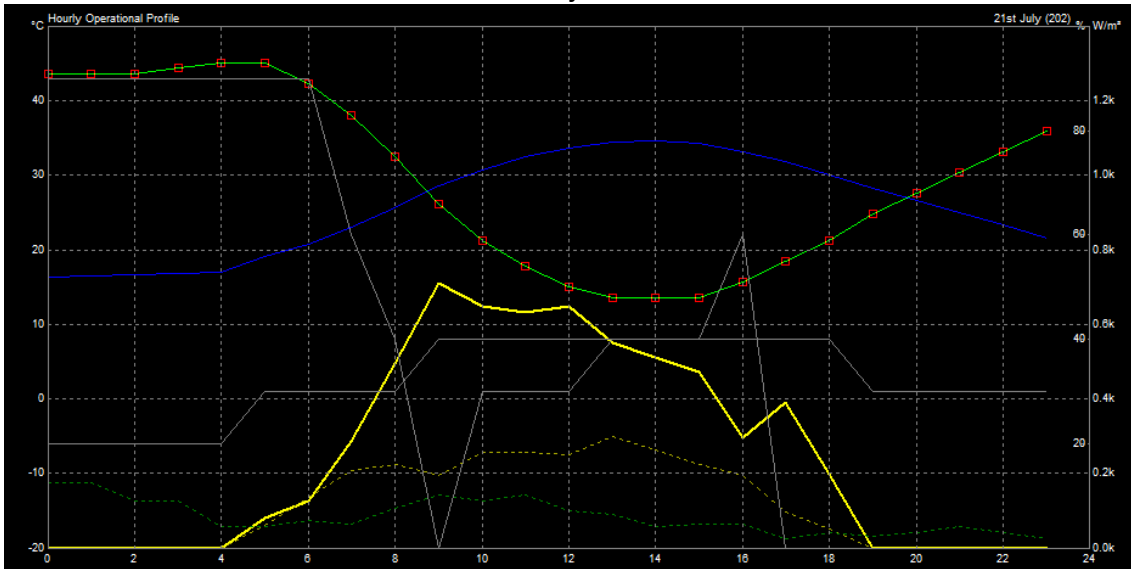


Figura 70. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, para el clima Veguilla.

Inicia el día completamente nublado, con más del 90 % de humedad relativa y 18 °C. La radiación solar inicia su ascenso a partir de las 4:00 h, hasta las 19:00 h, con un ápice en 0'7 kW/m<sup>2</sup>. Con el aumento de los vientos, el cielo se despeja, la radiación aumenta subiendo la temperatura hasta los 35 °C y reduciéndose la humedad hasta el 15 %, a las 14:00 h. Tarde con viento moderado y sin nubes; desciende suavemente la temperatura.

El día más frío de todo el año es en el mes de enero.

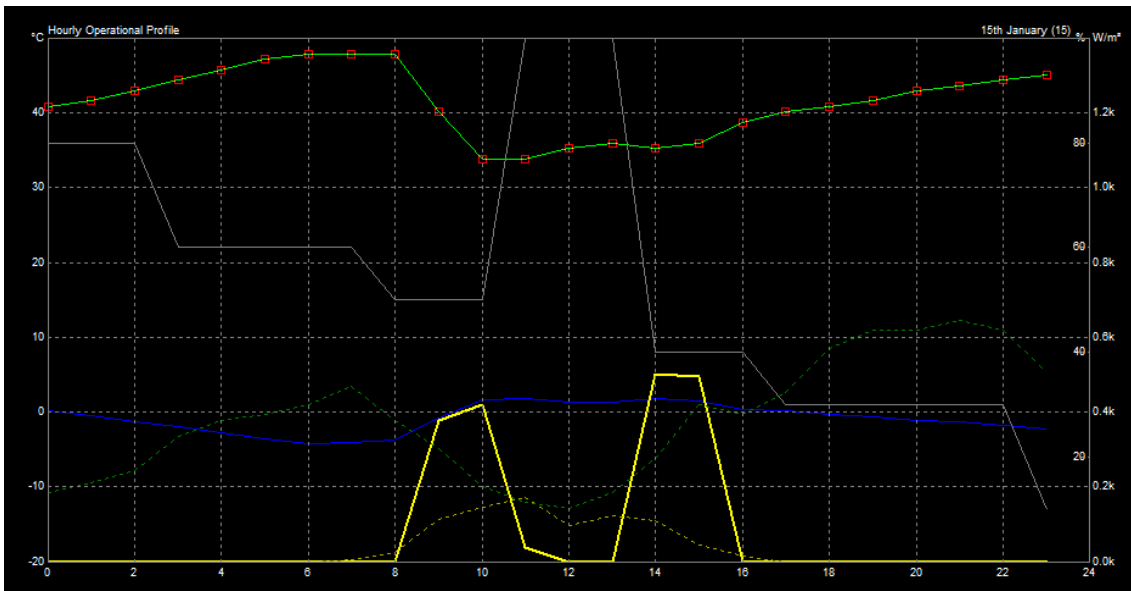


Figura 71. Condiciones climáticas del día más frío del año, para el clima Veguilla.

El día amanece nublado. Clarea en el transcurso, aunque se cierra completamente a medio día. La humedad se mantiene del 70 % y las temperaturas oscilan entre los -4 °C a las 5:00 h y los +2 °C entre las 10:00 h y las 15:00 h. La radiación solar apenas alcanza los 0'35 kW/m<sup>2</sup>. Apenas hay viento.

A partir de los datos estudiados anteriormente, y situándolos sobre el diagrama psicrométrico se obtiene las estrategias pasivas que se deberían adoptar en el espacio arquitectónico.

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Veguilla, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

#### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

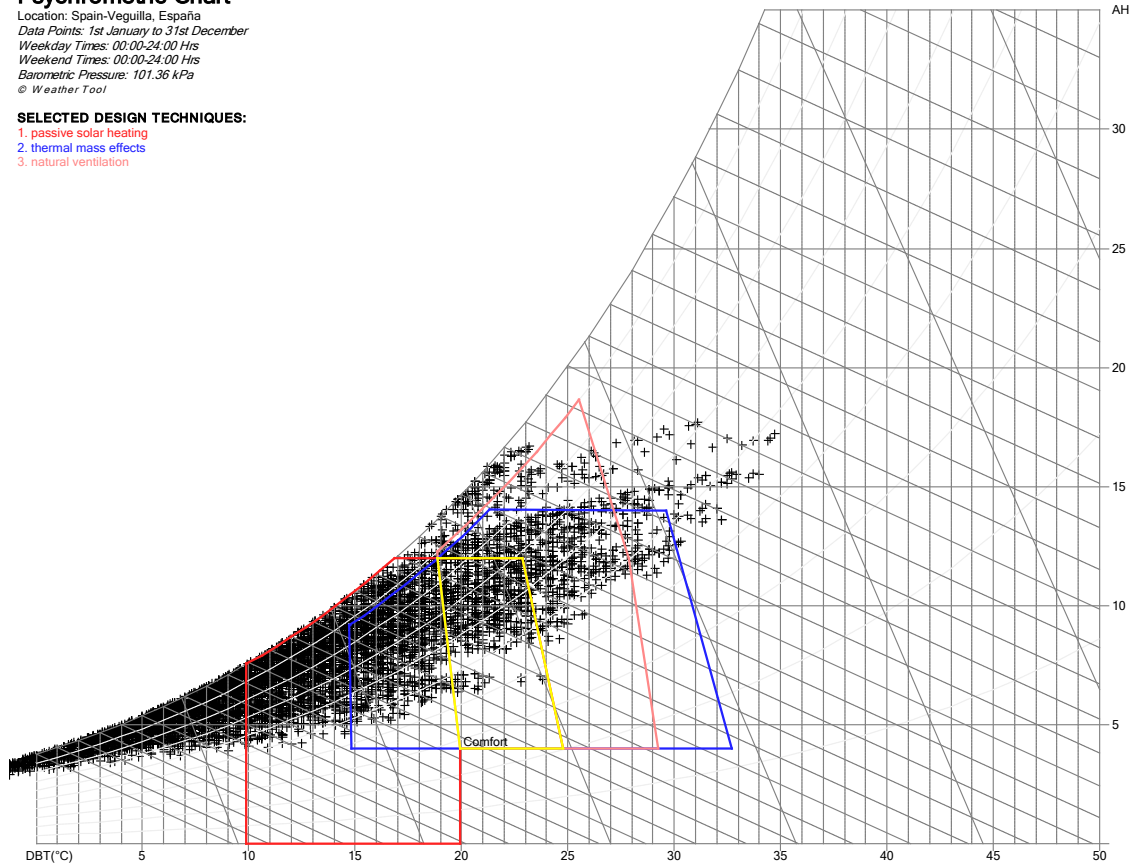


Figura 72. Estrategias bioclimáticas, para el clima Veguilla.

Por tanto, las estrategias pasivas serán las siguientes:

1. Calentamiento solar pasivo durante los meses fríos.
2. Masa térmica que permita una acumulación de calor y amortiguación de la temperatura exterior, tanto los meses fríos como los cálidos.
3. Sombreamiento de la envolvente durante los meses cálidos.
4. Ventilación natural.

En momentos puntuales se puede optar por la ventilación natural como estrategia pasiva, en horas punta del día para eliminar el calor interior y bajar la humedad relativa y la sensación de calor.

Por otro lado, se estudian los vientos en los meses más cálidos donde es necesario para ser adoptada la estrategia pasiva de ventilación natural.

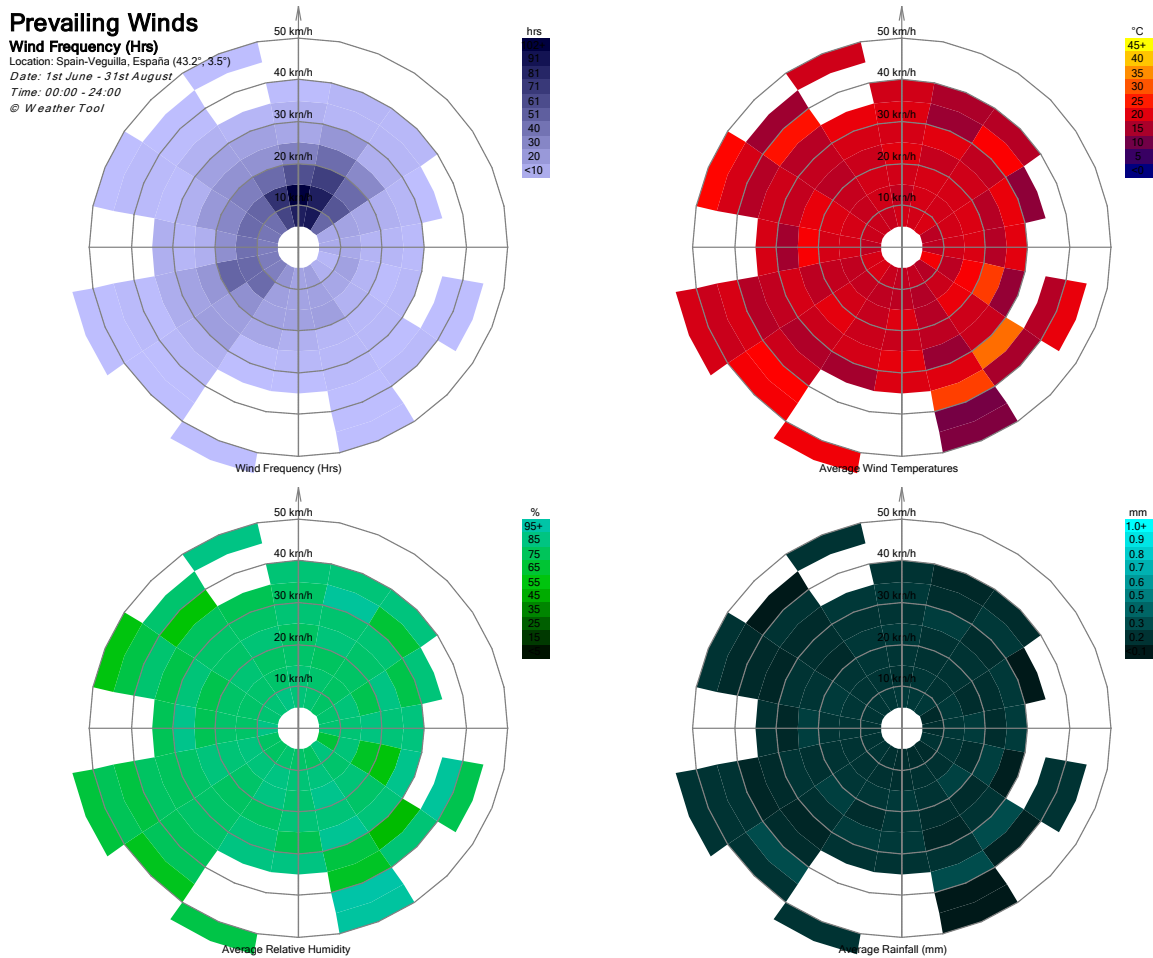


Figura 73. Análisis de viento en los meses de más temperatura, para el clima Vegailla.

Para ventilar lo haremos con vientos del norte con temperaturas de 15 °C y humedad del 55 %, de velocidad 10 km/h y frecuencia +102 h. Durante las mañanas se mantiene esta dirección y velocidad, al medio día y por la tarde cambia su dirección a noreste 15 ° y con frecuencia de 17 h, volviendo en la noche al norte y aumentando con frecuencia de 38 h.

Por último, se presenta este gráfico que muestra el porcentaje de horas en cada mes que se encontrarían en la zona de confort térmico, si se adoptaran las técnicas pasivas.

**Comfort Percentages**

NAME: Spain-Veguilla  
 LOCATION: España  
 WEEKDAYS: 00:00 - 24:00 Hrs  
 WEEKENDS: 00:00 - 24:00 Hrs  
 POSITION: 43.2°, 3.5°  
 © Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

CLIMATE: Cfb

Moist mid-latitude climate with mild winters.  
 Marine climates found on the western coast of most continents.  
 High humidity with short dry summers. Heavy precipitation in winter.  
 Warmest month below 22°C.

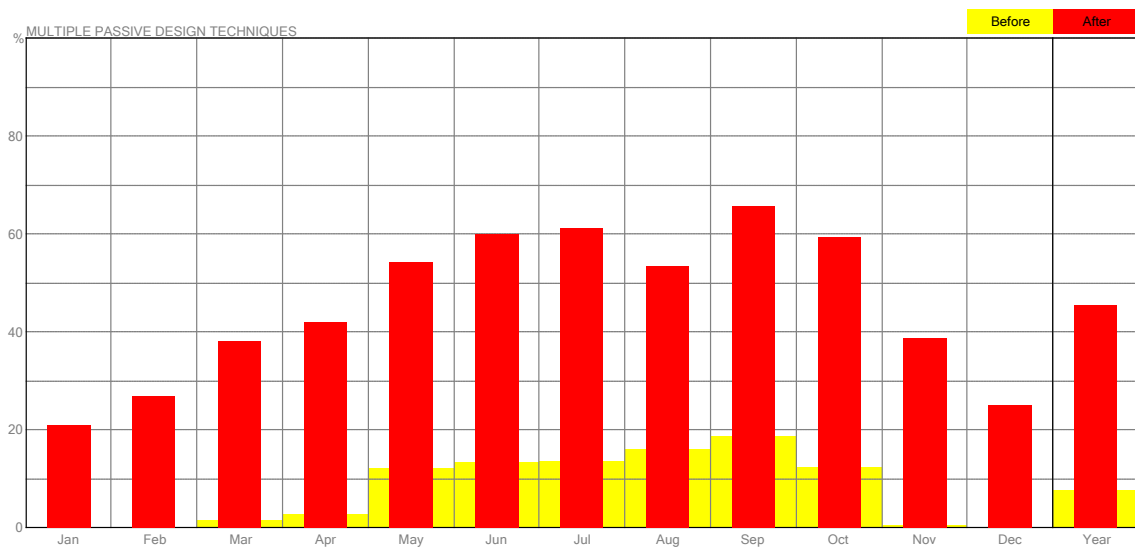


Figura 74. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima de Veguilla.

En conclusión, como resumen anual se puede alcanzar 45 % de horas en zona de confort que no necesitaría de climatización convencional.

### 12.1.4. Estudio del clima, Reinosa

Este clima es característico del entorno donde se ha desarrollado el tipo de vivienda “Casa Montañesa” con la variante C (donde la balconada pierde diaphanidad o se acristala, pero siempre permanece hermética con pequeños huecos)

A partir de los datos de situación

**Altitud:** 851 m  
**Latitud:** 43° 00' 07''N; 43,00 °N  
**Longitud:** 4° 08' 16''O; 4,14 °O  
**Situación:** aislada  
**Zona horaria:** +1

Obtenemos los siguientes datos del clima del programa METEONORM

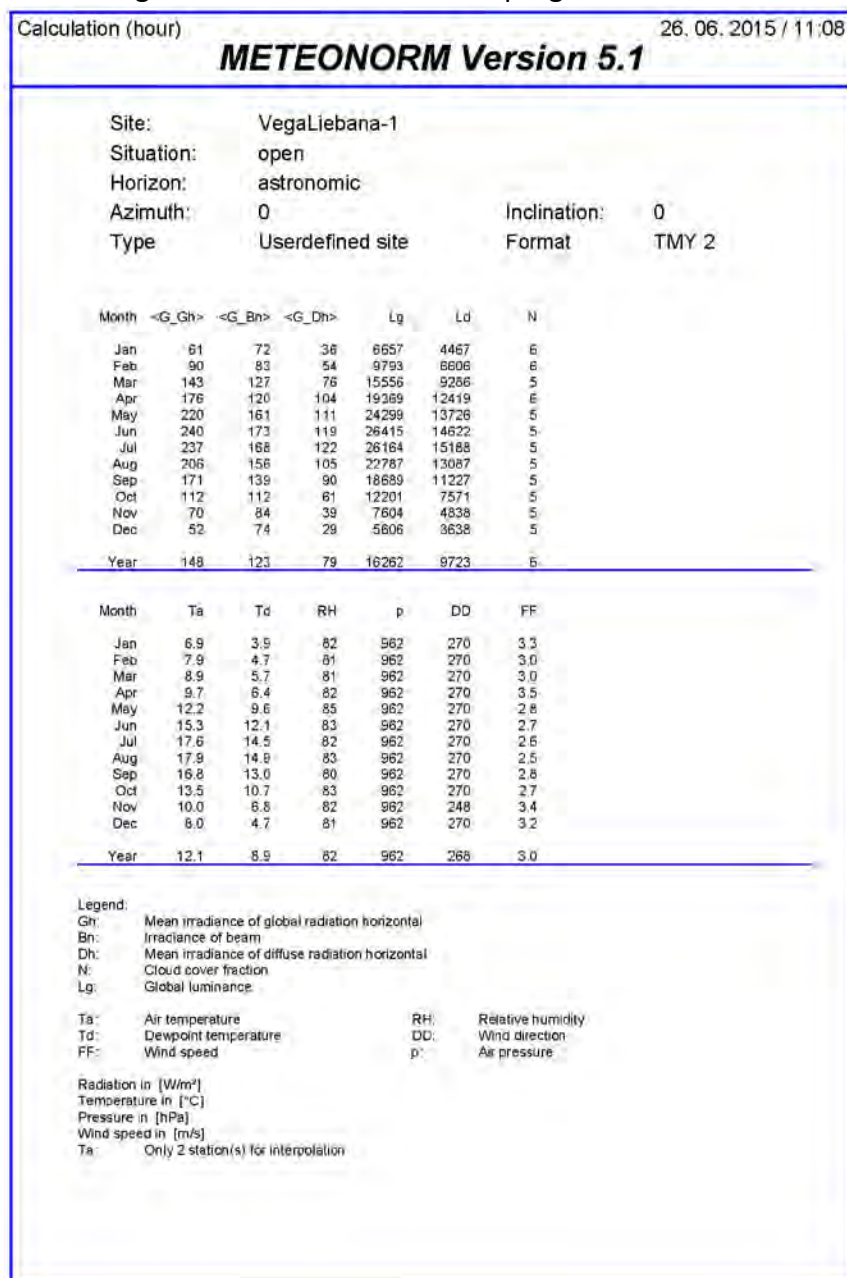
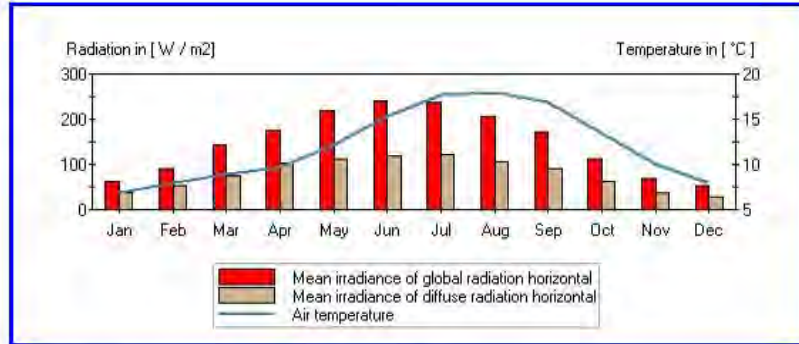


Figura 57. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Reinosa.

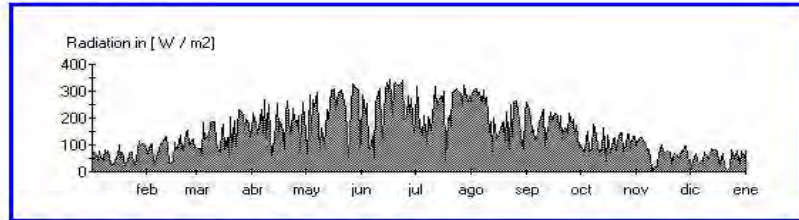
# METEONORM Version 5.1

## VegaLiebana-1



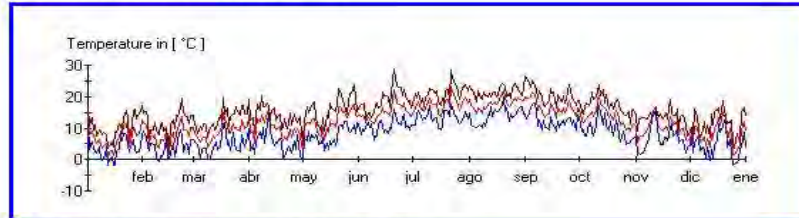
File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghm.jpg

### Daily means of global radiation



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghd.jpg

### Daily values of temperature (mean, min, and max.)



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_T\_Ad.jpg

Figura 57. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Reinosá.

A partir de los datos extraídos de METEONORM, utilizamos la herramienta “weather tool” del programa ECOTECT, para el estudio del clima.

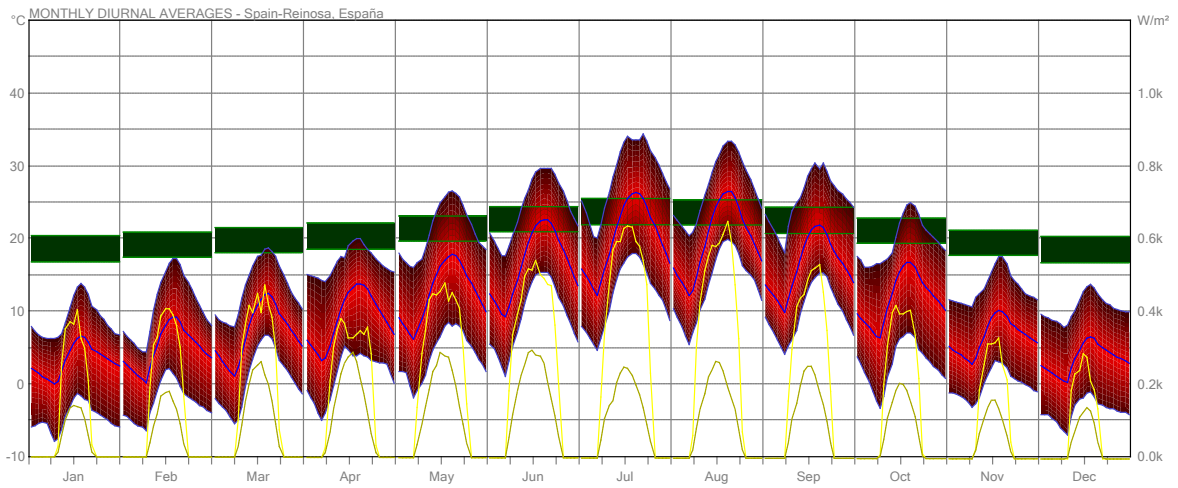


Figura 58. Temperaturas media, máxima y mínima; radiación directa e indirecta. Clima Reinosa.

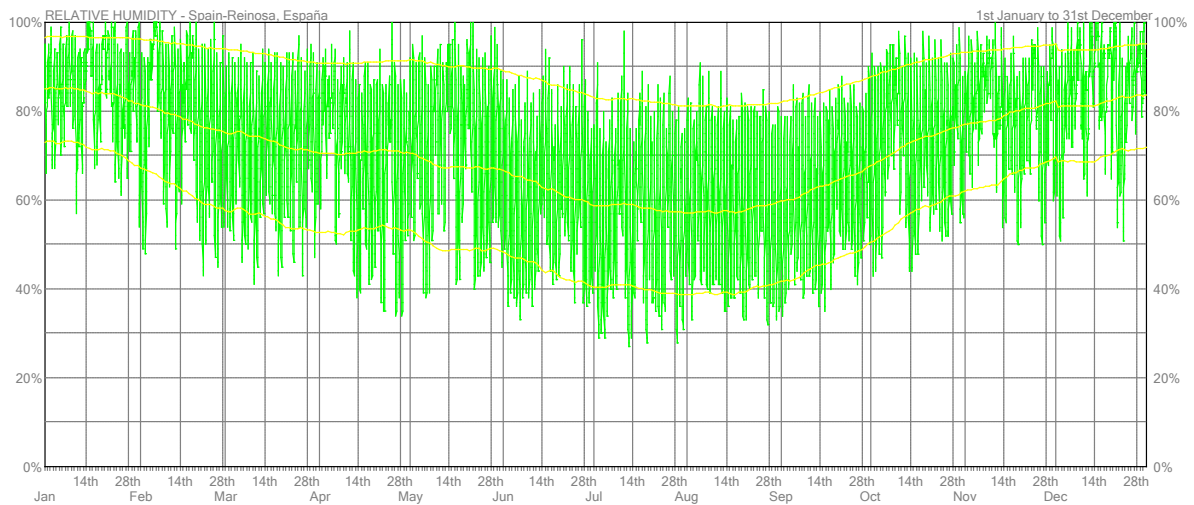


Figura 59. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Reinosa.

De donde destacan los siguientes datos:

1. La temperatura máxima media en todo el año oscila entre 12,6 °C (enero) y 31,7 °C (julio).
2. La temperatura mínima media en todo el año oscila entre -5,1 °C(enero) y 5,9 °C (agosto).
3. La humedad relativa máxima media (9 am)en todo el año oscila entre 51 % y 84 %.
4. La humedad relativa mínima media (3 pm)en todo el año oscila entre 39 % y 78 %.
5. La radiación Solar directa crece de forma lineal según el crecimiento del día. El mes de mayor radiación directa son los meses de julio y agosto con 0,68 kW/m<sup>2</sup>.

6. La radiación difusa aumenta en los meses de mayo y junio, por el crecimiento del día, no es una zona muy nubosa. Los meses de mayor radiación indirecta son estos dos meses con  $0,30 \text{ kW/m}^2$ .

Así mismo, se obtiene el gráfico psicrométrico:

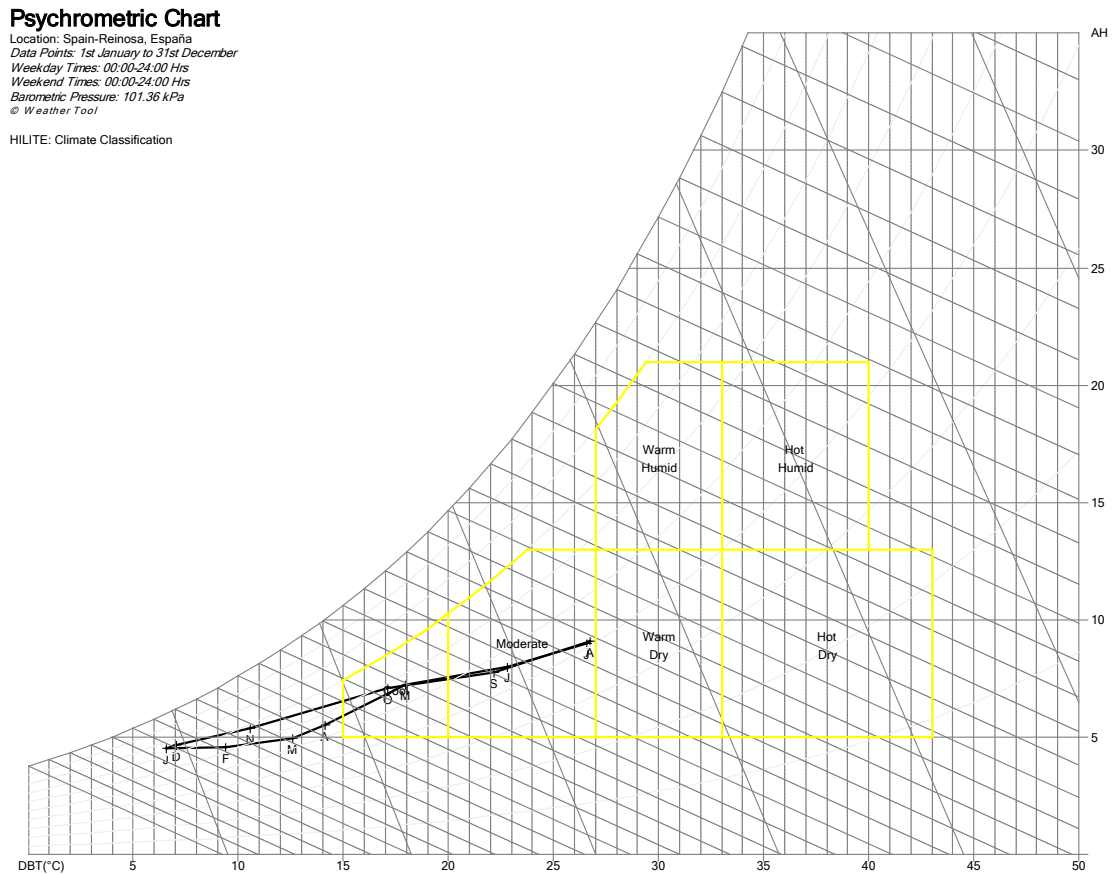


Figura 60. Clasificación del clima de Reinosa.

Esto indica que los meses de clima frío son: enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, con temperaturas medias entre los  $3,0 \text{ °C}$  y  $12,4 \text{ °C}$ . Los meses de clima moderado son: junio, julio, agosto, y septiembre, con temperaturas entre los  $16,4 \text{ °C}$  y  $20,0 \text{ °C}$ .

En cuanto a la lectura de los gráficos de los días extremos se tiene:

El día más caluroso del año es en el mes de julio.

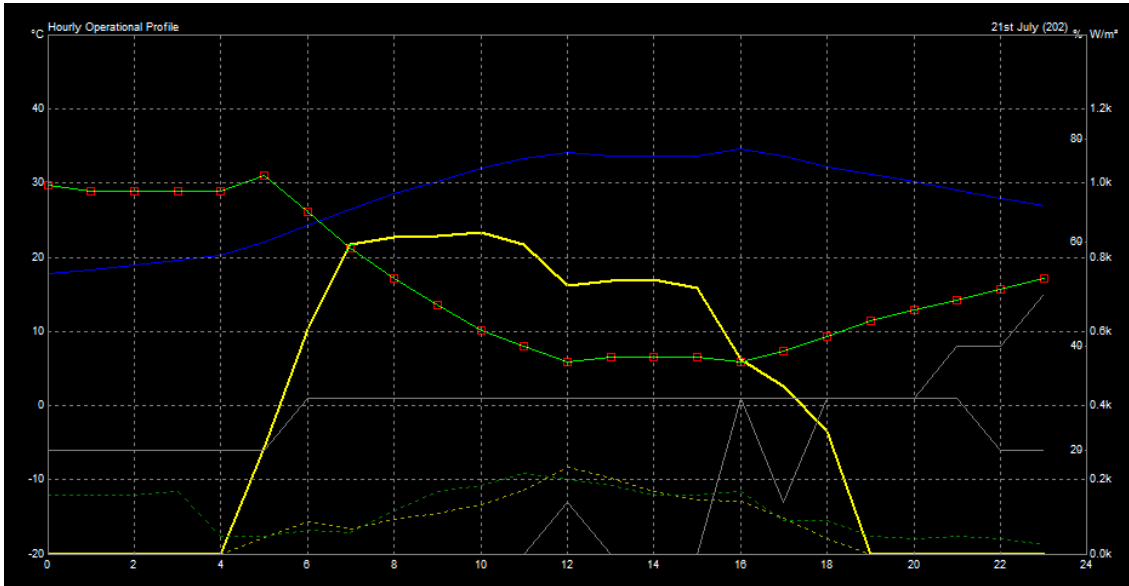


Figura 61. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, para el clima Reinosa.

Inicia el día con cielo despejado que hace que la incidencia de la radiación solar que comienza a las 4:00 h, llegue al máximo de  $0{,}7 \text{ kW/m}^2$  entre las 6:00 h y las 10:00 h. La humedad relativa que inició en el 30 % desciende por debajo del 10 % entre las 10:00 h y las 18:00 h. La temperatura oscila entre los  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  y los  $34 \text{ }^\circ\text{C}$  de forma lineal a lo largo del día.

El día más frío de todo el año es en el mes de enero.

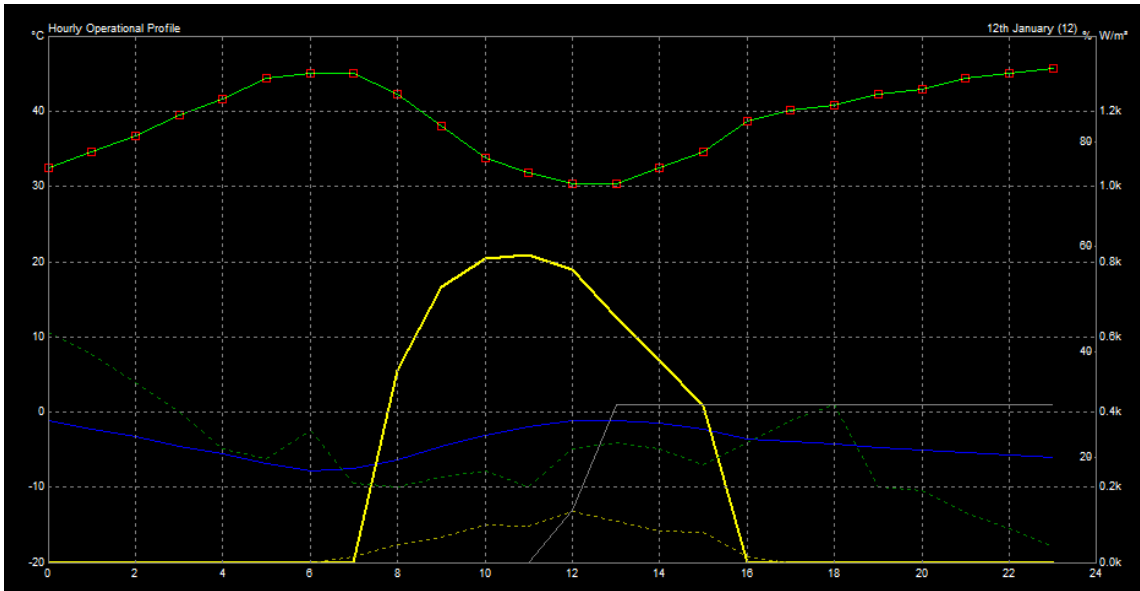


Figura 62. Condiciones climáticas del día más frío del año, para el clima Reinosa.

Día frío, seco y sin nubes, donde la radiación solar, que se concentra en las 7:00 h y las 16:00 h, con una incidencia de  $0{,}6 \text{ kW/m}^2$ , apenas hace variar la temperatura que no supera los  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , manteniéndose entre  $-8 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $-2 \text{ }^\circ\text{C}$ . La humedad oscila entre el 30 % y el 45 %.

A partir de los datos estudiados anteriormente, y situándolos sobre el diagrama psicrométrico se obtiene las estrategias pasivas que se deberían adoptar en el espacio arquitectónico.

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Reinosa, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

#### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

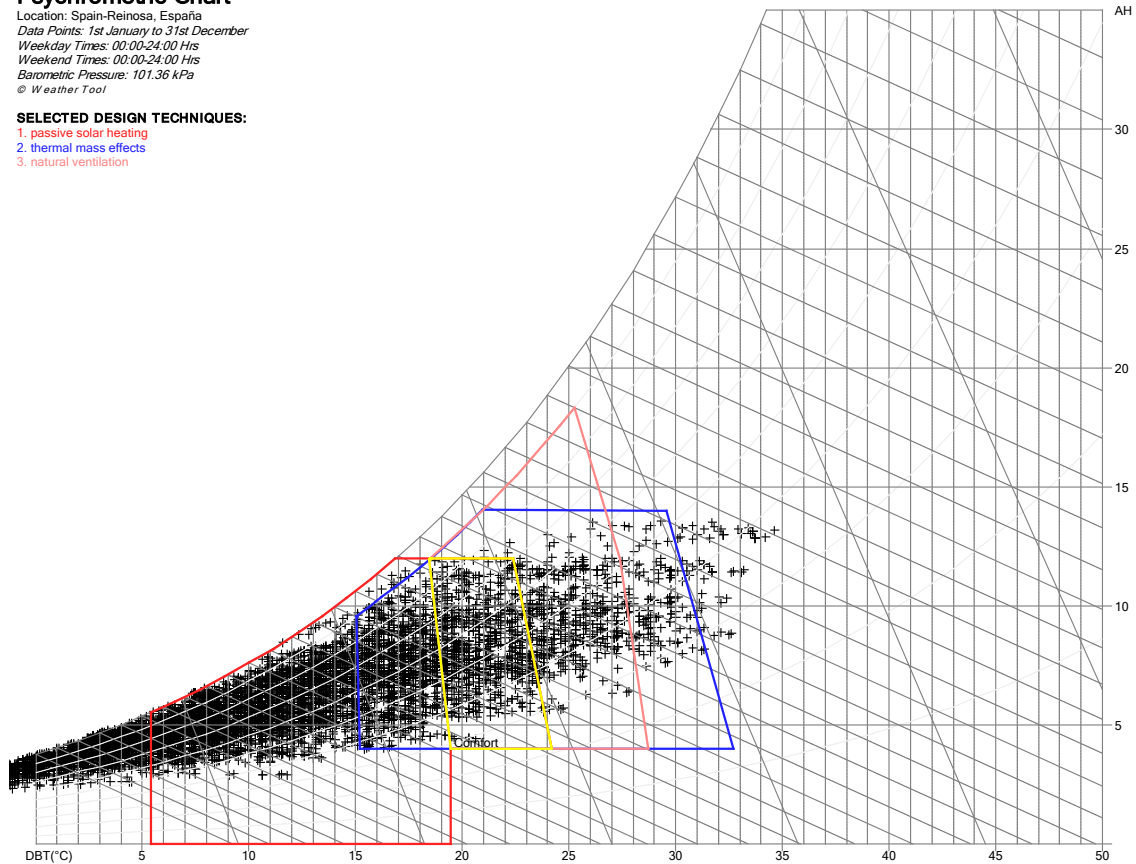


Figura 63. Estrategias bioclimáticas, para el clima Reinosa.

Por tanto, las estrategias pasivas serán las siguientes:

1. Calentamiento solar pasivo durante los meses fríos.
2. Masa térmica que permita una acumulación de calor y amortiguación de la temperatura exterior, tanto los meses fríos como los cálidos.
3. Sombreamiento de la envolvente durante los meses cálidos.

En momentos puntuales se puede optar por la ventilación natural como estrategia pasiva, en horas punta del día para eliminar el calor interior y bajar la humedad relativa y la sensación de calor.

Por otro lado, se estudian los vientos en los meses más cálidos donde es necesario para ser adoptada la estrategia pasiva de ventilación natural.

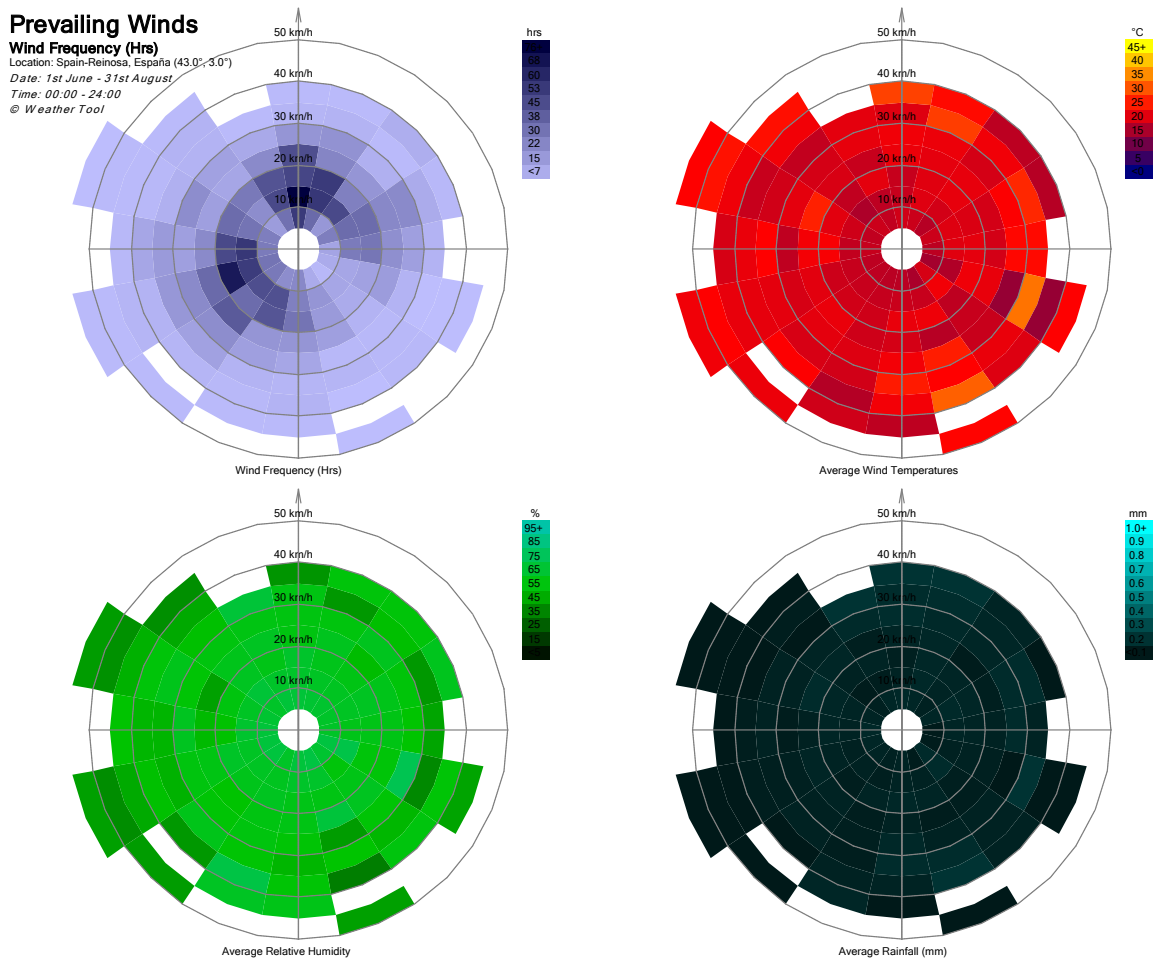


Figura 64. Análisis de viento en los meses de más temperatura, para el clima Reinosa.

Para ventilar lo haremos con vientos del norte con temperaturas de 15 °C y humedad del 45 %, de velocidad 10 km/h y frecuencia +76 h. Durante las mañanas se mantiene esta dirección y velocidad, al medio día y por la tarde cambia su dirección a noroeste 15 ° y con frecuencia de 14 h, volviendo en la noche al norte y aumentando con frecuencia de 31 h.

Por último, se presenta este gráfico que muestra el porcentaje de horas en cada mes que se encontrarían en la zona de confort térmico, si se adoptaran las técnicas pasivas.

**Comfort Percentages**

NAME: **Spain-Reinosa**  
 LOCATION: **España**  
 WEEKDAYS: **00:00 - 24:00 Hrs**  
 WEEKENDS: **00:00 - 24:00 Hrs**  
 POSITION: **43.0°, 3.0°**  
 © Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

CLIMATE: **Cfb**

*Moist mid-latitude climate with mild winters.  
 Marine climates found on the western coast of most continents.  
 High humidity with short dry summers. Heavy precipitation in winter.  
 Warmest month below 22°C.*

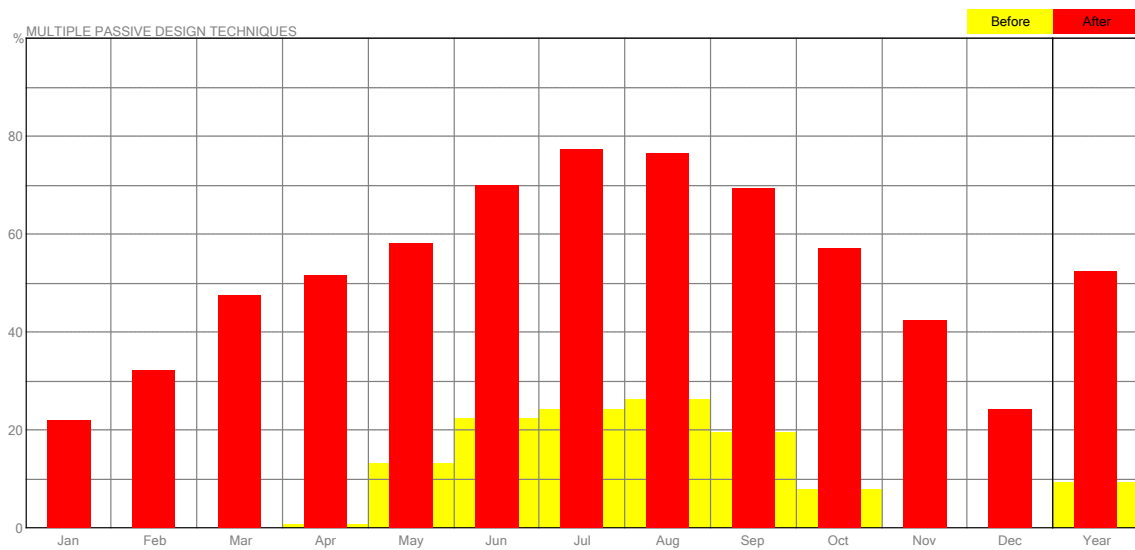


Figura 65. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima de Reinosa.

En conclusión, como resumen anual se puede alcanzar 52 % de horas en zona de confort que no necesitaría de climatización convencional.

### 12.1.5. Estudio del clima, Vega de Liébana

Este clima es característico del entorno donde se ha desarrollado el tipo de vivienda “Casa Montañesa” con la variante D (con segunda planta pajar y solana que se cierran con entramado de madera, ladrillo y cal, no hay estragal)

A partir de los datos de situación

**Altitud:** 467 m  
**Latitud:** 43° 05' 58''N; 43,10 °N  
**Longitud:** 4° 38' 44''O; 4,64 °O  
**Situación:** aislada  
**Zona horaria:** +1

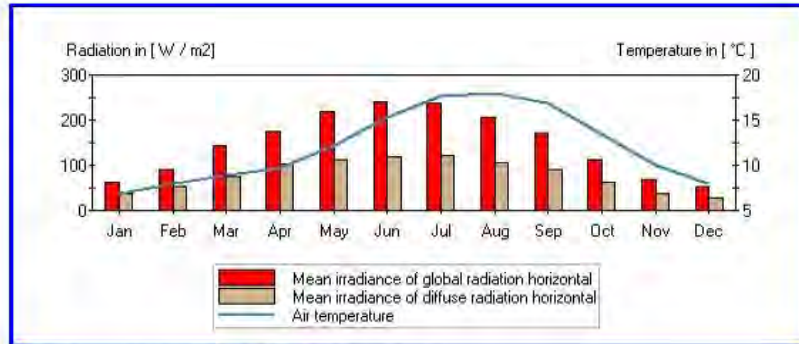
Obtenemos los siguientes datos del clima del programa METEONORM

Calculation (hour)		26. 06. 2015 / 11:08																																																																																																			
<b>METEONORM Version 5.1</b>																																																																																																					
Site:	VegaLiebana-1																																																																																																				
Situation:	open																																																																																																				
Horizon:	astronomic																																																																																																				
Azimuth:	0	Inclination:	0																																																																																																		
Type	Userdefined site	Format	TMY 2																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>&lt;G_Gh&gt;</th> <th>&lt;G_Bn&gt;</th> <th>&lt;G_Dh&gt;</th> <th>Lg</th> <th>Ld</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Jan</td><td>61</td><td>72</td><td>36</td><td>6657</td><td>4467</td><td>6</td></tr> <tr><td>Feb</td><td>90</td><td>63</td><td>54</td><td>9793</td><td>6906</td><td>6</td></tr> <tr><td>Mar</td><td>143</td><td>127</td><td>76</td><td>15556</td><td>9286</td><td>5</td></tr> <tr><td>Apr</td><td>176</td><td>120</td><td>104</td><td>19369</td><td>12419</td><td>6</td></tr> <tr><td>May</td><td>220</td><td>161</td><td>111</td><td>24299</td><td>13726</td><td>5</td></tr> <tr><td>Jun</td><td>240</td><td>173</td><td>119</td><td>26415</td><td>14622</td><td>5</td></tr> <tr><td>Jul</td><td>237</td><td>168</td><td>122</td><td>26184</td><td>15166</td><td>5</td></tr> <tr><td>Aug</td><td>206</td><td>156</td><td>105</td><td>22787</td><td>13087</td><td>5</td></tr> <tr><td>Sep</td><td>171</td><td>139</td><td>90</td><td>18689</td><td>11227</td><td>5</td></tr> <tr><td>Oct</td><td>112</td><td>112</td><td>61</td><td>12201</td><td>7571</td><td>5</td></tr> <tr><td>Nov</td><td>70</td><td>84</td><td>39</td><td>7604</td><td>4838</td><td>5</td></tr> <tr><td>Dec</td><td>52</td><td>74</td><td>29</td><td>5696</td><td>3638</td><td>5</td></tr> <tr><td>Year</td><td>148</td><td>123</td><td>79</td><td>16262</td><td>9723</td><td>6</td></tr> </tbody> </table>				Month	<G_Gh>	<G_Bn>	<G_Dh>	Lg	Ld	N	Jan	61	72	36	6657	4467	6	Feb	90	63	54	9793	6906	6	Mar	143	127	76	15556	9286	5	Apr	176	120	104	19369	12419	6	May	220	161	111	24299	13726	5	Jun	240	173	119	26415	14622	5	Jul	237	168	122	26184	15166	5	Aug	206	156	105	22787	13087	5	Sep	171	139	90	18689	11227	5	Oct	112	112	61	12201	7571	5	Nov	70	84	39	7604	4838	5	Dec	52	74	29	5696	3638	5	Year	148	123	79	16262	9723	6
Month	<G_Gh>	<G_Bn>	<G_Dh>	Lg	Ld	N																																																																																															
Jan	61	72	36	6657	4467	6																																																																																															
Feb	90	63	54	9793	6906	6																																																																																															
Mar	143	127	76	15556	9286	5																																																																																															
Apr	176	120	104	19369	12419	6																																																																																															
May	220	161	111	24299	13726	5																																																																																															
Jun	240	173	119	26415	14622	5																																																																																															
Jul	237	168	122	26184	15166	5																																																																																															
Aug	206	156	105	22787	13087	5																																																																																															
Sep	171	139	90	18689	11227	5																																																																																															
Oct	112	112	61	12201	7571	5																																																																																															
Nov	70	84	39	7604	4838	5																																																																																															
Dec	52	74	29	5696	3638	5																																																																																															
Year	148	123	79	16262	9723	6																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>Ta</th> <th>Td</th> <th>RH</th> <th>p</th> <th>DD</th> <th>FF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Jan</td><td>6.9</td><td>3.9</td><td>82</td><td>962</td><td>270</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>Feb</td><td>7.9</td><td>4.7</td><td>81</td><td>962</td><td>270</td><td>3.0</td></tr> <tr><td>Mar</td><td>8.9</td><td>5.7</td><td>81</td><td>962</td><td>270</td><td>3.0</td></tr> <tr><td>Apr</td><td>9.7</td><td>6.4</td><td>82</td><td>962</td><td>270</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>May</td><td>12.2</td><td>9.6</td><td>85</td><td>962</td><td>270</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>Jun</td><td>15.3</td><td>12.1</td><td>83</td><td>962</td><td>270</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>Jul</td><td>17.6</td><td>14.5</td><td>82</td><td>962</td><td>270</td><td>2.6</td></tr> <tr><td>Aug</td><td>17.9</td><td>14.9</td><td>83</td><td>962</td><td>270</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>Sep</td><td>16.6</td><td>13.0</td><td>80</td><td>962</td><td>270</td><td>2.6</td></tr> <tr><td>Oct</td><td>13.5</td><td>10.7</td><td>83</td><td>962</td><td>270</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>Nov</td><td>10.0</td><td>6.8</td><td>82</td><td>962</td><td>248</td><td>3.4</td></tr> <tr><td>Dec</td><td>8.0</td><td>4.7</td><td>81</td><td>962</td><td>270</td><td>3.2</td></tr> <tr><td>Year</td><td>12.1</td><td>8.9</td><td>82</td><td>962</td><td>268</td><td>3.0</td></tr> </tbody> </table>				Month	Ta	Td	RH	p	DD	FF	Jan	6.9	3.9	82	962	270	3.3	Feb	7.9	4.7	81	962	270	3.0	Mar	8.9	5.7	81	962	270	3.0	Apr	9.7	6.4	82	962	270	3.5	May	12.2	9.6	85	962	270	2.8	Jun	15.3	12.1	83	962	270	2.7	Jul	17.6	14.5	82	962	270	2.6	Aug	17.9	14.9	83	962	270	2.5	Sep	16.6	13.0	80	962	270	2.6	Oct	13.5	10.7	83	962	270	2.7	Nov	10.0	6.8	82	962	248	3.4	Dec	8.0	4.7	81	962	270	3.2	Year	12.1	8.9	82	962	268	3.0
Month	Ta	Td	RH	p	DD	FF																																																																																															
Jan	6.9	3.9	82	962	270	3.3																																																																																															
Feb	7.9	4.7	81	962	270	3.0																																																																																															
Mar	8.9	5.7	81	962	270	3.0																																																																																															
Apr	9.7	6.4	82	962	270	3.5																																																																																															
May	12.2	9.6	85	962	270	2.8																																																																																															
Jun	15.3	12.1	83	962	270	2.7																																																																																															
Jul	17.6	14.5	82	962	270	2.6																																																																																															
Aug	17.9	14.9	83	962	270	2.5																																																																																															
Sep	16.6	13.0	80	962	270	2.6																																																																																															
Oct	13.5	10.7	83	962	270	2.7																																																																																															
Nov	10.0	6.8	82	962	248	3.4																																																																																															
Dec	8.0	4.7	81	962	270	3.2																																																																																															
Year	12.1	8.9	82	962	268	3.0																																																																																															
<p>Legend:</p> <p>Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal            Bn: irradiance of beam            Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal            N: Cloud cover fraction            Lg: Global luminance</p> <p>Ta: Air temperature            Td: Dewpoint temperature            FF: Wind speed</p> <p>RH: Relative humidity            DD: Wind direction            p: Air pressure</p> <p>Radiation in [W/m²]            Temperature in [°C]            Pressure in [hPa]            Wind speed in [m/s]            Ta: Only 2 station(s) for interpolation</p>																																																																																																					

Figura 48. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Vega de Liebana.

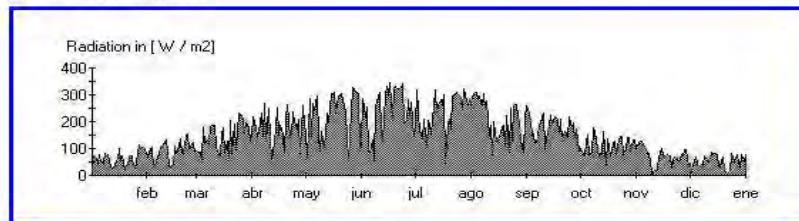
# METEONORM Version 5.1

## VegaLiebana-1



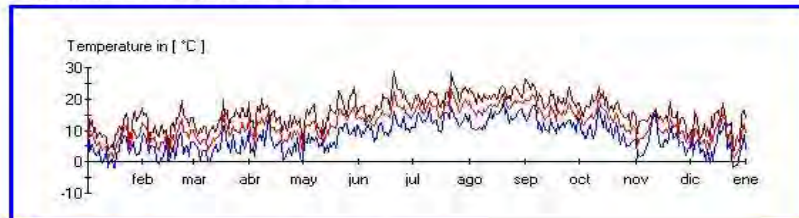
File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghm.jpg

### Daily means of global radiation



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghd.jpg

### Daily values of temperature (mean, min. and max.)



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_T\_Ad.jpg

Figura 48. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Vega de Liebana.

A partir de los datos extraídos de METEONORM, utilizamos la herramienta “weather tool” del programa ECOTECT, para el estudio del clima.

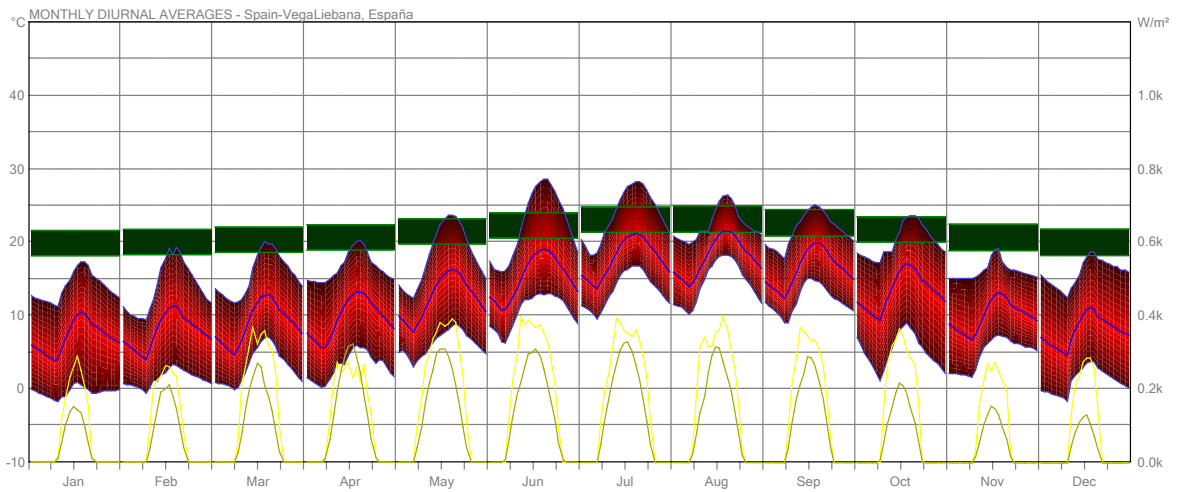


Figura 49. Temperaturas media, máxima y mínima; radiación directa e indirecta. Clima Vega de Liebana.

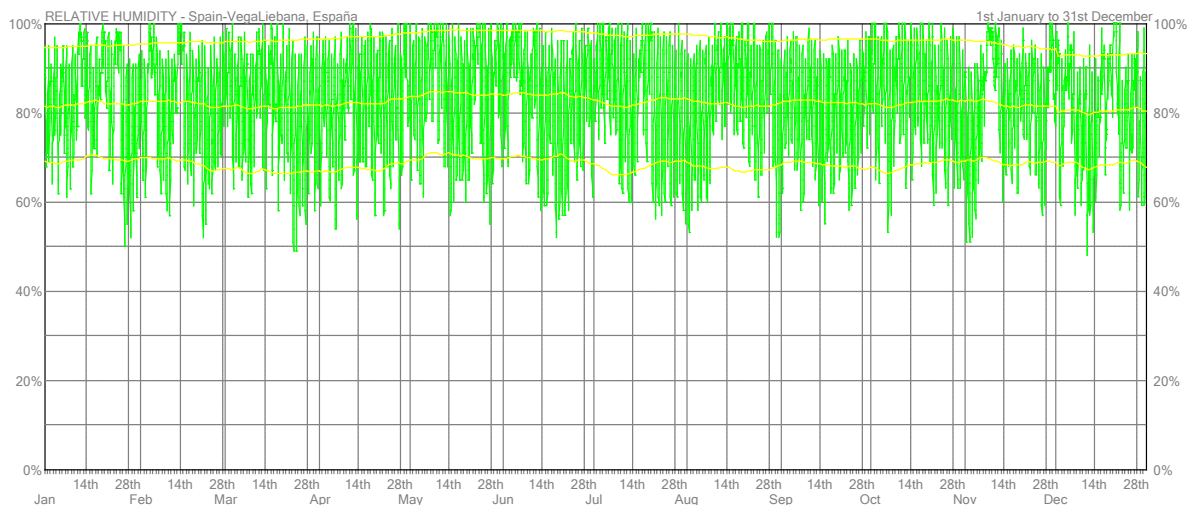


Figura 50. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Vega de Liebana.

1. La temperatura máxima media en todo el año oscila entre 16,1 °C (febrero) y 24,1 °C (julio).
2. La temperatura mínima media en todo el año oscila entre -0,2 °C(enero) y 10,1 °C (julio).
3. La humedad relativa máxima media (9 am)en todo el año oscila entre 79 % y 83 %.
4. La humedad relativa mínima media (3 pm)en todo el año oscila entre 68 % y 74 %.
5. La radiación Solar directa no crece de forma lineal según el crecimiento del día, debido a que la nubosidad va creciendo. Los meses de mayo, junio, julio y agosto la radiación indirecta supera a la directa en muchos momentos del día,

debido a este hecho. El mes de mayor radiación directa son los meses de mayo y agosto con  $0,40 \text{ kW/m}^2$ .

6. La radiación difusa aumenta en los meses de mayo, junio, julio y agosto, no solo por el crecimiento del día, también por el aumento de nubosidad, siendo en muchos días mayor la radiación indirecta que la directa. Los meses de mayor radiación indirecta son estos cuatro meses con  $0,32 \text{ kW/m}^2$ .

Así mismo, se obtiene el gráfico psicrométrico:

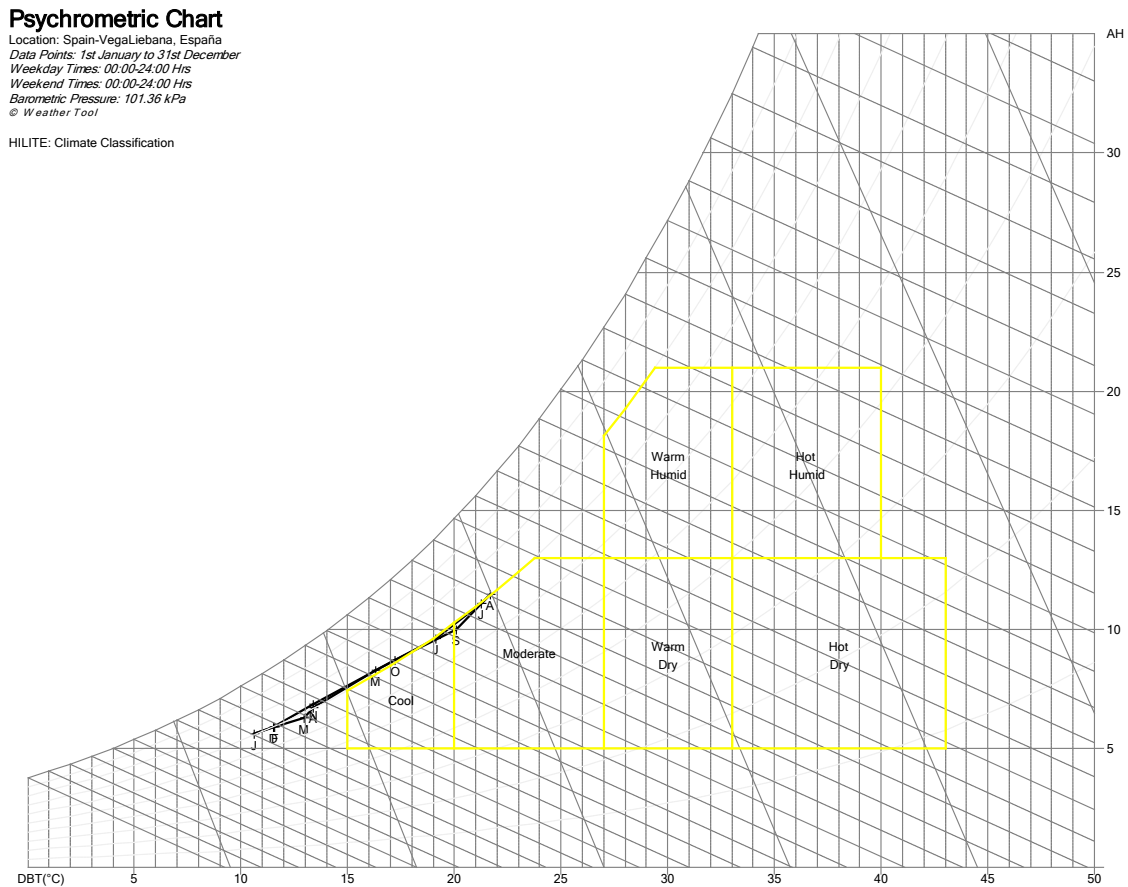


Figura 51. Clasificación del clima de Vega de Liebana.

Esto indica que los meses de clima frío son: enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, con temperaturas medias entre los  $2,7 \text{ °C}$  y  $11,4 \text{ °C}$ . Los meses de clima moderado son: junio, julio, agosto, y septiembre, con temperaturas entre los  $15,1 \text{ °C}$  y  $18,8 \text{ °C}$ .

En cuanto a la lectura de los gráficos de los días extremos se tiene:

El día más caluroso del año es en el mes de julio.

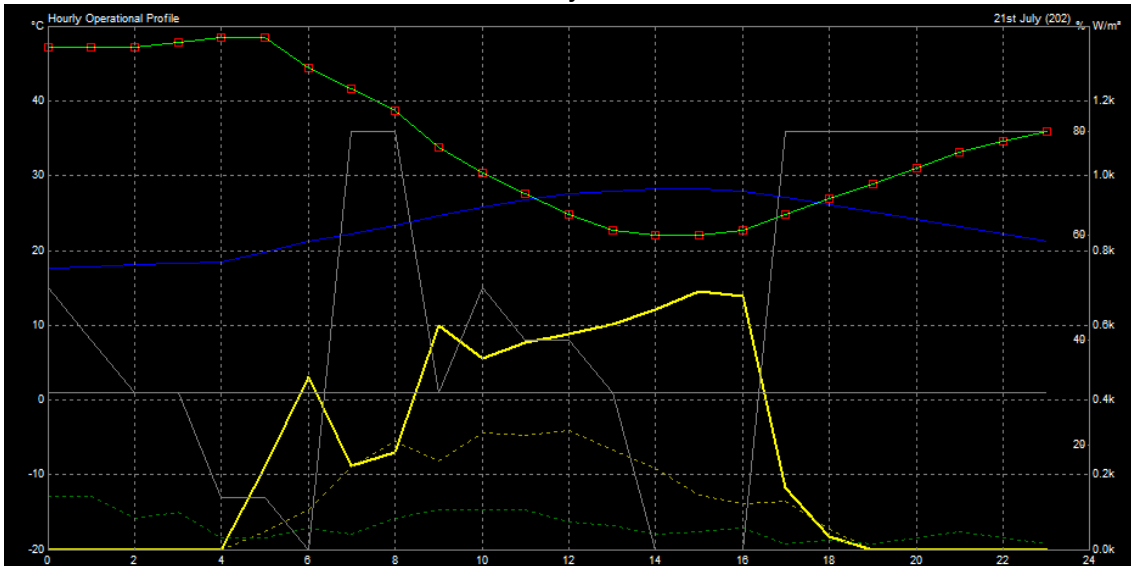


Figura 52. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, para el clima Vega de Liebaná.

En este día los vientos mantienen los cielos con nubes y claros hasta que amainan y queda el cielo cubierta a partir de las 17:00 h. La radiación solar iniciada a las 4:00 h, escala de forma abrupta en función de la nubosidad, hasta alcanzar el máximo de incidencia a las 16:00 h con  $0.5 \text{ kW/m}^2$ , para caer bruscamente cuando se encapota. La humedad relativa, que inicia el día en el 50 %, desciende hasta casi el 20 % a las 15:00 h.

El día más frío de todo el año es en el mes de enero.

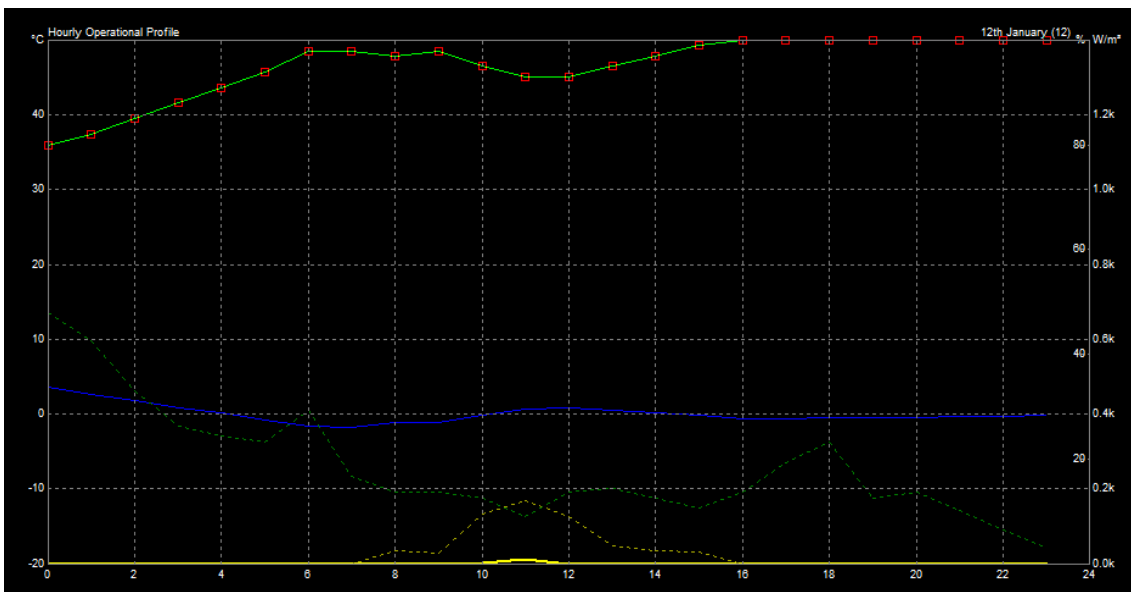


Figura 53. Condiciones climáticas del día más frío del año, para el clima Vega de Liebaná.

Día frío, con temperatura entre los  $+3 \text{ }^\circ\text{C}$  y los  $-2 \text{ }^\circ\text{C}$ , con rachas constantes de viento. Cielo nuboso con escasa radiación solar. La humedad relativa se mantiene entre el 35 % y el 50 %.

A partir de los datos estudiados anteriormente, y situándolos sobre el diagrama psicrométrico se obtiene las estrategias pasivas que se deberían adoptar en el espacio arquitectónico.

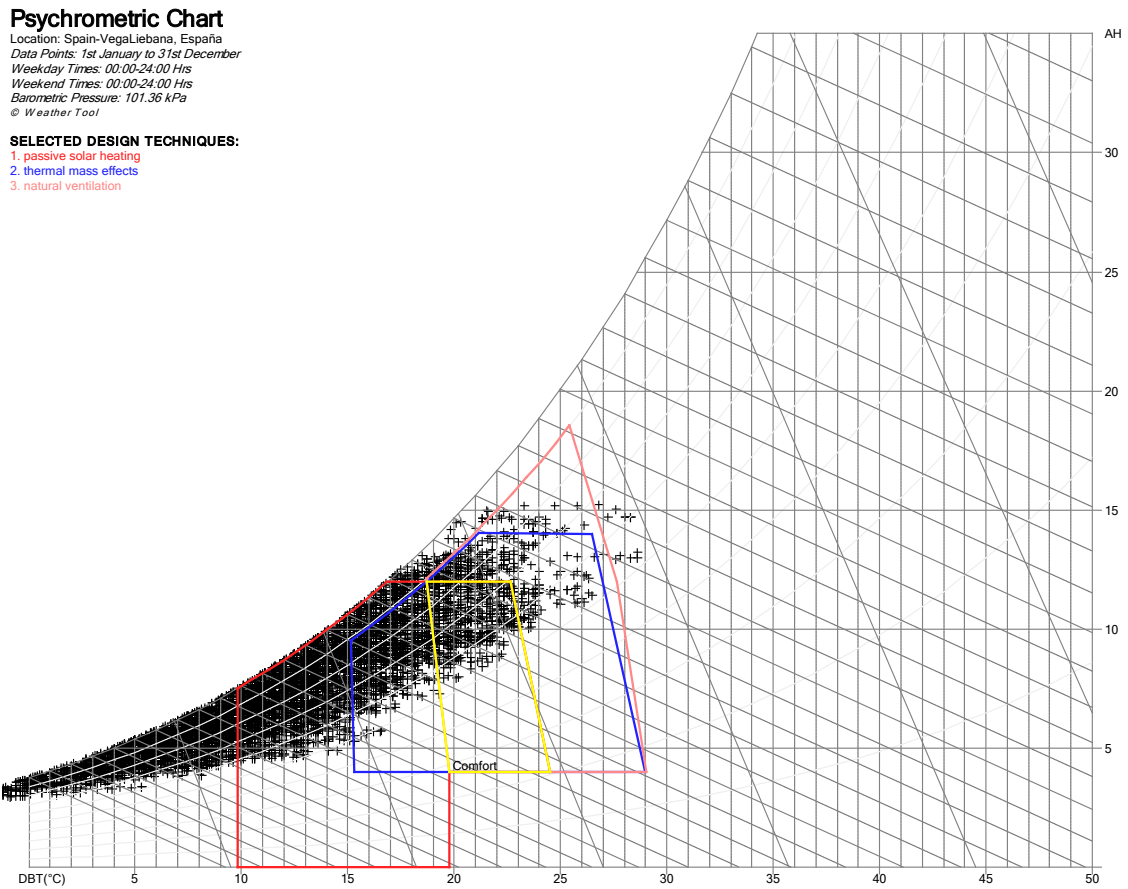


Figura 54. Estrategias bioclimáticas, para el clima Vega de Liebana.

Las estrategias pasivas adoptadas estudiando estos datos serán las siguientes:

1. Calentamiento solar pasivo durante los meses fríos.
2. Masa térmica que permita una acumulación de calor y amortiguación de la temperatura exterior, tanto los meses fríos como los cálidos.
3. Sombreamiento de la envolvente durante los meses cálidos.

En momentos puntuales se puede optar por la ventilación natural como estrategia pasiva, en horas punta del día para eliminar el calor interior y bajar la humedad relativa y la sensación de calor.

Por otro lado, se estudian los vientos en los meses más cálidos donde es necesario para ser adoptada la estrategia pasiva de ventilación natural.

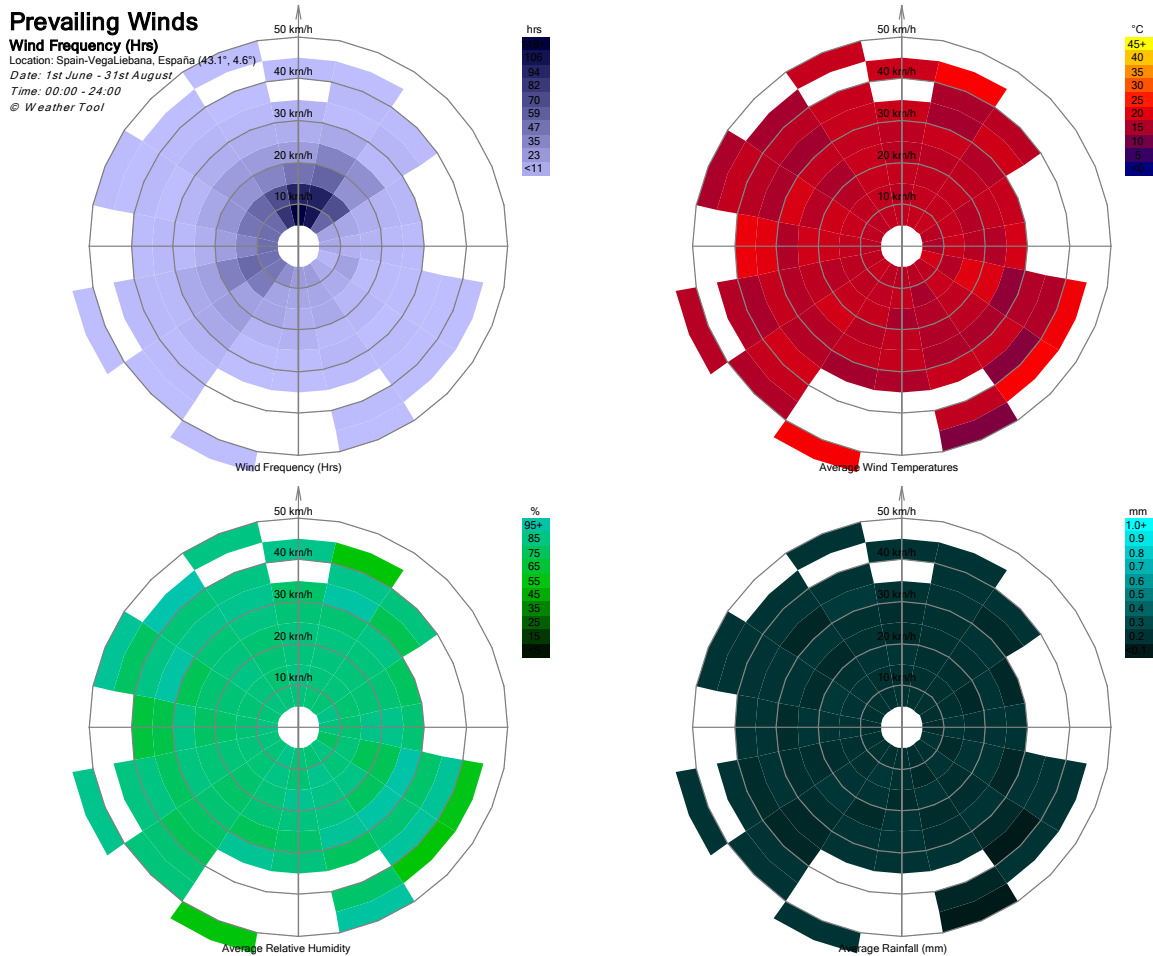


Figura 55. Análisis de viento en los meses de más temperatura, para el clima Vega de Liebana.

Para ventilar lo haremos con vientos del norte con temperaturas de 15 °C y humedad del 55 %, de velocidad 10 km/h y frecuencia +118 h. Durante las mañanas se mantiene esta dirección y velocidad, al medio día y por la tarde cambia su dirección a noreste 20 ° y con frecuencia de 22 h, volviendo en la noche al norte y aumentando con frecuencia de 48 h.

Por último, se presenta este gráfico que muestra el porcentaje de horas en cada mes que se encontrarían en la zona de confort térmico, si se adoptaran las técnicas pasivas.

**Comfort Percentages**

NAME: **Spain-VegaLiebana**  
 LOCATION: **España**  
 WEEKDAYS: **00:00 - 24:00 Hrs**  
 WEEKENDS: **00:00 - 24:00 Hrs**  
 POSITION: **43.1°, 4.6°**  
 © *Weather Tool*

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

CLIMATE: **Cfb**

*Moist mid-latitude climate with mild winters.  
 Marine climates found on the western coast of most continents.  
 High humidity with short dry summers. Heavy precipitation in winter.  
 Warmest month below 22°C.*

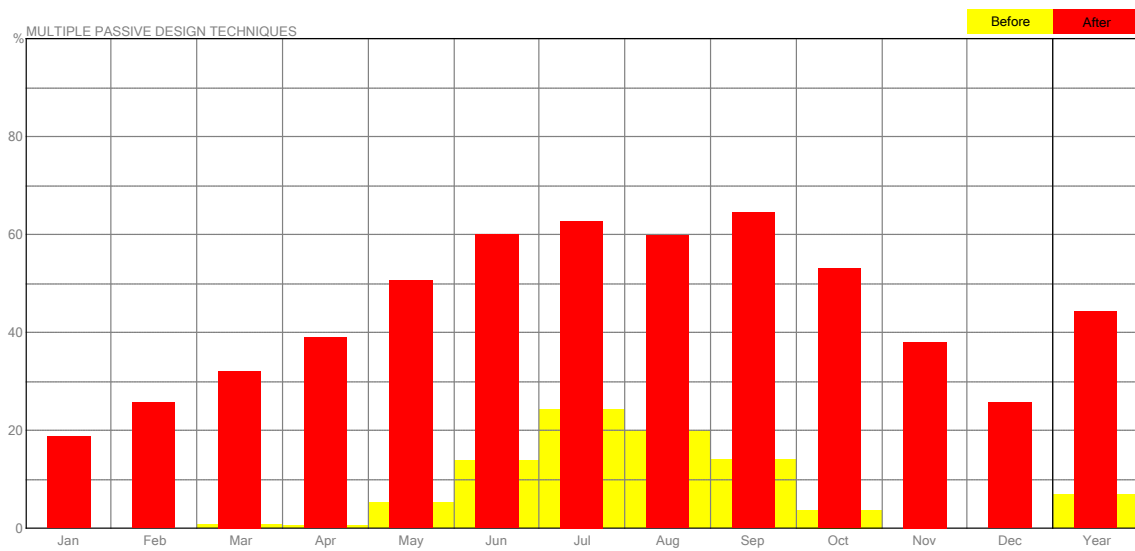


Figura 56. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima de Vega de Liebana.

En conclusión, como resumen anual se puede alcanzar 44 % de horas en zona de confort que no necesitaría de climatización convencional.

### 12.1.6. Estudio del clima, Las Rozas de Valdearroyo

Este clima es característico del entorno donde se ha desarrollado el tipo de vivienda “Casa Montañesa” con la variante E (Segunda planta cerramiento de entramado de madera colocados verticalmente y resto con mortero de cal y piedras. Sin solana).

A partir de los datos de situación

**Altitud:** 834 m  
**Latitud:** 42° 58' 26''N; 42,97 °N  
**Longitud:** 4° 01' 37''O; 4,03 °O  
**Situación:** aislada  
**Zona horaria:** +1

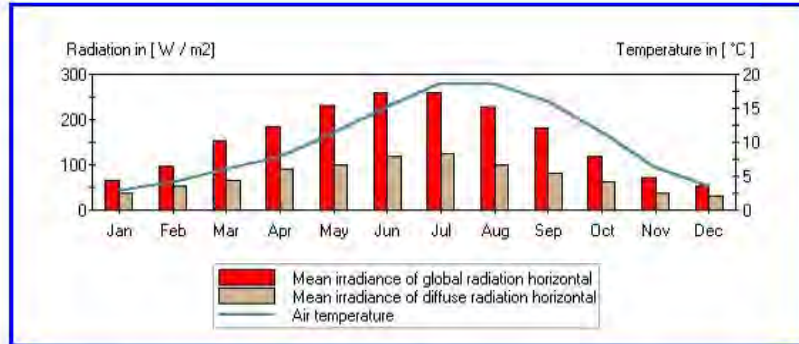
Obtenemos los siguientes datos del clima del programa METEONORM

Calculation (hour)		26. 06. 2015 / 11:16				
<b>METEONORM Version 5.1</b>						
Site:	Rozas-1					
Situation:	open					
Horizon:	astronomic					
Azimuth:	0	Inclination:			0	
Type	Userdefined site	Format			TMY 2	
Month	<G_Gh>	<G_Bn>	<G_Dh>	Lg	Ld	N
Jan	65	41	37	7020	4543	6
Feb	96	105	54	10496	8590	5
Mar	152	180	87	16569	8331	5
Apr	184	154	91	20191	11075	5
May	230	190	101	25170	12409	5
Jun	258	203	119	28315	14887	4
Jul	259	203	124	28486	15453	4
Aug	228	201	99	25020	12472	4
Sep	182	180	81	19904	10287	4
Oct	119	123	61	12980	7596	5
Nov	73	90	39	7914	4911	5
Dec	54	76	30	5869	3802	6
Year	158	147	75	17328	9346	5
Month	Ta	Td	RH	p	DD	FF
Jan	2.9	0.6	86	923	270	4.0
Feb	4.2	1.1	81	923	270	3.7
Mar	6.1	2.0	77	923	270	4.3
Apr	8.0	3.1	73	923	270	4.3
May	11.4	7.0	76	923	270	4.0
Jun	15.3	9.1	69	923	270	4.1
Jul	18.7	11.3	64	923	270	3.8
Aug	18.6	11.8	67	923	270	3.9
Sep	16.1	9.4	67	923	270	3.9
Oct	11.4	7.6	79	923	270	3.6
Nov	6.2	3.2	82	923	248	3.6
Dec	3.5	1.2	86	923	270	3.9
Year	10.2	5.6	76	923	268	3.9
<b>Legend:</b>						
Gh:	Mean irradiance of global radiation horizontal					
Bn:	Irradiance of beam					
Dh:	Mean irradiance of diffuse radiation horizontal					
N:	Cloud cover fraction					
Lg:	Global luminance					
Ta:	Air temperature			RH:	Relative humidity	
Td:	Dewpoint temperature			DD:	Wind direction	
FF:	Wind speed			p:	Air pressure	
Radiation in [W/m²]						
Temperature in [°C]						
Pressure in [hPa]						
Wind speed in [m/s]						
Ta: Only 2 station(s) for interpolation						

Figura 39. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Las Rozas de Valdearroyo.

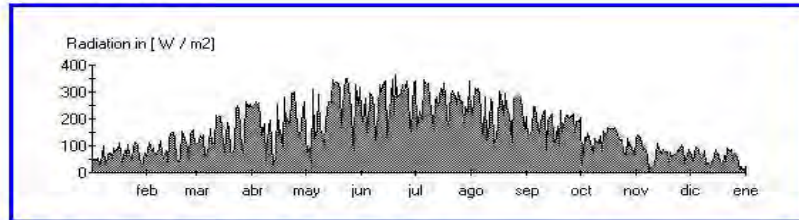
# METEONORM Version 5.1

## Rozas-1



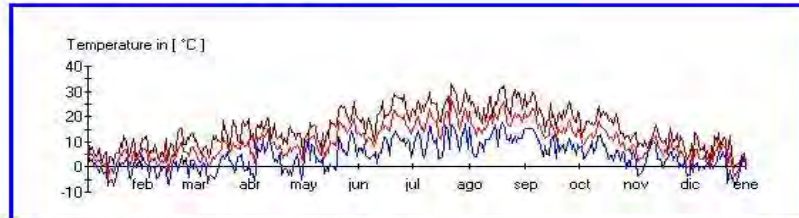
File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghm.jpg

### Daily means of global radiation



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghd.jpg

### Daily values of temperature (mean, min. and max.)



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_TAd.jpg

Figura 39. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Las Rozas de Valdearroyo.

A partir de los datos extraídos de METEONORM, utilizamos la herramienta “weather tool” del programa ECOTECT, para el estudio del clima.

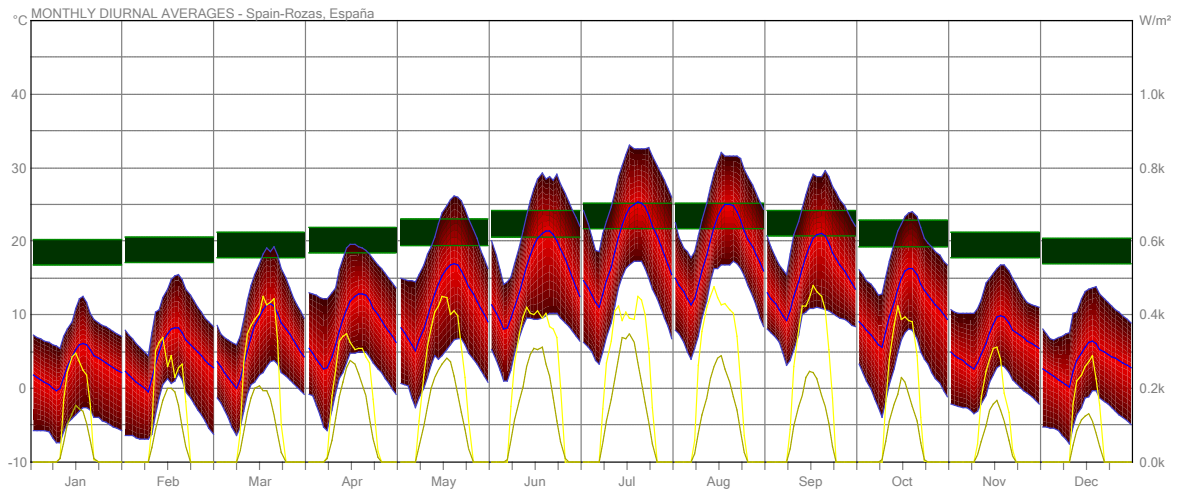


Figura 40. Temperaturas media, máxima y mínima; radiación directa e indirecta. Clima Las Rozas de Valdearroyo.

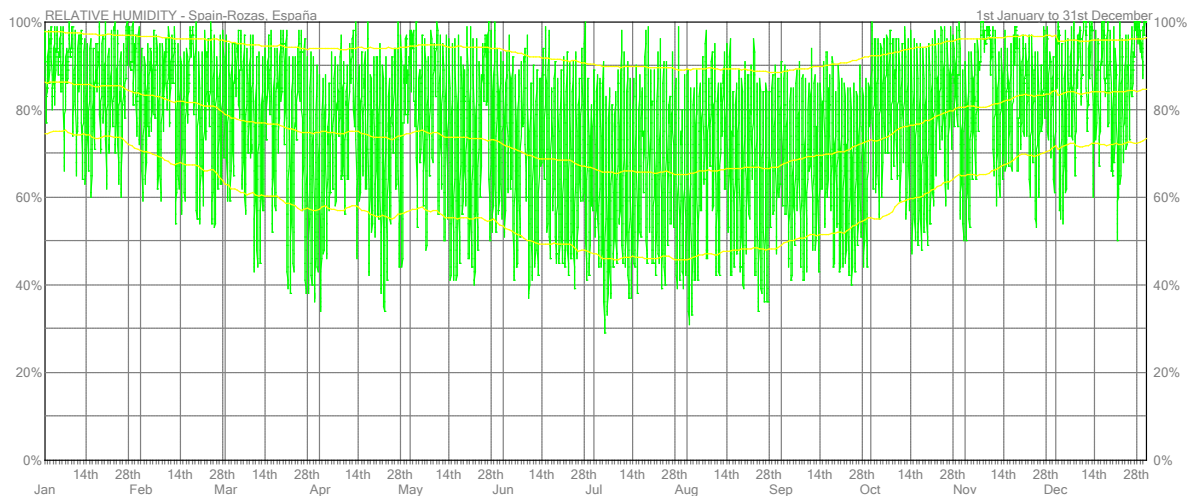


Figura 41. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Las Rozas de Valdearroyo.

De donde destacan los siguientes datos:

1. La temperatura máxima media en todo el año oscila entre 11,4 °C (enero) y 29,8 °C (julio).
2. La temperatura mínima media en todo el año oscila entre -4,8 °C(enero) y 4,4 °C (julio).
3. La humedad relativa máxima media (9 am) en todo el año oscila entre 58 % y 86 %.
4. La humedad relativa mínima media (3 pm) en todo el año oscila entre 45 % y 80 %.
5. La radiación Solar directa crece de forma lineal según el crecimiento del día. El mes de mayor radiación directa es agosto con 0,47 kW/m<sup>2</sup>.
6. El mes de mayor radiación indirecta es julio con 0,35 kW/m<sup>2</sup>.

Así mismo, se obtiene el gráfico psicrométrico:

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Rozas, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

HILITE: Climate Classification

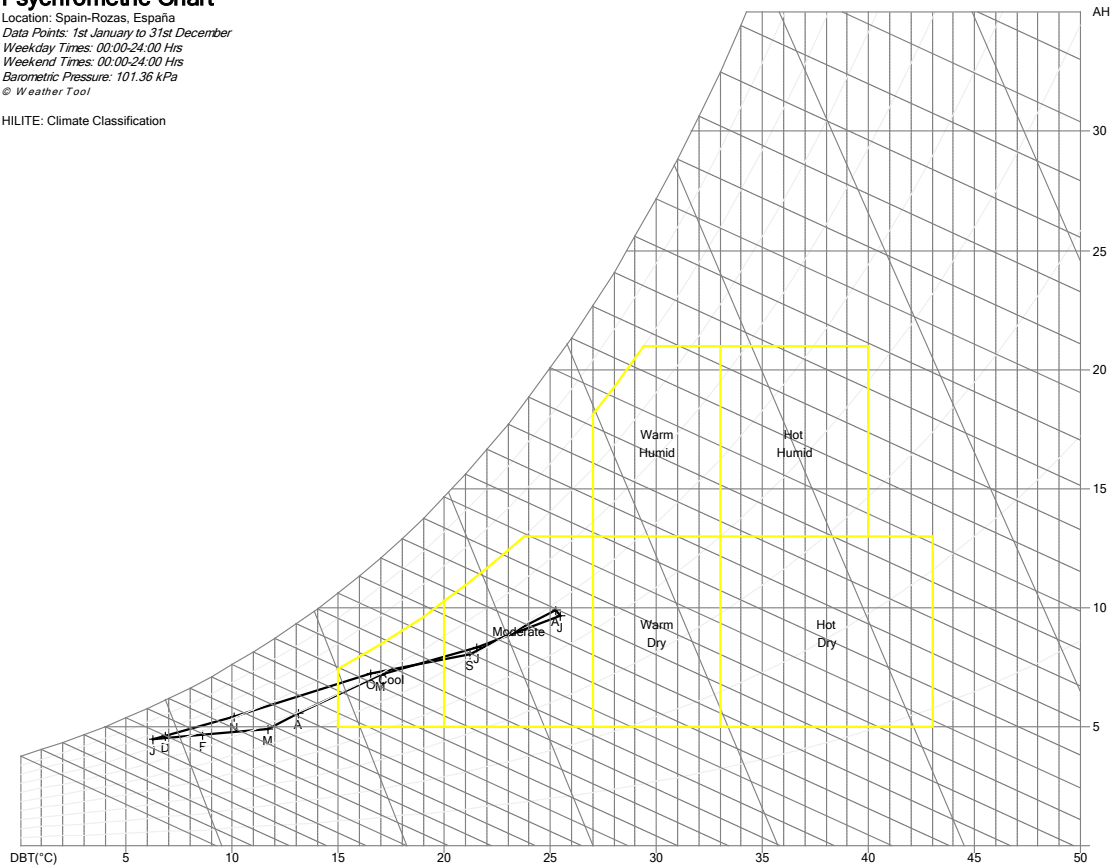


Figura 42. Clasificación del clima de Las Rozas de Valdearroyo.

Esto indica que los meses de clima frío son: enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, con temperaturas medias entre los 2,7 °C y 11,4 °C. Los meses de clima moderado son: junio, julio, agosto, y septiembre, con temperaturas entre los 15,1 °C y 18,8 °C.

En cuanto a la lectura de los gráficos de los días extremos se tiene:

El día más caluroso del año es en el mes de julio.

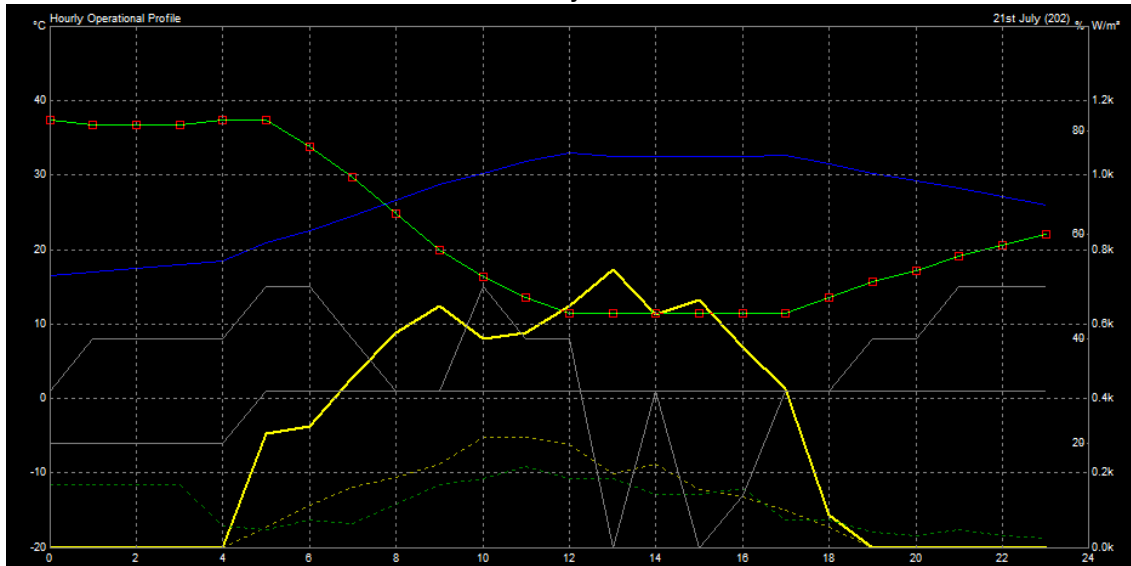


Figura 43. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, para el clima Las Rozas de Valdearroyo.

Es un día templado y seco, con ligeras rachas de viento que mantienen el cielo con nubes y claros. La radiación solar iniciada a las 4:00 h, escala de forma abrupta en función de la nubosidad, hasta alcanzar el máximo de incidencia a las 13:00 h con 0´75 kW/m<sup>2</sup>, para caer rápidamente hasta las 19:00 h. La humedad relativa, que inicia el día en el 40 %, desciende hasta casi el 10 % ente las 12:00 h y las 17:00 h.

El día más frío de todo el año es en el mes de enero.

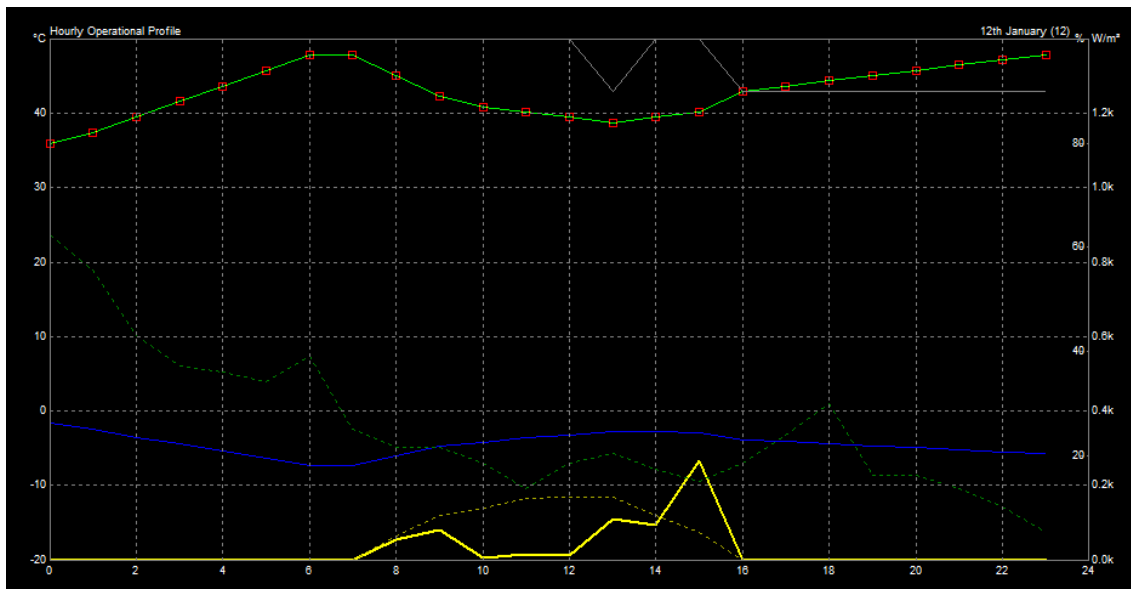


Figura 44. Condiciones climáticas del día más frío del año, para el clima Las Rozas de Valdearroyo.

Día frío, con temperaturas que no superan los 0 °C y se mantienen entre los -7 °C y -3 °C. Hay rachas constantes de viento. El cielo permanece con escasa radiación solar. La humedad relativa se mantiene entre el 35 % y el 50 %.

A partir de los datos estudiados anteriormente, y situándolos sobre el diagrama psicrométrico se obtiene las estrategias pasivas que se deberían adoptar en el espacio arquitectónico.

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Rozas, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

#### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

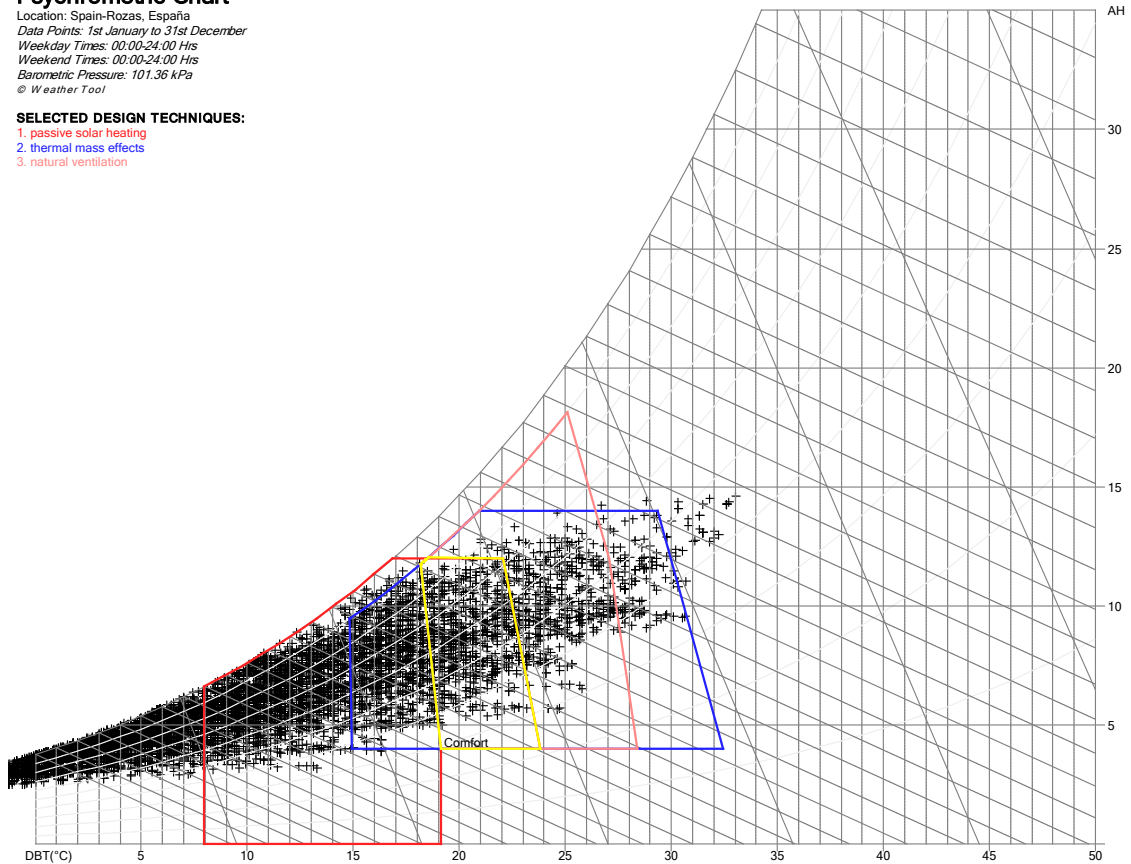


Figura 45. Estrategias bioclimáticas, para el clima Las Rozas de Valdearroyo.

Por tanto, las estrategias pasivas serán las siguientes:

1. Calentamiento solar pasivo durante los meses fríos.
2. Masa térmica que permita una acumulación de calor y amortiguación de la temperatura exterior, tanto los meses fríos como los cálidos.
3. Sombreamiento de la envolvente durante los meses cálidos.

En momentos puntuales se puede optar por la ventilación natural como estrategia pasiva, en horas punta del día para eliminar el calor interior y bajar la humedad relativa y la sensación de calor.

Por otro lado, se estudian los vientos en los meses más cálidos donde es necesario para ser adoptada la estrategia pasiva de ventilación natural.

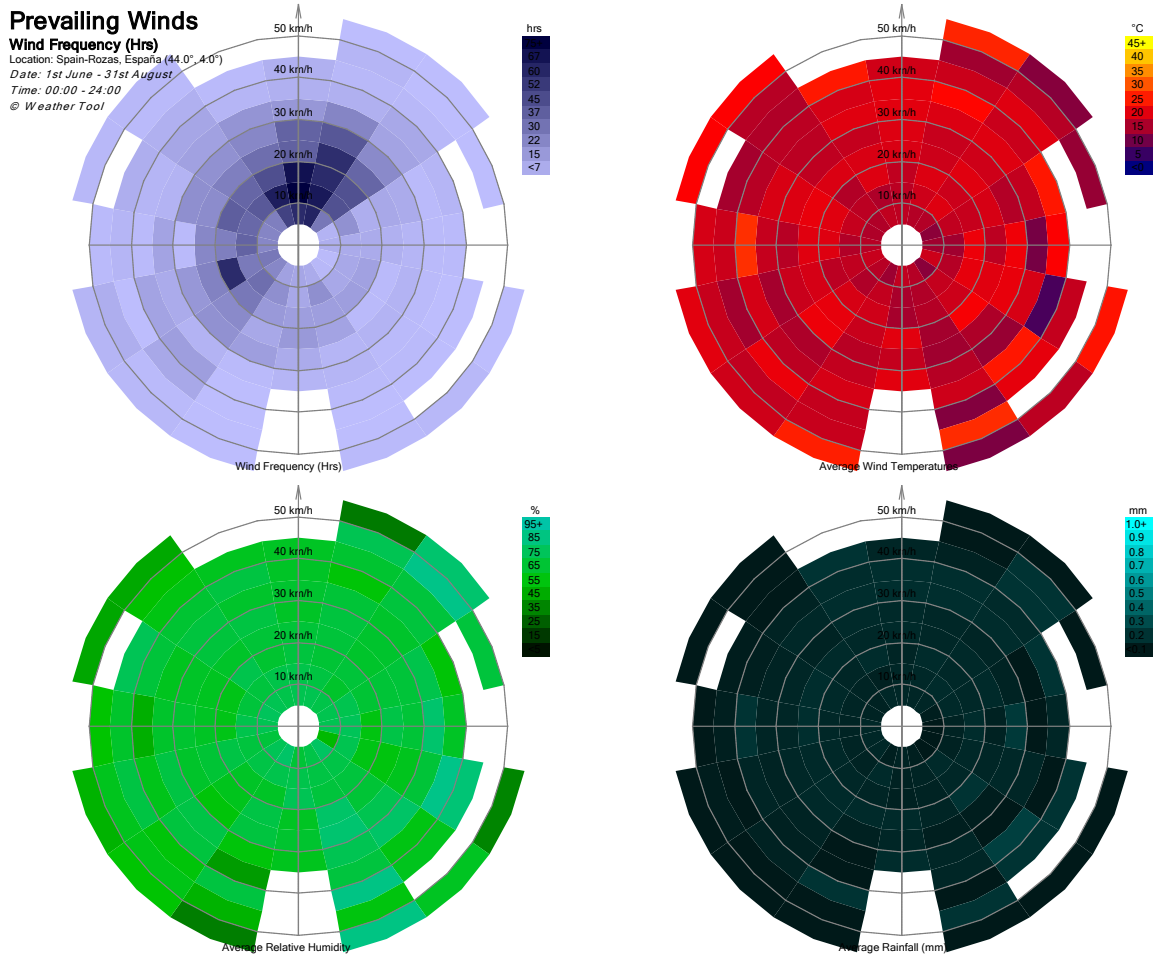


Figura 46. Análisis de viento en los meses de más temperatura, para el clima Las Rozas de Valdearroyo.

Para ventilar lo haremos con vientos del norte con temperaturas de 15 °C y humedad del 45 %, de velocidad 10 km/h y frecuencia +75 h. Durante las mañanas se mantiene esta dirección y velocidad, al medio día y por la tarde cambia su dirección a noreste 15 ° y con frecuencia de 16 h, volviendo en la noche al norte y aumentando con frecuencia de 32 h.

Por último, se presenta este gráfico que muestra el porcentaje de horas en cada mes que se encontrarían en la zona de confort térmico, si se adoptaran las técnicas pasivas.

**Comfort Percentages**

NAME: Spain-Rozas  
 LOCATION: España  
 WEEKDAYS: 00:00 - 24:00 Hrs  
 WEEKENDS: 00:00 - 24:00 Hrs  
 POSITION: 44.0°, 4.0°  
 © Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

CLIMATE: Cfb

Moist mid-latitude climate with mild winters.  
 Marine climates found on the western coast of most continents.  
 High humidity with short dry summers. Heavy precipitation in winter.  
 Warmest month below 22°C.

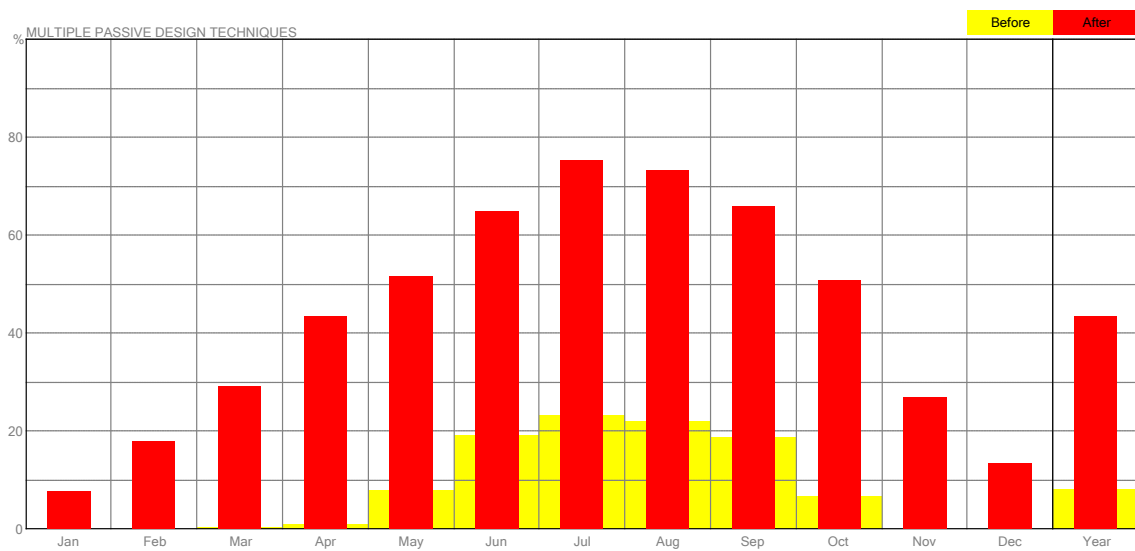


Figura 47. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima de Las Rozas de Valdearroyo.

Como resumen anual se puede alcanzar 42 % de horas en zona de confort que no necesitaría de climatización convencional.

### 12.1.7. Estudio del clima, Vega de Pas

Este clima es característico del entorno donde se ha desarrollado el tipo de vivienda “Casa Pasiega”

A partir de los datos de situación

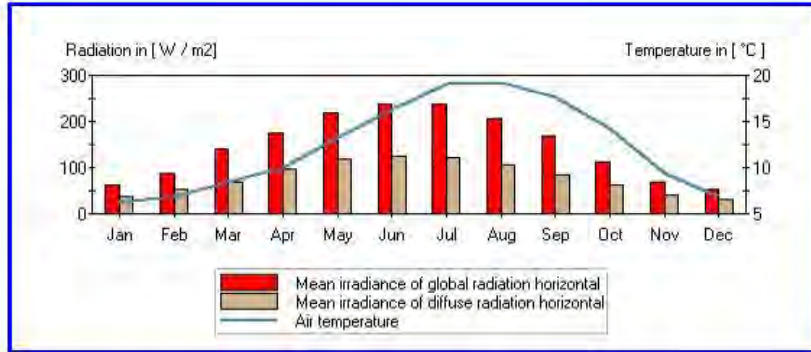
**Altitud:** 358 m  
**Latitud:** 43° 09' 34''N; 43,16 °N  
**Longitud:** 3° 46' 52''O; 3,78 °O  
**Situación:** aislada  
**Zona horaria:** +1

Calculation (hour)		26. 06. 2015 / 10:45				
<b>METEONORM Version 5.1</b>						
Site:	VegaPas-1					
Situation:	open					
Horizon:	astronomic					
Azimuth:	0	Inclination:				0
Type	Userdefined site	Format				TMY 2
Month	<G_Gh>	<G_Bn>	<G_Dh>	Lg	Ld	N
Jan	61	69	36	6619	4423	6
Feb	89	84	54	9785	6584	6
Mar	142	139	70	15508	8582	5
Apr	176	129	98	19337	11869	5
May	220	151	120	24280	14615	5
Jun	239	169	124	26371	15303	5
Jul	236	167	123	26103	15312	5
Aug	206	154	106	22757	13326	5
Sep	170	148	85	18691	10631	5
Oct	112	109	61	12192	7617	5
Nov	70	77	42	7612	5172	6
Dec	52	72	30	5611	3712	6
Year	148	123	79	16239	9762	6
Month	Ta	Td	RH	p	DD	FF
Jan	6.3	3.9	86	974	270	3.8
Feb	6.8	4.6	87	974	270	3.3
Mar	8.5	5.6	84	974	270	3.4
Apr	10.0	6.7	82	974	270	4.0
May	13.3	10.0	82	974	270	3.2
Jun	16.3	12.5	81	974	270	3.2
Jul	19.0	15.0	79	974	270	3.1
Aug	19.2	15.6	80	974	270	2.9
Sep	17.7	13.4	79	974	270	3.1
Oct	14.2	10.8	82	974	270	3.2
Nov	9.3	6.7	85	974	248	3.9
Dec	6.8	4.5	86	974	270	3.8
Year	12.3	9.1	83	974	268	3.4
<b>Legend:</b>						
Gh:	Mean irradiance of global radiation horizontal					
Bn:	Irradiance of beam					
Dh:	Mean irradiance of diffuse radiation horizontal					
N:	Cloud cover fraction					
Lg:	Global luminance					
Ta:	Air temperature			RH:	Relative humidity	
Td:	Dewpoint temperature			DD:	Wind direction	
FF:	Wind speed			p:	Air pressure	
Radiation in [W/m²]						
Temperature in [°C]						
Pressure in [hPa]						
Wind speed in [m/s]						

Figura 30. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Vega de Pas.

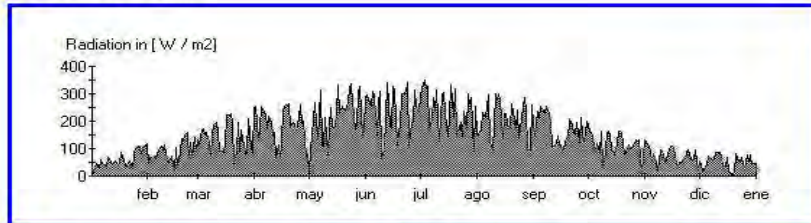
# METEONORM Version 5.1

## VegaPas-1



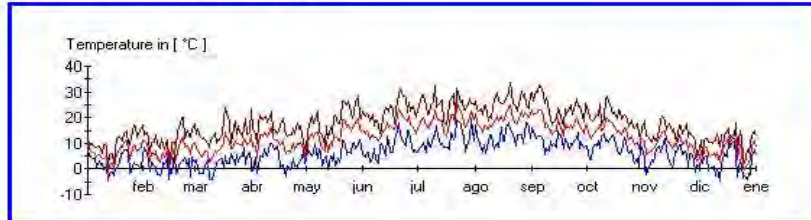
File: C:\Program Files (x86)\Metetest\MN\_51\output\Fig\_Ghm.jpg

### Daily means of global radiation



File: C:\Program Files (x86)\Metetest\MN\_51\output\Fig\_Ghd.jpg

### Daily values of temperature (mean, min. and max.)



File: C:\Program Files (x86)\Metetest\MN\_51\output\Fig\_T\_Ad.jpg

Figura 30. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Vega de Pas.

A partir de los datos extraídos de METEONORM, utilizamos la herramienta “weather tool” del programa ECOTECT, para el estudio del clima.

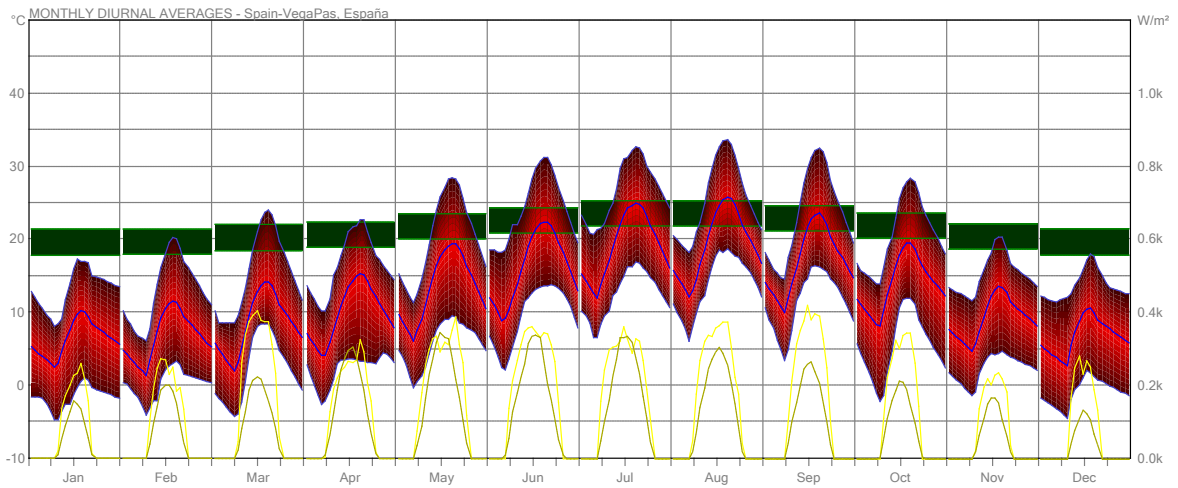


Figura 31. Temperaturas media, máxima y mínima; radiación directa e indirecta. Clima Vega de Pas.

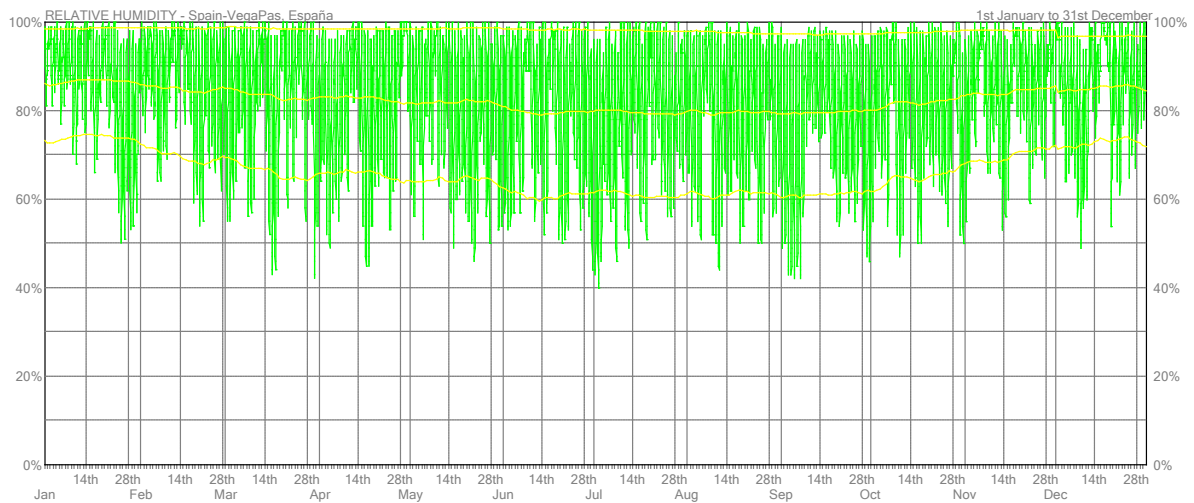


Figura 32. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Vega de Pas.

De donde destacan los siguientes datos:

1. La temperatura máxima media en todo el año oscila entre 13,9 °C (enero) y 31,6 °C (julio).
2. La temperatura mínima media en todo el año oscila entre -2,1 °C(enero) y 6,6 °C (julio).
3. La humedad relativa máxima media (9 am) en todo el año oscila entre 75 % y 86 %.
4. La humedad relativa mínima media (3 pm) en todo el año oscila entre 61 % y 79 %.
5. La radiación Solar directa no crece de forma lineal según el crecimiento del día, debido a que la nubosidad va creciendo. Los meses de mayo, junio y julio la radiación indirecta supera a la directa en muchos momentos del día, debido a

este hecho. El mes de mayor radiación directa son los meses de mayo y julio con  $0,40 \text{ kW/m}^2$ .

6. La radiación difusa aumenta en los meses de mayo, junio y julio, no solo por el crecimiento del día, también por el aumento de nubosidad, siendo en muchos días mayor la radiación indirecta que la directa. Los meses de mayor radiación indirecta son estos tres meses con  $0,35 \text{ kW/m}^2$ .

Así mismo, se obtiene el gráfico psicrométrico:

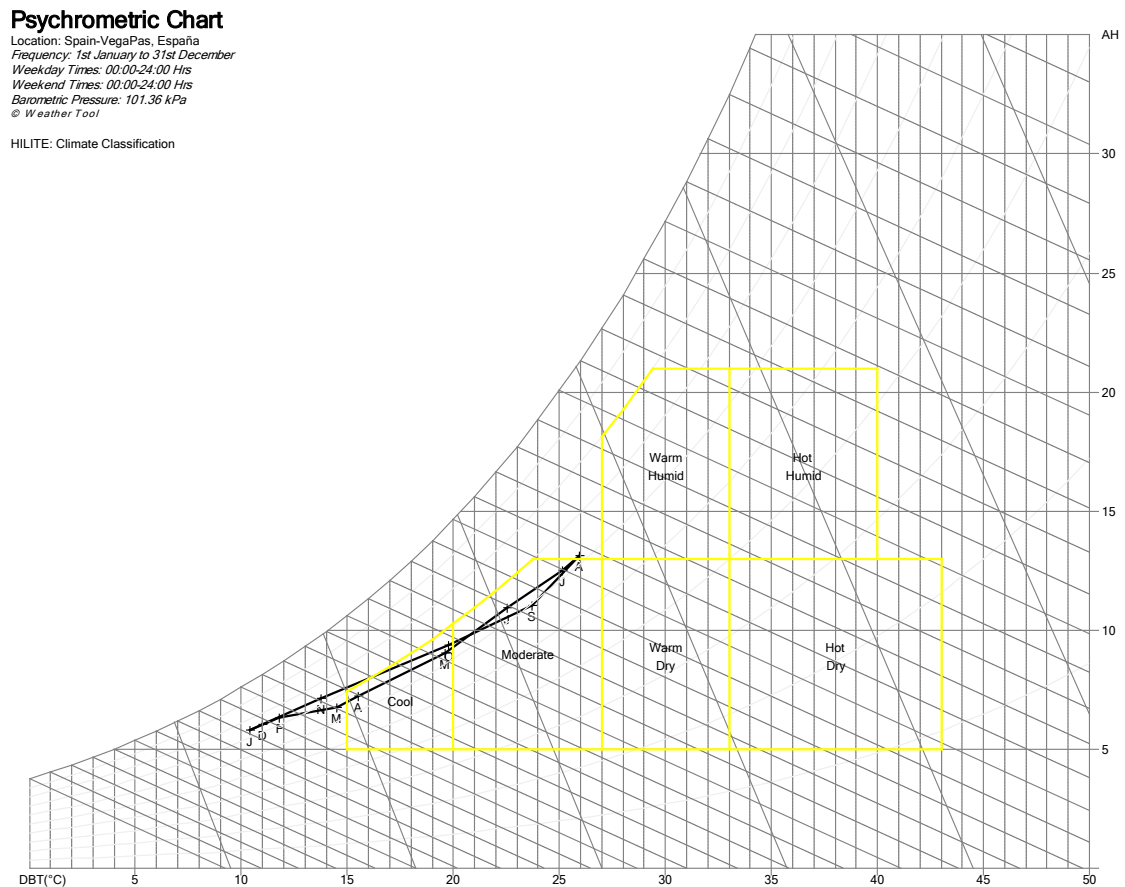


Figura 33. Clasificación del clima de Vega de Pas.

Esto nos indica que los meses de clima frío son: enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, con temperaturas medias entre los  $6,2 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $14,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Los meses de clima moderado son: junio, julio, agosto, y septiembre, con temperaturas entre los  $16,0 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $19,1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

En cuanto a la lectura de los gráficos de los días extremos se tiene:

El día más caluroso del año es en el mes de julio.

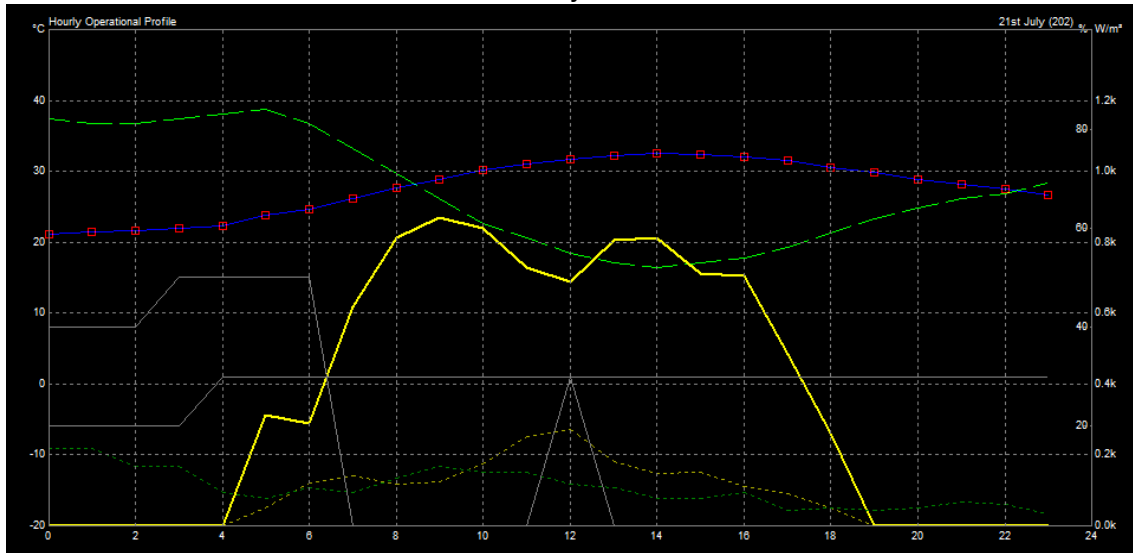


Figura 34. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, para el clima Vega de Pas. Inicia el día algo nublado y se despeja a partir de las 7:00 h gracias a los vientos moderados. La radiación solar que inicia su escalada a las 4:00 h, alcanza su máximo, de 0'65 kW/m<sup>2</sup>, a las 9:30 h. Ésta se mantiene hasta las 16:00 h, cuando empieza a decaer hasta desaparecer a las 19:00 h. La temperatura ha asciende desde los 21 °C, de las 0:00 h, hasta los 32 °C a las 14:00 h. La humedad se mantiene por debajo del 40 %, con un mínimo del 15 % a las 14:00 h.

El día más frío de todo el año es en el mes de enero.

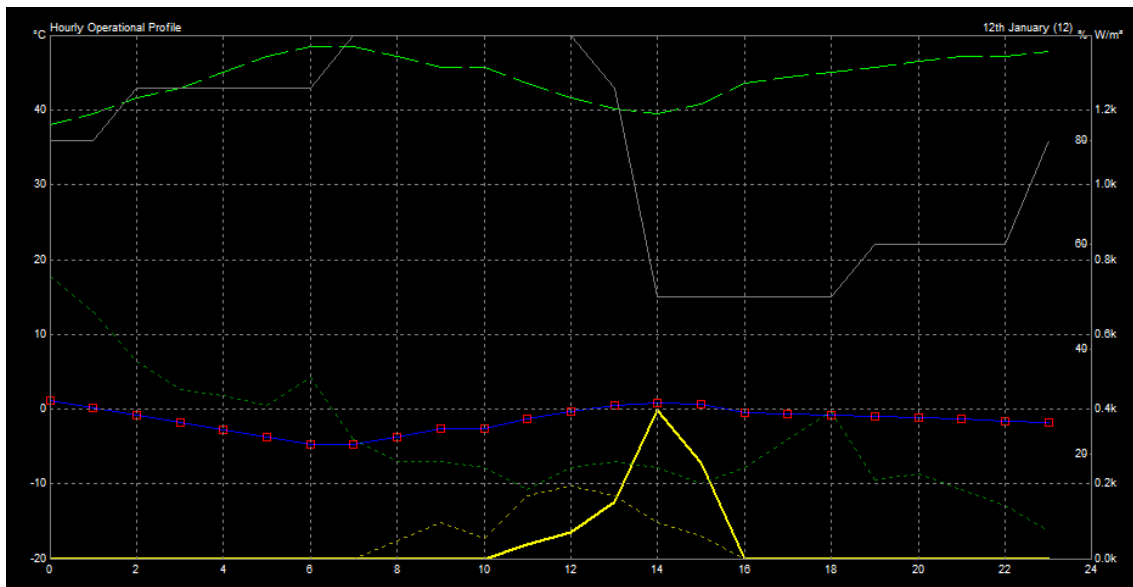


Figura 35. Condiciones climáticas del día más frío del año, para el clima Vega de Pas. Día frío, con temperaturas que apenas superan los 0 °C y se mantienen entre los -7 °C y los +1 °C. Hay rachas constantes de viento. El cielo permanece muy nublado y con escasa radiación solar, que apenas llega a 0'30 kW/m<sup>2</sup>. La humedad relativa se mantiene entre el 35 % y el 50 %

A partir de los datos estudiados anteriormente, y situándolos sobre el diagrama psicrométrico se obtiene las estrategias pasivas que se deberían adoptar en el espacio arquitectónico.

### Psychrometric Chart

Location: Spain-VegaPas, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

#### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

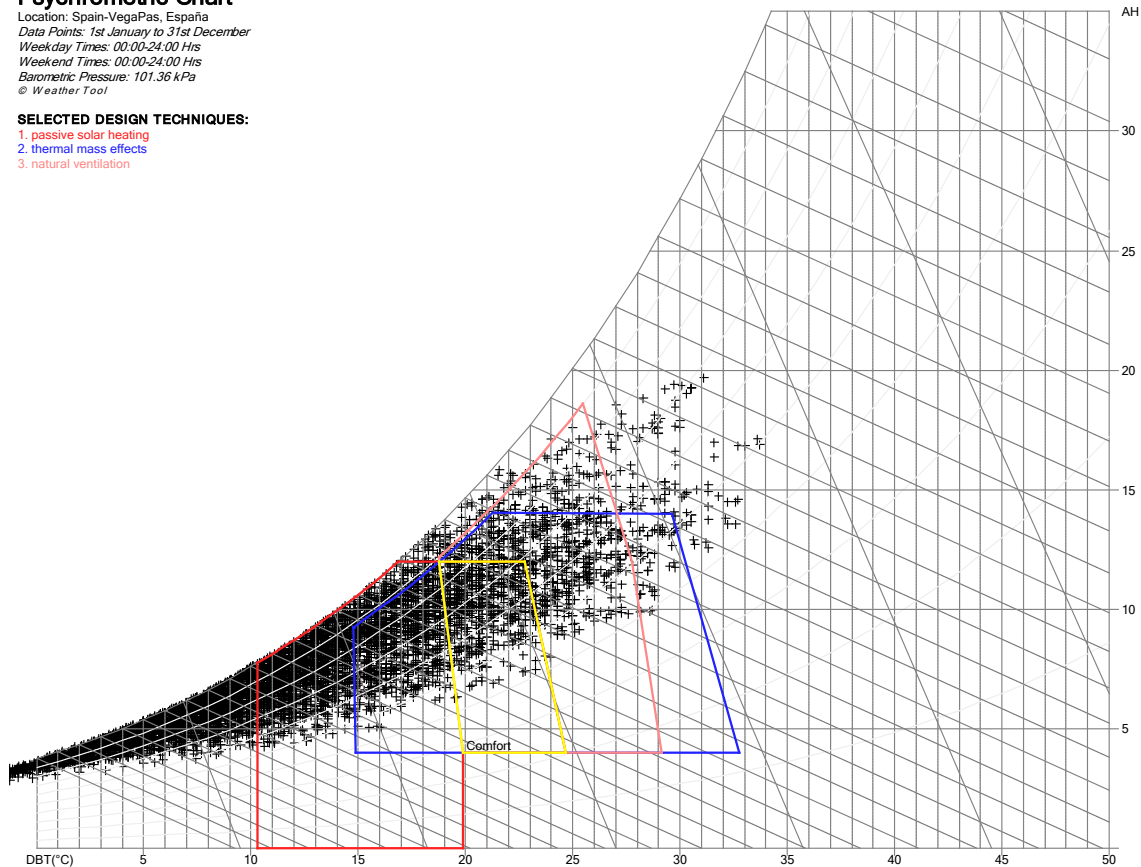


Figura 36. Estrategias bioclimáticas, para el clima Vega de Pas.

Por tanto, las estrategias pasivas serán las siguientes:

1. Calentamiento solar pasivo durante los meses fríos.
2. Masa térmica que permita una acumulación de calor y amortiguación de la temperatura exterior, tanto los meses fríos como los cálidos.
3. Sombreamiento de la envolvente durante los meses cálidos.
4. Ventilación natural.

En momentos puntuales se puede optar por la ventilación natural como estrategia pasiva, en horas punta del día para eliminar el calor interior y bajar la humedad relativa y la sensación de calor.

Por otro lado, se estudian los vientos en los meses más cálidos donde es necesario para ser adoptada la estrategia pasiva de ventilación natural.

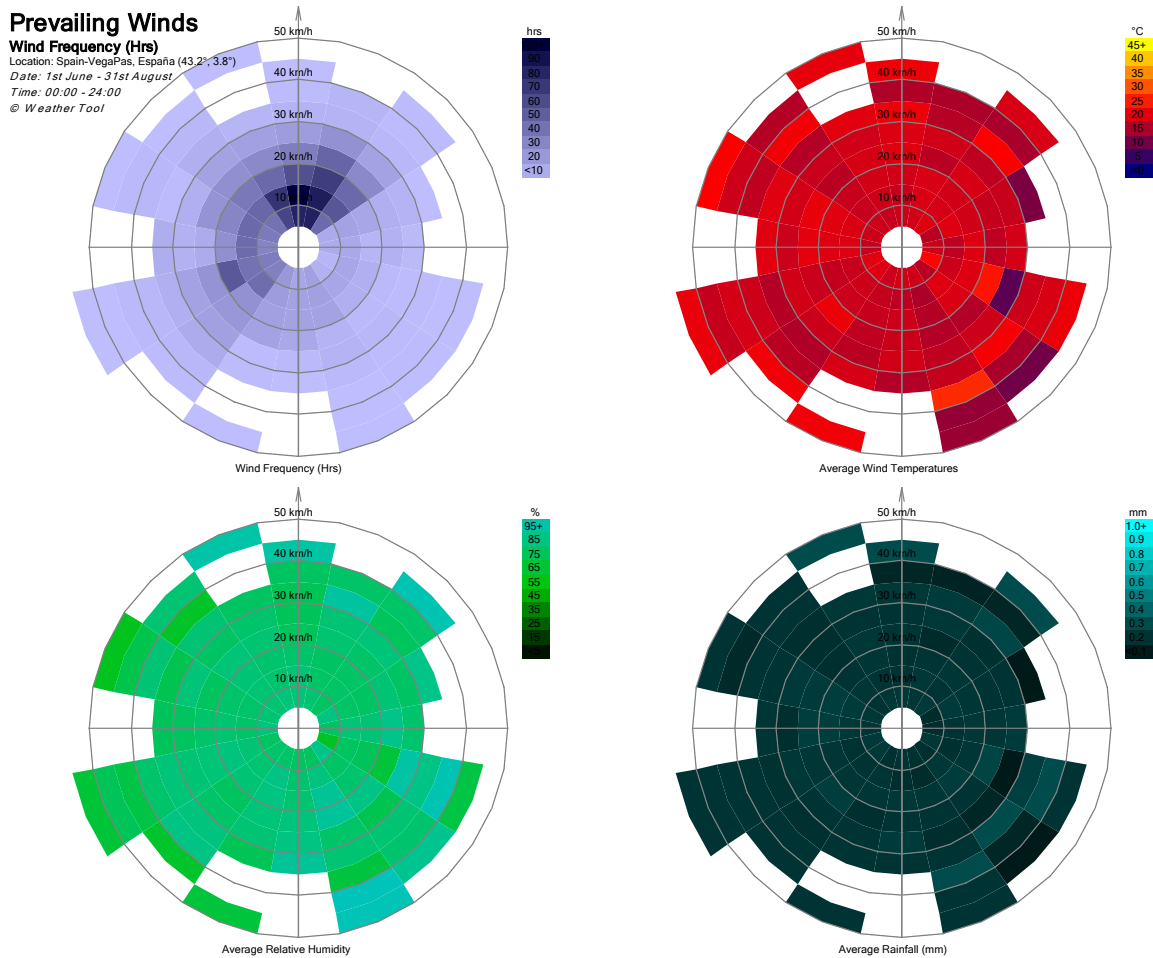


Figura 37. Análisis de viento en los meses de más temperatura, para el clima Vega de Pas.

Para ventilar lo haremos con vientos del norte con temperaturas de 15 °C y humedad del 55 %, de velocidad 10 km/h y frecuencia +101 h. Durante las mañanas se mantiene esta dirección y velocidad, al medio día y por la tarde cambia su dirección a noreste 15 ° y con frecuencia de 17 h, volviendo en la noche al norte y aumentando con frecuencia de 35 h.

Por último, se presenta este gráfico que muestra el porcentaje de horas en cada mes que se encontrarían en la zona de confort térmico, si se adoptaran las técnicas pasivas.

### Comfort Percentages

NAME: Spain-VegaPas  
 LOCATION: España  
 WEEKDAYS: 00:00 - 24:00 Hrs  
 WEEKENDS: 00:00 - 24:00 Hrs  
 POSITION: 43.2°, 3.8°  
 © Weather Tool

### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

### CLIMATE: Cfb

Moist mid-latitude climate with mild winters.  
 Marine climates found on the western coast of most continents.  
 High humidity with short dry summers. Heavy precipitation in winter.  
 Warmest month below 22°C.

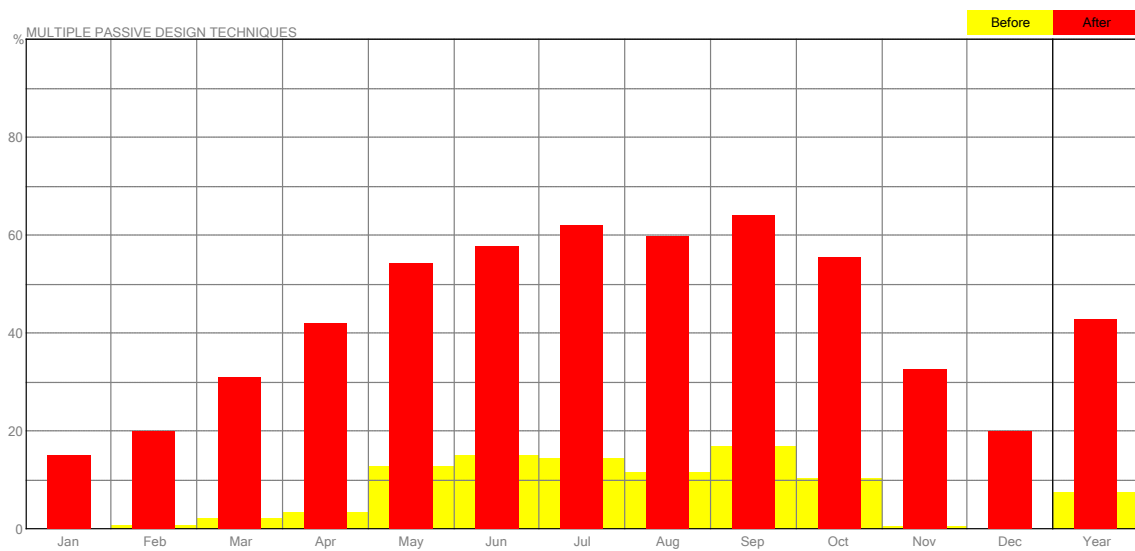


Figura 38. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima de Vega de Pas.

En conclusión, como resumen anual se puede alcanzar 42 % de horas en zona de confort que no necesitaría de climatización convencional.

### 12.1.8. Estudio del clima, Santander

Este clima es característico del entorno donde se ha desarrollado el tipo de vivienda “Casa Litoral”.

A partir de los datos de situación

**Altitud:** 15 m  
**Latitud:** 43° 28' 0''N; 43,46 °N  
**Longitud:** 3° 48' 0''O; 3,80 °O  
**Situación:** aislada  
**Zona horaria:** +1

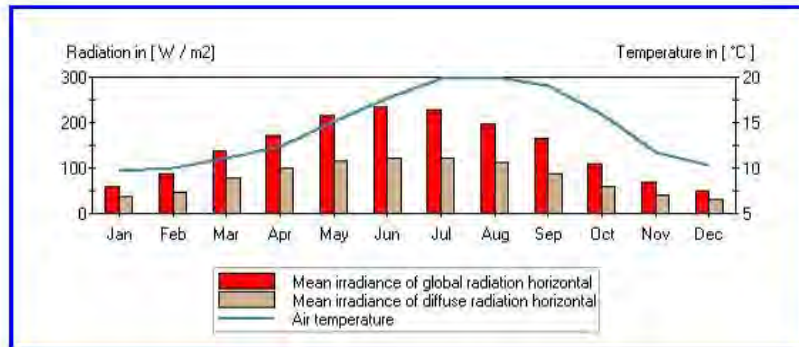
Obtenemos los siguientes datos del clima del programa METEONORM

Calculation (hour)		26. 06. 2015 / 10:40				
<b>METEONORM Version 5.1</b>						
Site:	Santander-1					
Situation:	open					
Horizon:	astronomic					
Azimuth:	0	Inclination:				0
Type	Userdefined site	Format				TMY 2
Month	<G_Gh>	<G_Bn>	<G_Dh>	Lg	Ld	N
Jan	60	67	37	6480	4477	6
Feb	87	90	48	9446	5910	6
Mar	139	118	77	15121	9384	5
Apr	173	115	100	18967	12004	6
May	217	151	116	23833	14045	5
Jun	233	160	122	25617	15013	5
Jul	228	154	121	25157	14943	5
Aug	198	135	112	21828	13821	5
Sep	166	133	88	18191	10982	5
Oct	109	103	60	11830	7467	5
Nov	69	79	40	7456	4973	5
Dec	51	66	30	5506	3742	6
Year	144	114	80	15786	9730	6
Month	Ta	Td	RH	p	DD	FF
Jan	9.7	4.9	73	1013	270	4.1
Feb	10.0	5.9	77	1013	270	3.4
Mar	11.1	6.6	74	1013	270	3.8
Apr	12.3	7.4	74	1013	270	4.4
May	15.1	10.7	76	1013	270	3.6
Jun	17.7	12.9	76	1013	270	3.5
Jul	19.8	15.4	76	1013	270	3.5
Aug	20.0	15.9	78	1013	270	3.1
Sep	19.1	13.7	73	1013	270	3.3
Oct	16.0	11.4	76	1013	270	3.3
Nov	11.7	7.3	76	1013	248	4.1
Dec	10.3	5.4	73	1013	270	4.1
Year	14.4	9.8	75	1013	266	3.7
<b>Legend:</b>						
Gh:	Mean irradiance of global radiation horizontal					
Bn:	Irradiance of beam					
Dh:	Mean irradiance of diffuse radiation horizontal					
N:	Cloud cover fraction					
Lg:	Global luminance					
Ta:	Air temperature			RH:	Relative humidity	
Td:	Dewpoint temperature			DD:	Wind direction	
FF:	Wind speed			p:	Air pressure	
Radiation in [W/m²]						
Temperature in [°C]						
Pressure in [hPa]						
Wind speed in [m/s]						

Figura 21. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Santander.

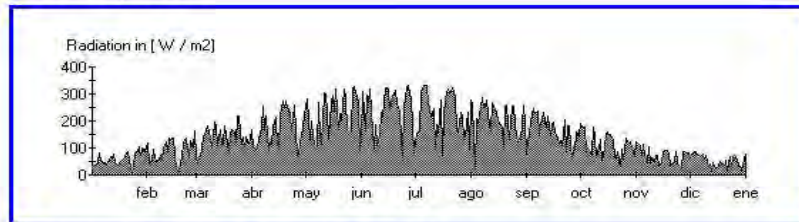
# METEONORM Version 5.1

## Santander-1



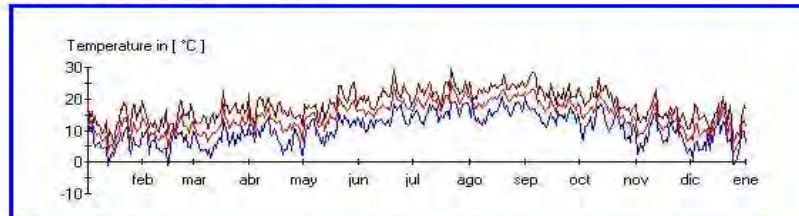
File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghm.jpg

### Daily means of global radiation



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_Ghd.jpg

### Daily values of temperature (mean, min. and max.)



File: C:\Program Files (x86)\Meteotest\MN\_51\output\Fig\_TAd.jpg

Figura 21. Datos de salida del programa Meteonorm, para el clima Santander.

A partir de los datos extraídos de METEONORM, utilizamos la herramienta “weather tool” del programa ECOTECT, para el estudio del clima.

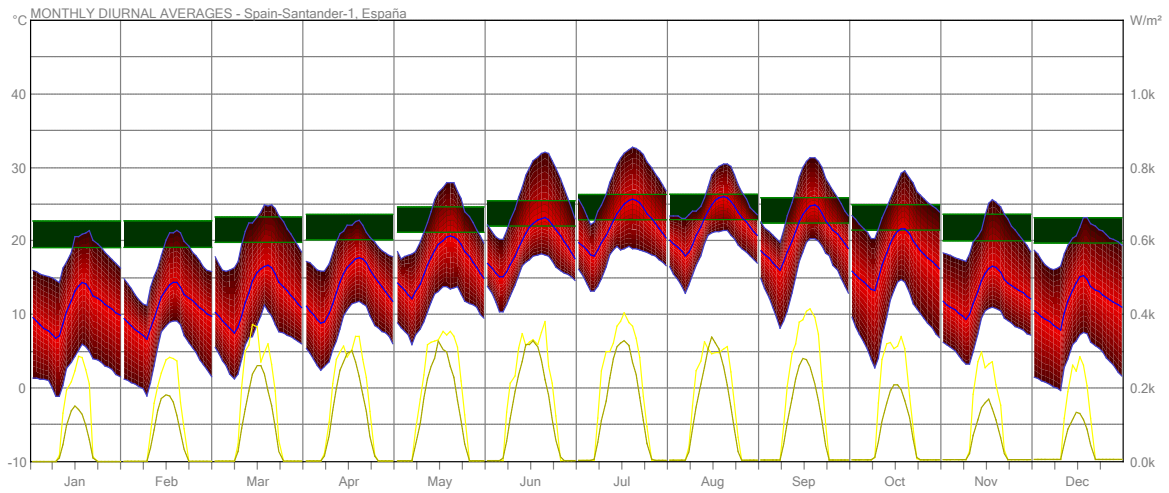


Figura 22. Temperaturas media, máxima y mínima; radiación directa e indirecta. Clima Santander.

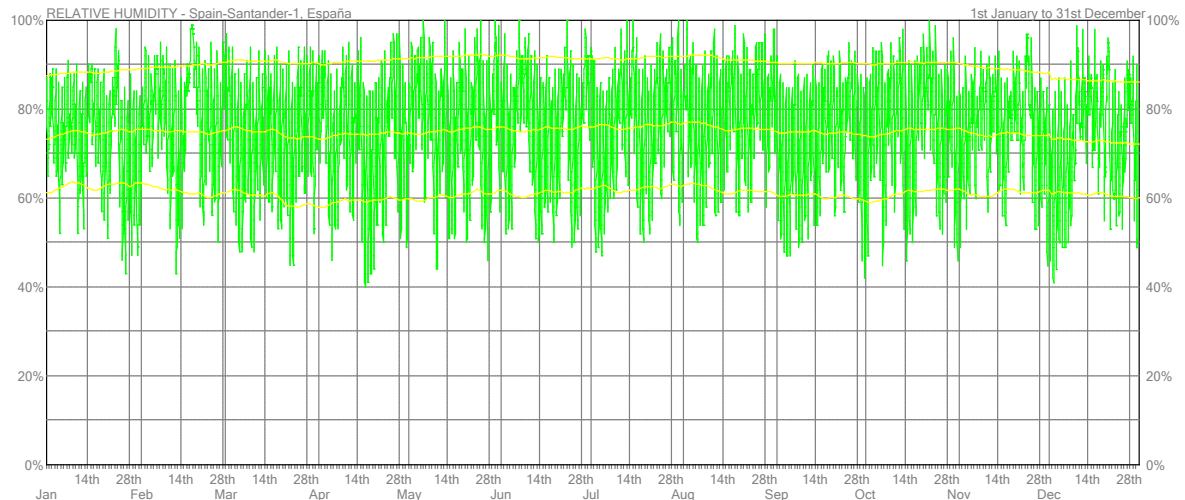


Figura 23. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Santander.

De donde destacan los siguientes datos:

1. La temperatura máxima media en todo el año oscila entre 18,2 °C (febrero) y 26,4 °C (julio).
2. La temperatura mínima media en todo el año oscila entre 0,3 °C(diciembre) y 12.2 °C (julio).
3. La humedad relativa máxima media (9 am)en todo el año oscila entre 71 % y 75 %.
4. La humedad relativa mínima media (3 pm)en todo el año oscila entre 60 % y 68 %.
5. La radiación Solar directa no crece de forma lineal según el crecimiento del día, debido a que la nubosidad va creciendo. El mes de agosto la radiación indirecta supera a la directa debido a este hecho. El mes de mayor radiación directa es septiembre con 0,43 kW/m<sup>2</sup>.

6. La radiación difusa aumenta en los meses de marzo a septiembre, no solo por el crecimiento del día, también por el aumento de nubosidad, siendo en muchos días mayor la radiación indirecta que la directa. El mes de mayor radiación indirecta es julio con  $0,32 \text{ kW/m}^2$ .

Así mismo, se obtiene el gráfico psicrométrico:

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Santander-1, España  
 Frequency: 1st January to 31st December  
 Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
 Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
 Barometric Pressure: 101.36 kPa  
 © Weather Tool

HILITE: Climate Classification

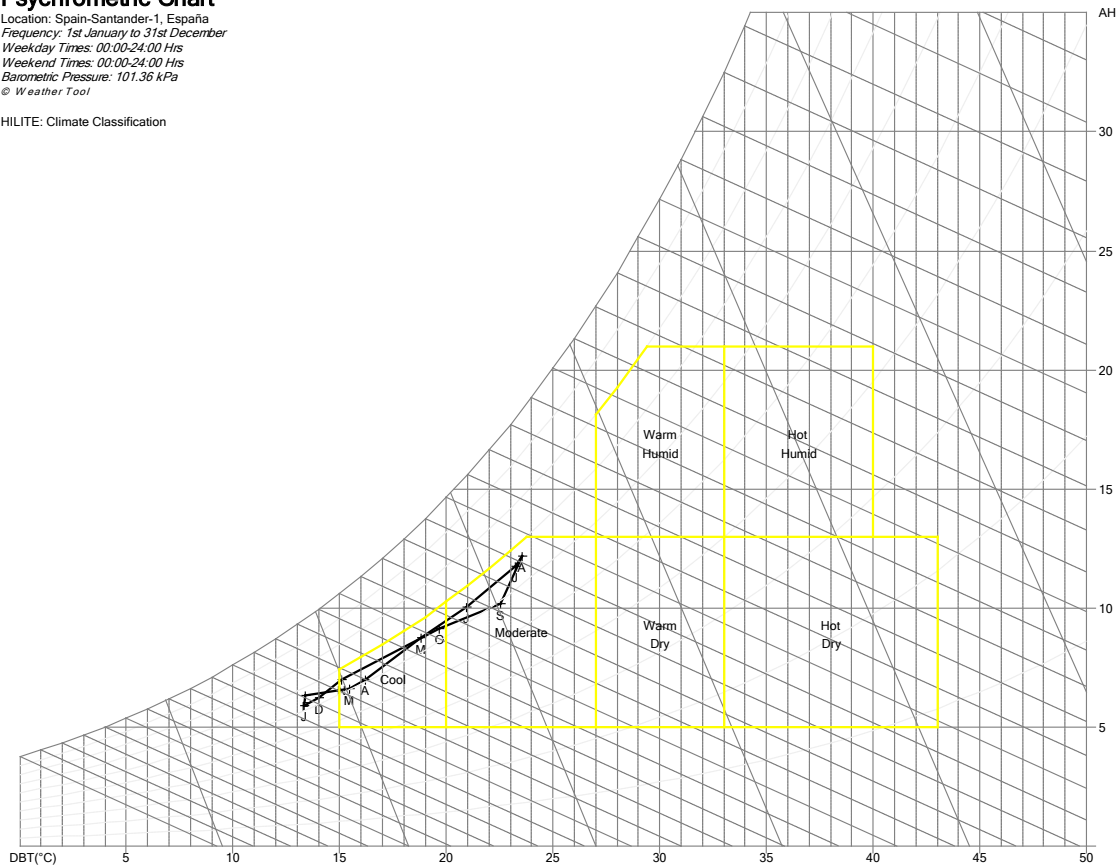


Figura 24. Clasificación del clima de Santander.

Esto nos indica que los meses de clima frío son: enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre, con temperaturas medias entre los  $9,5 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $12,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Los meses de clima moderado son: mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, con temperaturas entre los  $15,1 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

En cuanto a la lectura de los gráficos de los días extremos se tiene:

El día más caluroso del año es en el mes de julio.

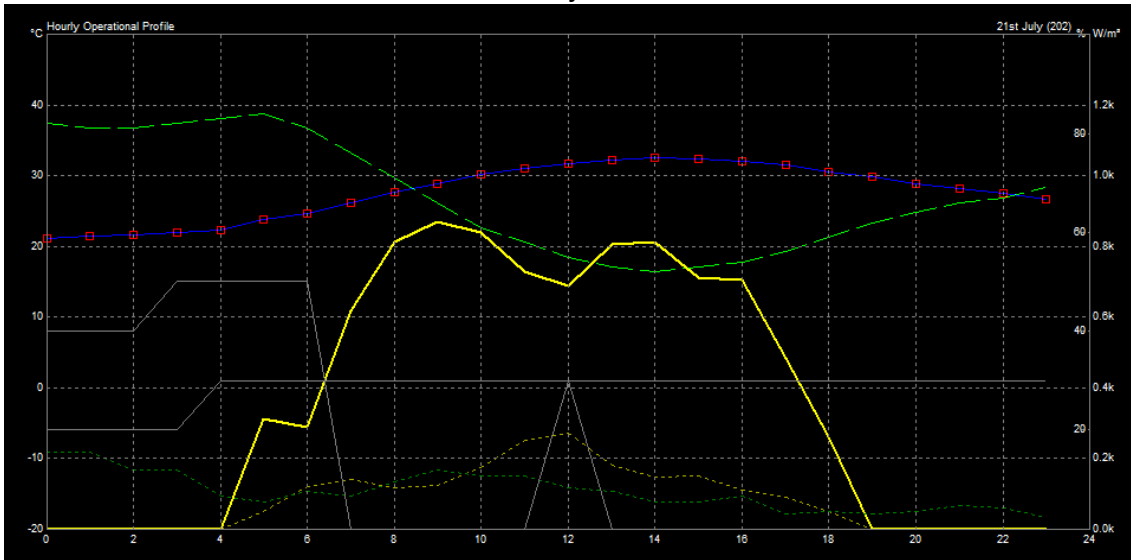


Figura 25. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, para el clima Santander.

El día es cálido con algo de nubosidad hasta las 6:00 h pero que se despeja debido a los suaves y constantes vientos. Esto permite que la radiación solar que inicia su ascenso a las 4:00 h, llegue a su máximo, con  $0'65 \text{ kW/m}^2$ , a las 9:00 h y se mantenga hasta las 16:00 h, donde inicia su descenso. La temperatura oscila entre  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  y los  $32 \text{ }^\circ\text{C}$  a las 14:00 h. La humedad relativa es del 40 % al inicio del día y baja hasta el 15 % a las 14:00 h. Puede aparecer alguna nube en el transcurso del medio día.

El día más frío de todo el año es en el mes de febrero.

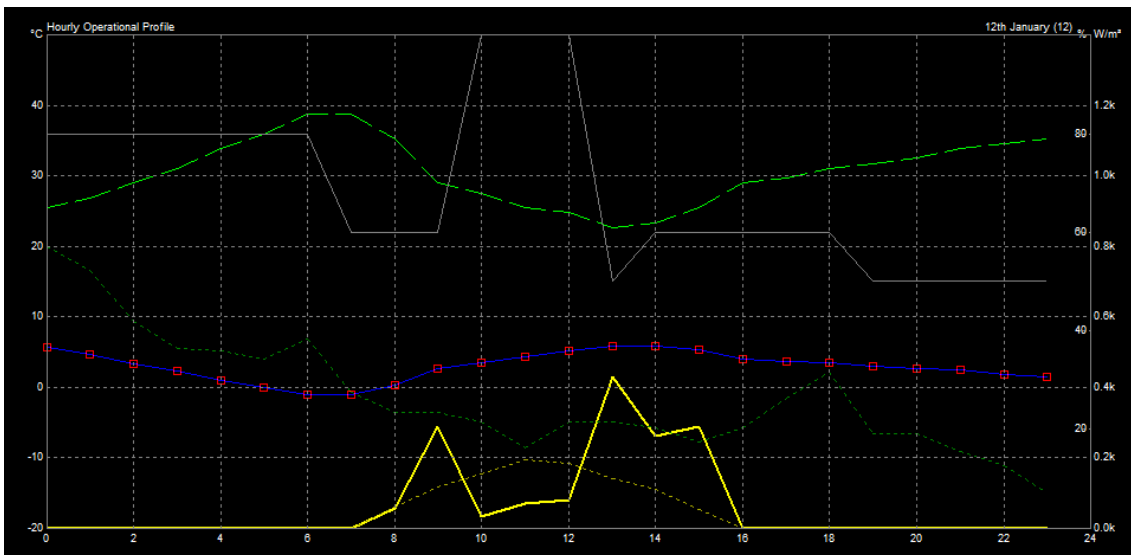


Figura 26. Condiciones climáticas del día más frío del año, para el clima Santander.

El día amanece nublado. Clarea en el transcurso, aunque no llega a despejar, a pesar del continuo viento. La radiación solar, concentrada entre las 7:00 h y las 16:00 h, apenas alcanza los  $0'30 \text{ kW/m}^2$ . La humedad se mantiene entre el 35 % y el 40 %, mientras que la temperatura oscila entre los  $-2 \text{ }^\circ\text{C}$  a las 5:00 h y los  $+8 \text{ }^\circ\text{C}$  a las 14:00 h.

A partir de los datos estudiados anteriormente, y situándolos sobre el diagrama psicrométrico se obtiene las estrategias pasivas que se deberían adoptar en el espacio arquitectónico.

### Psychrometric Chart

Location: Spain-Santander-1, España  
Data Points: 1st January to 31st December  
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
Barometric Pressure: 101.36 kPa  
© Weather Tool

#### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

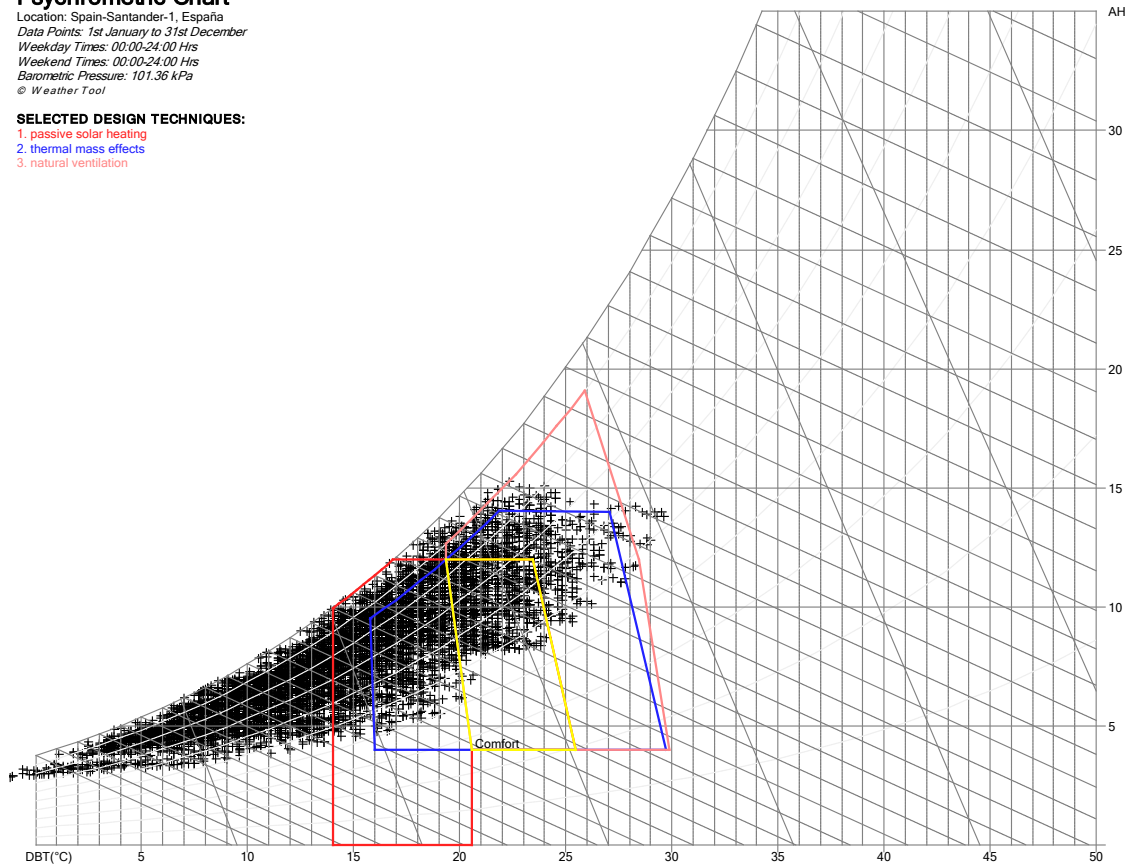


Figura 27. Estrategias bioclimáticas, para el clima Santander.

Por tanto, las estrategias pasivas serán las siguientes:

1. Calentamiento solar pasivo durante los meses fríos.
2. Masa térmica que permita una acumulación de calor y amortiguación de la temperatura exterior, tanto los meses fríos como los cálidos.
3. Sombreamiento de la envolvente durante los meses cálidos.

En momentos puntuales se puede optar por la ventilación natural como estrategia pasiva, en horas punta del día para eliminar el calor interior y bajar la humedad relativa y la sensación de calor.

Por otro lado, se estudian los vientos en los meses más cálidos donde es necesario para ser adoptada la estrategia pasiva de ventilación natural.

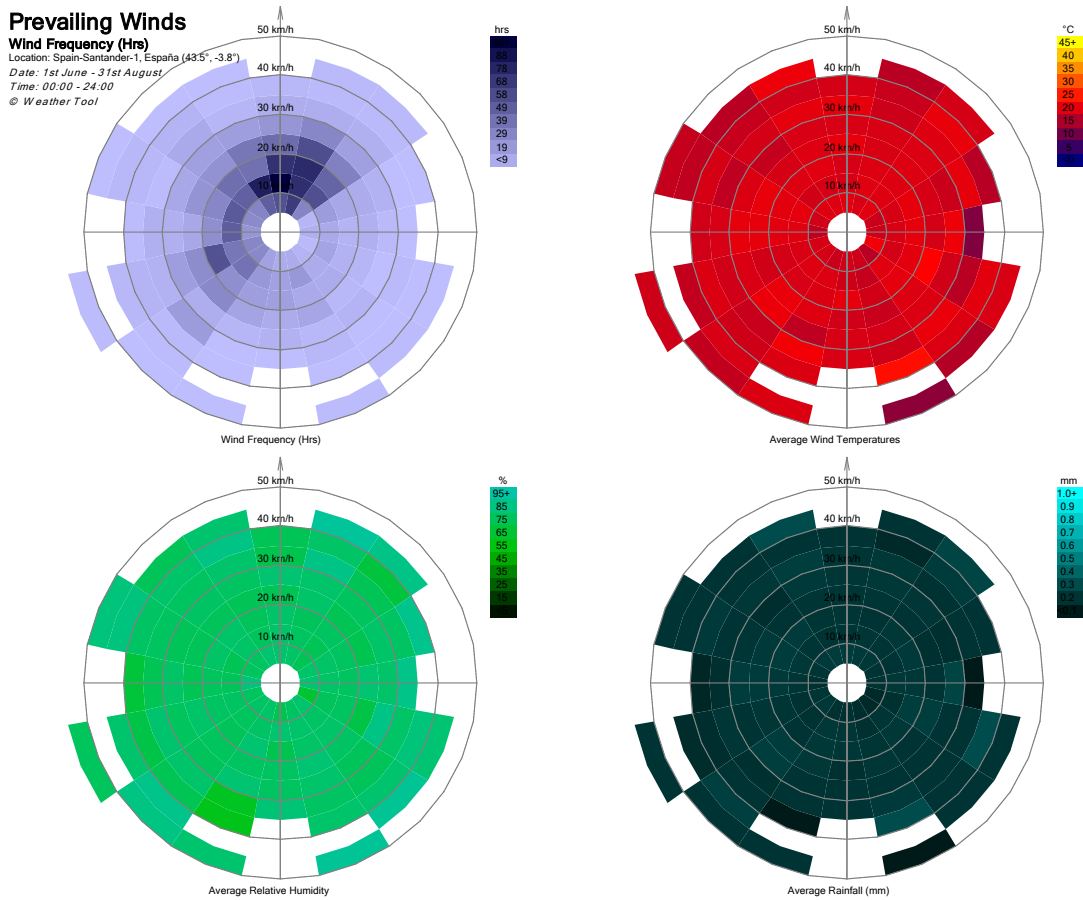


Figura 28. Análisis de viento en los meses de más temperatura, para el clima Santander.

Para ventilar lo haremos con vientos del norte con temperaturas de 15 °C y humedad del 55 %, de velocidad 10 km/h y frecuencia +98 h. Durante las mañanas se mantiene esta dirección y velocidad, disminuye al medio día y por la tarde cambia su dirección a noroeste 15 °, volviendo en la noche al norte y aumentando su frecuencia.

Por último, se presenta este gráfico que muestra el porcentaje de horas en cada mes que se encontrarían en la zona de confort térmico, si se adoptaran las técnicas pasivas.

**Comfort Percentages**

NAME: **Spain-Santander-1**  
 LOCATION: **España**  
 WEEKDAYS: **00:00 - 24:00 Hrs**  
 WEEKENDS: **00:00 - 24:00 Hrs**  
 POSITION: **43.5°, -3.8°**  
 © Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation

CLIMATE: **Cfb**

*Moist mid-latitude climate with mild winters.  
 Marine climates found on the western coast of most continents.  
 High humidity with short dry summers. Heavy precipitation in winter.  
 Warmest month below 22°C.*

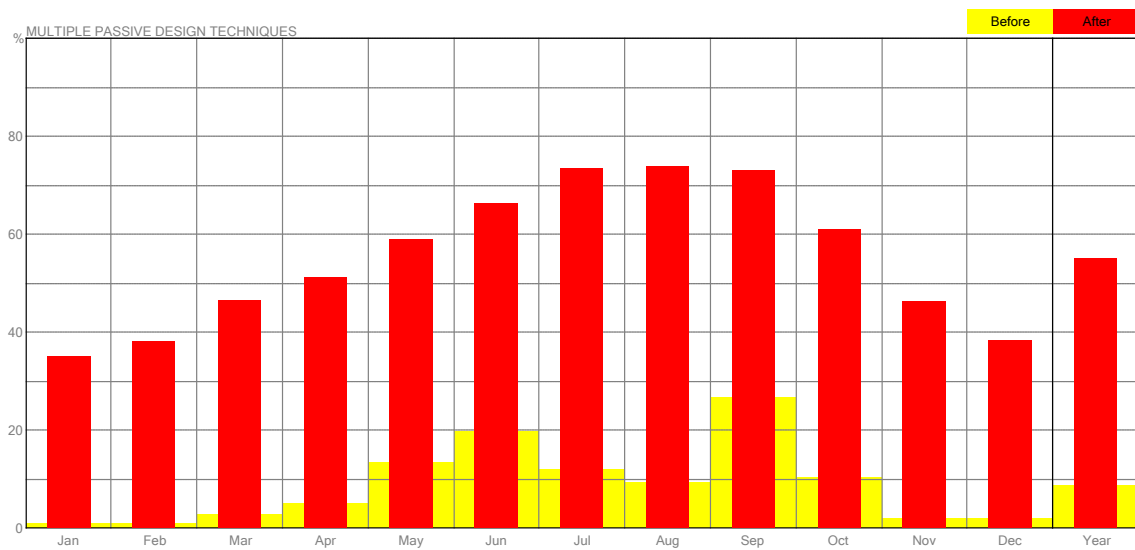


Figura 29. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima de Santander.

En conclusión, como resumen anual se puede alcanzar 55 % de horas en zona de confort que no necesitaría de climatización convencional.

## 12.2. Simulación energética de los endemismos arquitectónicos en Cantabria.

La simulación energética es un procedimiento para obtener la demanda energética del espacio arquitectónico, en cuanto a la calefacción, refrigeración, e iluminación.

Tras la definición de los tipos de viviendas popular de Cantabria y haber seleccionado unas ubicaciones concretas, se han estudiado los climas que son la base de la simulación energética.

Los pasos que se han seguido para las simulaciones son los siguientes:

1. Se utiliza un entorno BIM, con el objeto de introducir desde el principio cada elemento constructivo y sus características térmicas. En este caso se ha utilizado el programa Revit, para la representación y dibujo de la vivienda.

2. Se importa desde Revit con un plugin directamente, sin pasar por el archivo de extensión gbXML. Para ello se prepara el modelo analítico desde Revit, definiendo cada uno de los espacios y su volumen. La importación es perfecta si se trabaja de forma limpia en el modelo BIM.

3. Se ha importado el modelo BIM al programa de simulación Design Builder. Se optó por este programa, y no por continuar con el Ecotect, porque se considera que el apartado de ventilación natural es más idóneo y exacto, pudiendo trabajar con más variables, lo que permite ajustarse más a la realidad.

4. El modelo se abre con el Design Builder y se comprueba la geometría y plantilla de materiales importada.

5. Se convierte el archivo climático de Ecotect, que se creó con el Meteonorm, a formato Energy Plus. El Design Builder, al igual que otros programas de simulación, utiliza el motor del Energy Plus, por lo que sus archivos de tiempo se componen de cuatro extensiones:

- \*.epw, con los datos horarios de temperatura, humedad, radiación, viento, precipitación...
- \*.stat, que es un resumen estadístico del epw
- \*.ddy, donde están los datos geográficos
- \*.audit, donde se detectan los puntos singulares del clima.

6. Se realizan las plantillas donde se refleja el modo de vida y uso de la vivienda. A cada espacio se le asigna su plantilla correspondiente. En las plantillas se refleja la densidad de uso, la carga, la fracción latente de carga, la vestimenta... En el espacio de la cuadra dicha plantilla refleja un uso no humano por lo que los valores son 0, pero se ha introducido la carga, tanto sensible como latente, de los animales. En este tipo de viviendas este valor es fundamental, ya que es su calefacción y era una de las razones por la que convivieron con ellos y luego construyeron su casa encima.

7. Debido a que no tienen energía convencional, el estudio energético se centra en la ventilación natural y radiación del calor generado por los animales. La plantilla desarrollada para esta ventilación se ha creado estudiando previamente el clima y cuándo es favorable, cuando los usuarios de la vivienda abrirían las puertas y ventanas, y dejarían escapar el calor de los animales.

8. Introducidos los valores se realiza la simulación de la “Ventilación Natural Calculada” y el CFD (Computational Fluid Dynamics), en el Design Builder.

### 12.2.1. Simulación energética de la Casa Montañesa

Se ha tomado como referencia una vivienda tipo de Cabuérniga. En la figura 131 se puede ver la distribución de la planta primera.

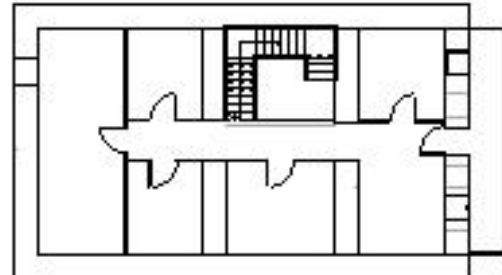


Figura 131. Planta de la Casa Montañesa.

Los materiales constructivos utilizados en la envolvente e interior de la vivienda son:

La estructura está formada por muros de carga laterales y vigas y pilares de madera. Las vigas del piso alto y alero apoyan en los muros laterales y en dos o tres pies derechos de madera de castaño con zapatas. Entre las vigas se tiende un forjado de viguetas de madera, donde se apoyan las tablas que hacen el suelo. El piso de planta baja es de losas o encachado. Los muros laterales son de piedra, armados en mampostería, vistos o encalados, llamados paravientos o cortafuegos.

Los muros cortafuegos se elevan con la forma e inclinación de la cubierta, sobre estos se apoyan las vigas de madera, formando la cubierta. Si hay mucha luz entre los muros cortafuegos se apean sobre pie derecho de madera con zapata, sobre las vigas inferiores. La cubierta es de teja curva y en los extremos se colocan piedras rodadas para aumentar el peso. Corona la cubierta una chimenea prismática ensanchada en su parte superior. La fachada principal es un tabique de ladrillo guarnecido y blanqueado.

El interior de la vivienda es de piso de madera con muros interiores blanqueados y techos bajos de vigas de madera al descubierto.

Material	Conductividad térmica W/m K	Calor específico J/g K	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Emisividad	Permeabilidad mg/Pa s m <sup>2</sup>
Teja cerámica	1,047	0,84	2.000	0,94	6,51
Madera de roble	0,23	1,61	800	0,91	3,904
Mortero de cal	1,80	1,10	2.100	0,94	19,52
Ladrillo	0,87	0,84	1.800	0,85	19,52



Figura 132. Casa Montañesa, soleamiento el 21 de diciembre y 21 de junio a las 13:00h.

A continuación se reflejan en la tabla las características de la envolvente:

	Elemento	Reflectancia	Transmitancia (U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
P.PRIMERA:DORMITORIO1_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:DORMITORIO1_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:DORMITORIO1_EXTFLOOR_0_1_0	Suelo	0.30	0.251	0.00	180.00	
P.PRIMERA:SALON_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:SALON_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:SALON_EXTFLOOR_0_2_0	Suelo	0.30	0.251	0.00	180.00	
P.PRIMERA:COCINA_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:DORMITORIO3_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:DORMITORIO2_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:PAJAR_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal +paja	0.40	0.129	90.00	90.00	E

P.PRIMERA:PAJAR_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal +paja	0.40	0.129	0.00	90.00	N
P.PRIMERA:PAJAR_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal +paja	0.40	0.129	270.00	90.00	W
P.BAJA:COCINA MATAR_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
P.BAJA:COCINA MATAR_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S
P.BAJA:COCINA MATAR_GROUND FLOOR_0_0_0	Suelo	0.40	0.890	0.00	180.00	
P.BAJA:VESTÍBULO_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
P.BAJA:VESTÍBULO_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:VESTÍBULO2_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
P.BAJA:VESTÍBULO_GROUND FLOOR_0_0_0	Suelo (0.5m)	0.40	0.890	0.00	180.00	
P.BAJA:CUADRA_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
P.BAJA:CUADRA_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	0.00	90.00	N
P.BAJA:CUADRA_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
P.BAJA:CUADRA_GROUND FLOOR_0_0_0	Suelo (0.5m)	0.40	0.890	0.00	180.00	
BAJOCUBIERTA_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W

BAJOCUBIERTA_W ALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
BAJOCUBIERTA_RO OF_1_0_0	Cubierta teja	0.30	2.258	180.00	12.68	
BAJOCUBIERTA_RO OF_4_0_0	Cubierta teja	0.30	2.258	0.00	12.68	

Las características de las puertas exteriores serían:

	Construcción	Transmitancia (U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Área [m <sup>2</sup> ]
P.PRIMERA:SALÓN_WALL_5_0_0_1_0_1_DOOR	PUERTA DE OAK	2.995	1.39
P.PRIMERA:PAJAR_WALL_3_0_0_0_0_0_DOOR	PUERTA DE OAK	2.995	1.40
P.BAJA:COCINA_MATAR_WALL_5_0_0_0_0_0_DOOR	PUERTA DE OAK	2.995	2.74
P.BAJA:VESTÍBULO_WALL_5_0_0_0_0_0_DOOR	PUERTA DE OAK	2.995	1.64
P.BAJA:CUADRA_WALL_3_0_0_1_0_1_DOOR	PUERTA DE OAK	2.995	1.62

Las características del resto de los huecos exteriores serían:

	Área vidrio [m <sup>2</sup> ]	Área marco [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia (U) vidrio [W/m <sup>2</sup> -K]	Coefficiente SHGC vidrio	Transmitancia vidrio	Transmitancia (U) marco [W/m <sup>2</sup> -K]	Control sombra	Azimuth [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
P.PRIMERA:DORMITORIO1_WALL_5_0_0_0_0_0_0_WIN	0.79	0.15	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:SALÓN_WALL_5_0_0_0_0_0_0_WIN	0.83	0.16	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
P.BAJA:CUADRA_WALL_3_0_0_0_0_0_0_WIN	0.56	0.13	1.960	0.691	0.744	9.500	No	0.00	90.00	N
Total			1.960	0.691	0.744					

Se importa el modelo BIM al Design Builder, donde se introducen las plantillas, las consignas de actuación (abrir y cerrar ventanas, cortinas...) y se realiza la simulación energética.

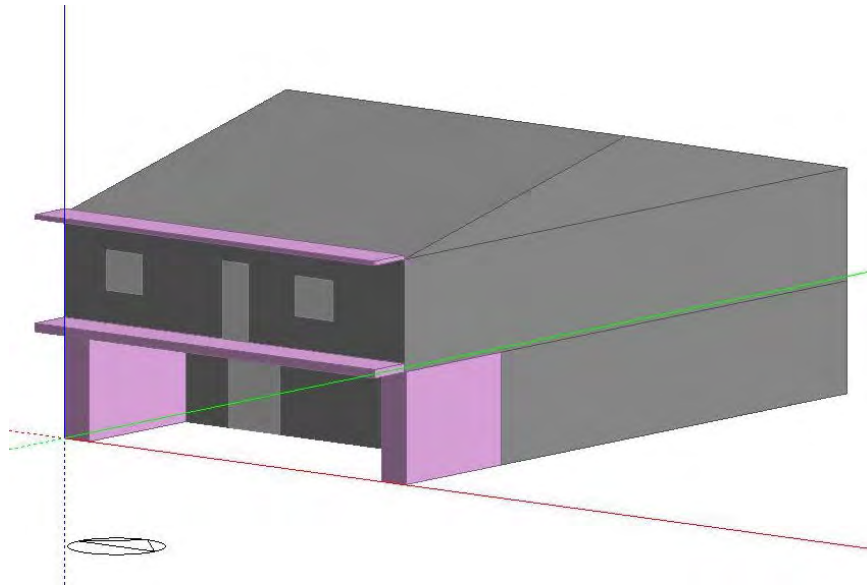
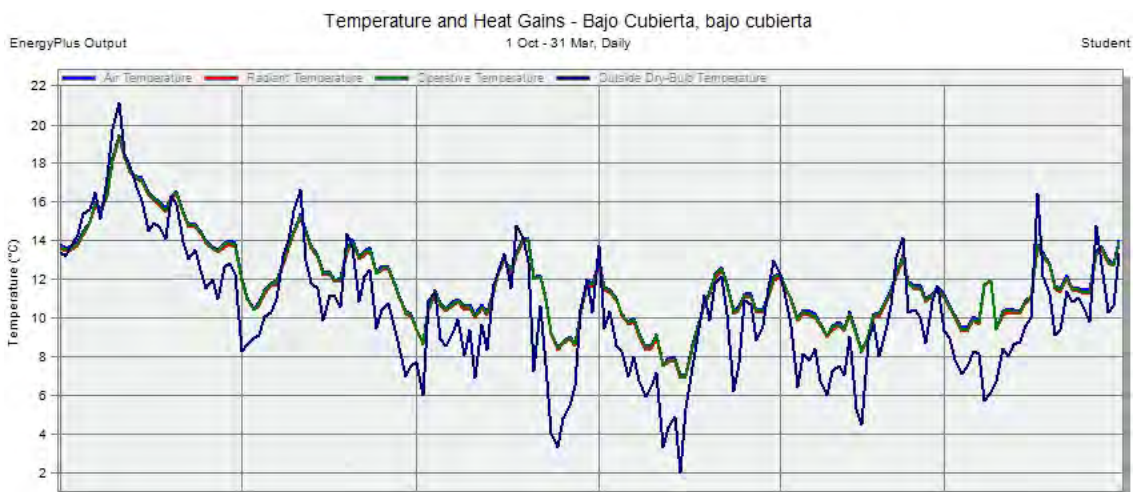


Figura 133. Modelo de tipología casa Montañesa introducido en el Design Builder.

La simulación se realiza en dos fases, un primer período donde el clima es más frío, de octubre a marzo, y otro segundo período donde el clima es más cálido, de abril a septiembre.

Dentro de estos dos períodos, se estudia que ocurre con el espacio de planta baja, generador de calor, el espacio bajo cubierta, donde funciona como espacio de amortiguación con el exterior, y el espacio vividero de planta primera. Se dividen los estudios para comprender cómo el calor se transmite en período frío y cómo es disipado en período de calor.

### 11.2.1.1 Simulación en el intervalo de octubre a marzo



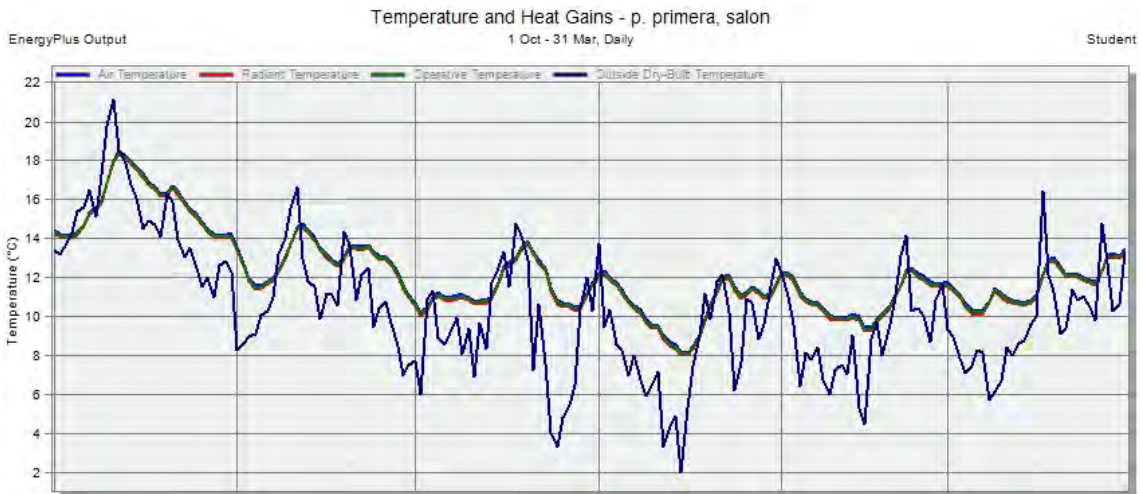


Figura 134. Gráfico temperatura en período octubre-marzo en el bajo cubierta y el salón (1ª planta).

En los dos gráficos anteriores, figura 134, se aprecia como en el bajo cubierta, espacio cerrado pero sin aislar, la temperatura se ve afectada de manera directa en función de la temperatura exterior y sigue las mismas fluctuaciones, sin tiempo de retardo. En la primera planta la temperatura interior oscila en un rango entre 9,61 °C y 16,93 °C, cuando la temperatura exterior oscila entre 4,10 °C y 14,91 °C

Temperature and Heat Gains - p. primera, salon										
EnergyPlus Output										
1 Oct - 31 Mar, Daily										
Student										
Day										
Air Temperature	16.93	12.00	13.58	10.95	11.51	9.61	11.54	10.11	11.48	12.99
Radiant Temperature	16.77	11.82	13.47	10.79	11.34	9.43	11.39	9.96	11.32	12.84
Operative Temperature	16.85	11.91	13.53	10.87	11.43	9.52	11.46	10.04	11.40	12.91
Outside Dry-Bulb Temperature	14.91	8.95	13.68	9.18	4.10	6.45	10.72	9.08	8.96	11.23
Glazing	-0.15	-0.19	-0.07	-0.12	-0.20	-0.13	-0.07	-0.11	-0.14	-0.15
Walls	-3.45	-4.95	-4.19	-4.60	-3.58	-4.99	-4.80	-4.98	-4.40	-3.06
Ceilings (int)	-1.03	-2.10	0.49	-0.35	-3.03	-1.56	-0.55	0.14	-1.23	-0.20
Floors (int)	0.96	1.30	1.13	1.33	1.34	1.41	1.21	1.39	1.31	1.20
Partitions (int)	3.17	5.01	2.00	3.20	4.97	4.35	2.74	3.21	3.49	1.78
Floors (ext)	-0.48	-0.72	-0.22	-0.41	-0.79	-0.55	-0.48	-0.32	-0.57	-0.42
Internal Natural vent.	-0.00	-0.00	-0.01	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00
External Air	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
General Lighting	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Occupancy	0.23	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Solar Gains Exterior Windows	0.35	0.99	0.25	0.34	0.62	0.84	1.32	0.07	0.90	0.21

Figura 135. Tabla de datos de temperaturas y ganancias en el salón, para el período de octubre a marzo.

Las ganancias alcanzan el máximo de 7,41 °C, en el intervalo quinto, donde la temperatura exterior es de 4,10 °C y la temperatura interior del salón es de 11,51 °C.

Esta mejoría no es solo producida por el espacio de bajo cubierta que sirve como elemento amortiguador o por la buena orientación de la vivienda hacia el sur, ya que las ganancias solares a través de las ventanas es escasa, entre 0,07 y 1,32 kWh. En la figura 136 se observa cómo las ganancias mayores las tenemos a través de la partición interior, hasta 5,01 kWh. A través del forjado las ganancias son muy pequeñas, ya que parte del salón se encuentra sobre el estragal, con pérdidas de hasta -0,79 kWh, y la otra parte sobre el vestíbulo de entrada, con ganancias máximas de 1,41 kWh, donde se ubica la escalera vertical de comunicación.

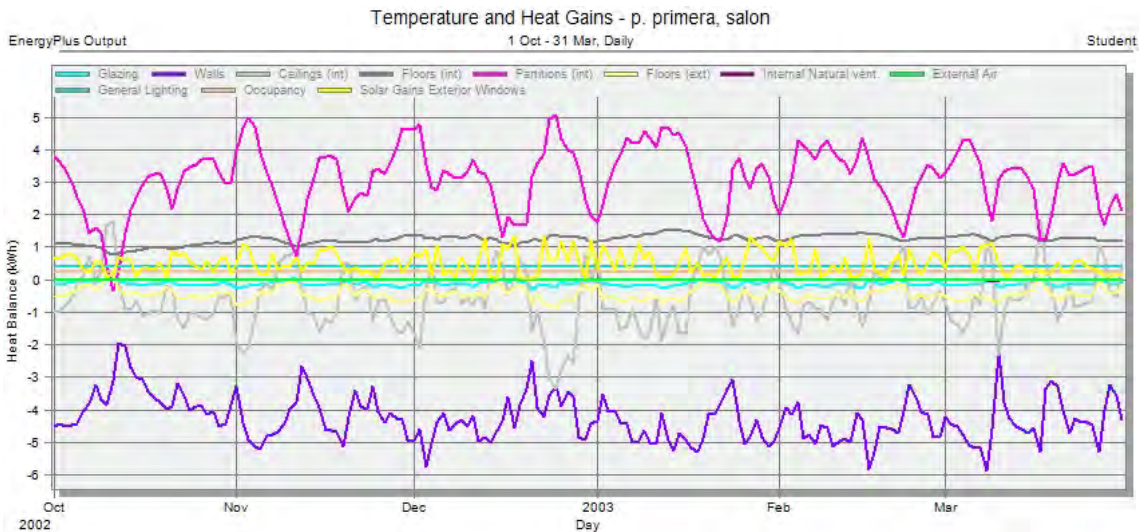


Figura 136. Gráfico ganancias y pérdidas en el salón, para el período octubre-marzo.

Por consiguiente, el salón es calentado por el vestíbulo, espacio vertical de doble altura contiguo con la cuadra. La cuadra debido a la ocupación de los animales es la fuente de calor de la vivienda, además de la cocina de matanza, situada también en planta baja.

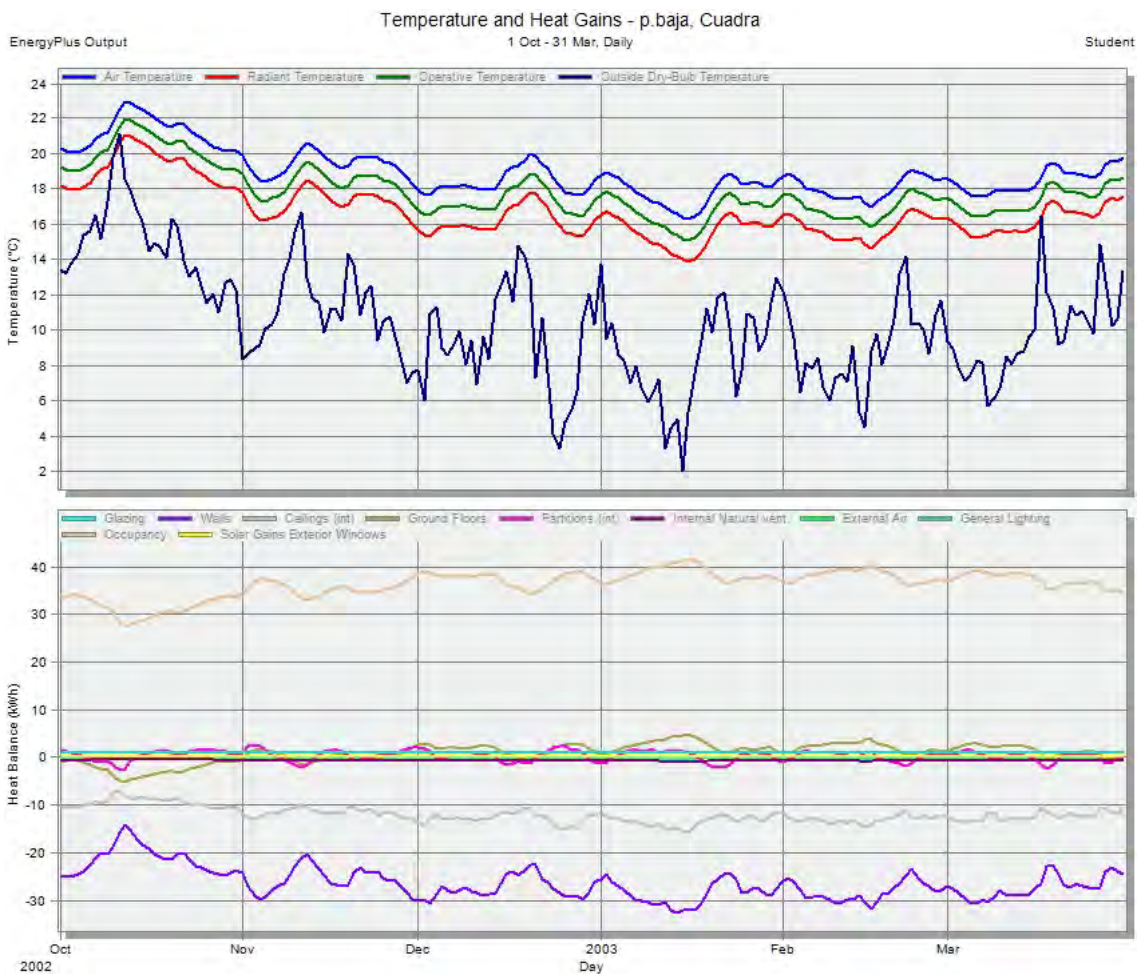


Figura 137. Gráfico de temperaturas, ganancias y pérdidas en la cuadra de planta baja.

La figura 137 muestra que las ganancias por ocupación de la cuadra, asciende a 39,84 kWh, transmitiendo al vestíbulo 2,20 kWh, de los cuales 1,41 kWh llegan al salón.

Temperature and Heat Gains - p. baja, Cuadra										
EnergyPlus Output	1 Oct - 31 Mar, Daily									
Day										
Air Temperature	21.99	18.75	19.69	18.06	18.60	17.19	18.37	17.48	18.42	19.47
Radiant Temperature	20.04	16.52	17.55	15.79	16.35	14.85	16.11	15.16	16.16	17.31
Operative Temperature	21.01	17.63	18.62	16.93	17.47	16.02	17.24	16.32	17.29	18.39
Outside Dry-Bulb Temperature	14.91	8.95	13.68	9.18	4.10	6.45	10.72	9.08	8.96	11.23
Glazing	-0.26	-0.38	-0.22	-0.30	-0.35	-0.34	-0.31	-0.29	-0.34	-0.29
Walls	-20.34	-28.97	-24.22	-28.43	-27.74	-30.85	-27.43	-29.98	-27.52	-22.93
Ceilings (int)	-8.90	-12.99	-10.29	-12.85	-14.26	-14.54	-12.53	-12.93	-13.25	-11.84
Ground Floors	-3.38	1.55	-0.60	2.11	1.80	3.49	1.55	2.82	1.76	0.01
Partitions (int)	1.35	2.67	-0.66	0.28	2.20	1.39	0.10	0.17	0.68	-1.49
Internal Natural vent.	-0.48	-0.70	-0.63	-0.78	-0.76	-0.84	-0.76	-0.81	-0.76	-0.72
External Air	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
General Lighting	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
Occupancy	29.81	36.83	34.67	38.09	37.14	39.84	37.47	39.20	37.45	35.25
Solar Gains Exterior Windows	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.10	0.10

Figura 138. Tabla de datos de temperaturas, ganancias y pérdidas de la cuadra de planta baja.

Donde se transmite más este calor es a través del techo, 14,54 kWh, calentando los dormitorios 1, 2 y 3.

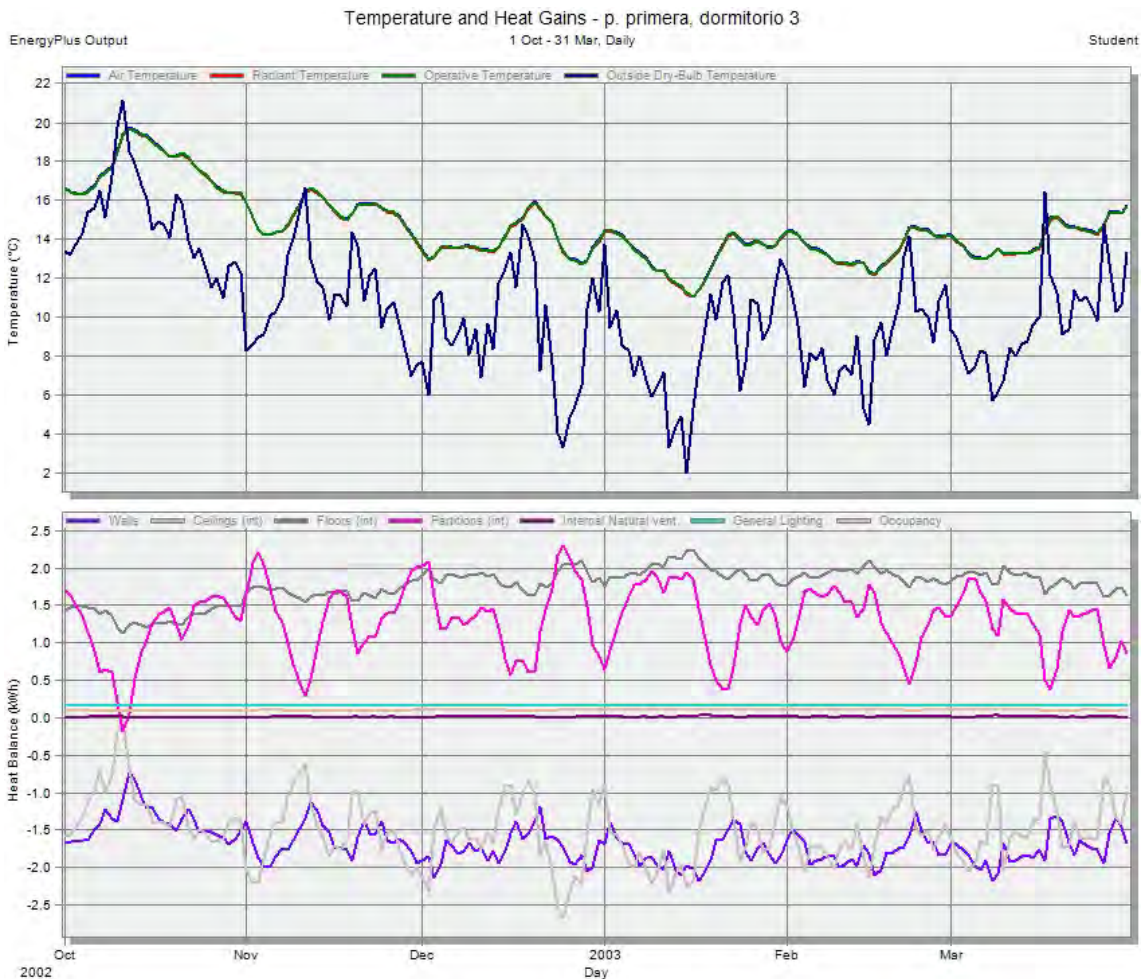


Figura 139. Gráfico de temperaturas, ganancias y pérdidas en el dormitorio 3

El dormitorio 3, espacio interior de planta primera, tiene ganancias de la cuadra a través del forjado, máximo 2,06 kWh y del vestíbulo, máximo 2,21 kWh.

Temperature and Heat Gains - p. primera, dormitorio 3

1 Oct - 31 Mar, Daily

EnergyPlus Output	Day									
Air Temperature	18.76	14.52	15.82	13.57	14.02	12.37	13.95	12.90	13.96	15.21
Radiant Temperature	18.72	14.49	15.75	13.52	14.00	12.34	13.89	12.85	13.91	15.14
Operative Temperature	18.74	14.51	15.79	13.55	14.01	12.36	13.92	12.88	13.93	15.17
Outside Dry-Bulb Temperature	14.91	8.95	13.68	9.18	4.10	6.45	10.72	9.08	8.96	11.23
Walls	-1.34	-1.87	-1.60	-1.83	-1.64	-1.96	-1.74	-1.98	-1.69	-1.31
Ceilings (int)	-1.41	-2.20	-0.97	-1.53	-2.55	-2.09	-1.48	-1.41	-1.80	-1.25
Floors (int)	1.25	1.76	1.56	1.88	1.96	2.06	1.85	1.92	1.88	1.79
Partitions (int)	1.39	2.21	0.87	1.34	2.18	1.89	1.24	1.34	1.49	0.64
Internal Natural vent.	-0.00	-0.01	0.01	0.01	-0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
General Lighting	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Occupancy	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Figura 140. Tabla de datos de temperaturas, ganancias y pérdidas del dormitorio 3.

También se puede deducir de la simulación, figura 140, que se tienen ganancias a través de las particiones interiores, lo que indica que el espacio trasero situado al norte, el pajar, es un espacio aislante, a través del cual no se tienen pérdidas. En el pajar se puede ver este hecho, figura 141, donde las pérdidas y ganancias debidas a la partición son en torno a 0,34 kWh y -0,33 kWh, respectivamente.

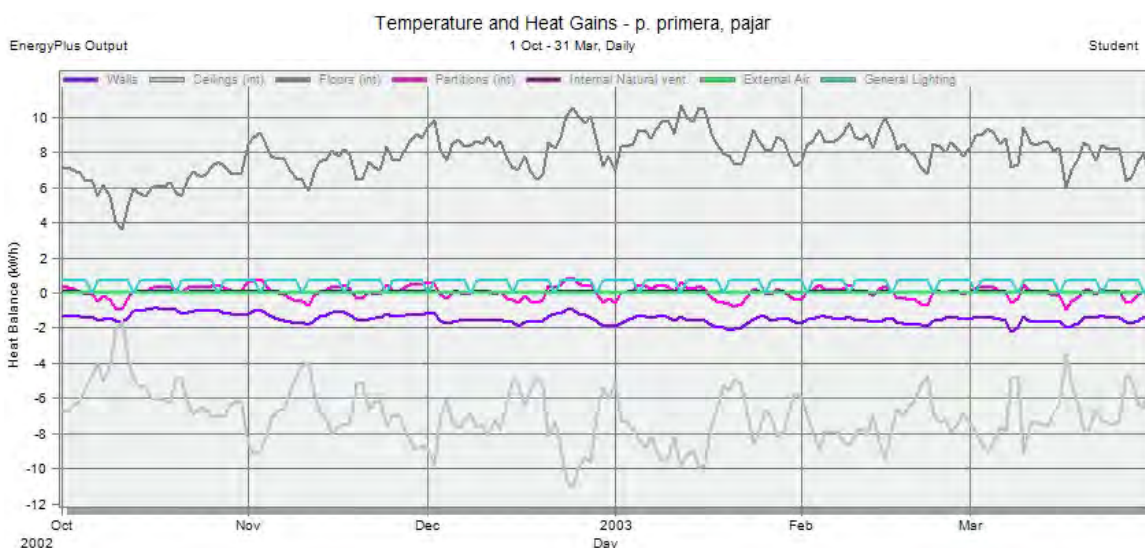


Figura 141. Gráfico de ganancias y pérdidas en el pajar

Lo que se consigue es que en los dormitorios se alcance una temperatura entre 12,90 °C y 18,76 °C. En el intervalo quinto, con temperatura exterior de 4,10 °C, en el interior se alcanza una temperatura de 14,02 °C, lo que supone 9,92 °C de calentamiento.

A modo de conclusión, las ganancias de calor en las zonas vivideras son:

- A través del forjado, siendo 0,96-1,41 kWh en el salón y 1.25-2,06 kWh en los dormitorios.
- A través de la partición del vestíbulo de doble altura, 2-5,01 kWh en el salón y 0,87 - 2,21 kWh en los dormitorios.
- Ganancias solares por las ventanas, 0,21 kWh en el salón y dormitorio 1, y 0 en los dormitorios 2 y 3.

**La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Montañesa es de 7,59 kWh/m<sup>2</sup>.**

### 12.2.1.2. Simulación en el intervalo de abril a septiembre

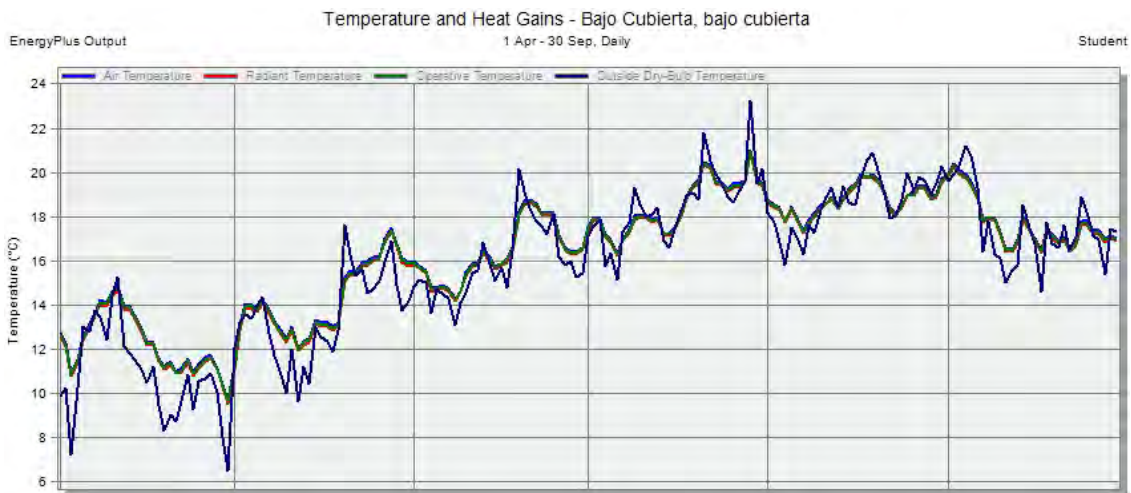


Figura 142. Gráfico temperatura en período abril-septiembre en el bajo cubierta

El espacio bajo cubierta no tiene hueco o abertura y no se produce una ventilación natural, a pesar de que sería aconsejable en ciertos momentos del día donde las condiciones exteriores sobrepasan la temperatura de confort. La temperatura fluctúa al tiempo que la exterior, con un aislamiento mínimo.

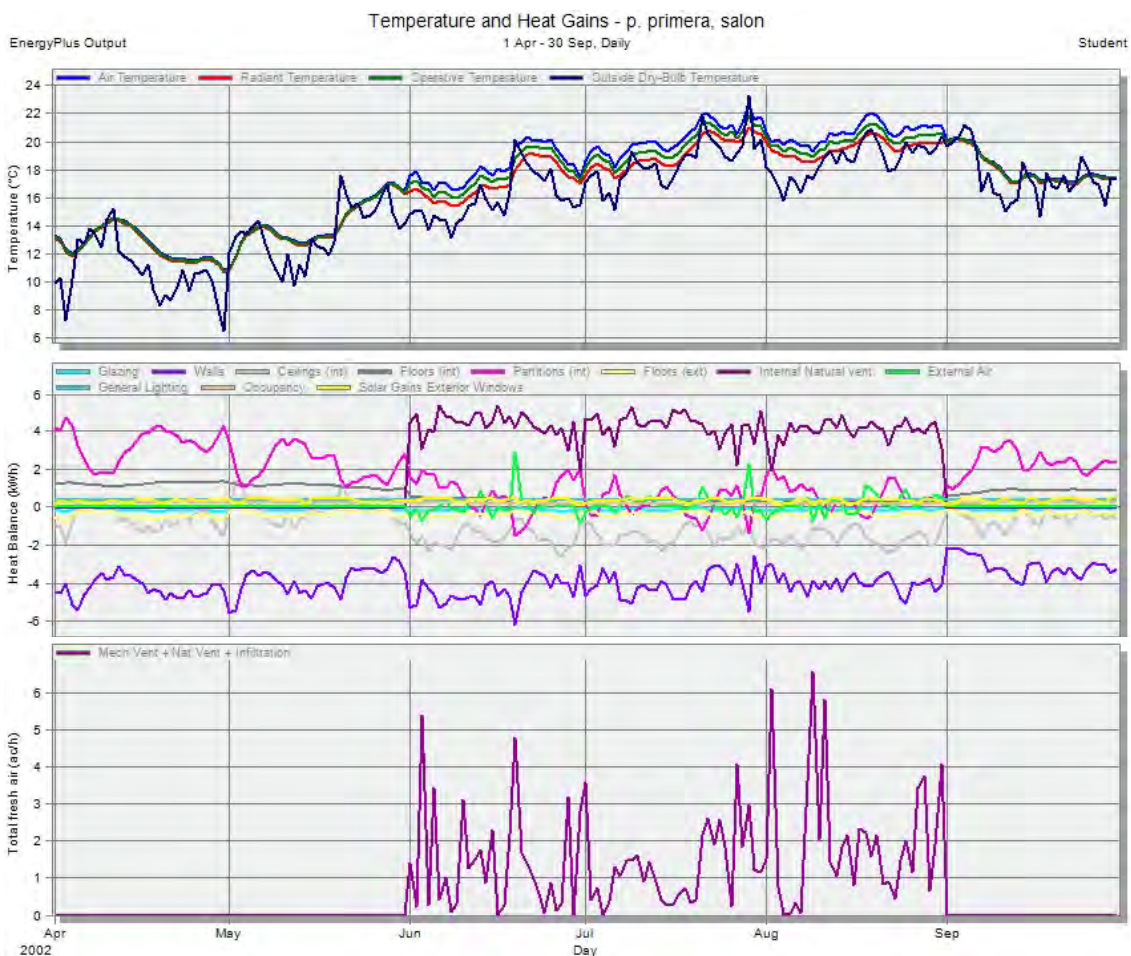


Figura 143. Gráfico temperatura, ganancias y pérdidas y ventilación natural en período abril-septiembre en el salón.

En el espacio vividero exterior al sur, el salón, la temperatura interior se mantiene como máximo a 21,27 °C. La temperatura exterior más cálida es de 20,29 °C. No siendo una temperatura excesiva lo que se busca por un lado es sombrear y no tener ganancias solares excesivas a través de las ventanas, alcanzando el máximo de ganancias de 0,49 kWh.

Temperature and Heat Gains - p. primera, salon

EnergyPlus Output Student

1 Apr - 30 Sep, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	12.96	13.47	14.84	17.00	19.94	19.82	21.27	20.72	21.10	17.21
Radiant Temperature	12.78	13.34	14.74	15.71	18.94	18.66	20.14	19.45	20.00	17.05
Operative Temperature	12.87	13.41	14.79	16.35	19.44	19.24	20.71	20.08	20.55	17.13
Outside Dry-Bulb Temperature	11.20	13.41	16.29	14.32	17.23	18.02	19.63	19.40	20.29	14.60
Glazing	-0.17	-0.05	-0.02	-0.17	-0.15	-0.12	-0.08	-0.10	-0.08	-0.17
Walls	-4.51	-3.51	-3.70	-5.06	-3.58	-4.08	-4.04	-4.47	-4.08	-2.97
Ceilings (int)	-0.95	0.53	0.75	-2.07	-1.66	-1.48	-1.45	-1.50	-1.01	-1.04
Floors (int)	1.23	1.13	1.03	0.47	0.35	0.38	0.31	0.34	0.33	0.95
Partitions (int)	3.89	1.08	1.07	1.04	0.56	0.12	0.25	0.09	0.42	2.89
Floors (ext)	-0.53	-0.24	-0.16	-0.52	-0.42	-0.39	-0.28	-0.32	-0.25	-0.49
Internal Natural vent.	-0.00	-0.01	-0.01	4.78	3.92	4.21	4.28	4.88	3.15	-0.00
External Air	0.00	0.00	0.00	0.38	-0.01	0.27	0.13	0.09	0.56	0.00
General Lighting	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Occupancy	0.25	0.25	0.24	0.21	0.19	0.19	0.17	0.18	0.19	0.23
Solar Gains Exterior Windows	0.38	0.45	0.45	0.49	0.33	0.49	0.31	0.36	0.29	0.20
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	1.01	0.07	0.89	1.83	1.85	4.06	0.00

Figura 144. tabla de datos de temperaturas y ganancias en el salón, para el período de abril a septiembre.

Por otro lado, disipar el calor generado en la cuadra y transmitido por el vestíbulo al salón. Para ello primero se crear una ventilación entre las fachadas norte y sur en planta baja abriendo puerta y ventanas de la cuadra en los meses donde la temperatura aumenta.

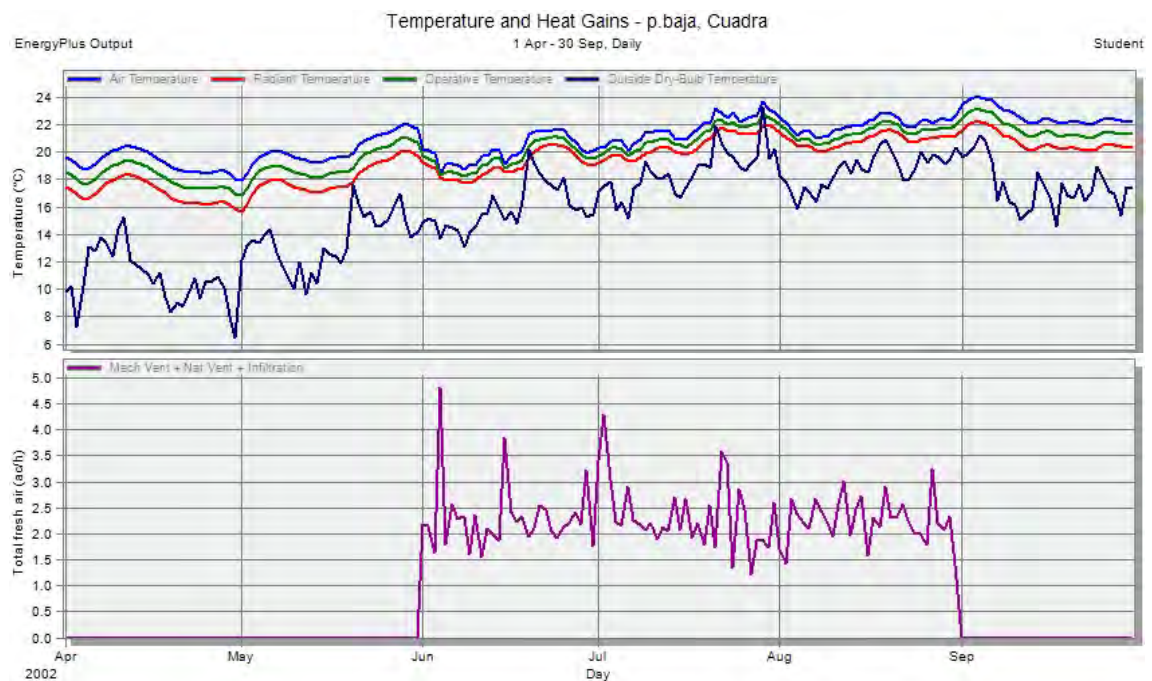


Figura 145. Gráfico temperaturas y ventilación para el período de abril a septiembre de la cuadra.

La ventilación natural se produce en los meses de junio a agosto con renovaciones entre 1,4 rnv/h a 2,47 rnv/h.

Temperature and Heat Gains - p. baja, Cuadra

EnergyPlus Output Student

1 Apr - 30 Sep, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	19.42	19.66	20.49	19.03	21.62	21.54	22.68	21.96	22.65	22.19
Radiant Temperature	17.25	17.51	18.42	17.88	20.48	20.26	21.41	20.69	21.24	20.26
Operative Temperature	18.34	18.58	19.45	18.45	21.05	20.90	22.05	21.33	21.94	21.23
Outside Dry-Bulb Temperature	11.20	13.41	16.29	14.32	17.23	18.02	19.63	19.40	20.29	14.60
Glazing	-0.31	-0.21	-0.17	-0.19	-0.15	-0.14	-0.10	-0.11	-0.09	-0.26
Walls	-26.73	-22.37	-21.29	-18.91	-14.07	-15.07	-13.37	-14.40	-14.83	-19.16
Ceilings (int)	-11.59	-10.94	-9.55	-6.75	-5.16	-5.20	-4.37	-4.89	-3.81	-8.82
Ground Floors	0.33	-0.56	-1.87	-0.52	-3.99	-3.83	-5.43	-4.40	-5.29	-3.69
Partitions (int)	1.49	-2.13	-1.67	0.17	-0.56	-1.03	-0.42	-0.50	-0.58	0.83
Internal Natural vent.	-0.66	-0.69	-0.61	-0.42	-0.41	-0.80	-0.32	-0.93	-3.42	-0.48
External Air	-0.00	-0.00	-0.00	-14.90	-11.27	-9.61	-9.38	-11.06	-5.03	-0.00
General Lighting	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
Occupancy	35.37	34.80	32.96	39.67	33.73	33.75	31.58	34.30	31.39	29.36
Solar Gains Exterior Windows	0.18	0.20	0.23	0.25	0.21	0.24	0.17	0.20	0.15	0.11
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	2.30	1.92	1.88	1.88	2.47	1.40	0.00

Figura 146. Tabla datos de temperaturas, ganancias y ventilación, período abril-septiembre, de la cuadra.

La disipación del calor generado por los animales del espacio cuadra cuando la temperatura exterior está dentro de la zona de confort, permite que no se recalienten los espacios vivideros de planta primera, ni el vestíbulo.

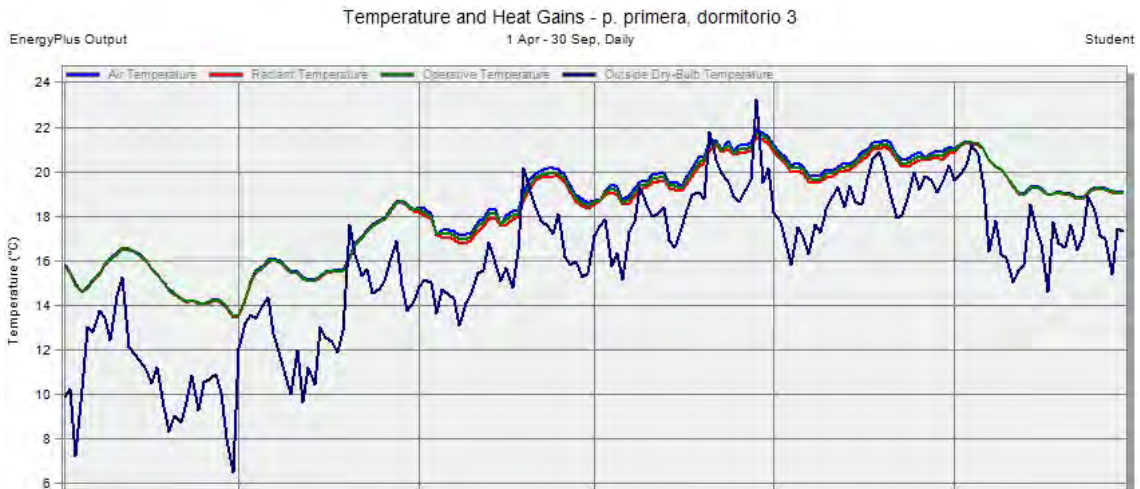


Figura 147. Grafico temperaturas dormitorio 3, para el período de abril a septiembre.

Lo que se consigue es que en el salón se alcance una temperatura máxima de 21,27 °C y en los dormitorios de 21,33 °C, teniendo como estrategia principal el sombreado y la disipación del calor.

**La demanda anual en período de calor en la tipología de Casa Montañesa es de 4,55 kWh/m<sup>2</sup>.**

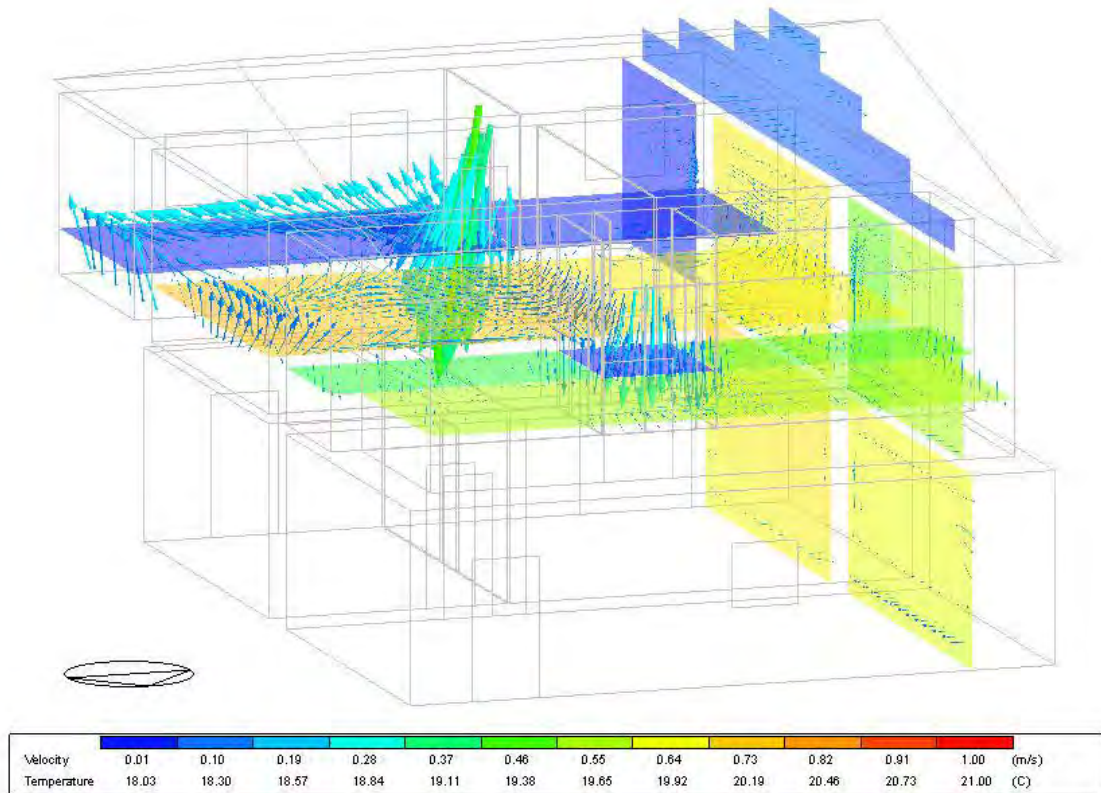


Figura 148. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Montañesa.

En el CFD se puede observar lo explicado de forma gráfica, apreciando el movimiento del aire en la ventilación natural y su velocidad.

### 12.2.2. Simulación energética de la Casa Montañesa variante A

Se ha tomado como referencia la tipología de la vivienda montañesa de Cabuérniga y se ha modificado el bajo cubierta como espacio dedicado a pajar y con aberturas laterales. El clima es de la zona de Penagos donde se encuentra esta variante.

La paja permanece en el bajo cubierta todo el invierno y a medida que se acerca el verano se va agotando hasta se vuelve a cosechar. En el programa no hay opción de poner una actividad a un material, por lo que se ha modelizado la vivienda añadiendo la paja como capa de la envolvente en período de frío y eliminando el material paja en periodo de verano.

material	Conductividad térmica W/m K	Calor específico J/g K	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	Emisividad	Permeabilidad mg/Pa s m <sup>2</sup>
Paja	0.055	1.3	290	0,90	

A continuación se reflejan en la tabla las características de la envolvente del bajo cubierta, el pajar:

	Elemento	Reflectancia	Transmitancia (U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
BAJOCUBIERTA WALL_2_0_0	muro macizo piedra+cal+paja	0.4	0,092	270.00	90.00	W
BAJOCUBIERTA WALL_3_0_0	muro macizo piedra+cal+paja	0.4	0,092	90.00	90.00	E
BAJOCUBIERTA ROOF_1_0_0	Cubierta teja+paja	0.30	0.105	180.00	12.68	
BAJOCUBIERTA ROOF_4_0_0	Cubierta teja+paja	0.30	0.105	0.00	12.68	

Se modifica directamente el modelo en el Design Builder sin pasar por el Revit.

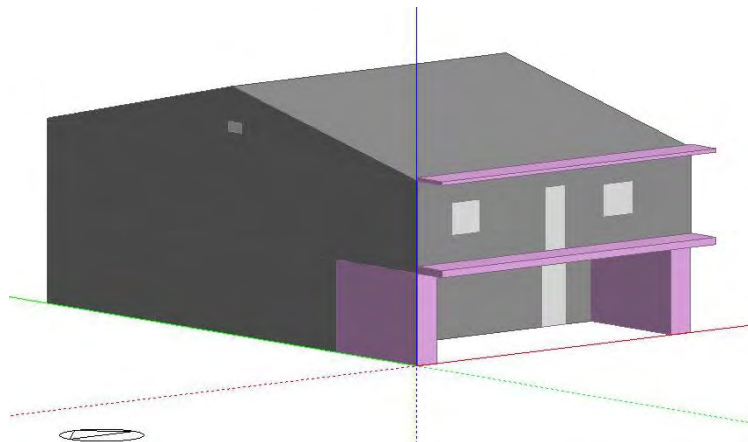


Figura 149. Modelo de tipología Casa Montañesa variante A introducido en el Design Builder

La simulación se realiza en dos fases, un primer período donde el clima es más frío, de octubre a marzo, y otro segundo período donde el clima es más cálido, de abril a septiembre.

Dentro de estos dos períodos, se estudia que ocurre con el espacio bajo cubierta, donde funciona como espacio aislante con el exterior y como disipador de calor a través del vestíbulo, y el espacio vividero de planta primera. Se dividen los estudios para comprender como el calor se transmite en período de frío y como es disipado en período de calor.

### 12.2.2.1 Simulación en el intervalo de octubre a marzo

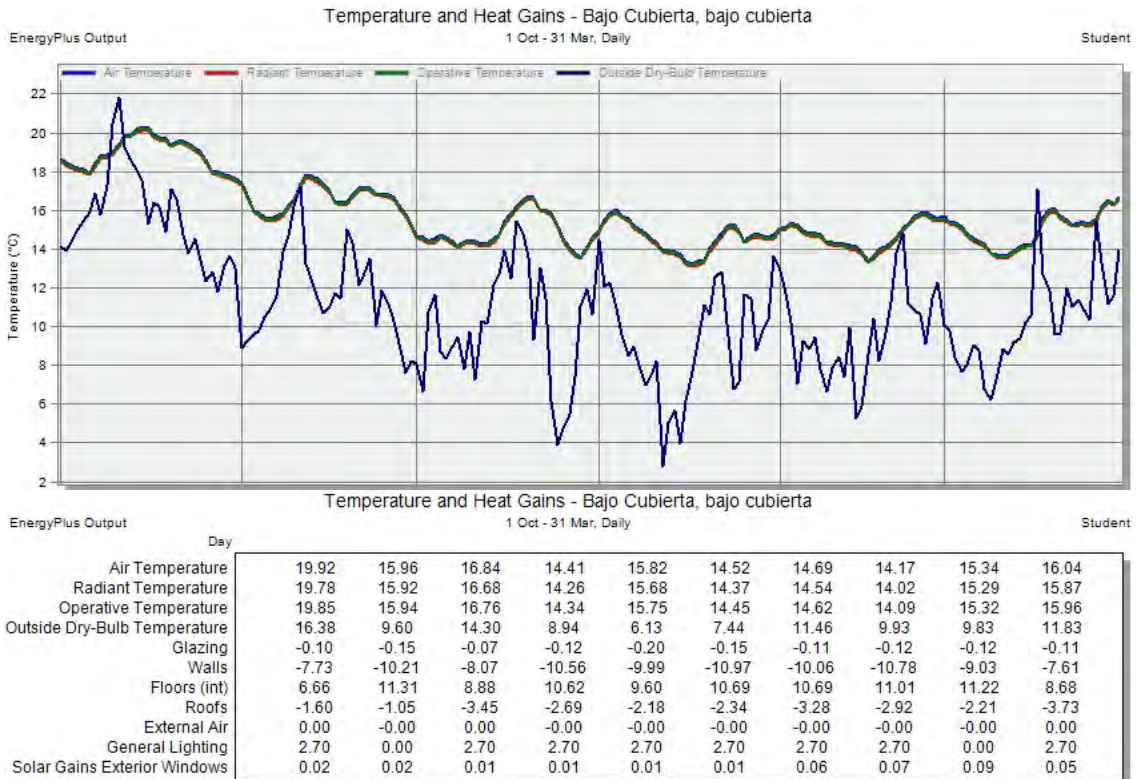
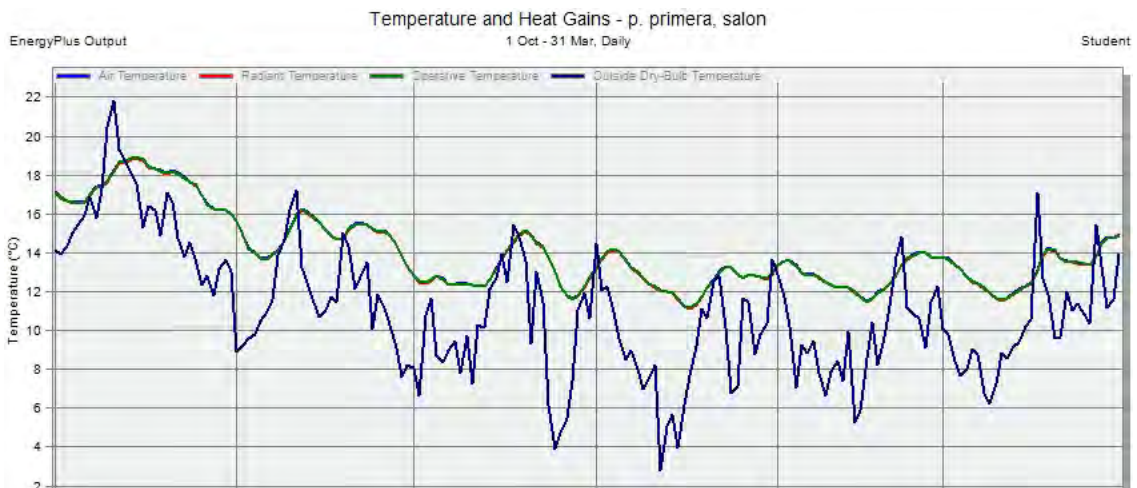


Figura 150. Gráfico de temperaturas en el bajo cubierta, para el periodo de octubre a marzo

El espacio del bajo cubierta funciona como un elemento aislante, la temperatura de este espacio, figura 150, que es de 16,84 °C cuando la temperatura exterior es de 6,13 °C, así como que la temperatura es más constante y con menos fluctuaciones y con retardo.

Los espacios inferiores del salón y dormitorios también se ven protegidos del exterior.



Temperature and Heat Gains - p. primera, salon

EnergyPlus Output Student

1 Oct - 31 Mar, Daily

Day	1 Oct	15 Oct	30 Oct	15 Nov	30 Nov	15 Dec	30 Dec	15 Jan	30 Jan	15 Feb	30 Feb	15 Mar	30 Mar
Air Temperature	18.45	14.25	15.22	12.38	13.82	12.40	12.91	12.22	13.69	14.25			
Radiant Temperature	18.40	14.21	15.17	12.34	13.78	12.38	12.88	12.20	13.66	14.19			
Operative Temperature	18.43	14.23	15.19	12.36	13.80	12.39	12.90	12.21	13.68	14.22			
Outside Dry-Bulb Temperature	16.38	9.60	14.30	8.94	6.13	7.44	11.46	9.93	9.83	11.83			
Glazing	-0.20	-0.31	-0.11	-0.24	-0.44	-0.29	-0.13	-0.16	-0.22	-0.20			
Walls	-5.23	-7.48	-5.35	-7.05	-6.68	-7.54	-7.10	-7.67	-6.67	-4.84			
Ceilings (int)	1.94	2.31	1.98	2.58	2.63	2.70	2.13	2.36	2.10	2.23			
Floors (int)	0.81	1.10	1.00	1.20	1.14	1.21	1.06	1.18	1.11	1.07			
Partitions (int)	2.46	4.30	2.06	3.43	3.75	3.82	2.71	3.09	2.90	1.43			
Floors (ext)	-0.56	-0.85	-0.33	-0.66	-1.12	-0.81	-0.64	-0.71	-0.78	-0.59			
Internal Natural vent.	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01			
External Air	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00			
General Lighting	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38			
Occupancy	0.22	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25			
Solar Gains Exterior Windows	0.17	0.29	0.16	0.09	0.06	0.27	1.36	1.28	0.91	0.28			

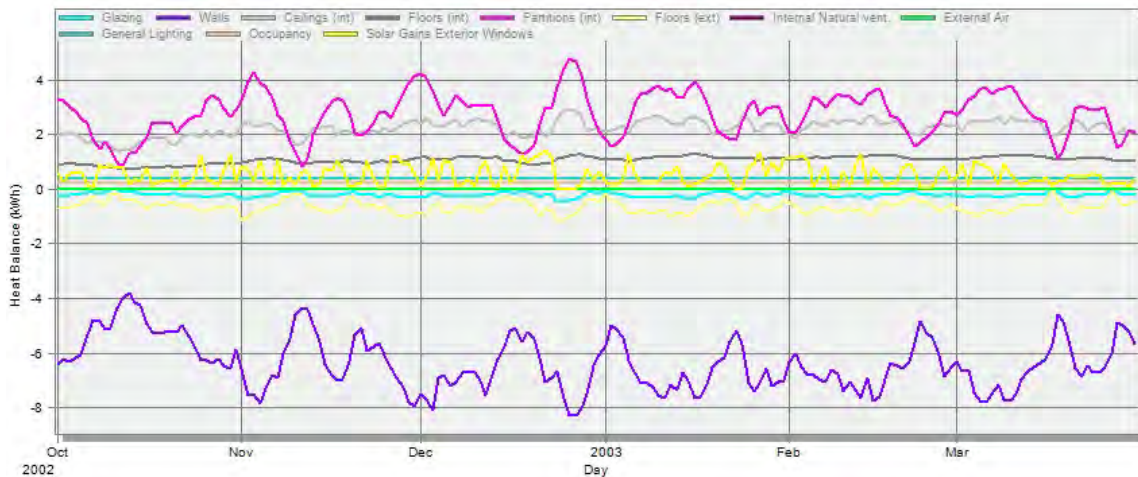
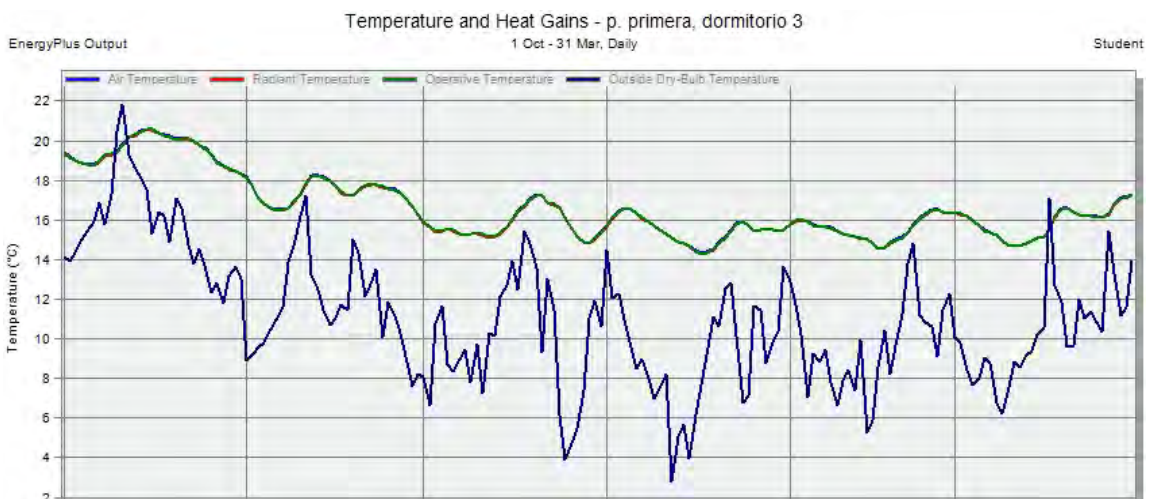


Figura 151. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias, en el salón, para el periodo de octubre a marzo

El salón únicamente tiene pérdidas debido a la envolvente exterior, los muros de fachada. A través del techo tiene ganancias 2,70 - 1.94 kWh ya que el calor que se perdía del vestíbulo, proveniente de la cuadra, es acumulado en el pajar.

La temperatura que se alcanza en el salón esta en el rango de 12,22 °C a 18,45 °C. Cuando la temperatura exterior es de 6,13 °C, la interior en el salón es de 13,82 °C, lo que supone un salto de 7,69 °C.



Temperature and Heat Gains - p. primera, dormitorio 3										
EnergyPlus Output	1 Oct - 31 Mar, Daily									
	Day									
Air Temperature	20.39	17.11	17.52	15.32	16.62	15.48	15.53	15.07	16.31	16.58
Radiant Temperature	20.36	17.10	17.48	15.30	16.61	15.47	15.50	15.05	16.28	16.51
Operative Temperature	20.37	17.10	17.50	15.31	16.62	15.48	15.51	15.06	16.29	16.54
Outside Dry-Bulb Temperature	16.38	9.60	14.30	8.94	6.13	7.44	11.46	9.93	9.83	11.83
Walls	-1.79	-2.55	-1.84	-2.49	-2.35	-2.60	-2.32	-2.51	-2.21	-1.71
Ceilings (int)	0.28	0.59	0.42	0.51	0.45	0.53	0.49	0.51	0.51	0.33
Floors (int)	0.76	0.99	1.11	1.27	1.13	1.22	1.29	1.30	1.23	1.36
Partitions (int)	1.19	2.07	1.03	1.61	1.59	1.81	1.39	1.59	1.39	0.56
Internal Natural vent.	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
General Lighting	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Occupancy	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09

Figura 152. Gráfico temperaturas y ganancias, en el dormitorio 3, para el periodo de octubre a marzo.

Los dormitorios únicamente tienen pérdidas debido a la envolvente exterior, los muros de fachada. A través del techo tiene ganancias 2,70 - 1.94 kWh ya que el calor que se perdía del vestíbulo, proveniente de la cuadra, es acumulado en el pajar.

La temperatura que se alcanza en los dormitorios esta en el rango de 15,07 °C - 20,39 °C. Cuando la temperatura exterior es de 6,13 °C la interior, en los dormitorios, es de 16,62 °C, lo que representa un salto de 10,49 °C.

**La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Montañesa variante A es de 7,00 kWh/m<sup>2</sup>.**

### 12.2.2.2 Simulación en el intervalo de abril a septiembre

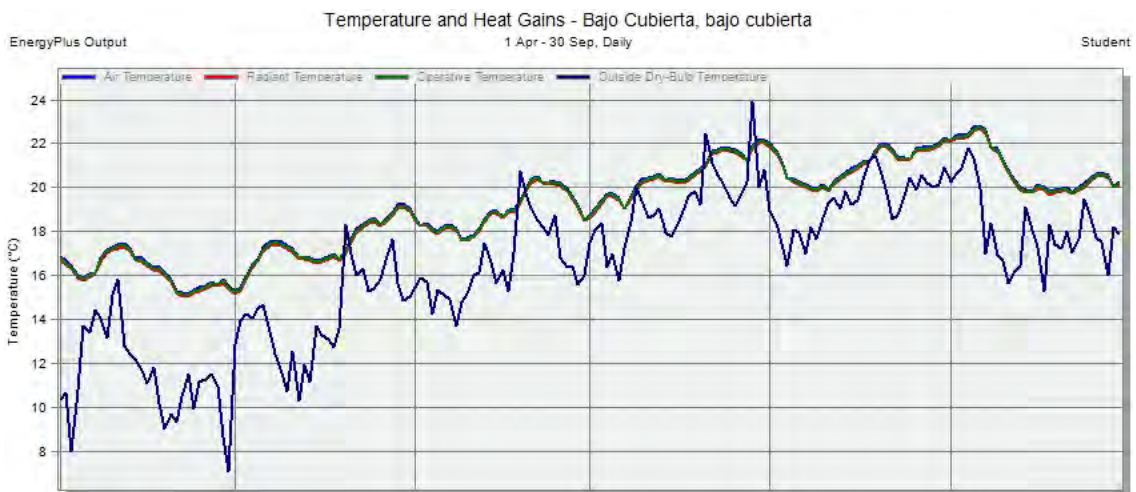


Figura 153. Gráfico temperatura, en el bajo cubierta, para el periodo de abril a septiembre.

La temperatura del bajo cubierta es atenuada gracias al aislante, la paja, entre los períodos abril-mayo y septiembre, y a la ventilación natural en los meses de junio a agosto. La temperatura en este espacio se encuentra principalmente en la franja de los 17 °C - 22 °C.

Los dormitorios interiores tienen ganancias por los tabiques y forjado, que disminuye cuando se produce la ventilación natural. En estos espacios interiores de la vivienda la ventilación se produce a través de la puerta (admisión) y del techo (extracción). El bajo cubierta disipa el calor generado en los espacios inferiores de la vivienda.

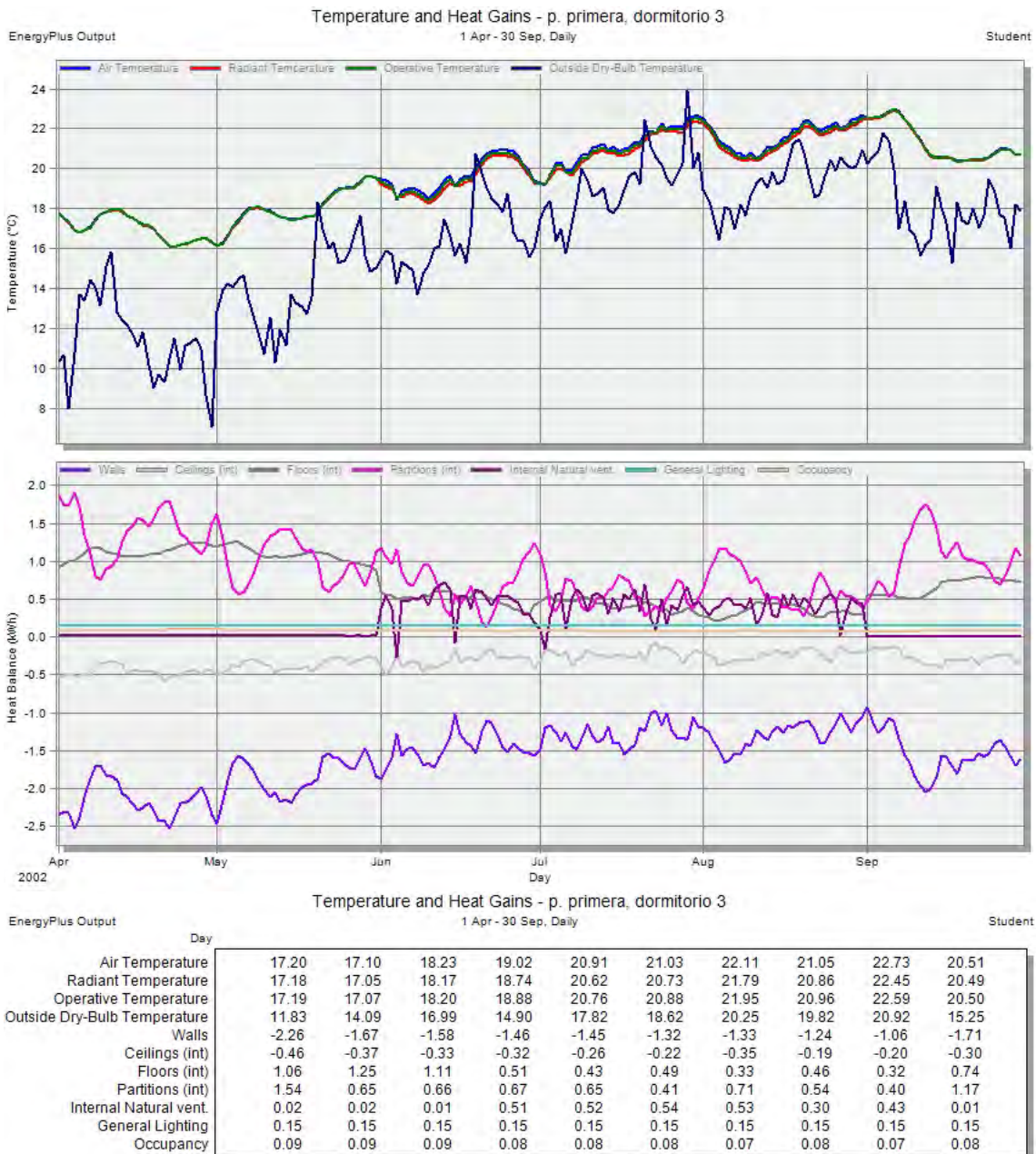
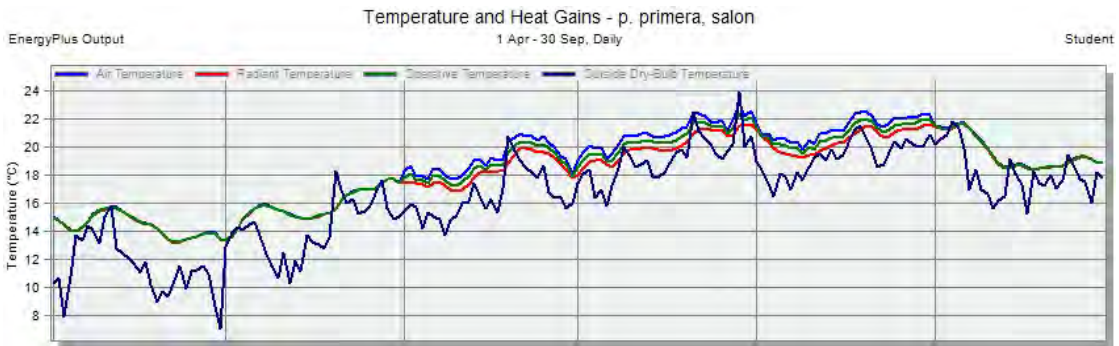


Figura 154. Gráfico temperatura y tabla de temperaturas y ganancias, en el dormitorio 3, periodo abril-septiembre.

En el salón también hay ganancias por los tabiques y forjado, que disminuye cuando se produce la ventilación natural. En estos espacios interiores de la vivienda la ventilación se produce a través de la puerta (admisión) y del techo (extracción), así como por las ventanas exteriores con una renovación de 0,34 -2,12 rnv/h.



EnergyPlus Output

Temperature and Heat Gains - p. primera, salon

1 Apr - 30 Sep, Daily

Student

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	14.55	14.90	16.23	18.37	20.52	20.75	21.88	21.26	22.28	18.56
Radiant Temperature	14.51	14.84	16.17	17.52	19.62	19.81	20.85	20.15	21.66	18.52
Operative Temperature	14.53	14.87	16.20	17.94	20.07	20.28	21.37	20.70	21.97	18.54
Outside Dry-Bulb Temperature	11.83	14.09	16.99	14.90	17.82	18.62	20.25	19.82	20.92	15.25
Glazing	-0.22	-0.07	-0.07	-0.21	-0.20	-0.18	-0.12	-0.13	-0.09	-0.23
Walls	-6.54	-4.80	-4.68	-5.38	-5.30	-4.86	-5.19	-5.15	-3.47	-5.18
Ceilings (int)	-2.36	-1.95	-1.77	-0.59	-0.44	-0.40	-0.07	-0.16	-0.47	-1.88
Floors (int)	1.07	1.01	0.92	0.36	0.29	0.30	0.26	0.30	0.25	0.80
Partitions (int)	3.19	1.32	1.30	0.53	0.62	0.05	0.37	-0.13	0.22	2.35
Floors (ext)	-0.59	-0.25	-0.32	-0.60	-0.60	-0.52	-0.38	-0.38	-0.26	-0.70
Internal Natural vent.	-0.01	-0.02	-0.01	3.60	3.37	3.79	3.86	4.38	2.06	-0.00
External Air	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	-0.03	0.19	-0.01	-0.06	-0.00
General Lighting	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Occupancy	0.24	0.24	0.23	0.20	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.22
Solar Gains Exterior Windows	0.11	0.24	0.49	0.44	0.49	0.44	0.38	0.37	0.21	0.45
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	0.34	1.07	0.56	2.12	1.90	4.47	0.00

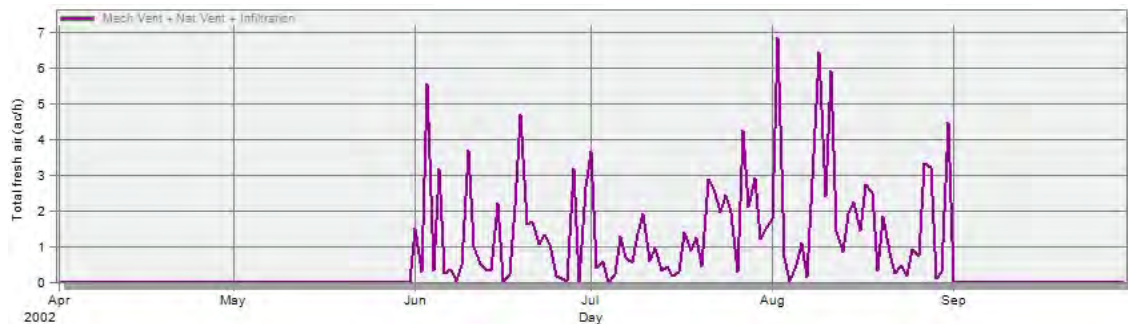
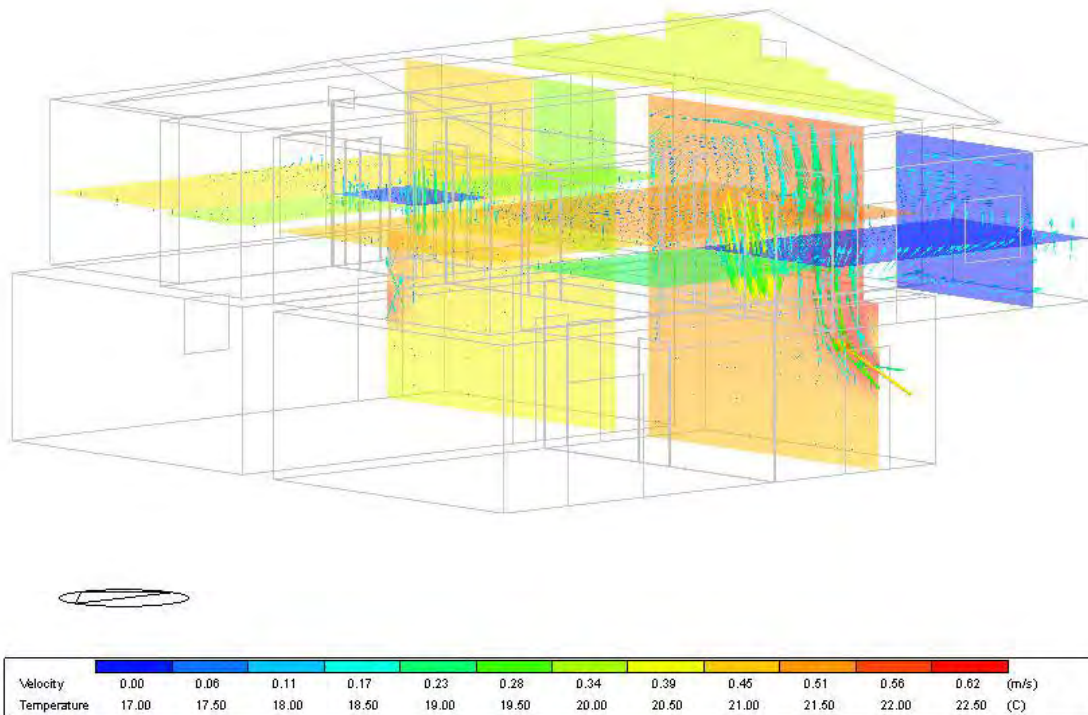


Figura 155. Gráfico de temperaturas y tabla de temperaturas y ganancias, en el salón, periodo abril-septiembre.

Las temperaturas interiores se mantienen en la zona de confort, entre 17,10 °C y 22,73 °C en los dormitorios interiores y 14,55 °C - 21,88 °C en el salón.

**La demanda anual en período de calor en la tipología de Casa Montañesa variante A es de 3,95 kWh/m<sup>2</sup>.**



En el CFD se observa lo explicado de forma grafica, apreciando el movimiento del aire de la ventilación natural y la velocidad.

### 12.2.3. Simulación energética de la Casa Montañesa variante B

Se ha tomado como referencia la tipología de la vivienda montañesa de Cabuérniga y se ha modificado con el cierre del estragal, apareciendo un espacio amortiguador del vestíbulo y cuadra. El clima es de la zona de Veguilla donde se encuentra esta variante.

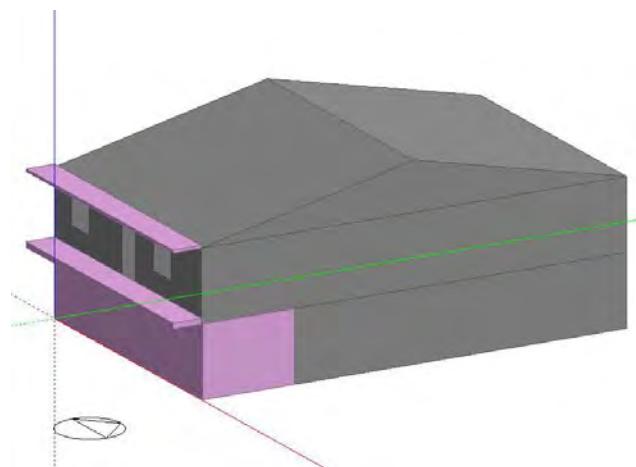


Figura 156. Modelo de tipología Casa Montañesa variante B introducido en el Design Builder.

Se modifica directamente el modelo en el Design Builder, directamente, volver al programa Revit.

La simulación se realiza en dos fases, un primer período donde el clima es más frío, de octubre a marzo, y otro segundo período donde el clima es más cálido, de abril a septiembre.

Dentro de estos dos períodos, se estudia que ocurre con el espacio vestíbulo, donde funciona como espacio amortiguador con el exterior. La cuadra como espacio generador de calor no se estudiará debido a que no se ve modificado. Se dividen los estudios para comprender como el calor se transmite en período de frío y como es disipado en período de calor.

### 12.2.3.1. Simulación en el intervalo de octubre a marzo

Se realiza la simulación de la vivienda con el clima de Veguilla y se comprueba lo que afecta el cierre del estragal en el espacio que recibe mayor influencia.

Temperature and Heat Gains - p. primera, vestibulo 2

EnergyPlus Output Student

1 Oct - 31 Mar, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	21.31	17.66	19.21	16.23	16.95	15.72	16.80	15.80	17.63	18.38
Radiant Temperature	19.80	15.92	17.52	14.40	15.18	13.86	14.97	13.92	15.85	16.64
Operative Temperature	20.55	16.79	18.36	15.31	16.07	14.79	15.88	14.86	16.74	17.51
Outside Dry-Bulb Temperature	15.83	7.04	13.11	7.19	1.31	4.86	9.68	7.86	8.59	11.26
Walls	-14.99	-17.53	-15.87	-19.27	-17.80	-20.08	-19.41	-20.87	-17.76	-15.05
Ceilings (int)	-10.41	-16.04	-9.34	-14.87	-18.07	-15.85	-12.24	-13.16	-12.39	-11.75
Floors (int)	0.98	1.41	1.07	1.53	1.65	1.60	1.37	1.46	1.34	1.31
Ground Floors	-1.10	0.93	-0.14	1.61	1.42	1.91	1.24	1.79	0.85	0.45
Partitions (int)	-0.21	-0.22	-4.74	-2.44	0.17	-1.74	-3.56	-3.21	-3.49	-5.44
Internal Natural vent.	1.40	1.97	1.72	2.27	2.22	2.34	2.12	2.27	2.00	1.94
External Air	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
General Lighting	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Occupancy	23.11	28.26	26.07	30.03	29.16	30.67	29.31	30.57	28.24	27.27

Figura 157. Tabla temperaturas y ganancias en el vestíbulo, estragal abierto, para el período de octubre a marzo.

Temperature and Heat Gains - p. primera, vestibulo 2

EnergyPlus Output Student

1 Oct - 31 Mar, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	21.31	17.66	19.21	16.23	16.95	15.73	16.79	15.80	17.63	18.38
Radiant Temperature	19.80	15.92	17.52	14.40	15.18	13.86	14.97	13.92	15.85	16.64
Operative Temperature	20.55	16.79	18.36	15.31	16.06	14.79	15.88	14.86	16.74	17.51
Outside Dry-Bulb Temperature	15.83	7.04	13.11	7.19	1.31	4.86	9.68	7.86	8.59	11.26
Walls	-15.00	-17.52	-15.87	-19.25	-17.80	-20.05	-19.41	-20.87	-17.76	-15.04
Ceilings (int)	-10.41	-16.04	-9.34	-14.88	-18.07	-15.85	-12.24	-13.16	-12.39	-11.75
Floors (int)	0.98	1.41	1.07	1.53	1.65	1.59	1.37	1.46	1.34	1.31
Ground Floors	-1.10	0.93	-0.14	1.61	1.42	1.91	1.24	1.79	0.85	0.45
Partitions (int)	-0.21	-0.23	-4.74	-2.46	0.17	-1.75	-3.56	-3.21	-3.48	-5.44
Internal Natural vent.	1.40	1.97	1.72	2.26	2.22	2.34	2.12	2.27	2.00	1.94
External Air	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
General Lighting	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Occupancy	23.11	28.26	26.07	30.03	29.16	30.67	29.31	30.57	28.24	27.26

Figura 158. Tabla temperaturas y ganancias en el vestíbulo, estragal cerrado, para el período de octubre a marzo.

Se comparan ambas situaciones y se comprueba que las variaciones son de valores de segundo decimal. Por lo que no es relevante el cierre del estragal en período de frío en la zona habitable de la primera planta.

**La demanda anual en período de frío en la tipología de casa Montañesa variante B es de 7,58 kWh/m<sup>2</sup>.**

### 12.2.3.2. Simulación en el intervalo de abril a septiembre

Se realiza la simulación de la vivienda con el clima de Veguilla y se comprueba lo que afecta el cierre del estragal en el espacio que recibe mayor influencia.

Temperature and Heat Gains - p. primera, vestibulo 2

EnergyPlus Output Student

1 Apr - 30 Sep, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	18.32	18.68	20.03	16.24	21.43	21.12	21.51	21.05	23.65	21.44
Radiant Temperature	16.60	16.95	18.38	16.13	21.05	20.55	20.59	20.10	22.56	19.93
Operative Temperature	17.46	17.82	19.20	16.19	21.24	20.83	21.05	20.57	23.10	20.69
Outside Dry-Bulb Temperature	11.02	12.59	18.52	12.17	18.65	18.96	20.13	20.62	22.91	13.01
Walls	-18.60	-15.28	-13.67	-10.29	-7.35	-8.03	-11.73	-10.67	-9.85	-13.25
Ceilings (int)	-11.71	-9.33	-6.14	-7.77	-5.22	-5.04	-5.15	-5.08	-4.39	-10.88
Floors (int)	1.21	1.14	0.87	1.03	0.59	0.73	0.46	0.79	0.43	1.00
Ground Floors	0.45	0.14	-0.75	1.06	-1.66	-1.39	-1.70	-1.42	-2.70	-1.16
Partitions (int)	-1.69	-6.53	-7.99	3.73	0.91	-0.75	0.13	-2.12	-1.57	-1.31
Internal Natural vent.	1.83	1.83	1.57	4.19	3.45	3.80	3.57	1.49	1.75	1.41
External Air	-0.00	-0.00	0.00	-24.41	-16.43	-15.49	-10.99	-9.30	-6.51	-0.00
General Lighting	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Occupancy	27.32	26.82	24.89	31.53	24.68	25.27	24.55	25.34	21.74	22.93
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	4.09	3.69	3.66	3.31	3.15	5.69	0.00

Figura 159. Tabla temperaturas y ganancias en el vestíbulo, estragal abierto, para el período de abril a septiembre.

Temperature and Heat Gains - p. primera, vestibulo 2

EnergyPlus Output Student

1 Apr - 30 Sep, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	18.32	18.68	20.03	16.24	21.43	21.11	21.51	21.05	23.65	21.44
Radiant Temperature	16.60	16.95	18.38	16.13	21.05	20.55	20.59	20.10	22.56	19.93
Operative Temperature	17.46	17.82	19.20	16.19	21.24	20.83	21.05	20.57	23.10	20.69
Outside Dry-Bulb Temperature	11.02	12.59	18.52	12.17	18.65	18.96	20.13	20.62	22.91	13.01
Walls	-18.60	-15.29	-13.67	-10.29	-7.36	-8.03	-11.73	-10.67	-9.86	-13.25
Ceilings (int)	-11.71	-9.33	-6.14	-7.77	-5.22	-5.04	-5.15	-5.08	-4.38	-10.88
Floors (int)	1.21	1.14	0.87	1.03	0.59	0.73	0.46	0.79	0.43	1.00
Ground Floors	0.44	0.14	-0.75	1.06	-1.66	-1.39	-1.70	-1.42	-2.70	-1.16
Partitions (int)	-1.69	-6.53	-7.99	3.73	0.92	-0.75	0.13	-2.12	-1.57	-1.31
Internal Natural vent.	1.83	1.82	1.57	4.19	3.45	3.80	3.57	1.49	1.75	1.41
External Air	-0.00	-0.00	0.00	-24.41	-16.44	-15.49	-10.99	-9.30	-6.51	-0.00
General Lighting	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Occupancy	27.32	26.82	24.89	31.53	24.68	25.27	24.55	25.34	21.74	22.93
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	4.09	3.69	3.66	3.31	3.15	5.69	0.00

Figura 160. Tabla temperaturas y ganancias en el vestíbulo, estragal cerrado, para el período de abril a septiembre.

Se comparan ambas situaciones y se comprueba que las variaciones son de valores de segundo decimal. Por lo que no es relevante el cierre del estragal en período de calor en la zona residencial de la primera planta.

**La demanda anual en período de calor en la tipología de casa Montañesa variante B es de 4,51 kWh/m<sup>2</sup>.**

#### 12.2.4. Simulación energética de la Casa Montañesa variante C

Se ha tomado como referencia la tipología de la vivienda montañesa de Cabuérniga y se ha modificado la solana creando un espacio cerrado con vidrio. El clima es de la zona de Reinosa donde se encuentra esta variante.

Se acristala la solana creando efecto invernadero sin lazo convectivo. Este espacio es contiguo al salón. Se realiza la simulación estudiando cómo afecta este hecho a este espacio.

A continuación se reflejan en la tabla las características de la envolvente de la solana:

	Elemento	Reflectancia	Transmitancia (U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
P.PRIMERA:SO LANA_WALL_2_0_0	divisiones de madera roble	0.22	3.57	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:SO LANA_WALL_5_0_0	divisiones de madera roble	0.22	3.57	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:SO LANA_WALL_6_0_0	divisiones de madera roble	0.22	3.57	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:SO LANA_EXTFLOOR_0_0_0	Suelo	0.30	0.251	0.00	180.00	

Se modifica directamente el modelo en el Design Builder, directamente sin volver al programa Revit.

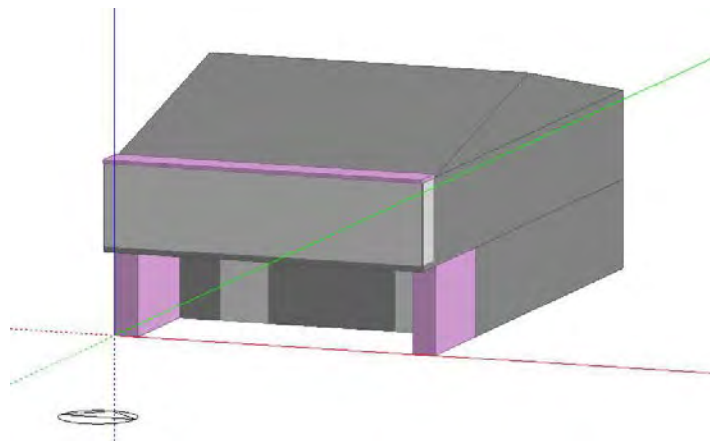
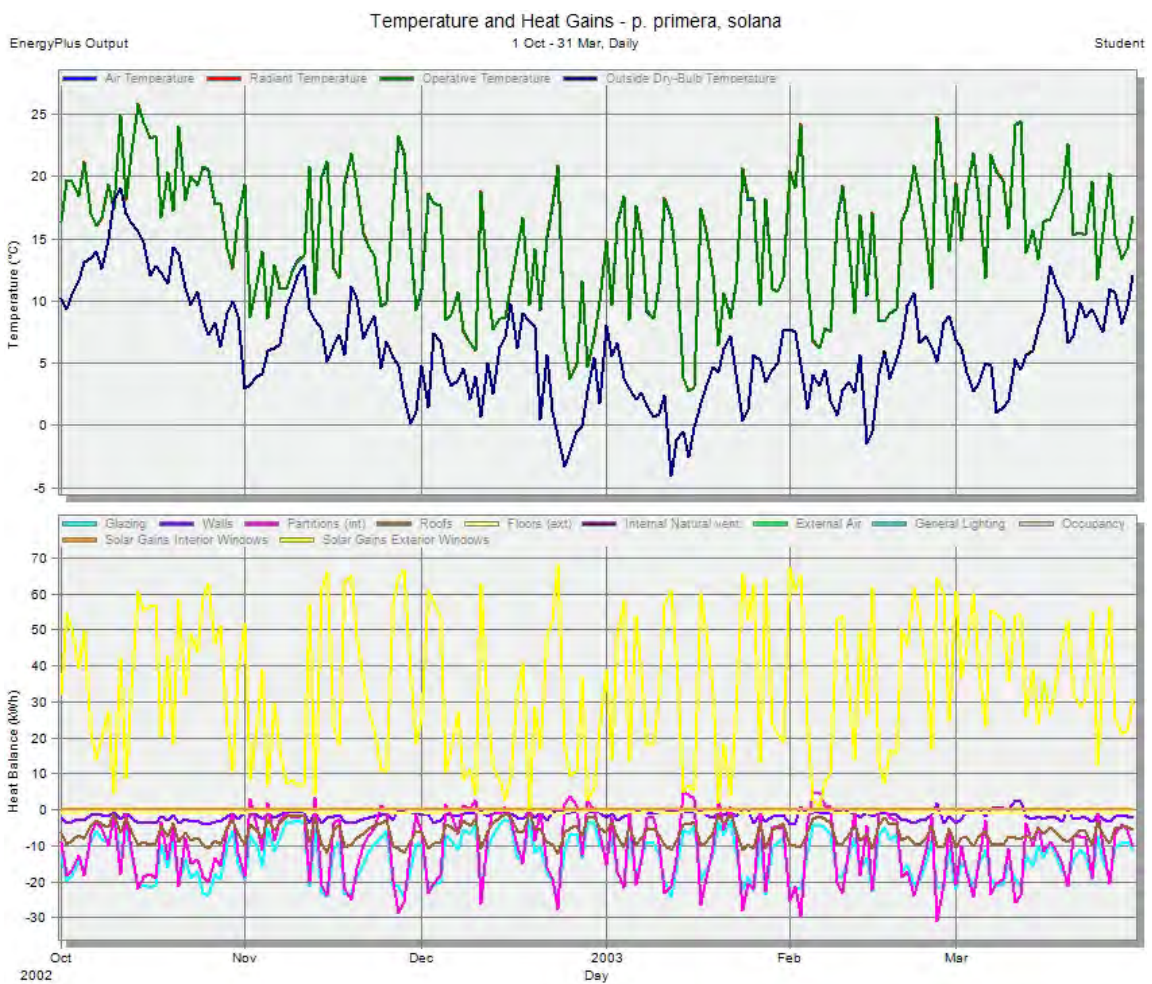


Figura 161. Modelo de tipología Casa Montañesa variante C introducido en el Design Builder

La simulación se realiza en dos fases, un primer período donde el clima es más frío, de octubre a marzo, y otro segundo período donde el clima es más cálido, de abril a septiembre.

Dentro de estos dos períodos, se estudia que ocurre con el espacio solana, donde funciona como espacio invernadero, y el espacio salón de planta primera. Se dividen los estudios para comprender como el calor se transmite en período de frío y como es disipado en período de calor.

### 12.2.4.1. Simulación en el intervalo de octubre a marzo



Temperature and Heat Gains - p. primera, solana

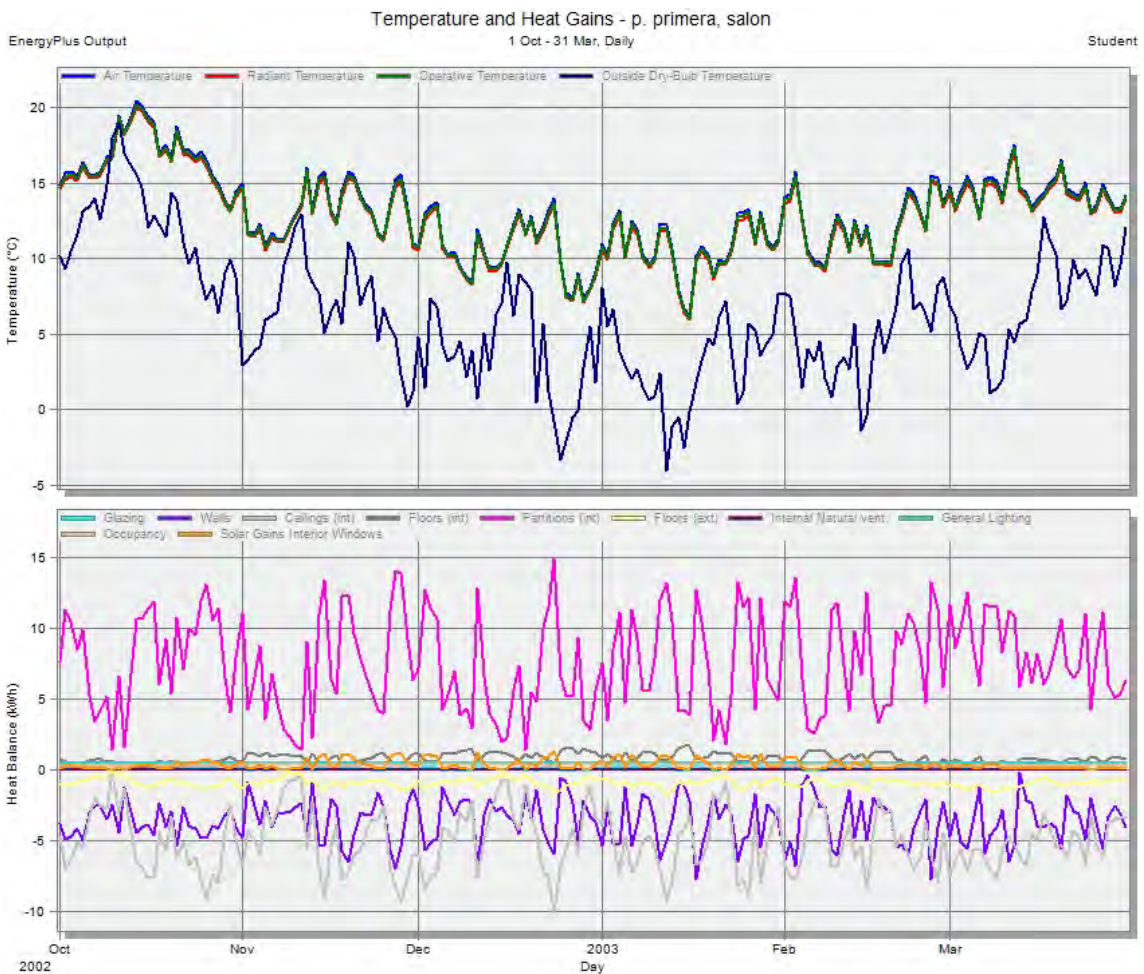
EnergyPlus Output 1 Oct - 31 Mar, Daily Student

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	23.28	11.35	19.18	10.73	20.72	11.32	9.64	16.87	14.84	18.97
Radiant Temperature	23.33	11.40	19.21	10.80	20.92	11.41	9.63	16.95	14.88	19.00
Operative Temperature	23.30	11.38	19.19	10.76	20.82	11.36	9.63	16.91	14.86	18.98
Outside Dry-Bulb Temperature	12.84	3.93	10.19	3.57	-0.81	0.94	5.29	5.68	6.25	10.30
Glazing	-20.97	-9.96	-18.52	-11.33	-24.34	-12.47	-7.73	-16.60	-14.64	-17.27
Walls	-3.76	-1.32	-3.16	-1.73	0.11	-1.06	-1.36	-2.22	-2.55	-3.17
Partitions (int)	-19.19	-4.43	-16.40	-6.70	-27.47	-9.21	-0.29	-18.35	-10.12	-15.17
Roofs	-9.46	-5.88	-7.87	-6.27	-12.14	-7.02	-3.59	-8.63	-7.63	-8.14
Floors (ext)	-1.02	-0.55	-0.81	-0.58	-1.32	-0.71	-0.36	-0.86	-0.73	-0.89
Internal Natural vent.	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
External Air	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
General Lighting	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Occupancy	0.13	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14
Solar Gains Interior Windows	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Solar Gains Exterior Windows	56.84	22.70	48.45	27.51	68.20	31.51	13.07	49.32	36.70	46.64

Figura 162. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias para el período de octubre a marzo en la solana cerrada

La solana, figura 162, tiene unas ganancias debidas a la radiación solar de entre 13,07 kWh a 68,20 kWh, de los cuales de 0,29 kWh a 27,47 kWh transmite al salón por la partición interior, el resto lo pierde por el vidrio simple y cubierta no aislada.

La temperatura alcanzada en este espacio varía entre 9,64 °C y 23,28 °C, cuando la temperatura exterior es de -0,81 °C a 12,84 °C. Por lo que configura al salón un amortiguamiento térmico.



Temperature and Heat Gains - p. primera, salon

EnergyPlus Output Student

1 Oct - 31 Mar, Daily

Day										
Air Temperature	19.09	11.70	15.54	10.45	13.99	10.14	11.15	12.57	13.43	15.44
Radiant Temperature	18.69	11.45	15.16	10.17	13.50	9.82	10.93	12.18	13.10	15.08
Operative Temperature	18.89	11.57	15.35	10.31	13.74	9.98	11.04	12.38	13.27	15.26
Outside Dry-Bulb Temperature	12.84	3.93	10.19	3.57	-0.81	0.94	5.29	5.68	6.25	10.30
Glazing	0.18	-0.02	0.15	0.00	-0.32	0.05	-0.07	0.18	0.06	0.15
Walls	-4.62	-2.54	-4.69	-3.20	-6.01	-3.66	-1.77	-4.86	-3.08	-4.06
Ceilings (int)	-7.58	-5.08	-6.03	-5.13	-10.15	-5.49	-3.59	-6.28	-6.43	-5.50
Floors (int)	0.21	1.10	0.37	1.10	0.44	1.10	1.02	0.70	0.74	0.54
Partitions (int)	11.86	6.45	9.58	6.92	14.92	7.81	4.21	9.79	8.61	8.89
Floors (ext)	-1.18	-0.96	-0.97	-0.93	-1.63	-1.09	-0.81	-0.93	-1.02	-1.01
Internal Natural vent.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
General Lighting	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Occupancy	0.27	0.31	0.30	0.31	0.30	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30
Solar Gains Interior Windows	0.27	0.16	0.69	0.38	1.33	0.41	0.10	0.58	0.18	0.08

Figura 163. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias en el período de octubre a marzo en el salón

En el salón, figura 163, las ganancias mayores se realizan a través de la partición interior, 4,21 kWh a 14,92 kWh. De los cuales unos son debido al efecto invernadero de la solana y el resto a través del vestíbulo, como se puede apreciar en la simulación de la casa montañesa.

Las pérdidas a través del muro de fachada disminuyen teniendo solo pérdidas por el muro exterior al este, 1,77 kWh a 6,01 kWh.

La temperatura que se consigue en el interior del salón se encuentra en el intervalo de 10,14 °C a 19,09 °C, siendo el del exterior de -0,81 °C a 12,84 °C. El salto térmico mayor es de 14,8 °C, cuando las ganancias debido a la partición interior son de 14,92 kWh y las ganancias en la solana por radiación son de 68,20 kWh.

**La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Montañesa variante C es de 7,56 kWh/m<sup>2</sup>.**

### 12.2.4.2 Simulación en el intervalo de abril a septiembre

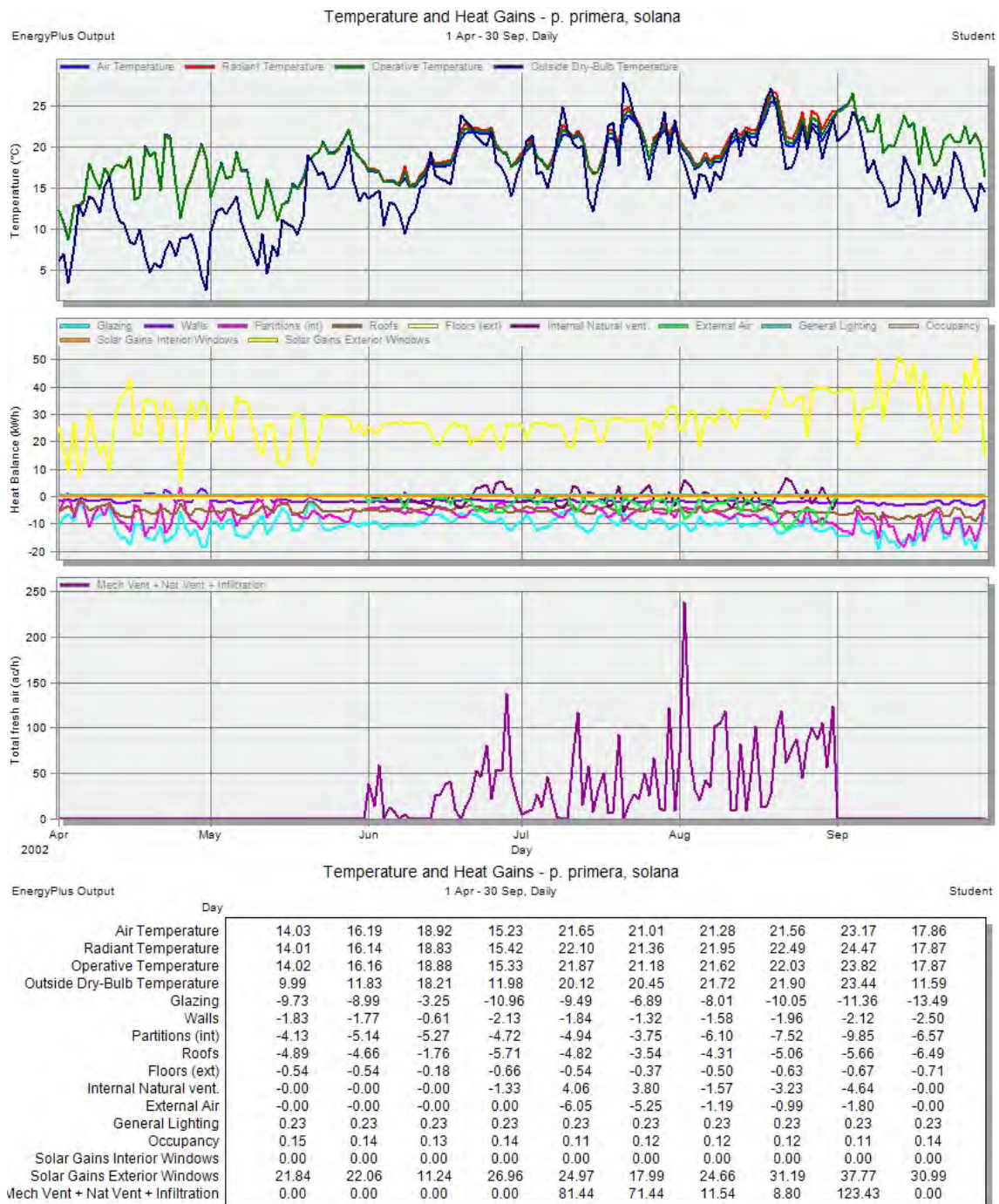


Figura 164. Gráfico y tabla temperaturas y ganancias en el período de abril a septiembre, en la solana cerrada.

Cuando las temperatura exteriores son mayores y las ganancias debida a la radiación directa superan la temperatura de confort, el habitante de la vivienda abre la solana provocando una ventilación natural que disipa el calor. Las únicas ganancias que tiene la solana son debidas a la radiación solar directa, y puede apreciarse en el gráfico de ganancias, figura 164, como éstas dejan de ascender cuando se produce la ventilación natural, de hasta 123,43 rnv/h. En este intervalo la temperatura máxima alcanzada en el interior de la solana es de 23,17 °C, temperatura casi igual a la exterior, 23,44 °C.

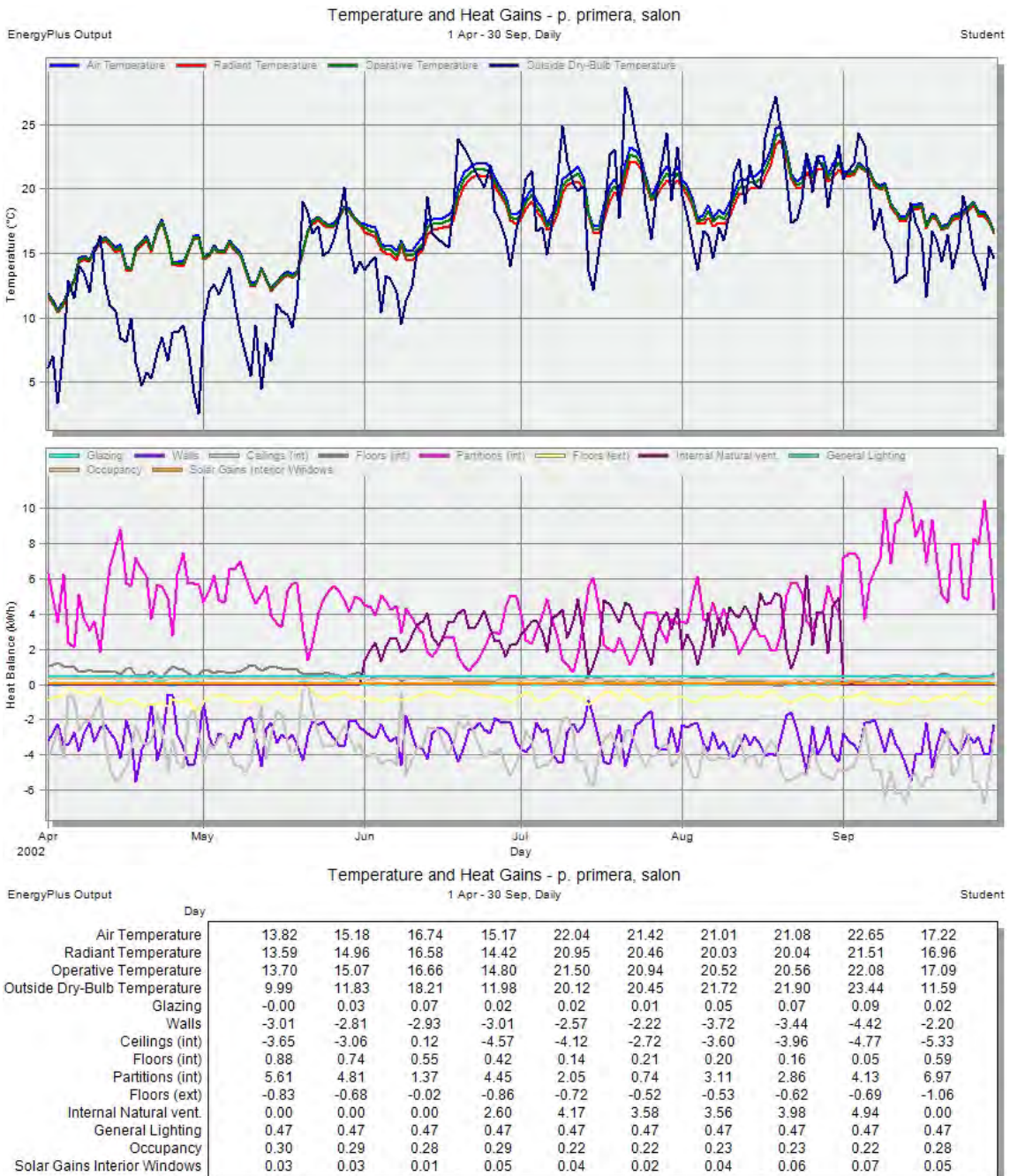


Figura 165. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias en el período de abril a septiembre, en el salón.

Cuando la temperatura en la solana es de 23,17 °C, momento de máximo calor, en el salón tenemos una ganancia a través de la partición interior de 4,13 kWh, el resto del tiempo las ganancias son de 0,74 kWh a 2,05 kWh. En el gráfico de ganancias se puede apreciar como las ganancias debidas a la partición interior disminuyen justo en el momento de la ventilación natural, figura 165.

La temperatura que se consigue en el interior del espacio vividero, salón, se encuentre en los intervalos 13,82 °C a 22,65 °C.

**La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Montañesa variante C es de 4,61 kWh/m<sup>2</sup>**

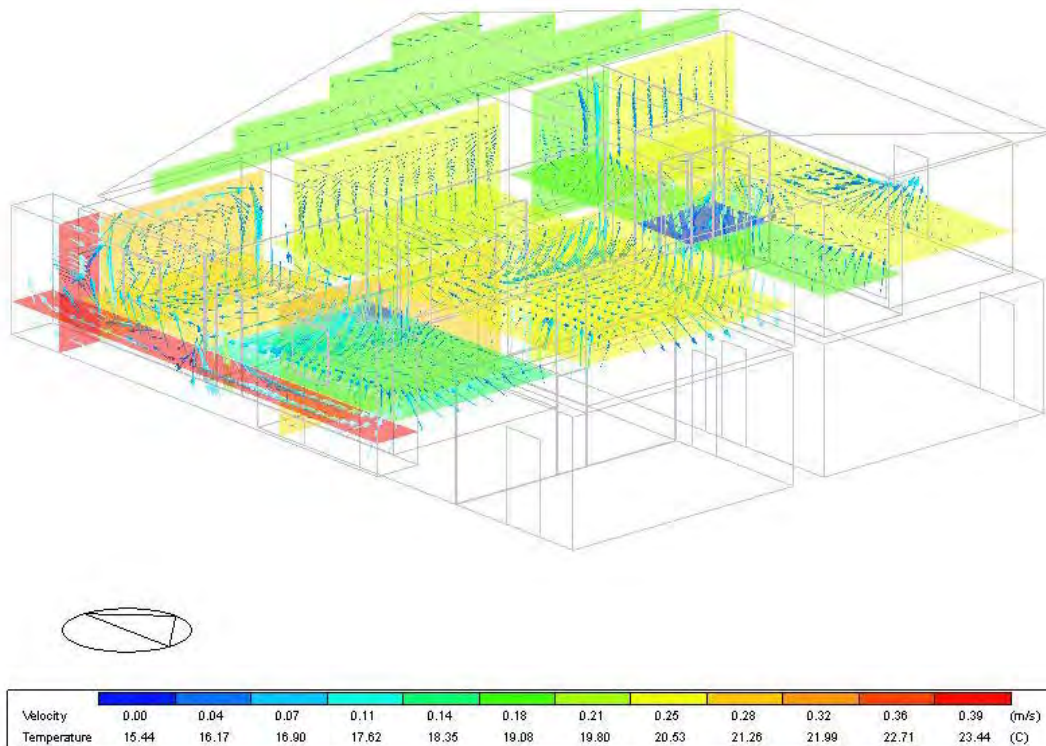


Figura 166. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Montañesa variante C

En el CFD se observa lo explicado de forma gráfica, apreciando el movimiento del aire de la ventilación natural y velocidad.

### 12.2.5. Simulación energética de la Casa Montañesa variante D

Se ha tomado como referencia la tipología de la vivienda montañesa de Cabuérniga y se ha modificado el bajo cubierta como espacio dedicado a pajar y con aberturas laterales, y la solana creando un espacio cerrado con vidrio . El clima es de la zona de Vega de Liébana donde se encuentra esta variante.

La paja permanece en el bajo cubierta todo el invierno y a medida que se acerca el verano se va agotando hasta se vuelve a cosechar. En el programa no hay opción de poner una actividad a un material, por lo que se ha modelizado la vivienda añadiendo la paja como capa de la envolvente en período de frío y eliminando el material paja en periodo de verano. Se acristala la solana creando efecto invernadero sin lazo convectivo. Se estudiarán los espacios bajo cubierta, dormitorios, salón y solana.

material	Conductividad térmica W/m K	Calor específico J/g K	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	Emisividad	Permeabilidad mg/Pa s m <sup>2</sup>
Paja	0.055	1.3	290	0,90	

A continuación se reflejan en la tabla las características de la envolvente del bajo cubierta, el pajar y de la solana cerrada.

	Elemento	Reflectancia	Transmitancia (U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
BAJOCUBIERTA WALL_2_0_0	muro macizo piedra+cal+paja	0.4	0,092	270.00	90.00	W
BAJOCUBIERTA WALL_3_0_0	muro macizo piedra+cal+paja	0.4	0,092	90.00	90.00	E
BAJOCUBIERTA ROOF_1_0_0	Cubierta teja+paja	0.30	0.105	180.00	12.68	
BAJOCUBIERTA ROOF_4_0_0	Cubierta teja+paja	0.30	0.105	0.00	12.68	
P.PRIMERA:SO LANA_WALL_2_0_0	divisiones de madera roble	0.22	3.57	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:SO LANA_WALL_5_0_0	divisiones de madera roble	0.22	3.57	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:SO LANA_WALL_6_0_0	divisiones de madera roble	0.22	3.57	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:SO LANA_EXTFLOOR_0_0_0	Suelo	0.30	0.251	0.00	180.00	

Se modifica directamente el modelo en el Design Builder sin pasar por el Revit.

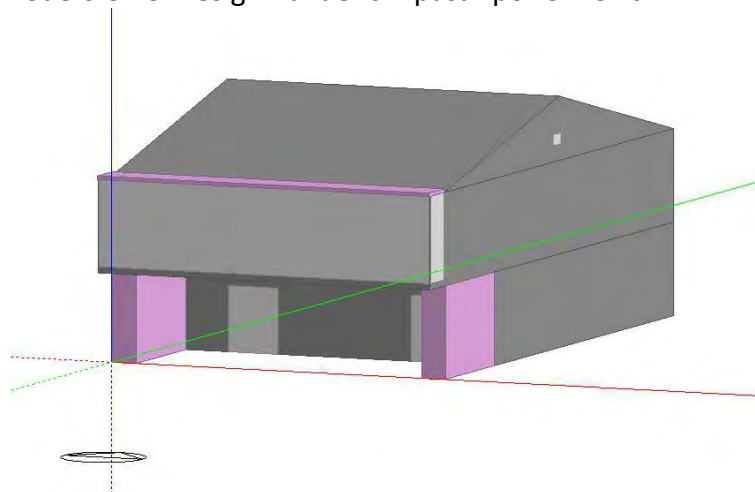


Figura 167. Modelo de tipología Casa Montañesa variante D introducido en el Design Builder

La simulación se realiza en dos fases, un primer período donde el clima es más frío, de octubre a marzo, y otro segundo período donde el clima es más cálido, de abril a septiembre.

Dentro de estos dos períodos, se estudia que ocurre con el espacio bajo cubierta, donde funciona como espacio aislante con el exterior y como disipador de calor a través del vestíbulo, el espacio solana, donde funciona como espacio invernadero y los espacios viveros, salón y dormitorios, de planta primera. Se dividen los estudios para comprender como el calor se transmite en período de frío y como es disipado en período de calor.

### 12.2.5.1 Simulación en el intervalo de octubre a marzo

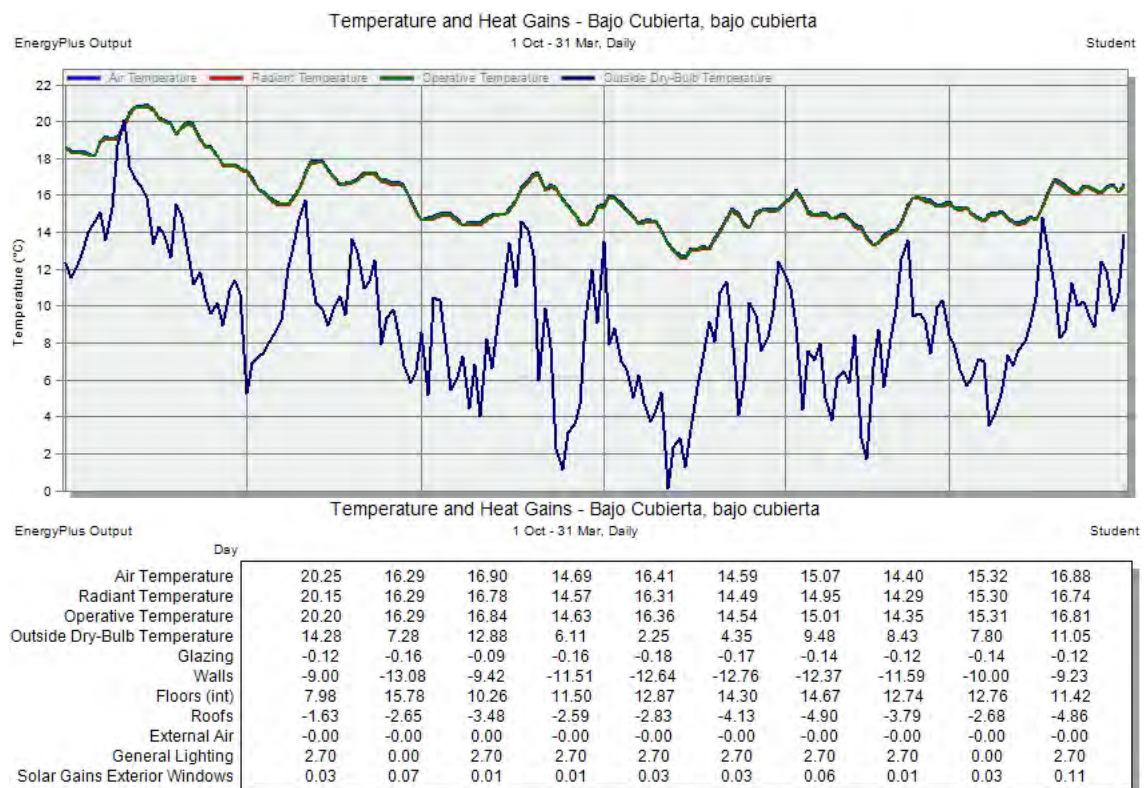


Figura 168. Gráfico de temperaturas, en el bajo cubierta, para el periodo de octubre a marzo

El espacio del bajo cubierta funciona como un elemento aislante, la temperatura de este espacio, figura 168, que es de 16,41 °C cuando la temperatura exterior es de 2,25 °C, así como que la temperatura es más constante y con menos fluctuaciones y con retardo.

Los espacios inferiores del salón y dormitorios también se ven protegidos del exterior.

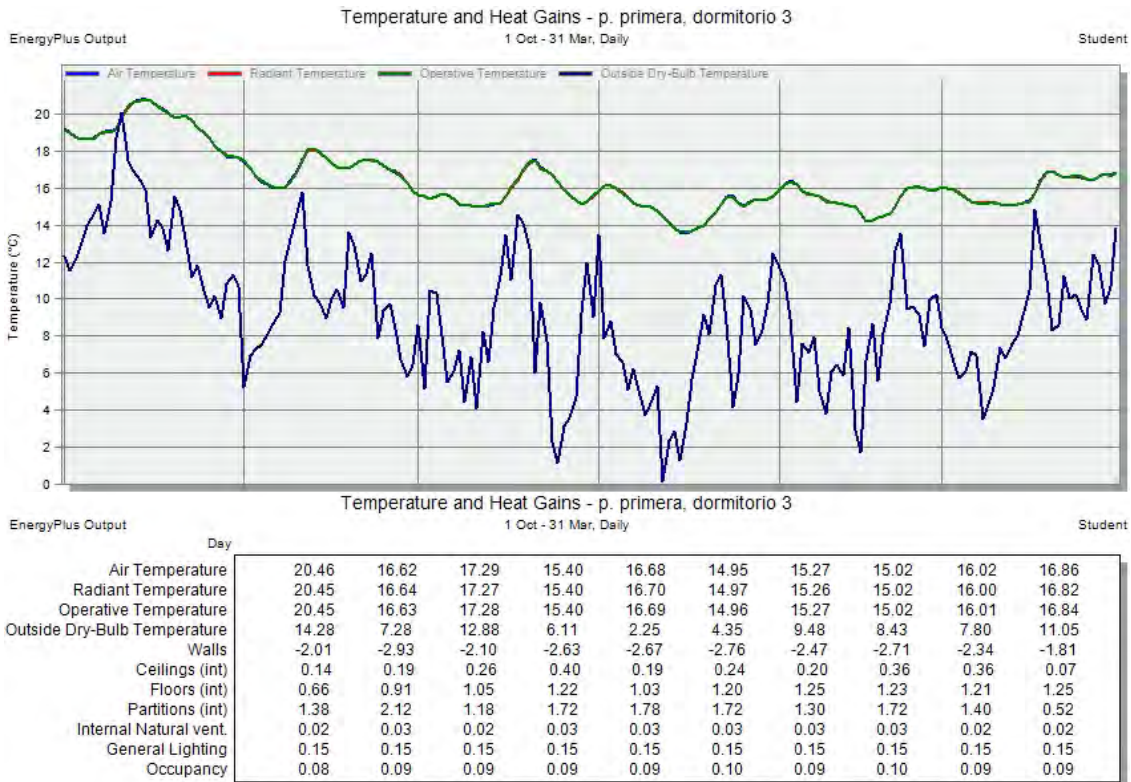
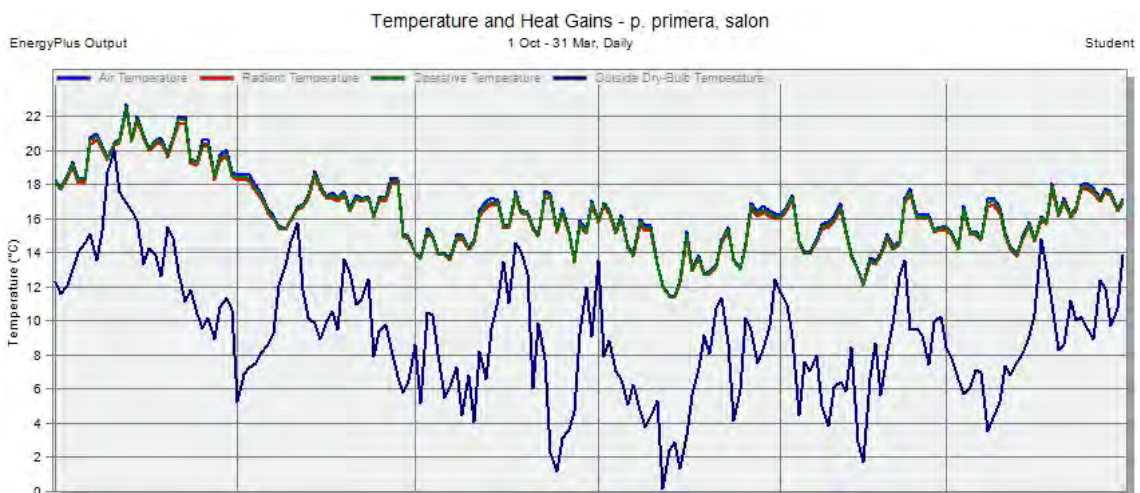


Figura 169. Grafico de temperaturas y tabla de temperaturas y ganancias de los dormitorios.

Los dormitorios únicamente tienen pérdidas debido a la envolvente exterior, los muros de fachada. A través del techo tiene ganancias entre 0,07 y 0,36 kWh, ya que el calor que se perdía del vestíbulo, proveniente de la cuadra, es acumulado en el pajar. La temperatura que se alcanza en los dormitorios está en el rango de entre 14,95 °C y 20,46 °C. Cuando la temperatura exterior es de 2,25 °C la interior de los dormitorios es de 16,68 °C, lo que supone un salto de 14,43 °C.



Temperature and Heat Gains - p. primera, salon

EnergyPlus Output Student

1 Oct - 31 Mar, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	20.16	18.56	16.63	13.67	17.49	15.60	16.95	13.91	15.20	18.09
Radiant Temperature	20.01	18.18	16.49	13.55	17.17	15.29	16.57	13.77	15.02	17.75
Operative Temperature	20.08	18.37	16.56	13.61	17.33	15.44	16.76	13.84	15.11	17.92
Outside Dry-Bulb Temperature	14.28	7.28	12.88	6.11	2.25	4.35	9.48	8.43	7.80	11.05
Glazing	-0.07	0.09	-0.08	-0.12	0.07	0.00	0.18	-0.13	-0.07	0.15
Walls	-3.12	-6.51	-2.88	-3.86	-6.08	-5.47	-7.14	-3.24	-3.72	-5.05
Ceilings (int)	0.24	-3.15	0.39	1.39	-1.57	-1.39	-2.93	0.76	0.30	-1.85
Floors (int)	0.46	0.14	0.67	0.94	0.37	0.50	0.23	0.86	0.76	0.33
Partitions (int)	2.48	9.54	1.67	1.76	7.28	6.35	9.08	1.73	2.81	6.62
Floors (ext)	-0.87	-1.61	-0.63	-1.07	-1.67	-1.48	-1.27	-0.82	-1.01	-1.14
Internal Natural vent.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
General Lighting	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Occupancy	0.26	0.28	0.28	0.31	0.28	0.30	0.29	0.30	0.30	0.28
Solar Gains Interior Windows	0.05	0.66	0.05	0.13	0.75	0.63	1.05	0.01	0.06	0.08

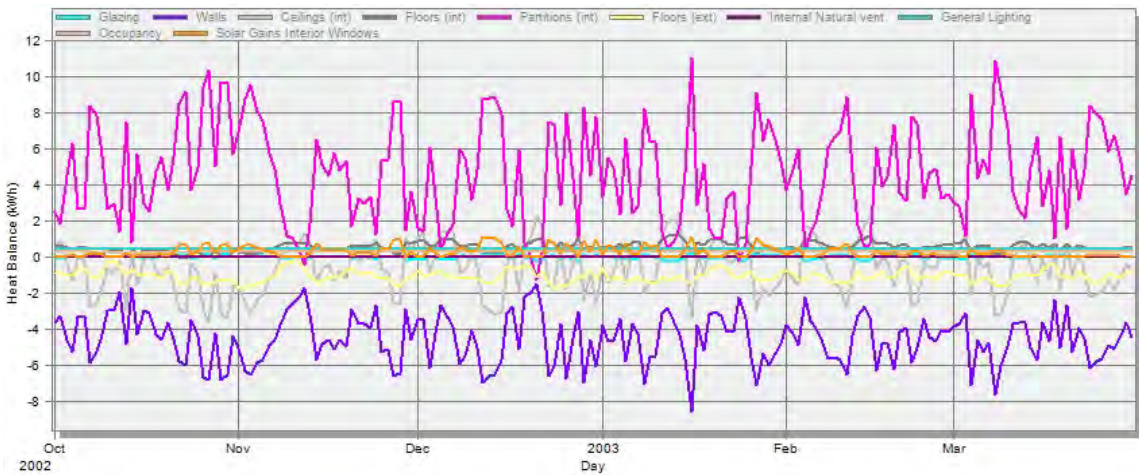
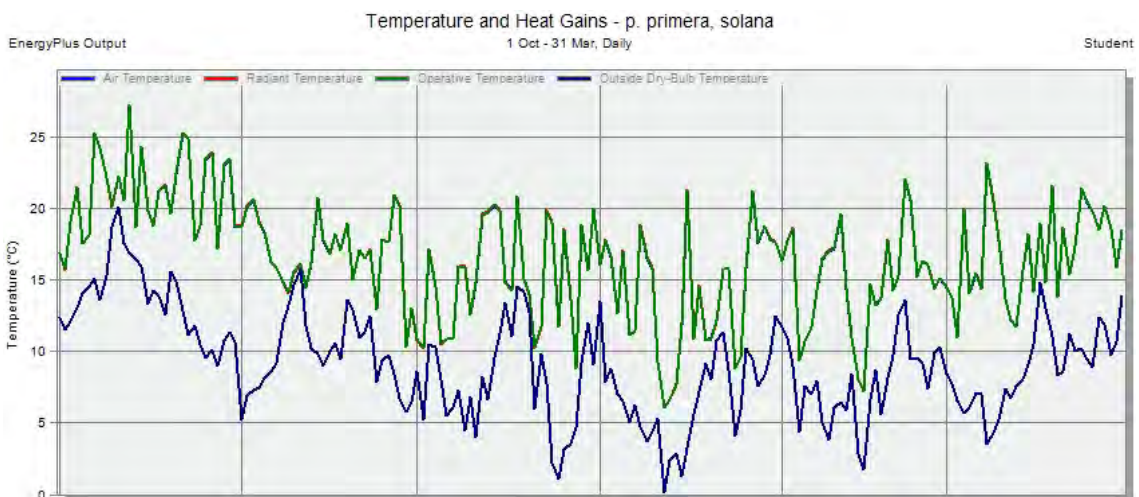


Figura 170. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias, en el salón, para el periodo de octubre a marzo

El salón únicamente tiene pérdidas debido a la envolvente exterior debido a la orientación este de los muros de fachada. A través del techo tiene ganancias entre 0,24 y 1,39 kWh ya que el calor que se perdía del vestíbulo, proveniente de la cuadra, es acumulado en el pajar. En otros momentos la temperatura del salón supera la del bajo cubierta y es cuando el salón cede calor a razón de 1,39 a 3,15 kWh. Esto es debido a que recibe más calor del efecto invernadero de la solana cerrada.



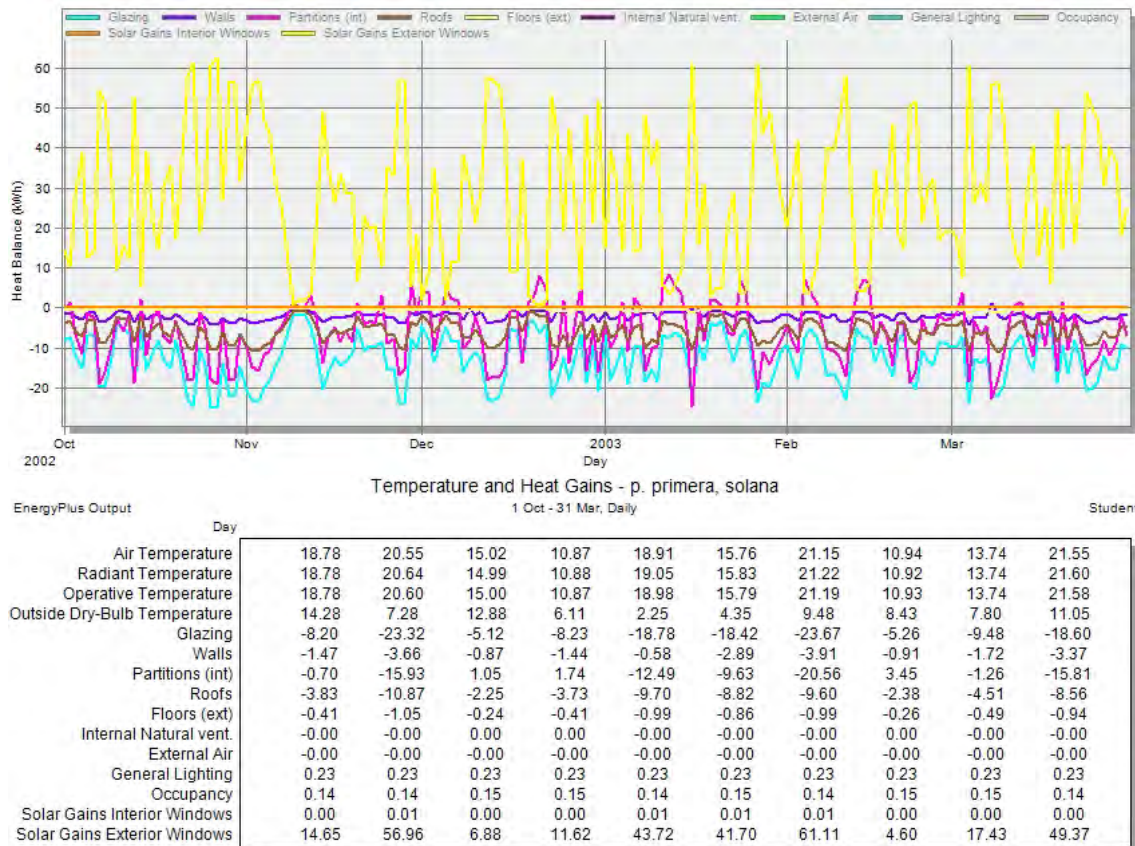


Figura 171. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias en el período de octubre a marzo en la solana cerrada.

La solana, figura 171, tiene unas ganancias debidas a la radiación solar de 4,60 kWh a 61,11 kWh, de los cuales 0,70 kWh a 20,56 kWh transmite al salón por la partición interior, el resto lo pierde por el vidrio simple y cubierta no aislada.

La temperatura alcanzada en este espacio varía entre 10,87 °C y 21,55 °C, cuando la temperatura exterior es de 2,25 °C a 14,28 °C. Por lo que configura al salón un amortiguamiento térmico.

En el salón, figura 170, las ganancias mayores se realizan a través de la partición interior, 1,67 kWh a 9,54 kWh. De los cuales unos son debido al efecto invernadero de la solana y el resto a través del vestíbulo y bajo cubierta.

Las pérdidas a través del muro de fachada disminuyen teniendo solo pérdidas por el muro exterior al este, 2,88 kWh a 7,14 kWh.

La temperatura que se alcanza en el salón esta en el rango de 13,67 °C a 20,16 °C. Cuando la temperatura exterior es de 2,25 °C la interior en el salón es de 17,49 °C, lo que supone un salto de 15,24 °C.

**La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Montañesa variante D es de 6,99 kWh/m<sup>2</sup>**

### 12.2.5.2 Simulación en el intervalo de abril a septiembre

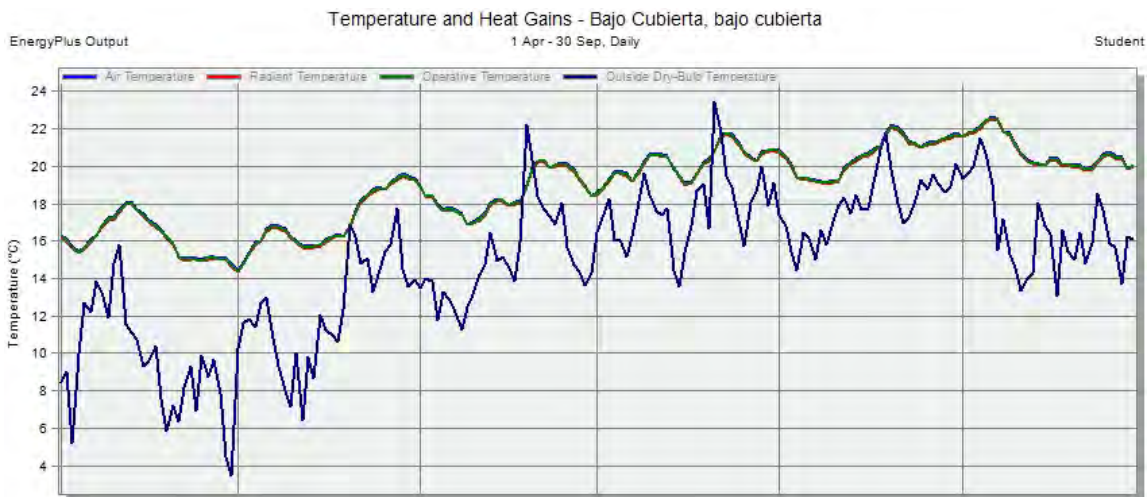


Figura 172. Gráfico de temperaturas, en el bajo cubierta, para el periodo de abril a septiembre

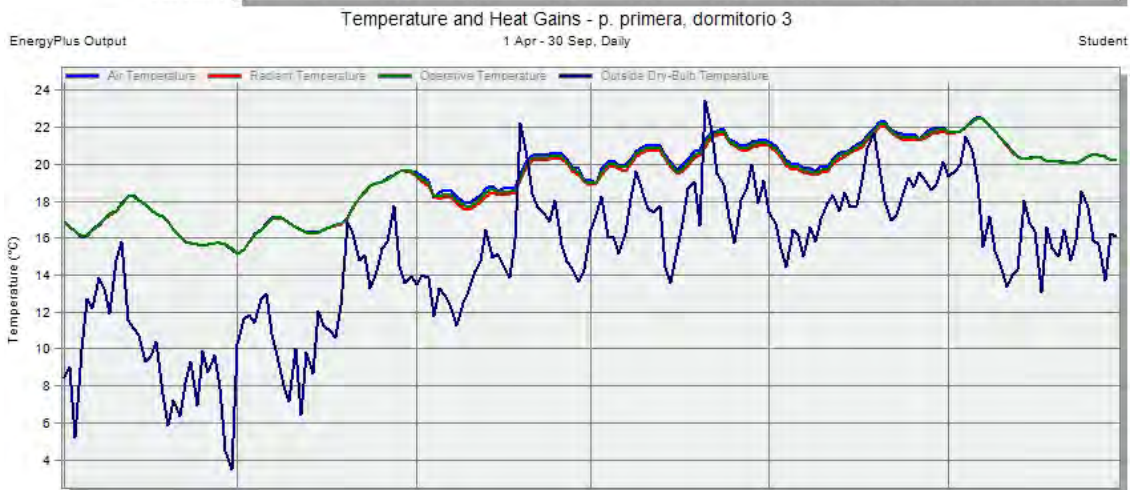
La temperatura del bajo cubierta es atenuada gracias al aislante, la paja, entre los períodos abril-mayo y septiembre, y a la ventilación natural en los meses de junio a agosto. La temperatura en este espacio se encuentra principalmente en la franja de los 15 °C a 22 °C.

Los dormitorios interiores tienen ganancias por los tabiques y forjado, que disminuyen cuando se produce la ventilación natural. En estos espacios interiores de la vivienda la ventilación se produce a través de la puerta (admisión) y del techo (extracción). El bajo cubierta disipa el calor generado en los espacios inferiores de la vivienda.

Temperature and Heat Gains - p. primera, dormitorio 3

EnergyPlus Output 1 Apr - 30 Sep, Daily Student

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	17.35	16.21	17.69	18.51	20.54	21.05	21.03	20.67	22.05	20.33
Radiant Temperature	17.36	16.18	17.65	18.18	20.25	20.76	20.72	20.46	21.77	20.33
Operative Temperature	17.36	16.19	17.67	18.34	20.39	20.90	20.87	20.56	21.91	20.33
Outside Dry-Bulb Temperature	10.37	11.43	16.24	12.21	16.89	17.60	18.59	18.44	20.11	13.08
Walls	-2.50	-2.02	-1.69	-1.69	-1.56	-1.31	-1.65	-1.23	-1.39	-1.96
Ceilings (int)	-0.29	-0.20	-0.11	-0.33	-0.17	-0.10	-0.29	-0.10	-0.09	-0.00
Floors (int)	0.95	1.27	1.13	0.42	0.42	0.41	0.31	0.46	0.28	0.65
Partitions (int)	1.73	0.83	0.52	0.91	0.69	0.42	0.98	0.39	0.63	1.24
Internal Natural vent.	0.02	0.03	0.02	0.62	0.52	0.49	0.54	0.35	0.46	0.01
General Lighting	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Occupancy	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08



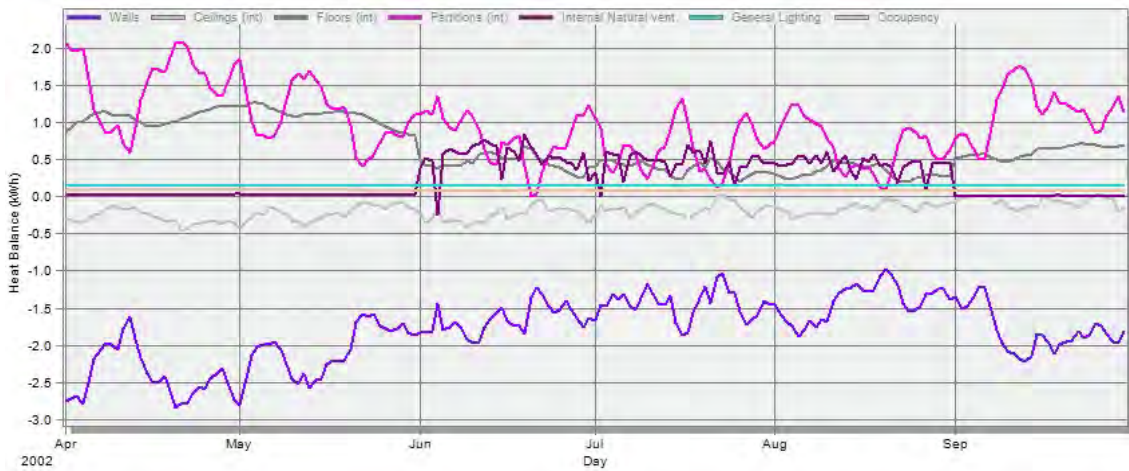


Figura 173. Gráfico de temperaturas y tabla de temperaturas y ganancias, dormitorio 3, periodo abril-septiembre.

En el salón también hay ganancias por los tabiques y forjado, que disminuyen cuando se produce la ventilación natural. En estos espacios interiores de la vivienda la ventilación se produce a través de la puerta (admisión) y del techo (extracción), así como por las ventanas a través de la solana que se abre en este período.

Temperature and Heat Gains - p. primera, salon

EnergyPlus Output Student

1 Apr - 30 Sep, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	16.91	16.47	18.36	17.34	20.63	21.38	21.57	21.09	22.53	21.82
Radiant Temperature	16.73	16.23	18.14	17.17	20.31	20.99	20.95	20.60	22.34	21.51
Operative Temperature	16.82	16.35	18.25	17.25	20.47	21.18	21.26	20.84	22.43	21.67
Outside Dry-Bulb Temperature	10.37	11.43	16.24	12.21	16.89	17.60	18.59	18.44	20.11	13.08
Glazing	-0.03	0.08	0.09	-0.08	-0.03	0.00	0.02	-0.02	0.04	0.07
Walls	-4.34	-4.29	-3.59	-2.30	-2.69	-2.59	-3.52	-2.43	-3.05	-4.37
Ceilings (int)	0.03	-0.77	-1.06	0.57	-0.61	-0.73	-1.35	-0.63	-1.13	-1.88
Floors (int)	0.59	0.53	0.40	0.36	0.13	0.08	0.06	0.15	0.00	0.10
Partitions (int)	3.81	4.29	3.74	0.94	1.75	1.72	2.35	0.66	3.67	6.41
Floors (ext)	-1.00	-0.82	-0.53	-0.70	-0.65	-0.73	-0.67	-0.46	-0.70	-1.28
Internal Natural vent.	0.00	0.00	0.00	0.38	1.29	1.33	2.25	1.95	0.07	0.00
General Lighting	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Occupancy	0.28	0.29	0.27	0.27	0.23	0.22	0.21	0.22	0.22	0.24
Solar Gains Interior Windows	0.03	0.05	0.04	0.01	0.03	0.05	0.05	0.02	0.06	0.07

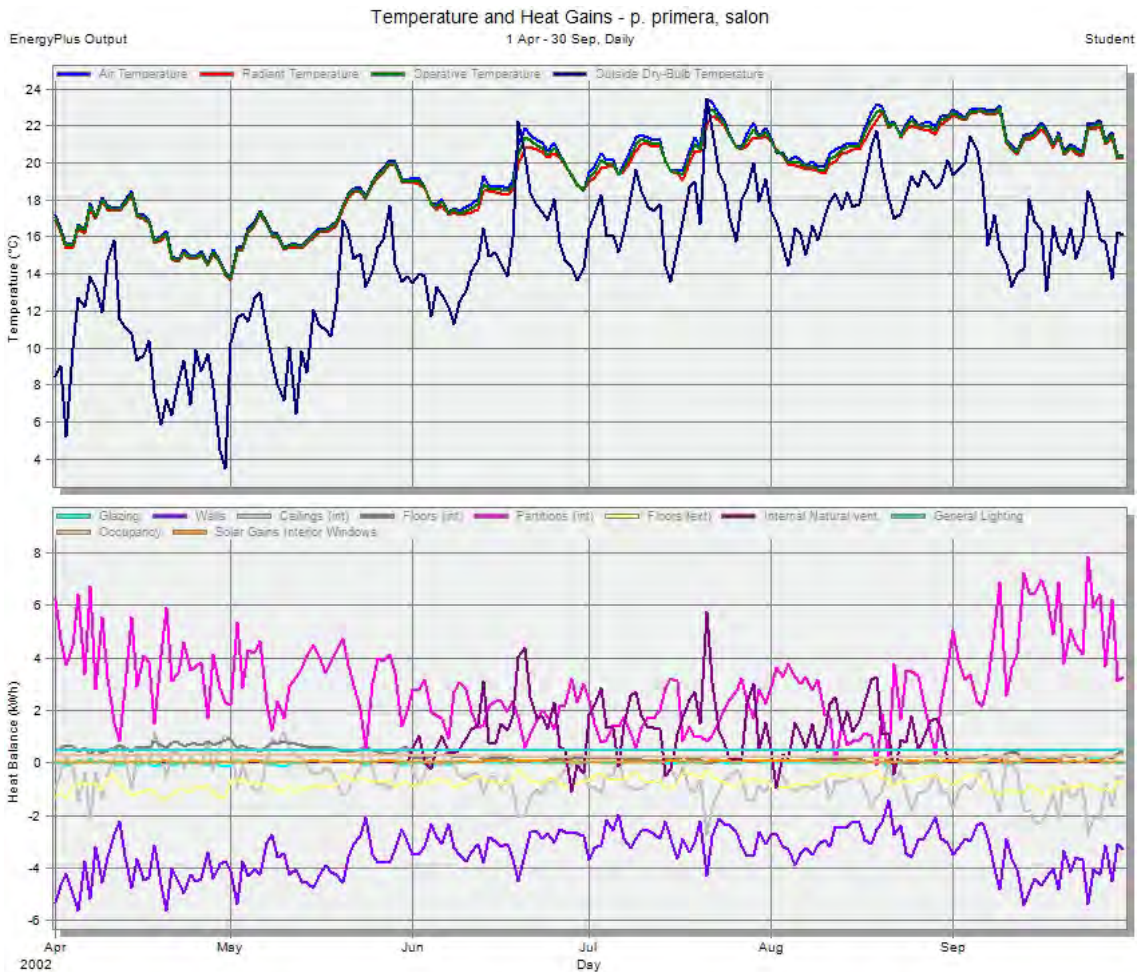


Figura 174. Gráfico de temperaturas y tabla de temperaturas y ganancias, salón, periodo abril-septiembre

Cuando las temperatura exteriores son mayores y las ganancias debida a la radiación directa superan la temperatura de confort, el habitante de la vivienda abre la solana provocando una ventilación natural que disipa el calor. Las únicas ganancias que tiene la solana son debidas a la radiación solar directa, y puede apreciarse en el gráfico de ganancias, figura 175, como éstas dejan de ascender cuando se produce la ventilación natural, de hasta 215,18 rnv/h. En este intervalo la temperatura máxima alcanzada en el interior de la solana es de 22,05 °C.

La consigna es ventilar para mantenerse en la zona de confort de verano, por lo que el sistema deja de ventilar y almacena si la temperatura exterior está por debajo de ese rango. En este caso concreto, la temperatura exterior es de 20,11 °C, por lo que en momentos deja de ventilar para mantener la temperatura interior de la solana en esos 22,05 °C. Lo que significan ganancias también para el salón, que en este caso alcanza una temperatura interior de 22,53 °C.

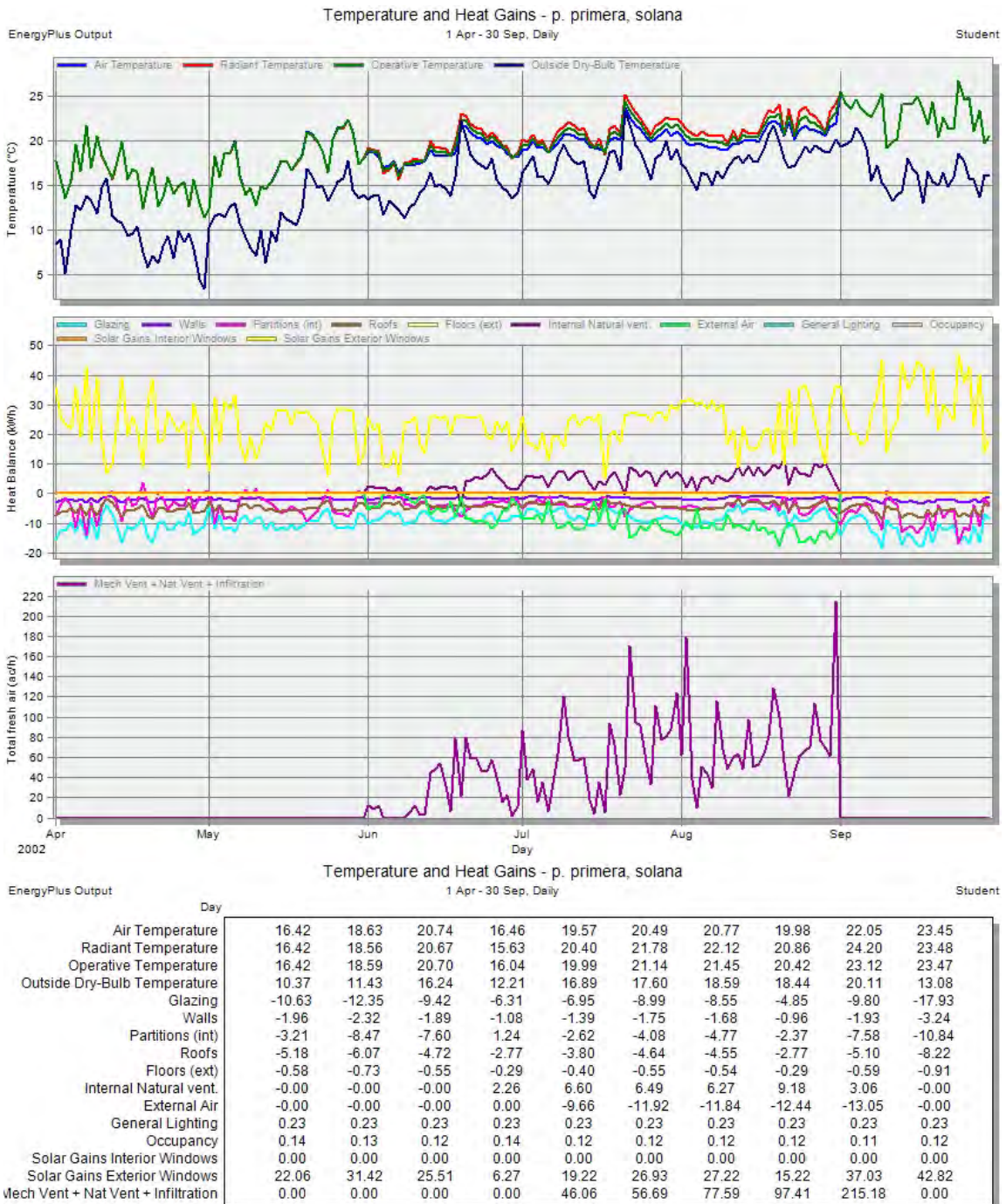


Figura 175. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias, en la solana, para el periodo de abril a septiembre

Las temperaturas interiores se mantienen en la zona de confort, entre 16,21 °C y 22,05 °C en los dormitorios interiores y entre 16,47 °C y 22,53 °C en el salón.

**La demanda anual en período de calor en la tipología de Casa Montañesa variante D es de 4,04 kWh/m<sup>2</sup>**

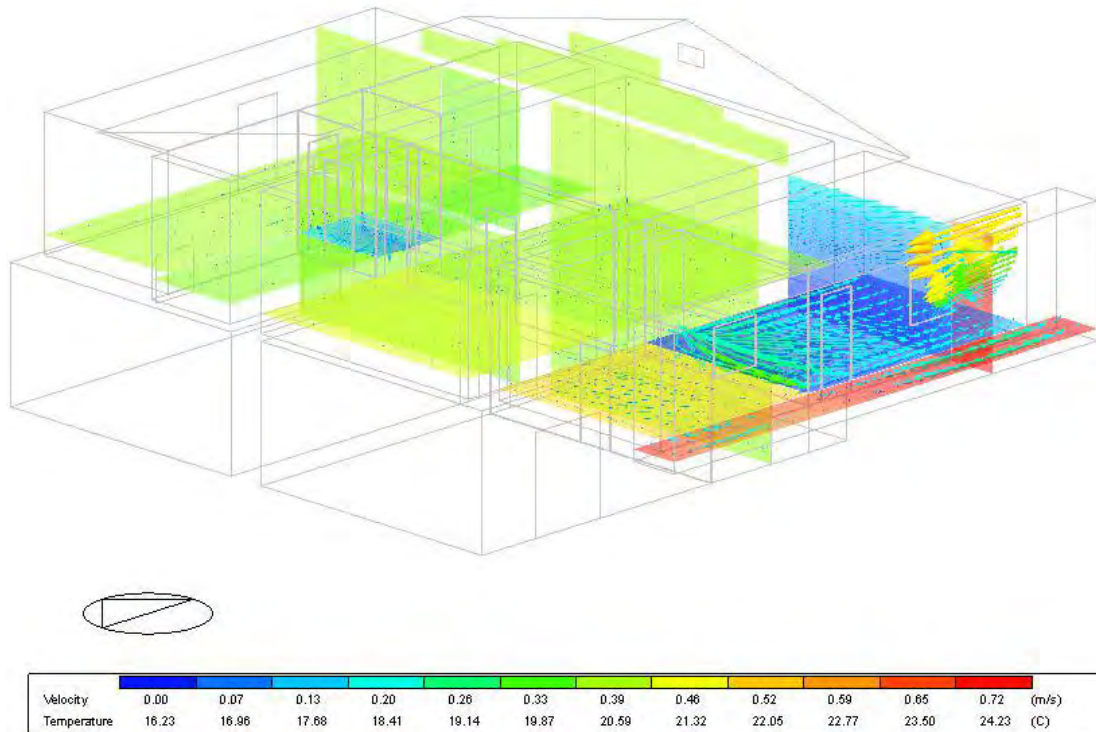


Figura 176. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Montañesa variante D

En el CFD se observa lo explicado de forma grafica, apreciando el movimiento del aire de la ventilación natural y la velocidad.

### 12.2.6. Simulación energética de la casa Montañesa variante E

Se ha tomado como referencia la tipología de la vivienda montañesa de Cabuérniga y se ha modificado la envolvente de la primera planta a muros de madera. El clima es de la zona de Las Rozas de Valdearroyo donde se encuentra esta variante

A continuación se reflejan en la tabla las características de la envolvente:

	Elemento	Reflectancia	Transmitancia (U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
P.PRIMERA:DORMITORIO1_WALL_4_0_0	muro de madera roble 20cm	0.22	0.981	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:DORMITORIO1_WALL_5_0_0	muro de madera roble 20cm	0.22	0.981	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:DORMITORIO1_EXTFLOOR	Suelo	0.30	0.251	0.00	180.00	

_0_1_0						
P.PRIMERA:SALON_WALL_2_0_0	muro de madera roble 20cm	0.22	0.981	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:SALON_WALL_5_0_0	muro de madera roble 20cm	0.22	0.981	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:SALON_EXTFLOOR_0_2_0	Suelo	0.30	0.251	0.00	180.00	
P.PRIMERA:COCINA_WALL_4_0_0	muro de madera roble 20cm	0.22	0.981	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:DORMITORIO3_WALL_4_0_0	muro de madera roble 20cm	0.22	0.981	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:DORMITORIO2_WALL_2_0_0	muro de madera roble 20cm	0.22	0.981	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:VESTIBULO2_WALL_2_0_0	muro de madera roble 20cm	0.22	0.981	90.00	90.00	E

Se modifica directamente el modelo en el Design Builder directamente sin volver al programa Revit.

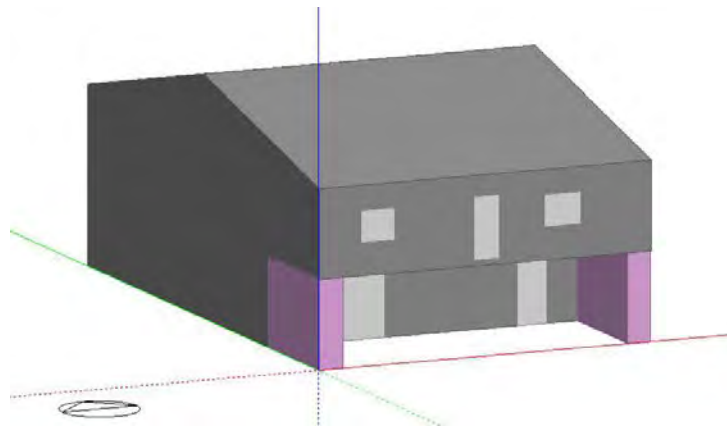


Figura 177. Modelo de tipología Casa Montañesa variante E introducido en el Design Builder

La simulación se realiza en dos fases, un primer período donde el clima es más frío, de octubre a marzo, y otro segundo período donde el clima es más cálido, de abril a septiembre.

Dentro de estos dos períodos, se estudia que ocurre con el espacio vividero de planta primera al pasar de un material de envolvente de  $1,970 \text{ W/m}^2\text{K}$  a  $0,981 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Se dividen los estudios para comprender como el calor se transmite en período de frío y como es disipado en período de calor.

### 12.2.6.1 Simulación en el intervalo de octubre a marzo

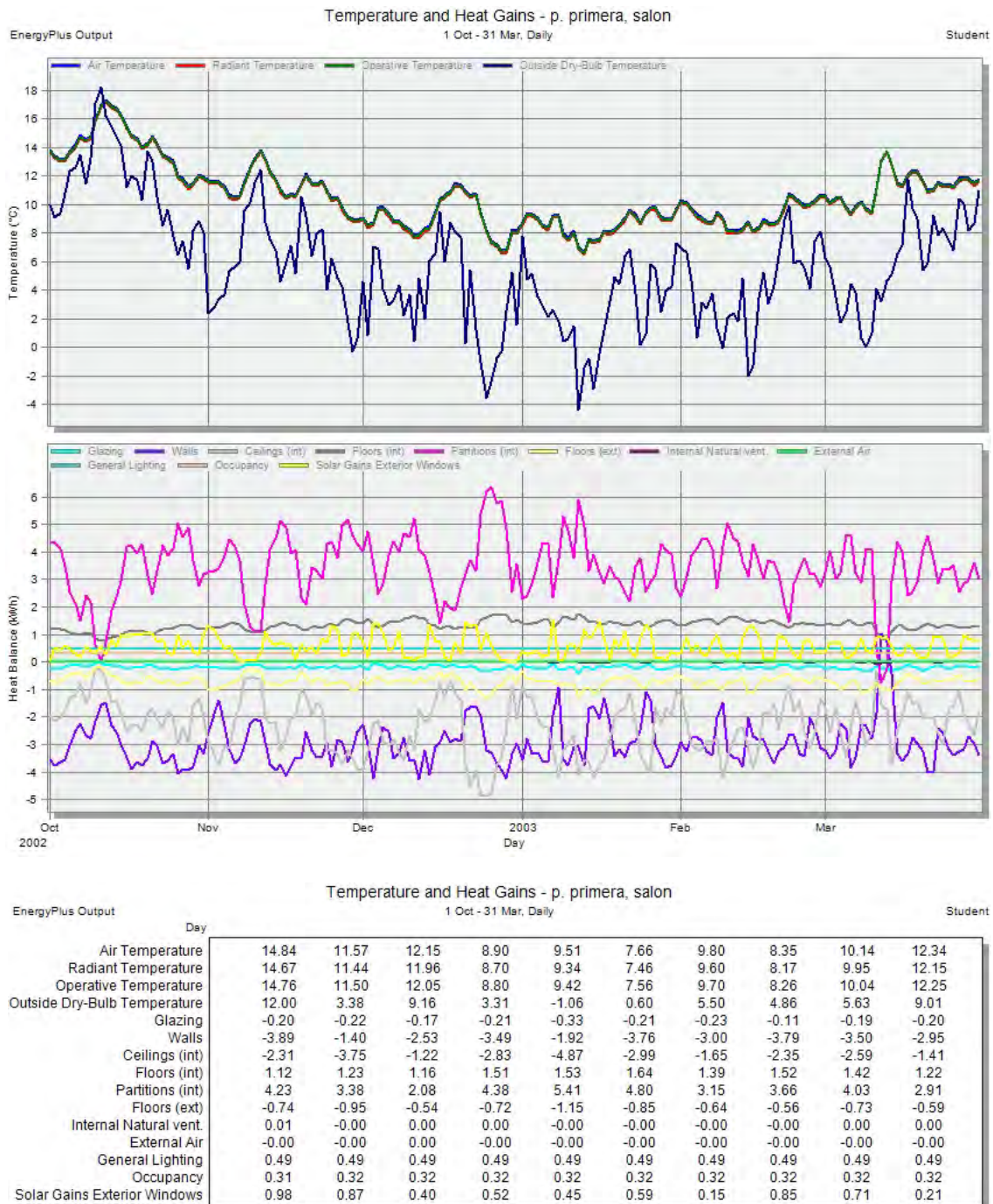
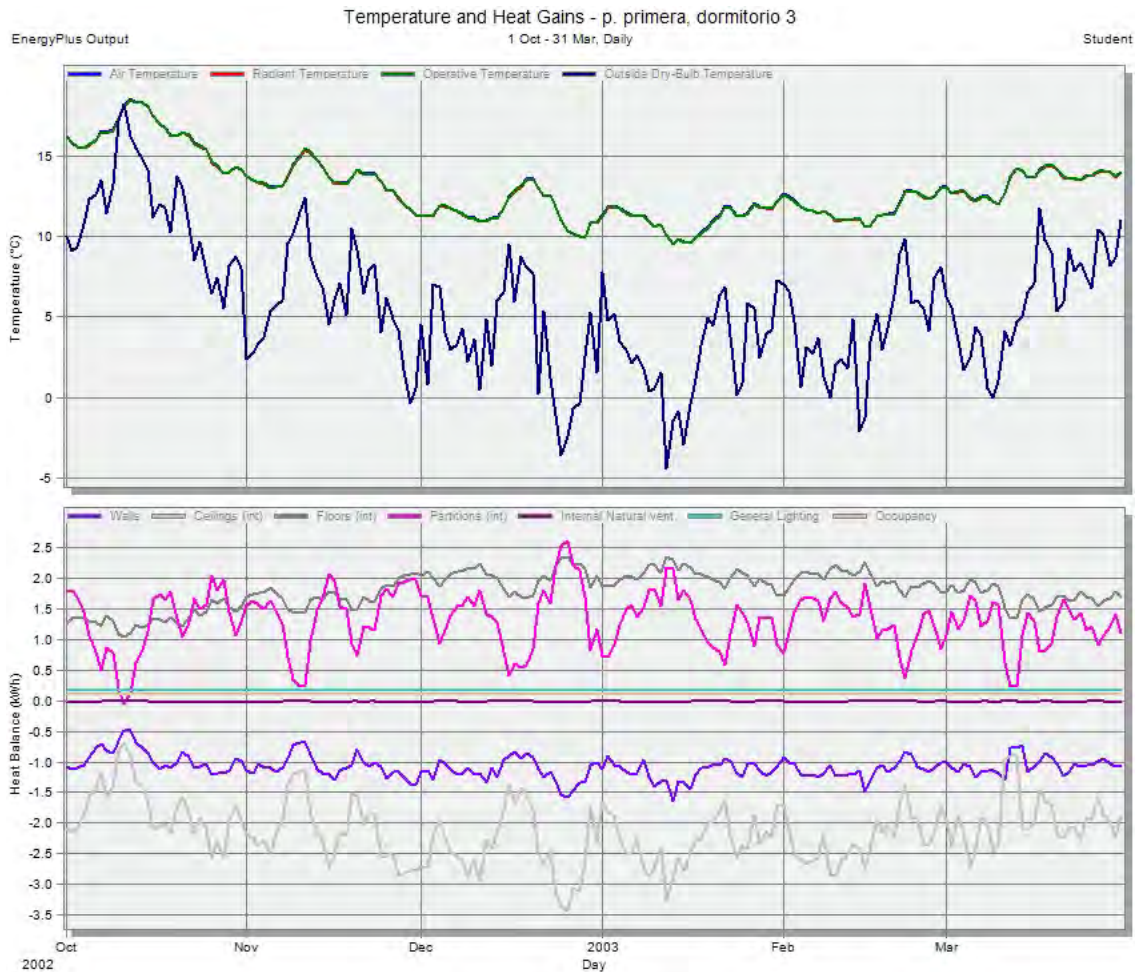


Figura 178. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias en período de octubre a marzo en el salón.

En el salón la temperatura interior oscila en un rango de 8,35 °C a 14,84 °C, cuando la temperatura exterior oscila entre -1,06 °C y 12,00 °C. La perdida a través de los muros es de 1,4 kWh a 3,79 kWh (figura 178), mientras que con el muro de piedra es de 3,06 kWh a 4,98 kWh (figura 135).



Temperature and Heat Gains - p. primera, dormitorio 3

EnergyPlus Output 1 Oct - 31 Mar, Daily Student

Day	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Air Temperature	16.97	13.32	14.17	11.56	11.83	10.60	12.03	11.06	12.68	14.46
Radiant Temperature	16.94	13.30	14.10	11.53	11.82	10.58	11.97	11.02	12.64	14.41
Operative Temperature	16.95	13.31	14.14	11.55	11.82	10.59	12.00	11.04	12.66	14.44
Outside Dry-Bulb Temperature	12.00	3.38	9.16	3.31	-1.06	0.60	5.50	4.86	5.63	9.01
Walls	-1.12	-1.04	-0.80	-1.21	-1.31	-1.41	-1.04	-1.20	-1.10	-0.93
Ceilings (int)	-2.05	-2.37	-1.57	-2.55	-3.16	-2.74	-1.86	-2.33	-2.38	-1.70
Floors (int)	1.32	1.76	1.50	2.11	2.21	2.22	1.88	2.06	1.91	1.57
Partitions (int)	1.74	1.57	0.73	1.55	2.19	1.84	0.90	1.37	1.46	0.94
Internal Natural vent.	-0.02	-0.03	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01
General Lighting	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Occupancy	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

Figura 179. Gráfico y tabla temperaturas y ganancias en el período de octubre a marzo en el dormitorio 3.

En el dormitorio la temperatura interior oscila en un rango de 10,60 °C a 16,97 °C, cuando la temperatura exterior oscila entre -1,06 °C y 12,00 °C. La pérdida a través de los muros es de 0,8 kWh a 1,41 kWh (figura 179), mientras que con el muro de piedra es de 1,31 kWh a 1,98 kWh (figura 140). Hay que tener presente en esta comparación que el clima de Cabuérniga es más benigno que el de Las Rozas de Valdearroyo; en enero las temperaturas medias máximas y mínimas de Cabuérniga son 1,9 °C a 16,1 °C mientras que en Las Rozas de Valdearroyo son -4,8 °C a 11,4 °C.

La mejora en una envolvente con coeficiente de transmisión menor mejora las pérdidas térmicas en período de frío.

La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Montañesa variante E es de 7,92 kWh/m<sup>2</sup>.

### 12.2.6.2 Simulación en el intervalo de abril a septiembre

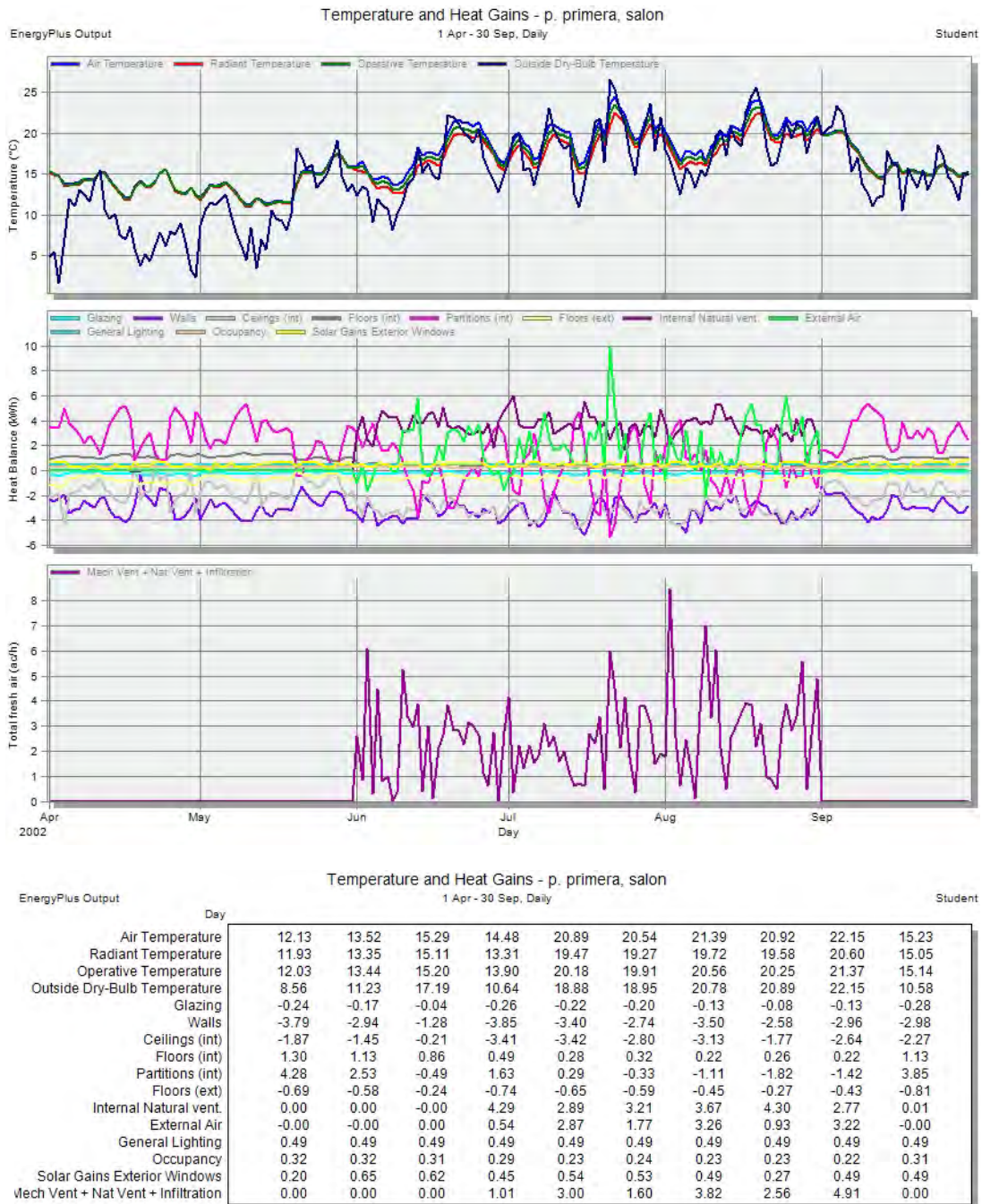
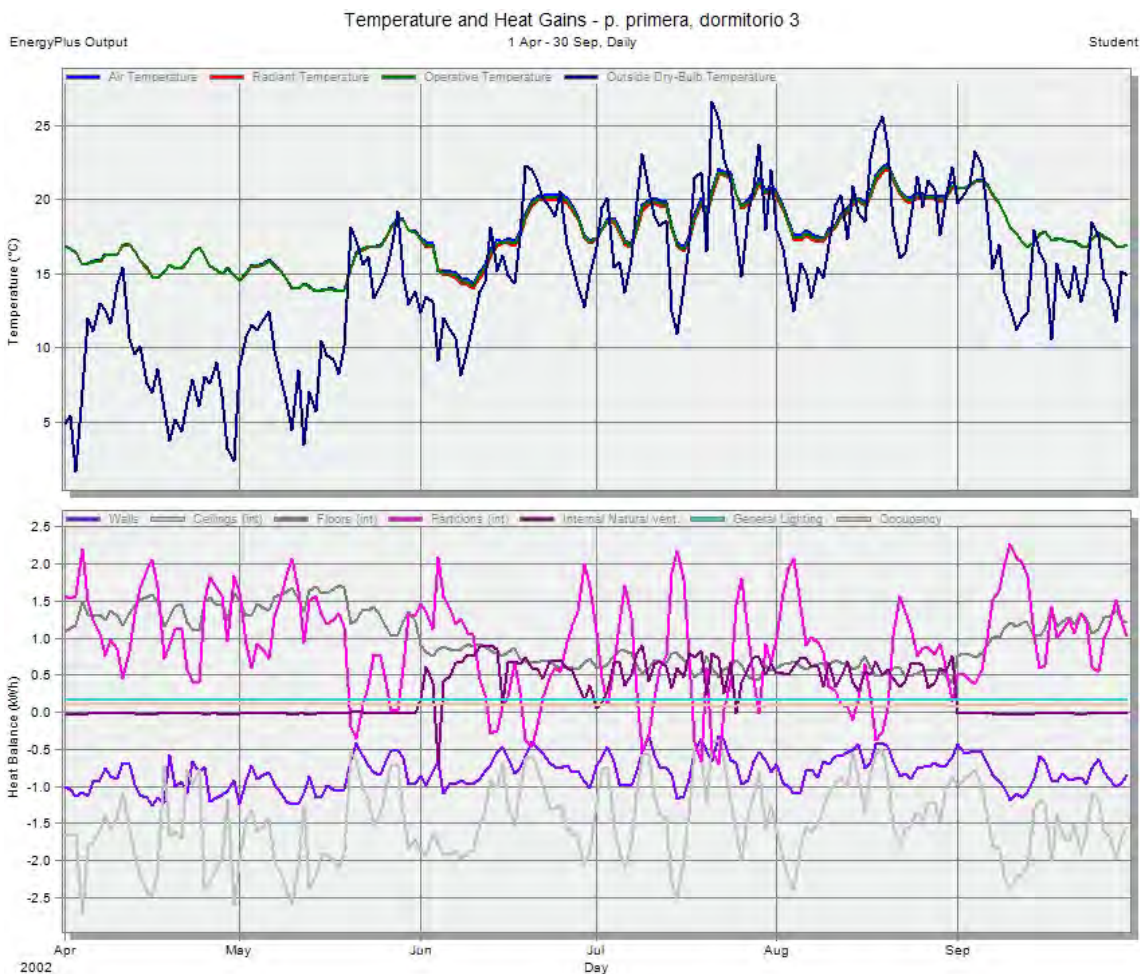


Figura 180. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias en el período de abril a septiembre en el salón.

En el salón la temperatura interior oscila en un rango de 12,13 °C a 22,15 °C, cuando la temperatura exterior oscila entre 8,56 °C y 22,15 °C. La pérdida a través de los muros es de 1,28 kWh a 3,85 kWh (figura 180), mientras que con el muro de piedra es de 2,97 kWh a 5,06 kWh (figura 144).



Temperature and Heat Gains - p. primera, dormitorio 3

EnergyPlus Output 1 Apr - 30 Sep, Daily Student

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	14.71	15.51	16.41	15.08	20.28	20.08	20.53	19.96	21.19	17.28
Radiant Temperature	14.68	15.46	16.31	14.72	19.91	19.72	20.12	19.69	20.75	17.24
Operative Temperature	14.70	15.48	16.36	14.90	20.10	19.90	20.33	19.82	20.97	17.26
Outside Dry-Bulb Temperature	8.56	11.23	17.19	10.64	18.88	18.95	20.78	20.89	22.15	10.58
Walls	-1.15	-0.89	-0.42	-0.97	-0.73	-0.58	-0.66	-0.51	-0.61	-0.92
Ceilings (int)	-2.15	-1.62	-0.66	-1.88	-1.32	-1.11	-1.13	-0.54	-0.88	-2.02
Floors (int)	1.48	1.47	1.25	0.84	0.64	0.71	0.44	0.57	0.41	1.40
Partitions (int)	1.71	0.92	-0.35	1.20	0.60	0.19	0.45	-0.11	0.15	1.43
Internal Natural vent.	-0.02	-0.01	-0.00	0.68	0.68	0.64	0.75	0.40	0.77	-0.02
General Lighting	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Occupancy	0.11	0.11	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10

Figura 181. Gráfico y tabla de temperaturas y ganancias en el período de abril a septiembre en el dormitorio 3.

En el dormitorio la temperatura interior oscila en un rango de 14,71 °C a 21,19 °C, cuando la temperatura exterior oscila entre 8,56 °C y 22,15 °C. La pérdida a través de los muros es de 0,42 kWh a 1,15 kWh (figura 181), mientras que con el muro de piedra es de 1,04 kWh a 1,76 kWh (figura 147). Hay que tener presente en esta comparación que el clima de Cabuérniga es más benigno que el de Las Rozas de Valdearroyo; así en julio las temperaturas medias máximas y mínimas de Cabuérniga son 13,4 °C a 23,1 °C mientras que en Las Rozas de Valdearroyo son 4,4 °C a 13,4 °C.

La mejora en una envolvente con coeficiente de transmisión menor mejora las ganancias térmicas en período de calor.

La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Montañesa variante E es de 4,73 kWh/m<sup>2</sup>.

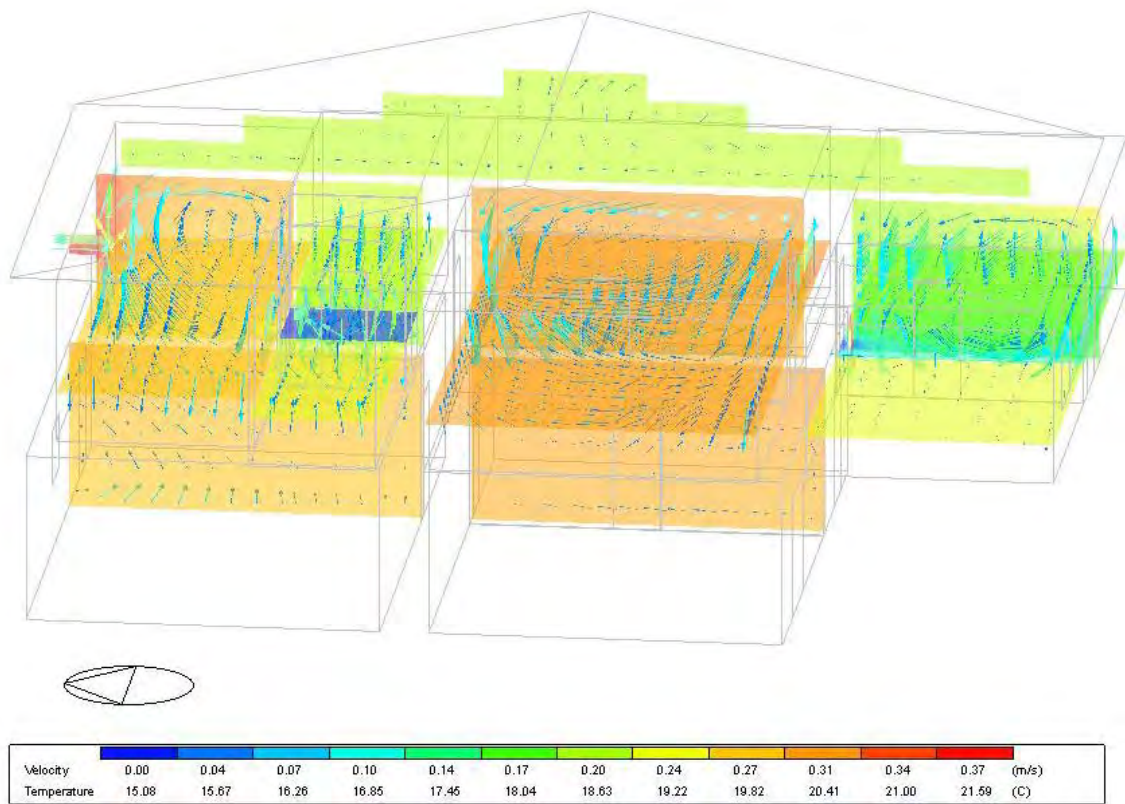


Figura 182. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Montañesa variante E

En el CFD se observa lo explicado de forma gráfica, apreciando el movimiento del aire de la ventilación natural y la velocidad.

### 12.2.7. Simulación energética de la Casa Pasiega

Se ha tomado como referencia una vivienda de Vega del Pas. En la figura 117 se puede ver la distribución de la planta baja.

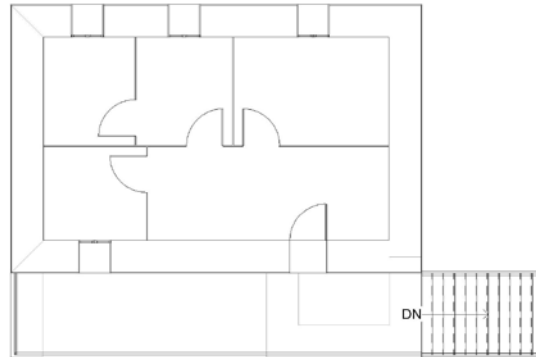


Figura 117. Planta de la tipología de Casa Pasiega

Los materiales constructivos utilizados en la envolvente e interior de la vivienda son:

Cubierta con lajas de piedra o piezas de piedra pizarrosa de regular tamaño, toscamente aparejadas. A dos aguas con vuelo mínimo al plano de fachada. El caballete es perpendicular a la fachada principal y suele situarse sobre uno de los lados menores del rectángulo.

Los muros son de mampostería o sillarejo de roca caliza o arenisca irregular, la piedra generalmente queda vista pero puede encontrarse enfoscado con una fina capa de cal que mantiene la textura de la piedra. Muchos de los muros se construyeron a canto seco, con un ancho de 70cm levantados por doble paramento con cascajo de relleno, y con separaciones una traba o piedra pasadera como llave para reafirmar y evitar la abertura. En otras ocasiones el aparejo es cohesionado con barro o mortero a base de tierra arcillosa y agua.

Pisos de madera, escalera y particiones interiores, aunque se pueden encontrar separaciones con seto o vergonazo.

material	Conductividad térmica W/m K	Calor específico J/g K	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	Emisividad	Permeabilidad mg/Pa s m <sup>2</sup>
Piedra caliza	2,50	0,87	2.500	0,98	0,976
Madera roble	0,23	1,61	800	0,91	3,904
Mortero cal	1,80	1,10	2.100	0,94	19,52

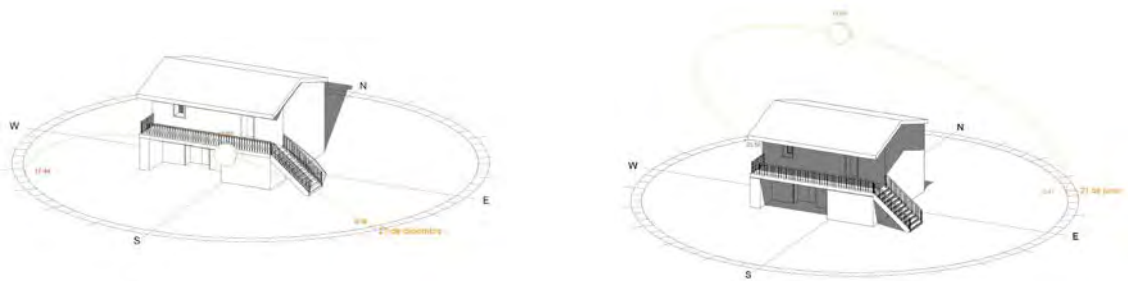


Figura 116. Casa Pasiega, soleamiento el 21 de diciembre y 21 de junio a las 13:00h.

A continuación se reflejan en la tabla las características de la envolvente:

	Elemento	Reflectancia	Transmitancia(U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
BAJOCUBIERTA_WALL_0_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	0.00	90.00	N
BAJOCUBIERTA_WALL_1_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S
BAJOCUBIERTA_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
BAJOCUBIERTA_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
BAJOCUBIERTA_ROOF_3_0_0	Cubierta piedra	0.40	2.324	180.00	16.70	
BAJOCUBIERTA_ROOF_4_0_0	Cubierta piedra	0.40	2.324	0.00	16.70	
BAJOCUBIERTA_ROOF_6_0_0	Cubierta piedra	0.40	2.324	180.00	0.00	
BODEGA_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
BODEGA_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S
BODEGA_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
BODEGA_GROUNDFLOOR_0_0_0	Tierra (0.5m)	0.40	0.890	0.00	180.00	
BODEGA_ROOF_1_0_0	Cubierta piedra	0.40	2.324	180.00	0.00	
COCINA_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
COCINA_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	0.00	90.00	N

CUADRA_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
CUADRA_WALL_3_1_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S
CUADRA_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
CUADRA_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	0.00	90.00	N
CUADRA_GROU NDFLOOR0_0_0	Tierra (0.5m)	0.40	0.890	0.00	180.00	
DORMITORIO2_ WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
DORMITORIO2_ WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	0.00	90.00	N
DORMITORIO3_ WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	0.00	90.00	N
DORMITORIO1_ WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S
DORMITORIO1_ WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	270.00	90.00	W
SALON_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	90.00	90.00	E
SALON_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal	0.40	1.970	180.00	90.00	S

Las características de las puertas exteriores serían:

	Construcción	Transmitancia (U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Área [m <sup>2</sup> ]
CUADRA_WALL_3_1_0_0_0_1_DOOR	Puerta de roble	2.995	3.55
SALON_WALL_3_0_0_0_0_0_DOOR	Puerta de roble	2.995	1.75

Las características del resto de los huecos exteriores serían:

	Área vidrio [m <sup>2</sup> ]	Área marco [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia vidrio [W/m <sup>2</sup> -K]	Coefficiente SHGC vidrio	Transmitancia vidrio	Transmitancia marco [W/m <sup>2</sup> -K]	Control sombra	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
COCINA_WALL_5_0_0_0_0_0_WIN	0.61	0.14	1.960	0.691	0.744	9.500	No	0.00	90.00	N
CUADRA_WALL_5_0_0_0_0_0_WIN	0.40	0.11	1.960	0.691	0.744	9.500	No	0.00	90.00	N
DORMITORIO2_W ALL_5_0_0_0_0_0_WIN	0.61	0.14	1.960	0.691	0.744	9.500	No	0.00	90.00	N
DORMITORIO3_W ALL_5_0_0_0_0_0_WIN	0.61	0.14	1.960	0.691	0.744	9.500	No	0.00	90.00	N
DORMITORIO1_W ALL_3_0_0_0_0_0_WIN	0.61	0.14	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
SALON_WALL_3_0_0_1_0_1_WIN	0.94	0.17	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
SALON_WALL_3_0_0_2_0_2_WIN	0.48	0.14	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S

Se importa el modelo BIM al Design Builder, donde se introducen las plantillas, controles y se realiza la simulación energética.

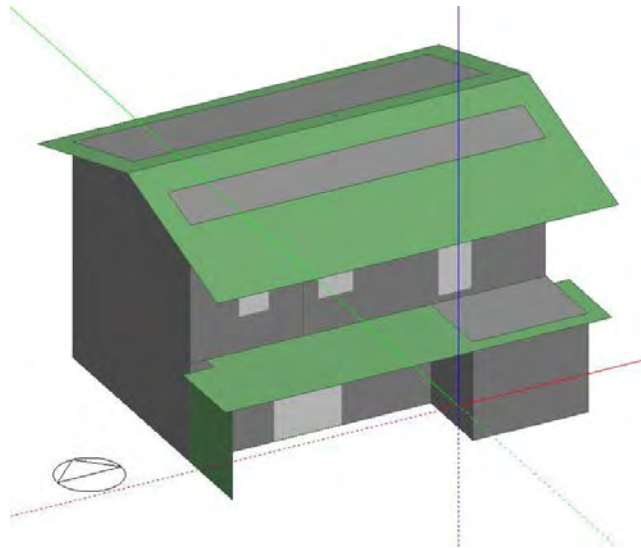
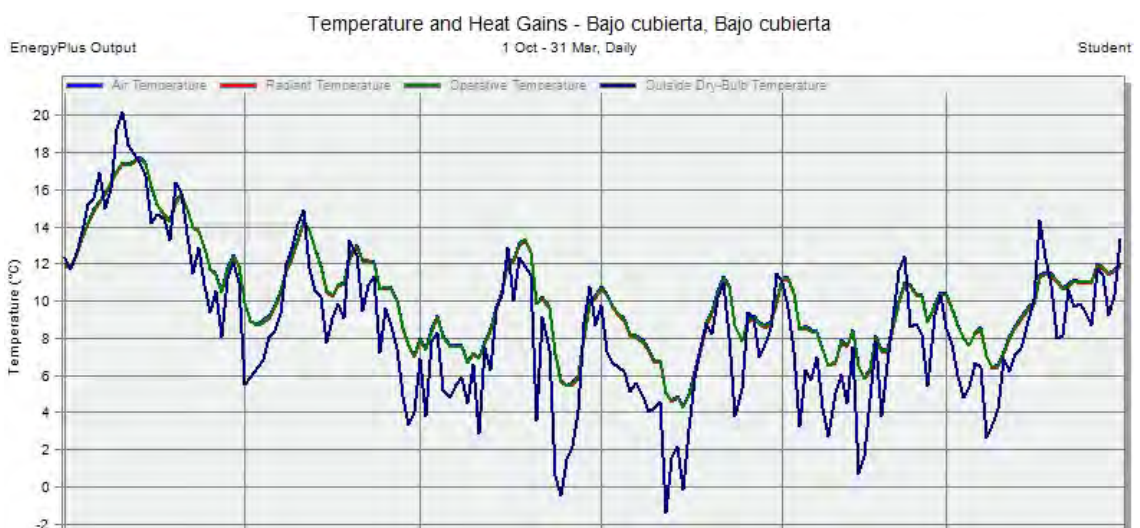


Figura 118. Modelo de la tipología de Casa Pasiega introducido en el Design Builder.

La simulación se realiza en dos fases, un primer período donde el clima es más frío, de octubre a marzo, y otro segundo período donde el clima es más cálido, de abril a septiembre.

Dentro de estos dos períodos, se estudia que ocurre con el espacio de planta baja, generador de calor, el espacio bajo cubierta, donde funciona como espacio de amortiguación con el exterior, y el espacio vivero de planta primera. Se dividen los estudios para comprender como el calor se transmite en período de frío y como es disipado en período de calor.

### 12.2.7.1 Simulación en el intervalo de octubre a marzo.



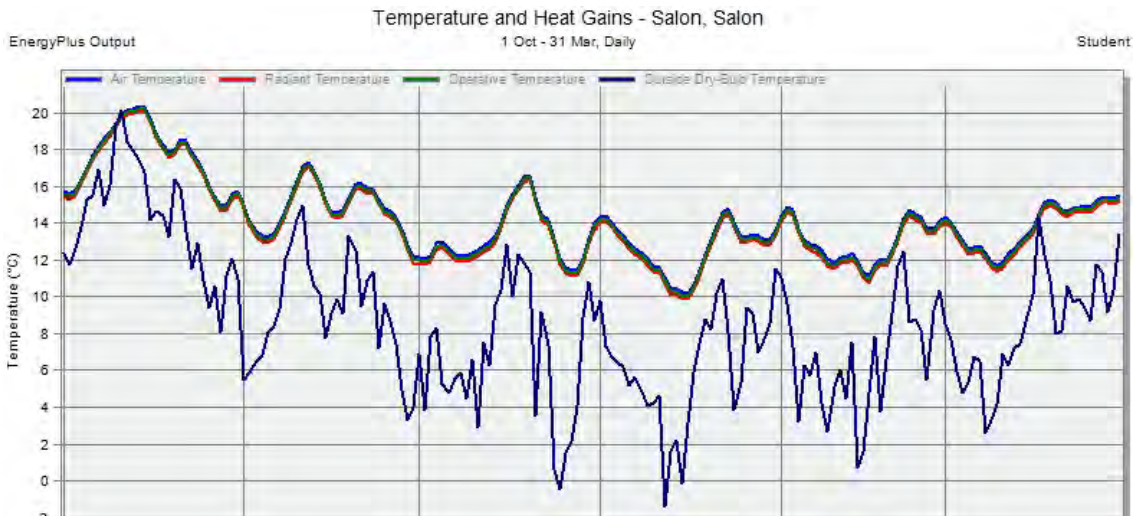


Figura 119. Grafico temperaturas en período octubre-marzo en el bajo cubierta y el salón (1ª planta).

En los dos gráficos anteriores se aprecia como en la cubierta, que no tiene aislamiento, la temperatura del aire interior, la temperatura operativa y la temperatura radiante, se ven afectadas de forma directa por la temperatura exterior y sigue el mismo movimiento y fluctuaciones sin casi tiempo de retardo. En la primera planta la temperatura interior oscila en un rango de 12,34 °C a 18,87 °C, cuando la temperatura exterior oscila entre 0,62 °C y 14,66 °C.

Temperature and Heat Gains - Salon, Salon										
EnergyPlus Output										
1 Oct - 31 Mar, Daily										
Student										
Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	18.87	13.55	16.10	12.32	13.19	11.71	13.43	12.34	14.06	15.25
Radiant Temperature	18.65	13.25	15.81	11.99	12.91	11.37	13.12	12.00	13.76	14.96
Operative Temperature	18.76	13.40	15.96	12.15	13.05	11.54	13.28	12.17	13.91	15.10
Outside Dry-Bulb Temperature	14.66	6.48	12.52	5.54	0.62	4.24	9.07	7.56	7.71	10.89
Glazing	-0.57	-0.61	-0.37	-0.56	-0.75	-0.59	-0.46	-0.47	-0.61	-0.49
Walls	-5.31	-7.02	-7.07	-7.93	-6.31	-8.09	-8.08	-8.36	-7.26	-7.14
Ceilings (int)	-4.18	-5.47	-3.51	-5.35	-6.71	-5.61	-4.82	-4.42	-5.01	-4.38
Floors (int)	8.89	12.24	10.47	12.90	12.59	13.23	11.99	12.78	11.85	11.06
Partitions (int)	0.13	0.02	-0.24	-0.15	0.07	-0.10	-0.41	-0.17	0.00	-0.10
Internal Natural vent.	0.04	0.00	-0.02	-0.00	0.03	0.01	-0.01	-0.02	0.01	0.00
External Air	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
General Lighting	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Occupancy	0.16	0.18	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Solar Gains Exterior Windows	0.51	0.35	0.29	0.60	0.55	0.65	1.31	0.18	0.51	0.58

Figura 120. Tabla de datos de temperaturas y ganancias en el salón (1ª planta), período octubre-marzo.

Esta mejoría no es solo producida por la buena orientación de la vivienda hacia el sur, ya que las ganancias solares a través de las ventanas es muy pequeña, entre 0,29 y 0,65 kWh. En la tabla superior se aprecia que tenemos ganancias entre 8,89 y 13,23 kWh debidas al forjado interior. Esto significa que está radiando calor el espacio inferior, la cuadra.

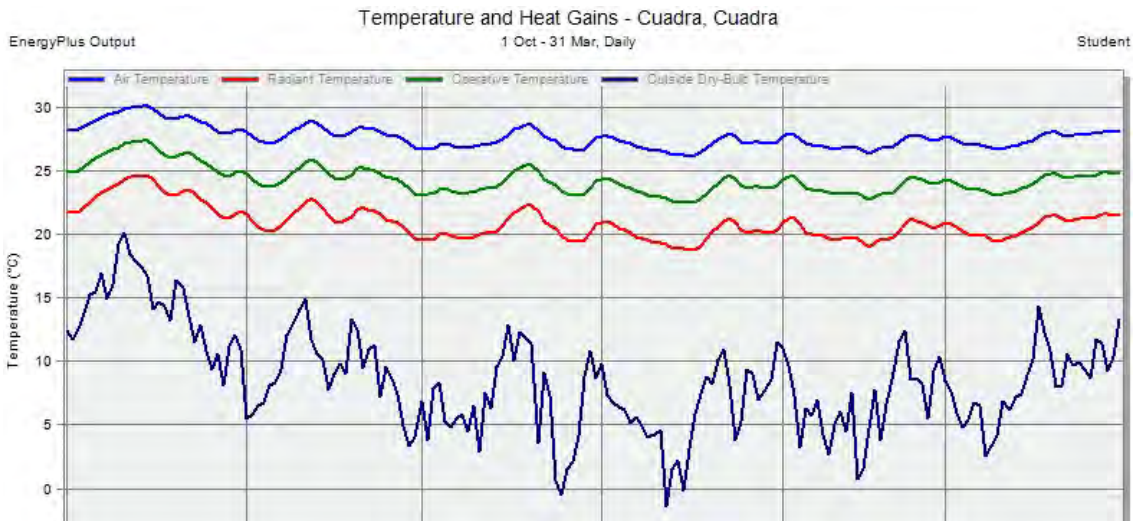


Figura 121. Grafico temperaturas para el período de octubre a marzo en la cuadra.

La temperatura interior de la planta baja se encuentra entre los 26,63 °C y los 29,55 °C, radiando este calor a la planta primera. La temperatura radiante se encuentra entre los valores 19,37 °C a 23,78 °C, dato que podemos apreciar como pérdida en la cuadra de 27,25 kWh a 41,24 kWh.

Temperature and Heat Gains - Cuadra, Cuadra										
EnergyPlus Output										
1 Oct - 31 Mar, Daily										
Student										
Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	29.55	27.45	28.41	26.90	27.38	26.63	27.27	26.85	27.63	28.10
Radiant Temperature	23.78	20.58	22.00	19.76	20.48	19.37	20.29	19.68	20.84	21.54
Operative Temperature	26.66	24.02	25.21	23.33	23.93	23.00	23.78	23.26	24.23	24.82
Outside Dry-Bulb Temperature	14.66	6.48	12.52	5.54	0.62	4.24	9.07	7.56	7.71	10.89
Glazing	-0.38	-0.44	-0.35	-0.45	-0.46	-0.46	-0.43	-0.42	-0.45	-0.40
Walls	-46.31	-61.97	-54.57	-66.20	-61.83	-68.43	-63.99	-66.98	-60.89	-57.26
Ceilings (int)	-27.25	-37.98	-33.16	-40.29	-38.79	-41.24	-37.98	-40.15	-36.81	-34.63
Ground Floors	-8.66	-5.35	-7.47	-4.62	-5.26	-4.20	-5.38	-4.70	-5.76	-6.65
Partitions (int)	-3.37	-4.39	-3.91	-4.65	-4.47	-4.77	-4.45	-4.60	-4.32	-4.09
Internal Natural vent.	-4.57	-6.14	-5.33	-6.53	-6.32	-6.73	-6.23	-6.44	-6.04	-5.65
External Air	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
General Lighting	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Occupancy	89.55	115.44	103.91	121.93	116.32	125.03	117.66	122.50	113.37	107.75
Solar Gains Exterior Windows	0.07	0.06	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.08	0.10

Figura 122. Tabla de datos de temperaturas y ganancias en la cuadra, para el período de octubre a marzo.

El forjado entre la planta baja y la planta primera está construido de madera, material autóctono y de fácil extracción, pero aislante. Esto hace que no se pueda ganar la totalidad del calor generado, a pesar de haber considerado en la simulación la existencia de grietas entre los tablones del solado.

Si se observa el gráfico de ganancias y pérdidas energéticas en el espacio del salón, (figura 123), espacio de la primera planta, podemos apreciar:

- Que la ventilación natural es casi nula, y que los ocupantes no han abierto las ventanas debido al frío exterior.
- Que los huecos acristalados, a pesar de ser un vidrio simple, debido a las dimensiones reducidas y su escaso número, es un valor insignificante.
- Las ganancias por radiación solar directa son solo consideradas en la solana, en el interior de la vivienda, aunque el vuelo de la cubierta permite el soleamiento, los huecos no están preparados para la captación y los materiales interiores no tienen masa para su acumulación.

- Que hay pérdidas hacia el espacio de bajo cubierta, pero que su cuantía es menor que si este espacio no existiera, por lo que es una forma de aislar del exterior por medio de una cámara de aire.
- A través del suelo tengo las ganancias debidas al calor de los animales, siendo una calefacción a modo de suelo radiante.
- Las particiones interiores no afectan, y solo sirven de ocultación, en ningún caso interfieren en considerar la planta primera en un espacio único térmicamente.
- La iluminación, se ha considerado una pérdida mínima ya que las necesidades pasadas no son las mismas que las actuales, y no se cree comparable. El estudio se centra en la adecuación del espacio dentro de la zona de confort.
- Las ganancias por ocupación del espacio vividero no son a considerar.
- Los muros tienen pérdidas entre 5,31 kWh a 8,09 kWh. Tenemos una superficie total de muros exterior en el Salón de 24,05 m<sup>2</sup>. Lo que significa unas pérdidas debidas a la construcción masiva de la envolvente de 0,34 kW/m<sup>2</sup>.

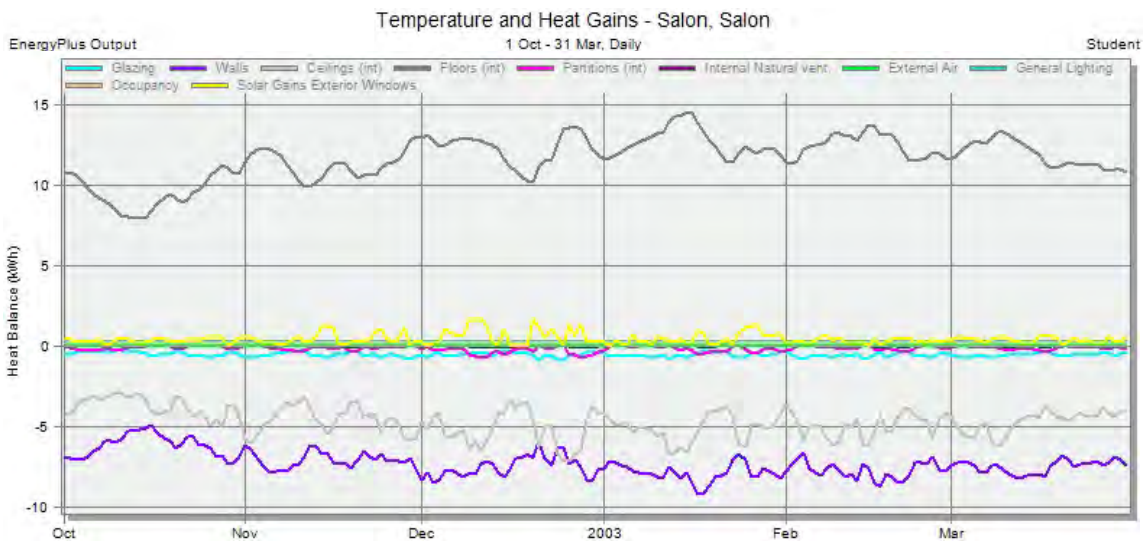


Figura 123. Gráfico de ganancias y pérdidas en el salón (1ª planta), para el período de octubre a marzo.

La simulación nos indica que estamos entre 1,23 °C a 7,66 °C por debajo de la temperatura de confort. Si consideramos el calor que se genera en la cocina durante las horas de cocción, se puede reducir en varios grados esa diferencia. No se ha considerado este hecho en la simulación debido a que el objetivo buscado es conocer cómo influye únicamente el diseño arquitectónico y los materiales.

**La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Pasiega es de 5,69 kWh/m<sup>2</sup>.**

### 12.2.7.2 Simulación en el intervalo de abril a septiembre.

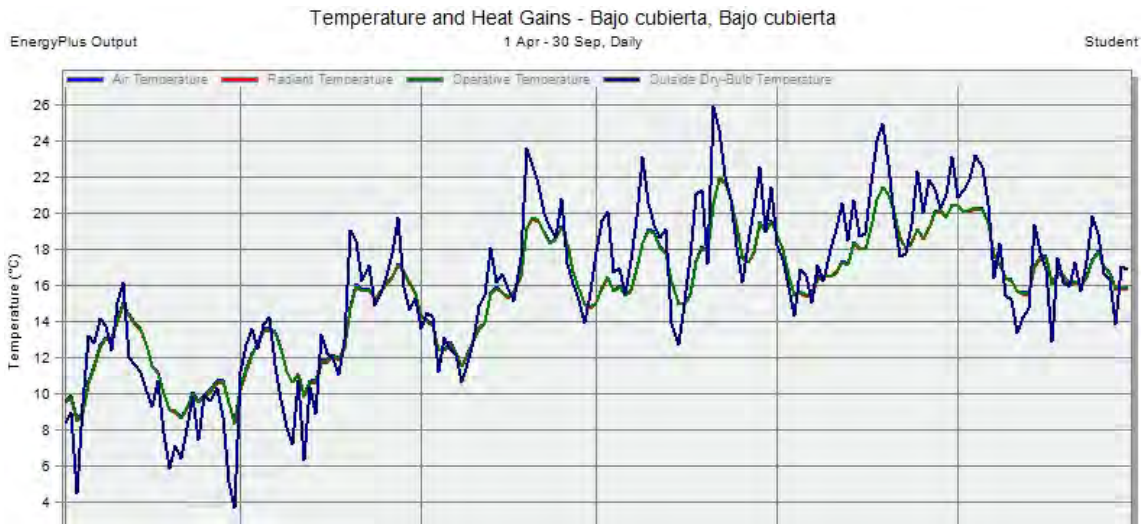


Figura 124. Gráfico de temperaturas en el período de abril a septiembre en el bajo cubierta.

El espacio bajo cubierta no tiene ningún hueco o abertura y no se produce una ventilación natural, a pesar de que sería aconsejable en ciertos momentos del día donde las condiciones exteriores sobrepasan la temperatura de confort. Se aprecia en la figura 124 como las temperaturas fluctúan al mismo tiempo que la exterior, con un aislamiento mínimo.

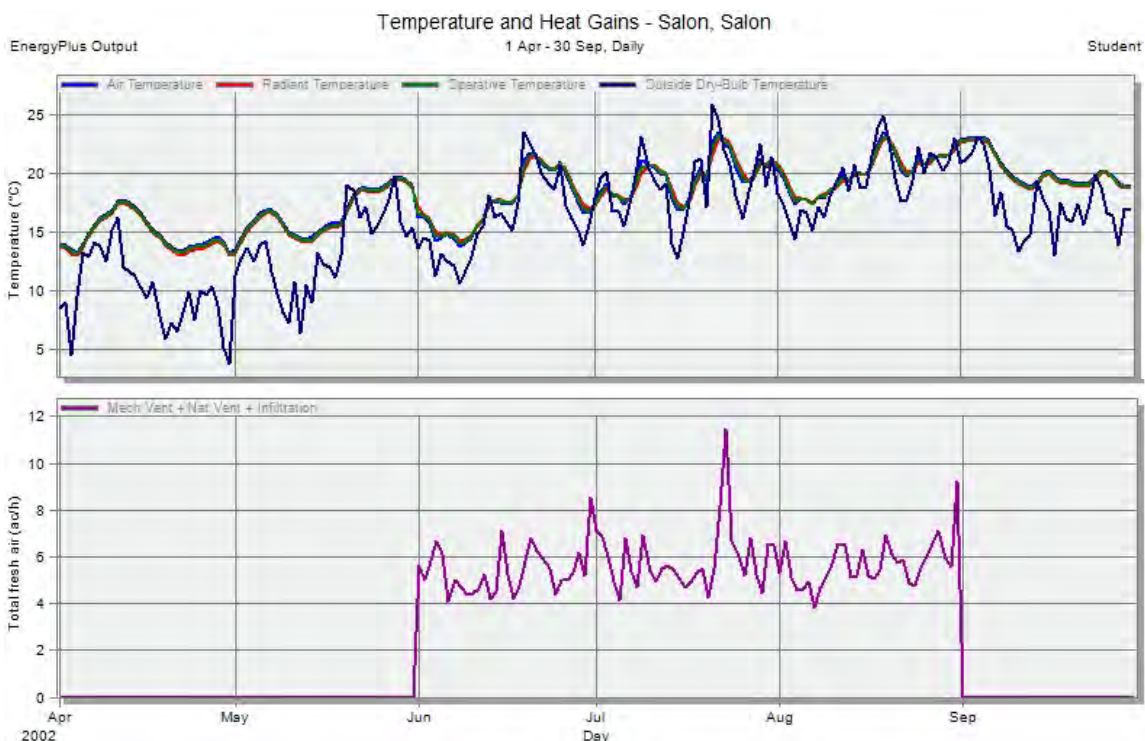


Figura 125. Gráfico temperatura y ventilación en el período de abril a septiembre en el salón (1ª planta).

En el espacio vividero de primera planta, la temperatura interior es un poco mayor que la temperatura exterior hasta que se alcanzan los 20 °C, donde comienzan las personas a sentir calor y por tanto a refrescar la vivienda abriendo las ventanas y dejando

escapar el calor generado en el piso inferior. Comienza la ventilación natural, siendo necesario como máximo 9,28 rnv/h. Con esta simple actuación se consiguen temperaturas interiores en el rango de 15,29 °C a 22,48 °C.

Temperature and Heat Gains - Salon, Salon

EnergyPlus Output Student

1 Apr - 30 Sep, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Air Temperature	15.29	15.99	18.30	14.42	20.22	20.52	19.98	20.28	22.48	19.70
Radiant Temperature	15.02	15.70	18.05	14.77	20.36	20.70	19.65	19.93	22.05	19.50
Operative Temperature	15.16	15.84	18.18	14.59	20.29	20.61	19.82	20.11	22.27	19.60
Outside Dry-Bulb Temperature	10.76	12.46	18.45	12.15	18.61	19.36	20.22	20.73	23.06	12.92
Glazing	-0.57	-0.36	-0.18	-0.35	-0.24	-0.24	-0.16	-0.13	-0.17	-0.63
Walls	-6.93	-7.22	-6.78	-4.49	-3.43	-3.46	-5.04	-4.96	-4.60	-4.82
Ceilings (int)	-4.73	-3.68	-2.66	-2.94	-2.18	-2.20	-2.53	-2.13	-2.20	-4.10
Floors (int)	11.00	10.54	9.00	8.10	5.88	5.85	6.11	6.09	5.13	8.50
Partitions (int)	0.05	-0.20	-0.36	0.46	0.19	0.11	-0.23	-0.38	-0.38	0.19
Internal Natural vent.	0.03	-0.02	-0.04	1.64	1.04	0.71	0.39	0.06	0.35	0.04
External Air	0.00	0.00	0.00	-3.52	-2.03	-1.74	0.48	0.68	0.93	0.00
General Lighting	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Occupancy	0.18	0.17	0.16	0.18	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15
Solar Gains Exterior Windows	0.66	0.49	0.60	0.61	0.30	0.53	0.61	0.36	0.50	0.33
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	5.01	4.38	4.98	5.23	5.20	9.28	0.00

Figura 126. Tabla de datos de temperaturas y ganancias en período de abril a septiembre en el salón (1ª planta).

El espacio de planta baja, la cuadra, los requerimientos de ventilación son mayores, ya que el calor generado por los animales hay que disiparlo antes de que caliente la planta primera.

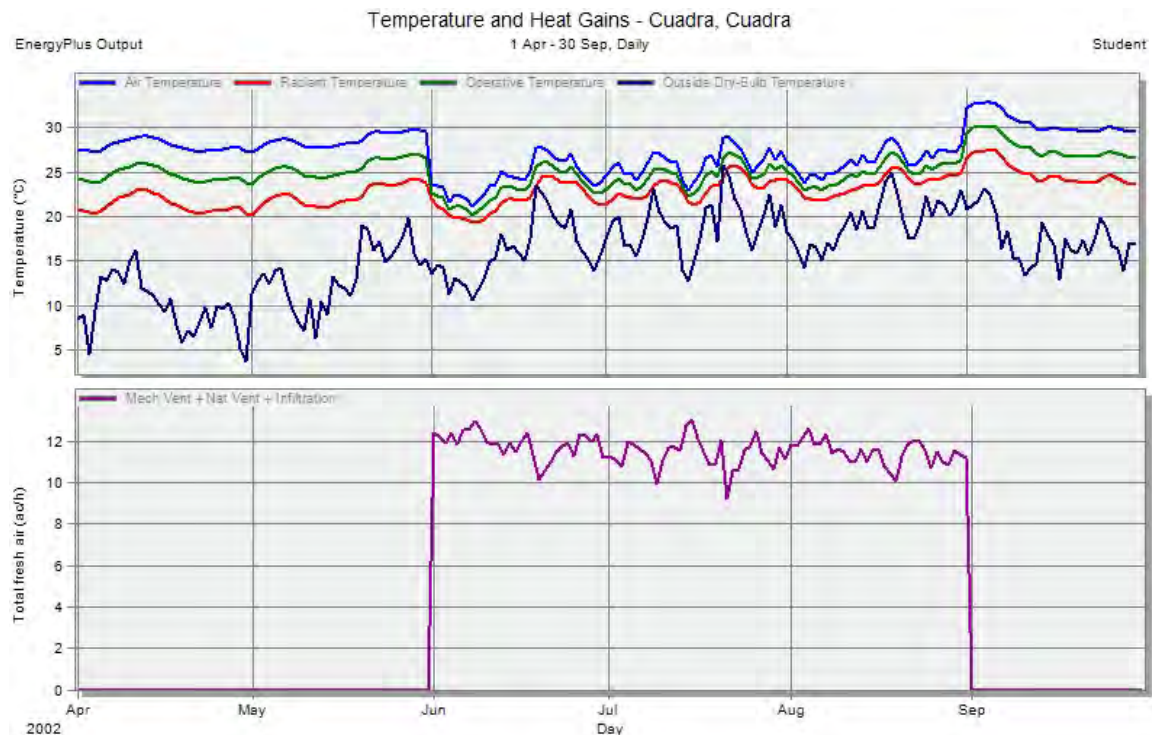


Figura 127. Gráfico temperaturas y ventilación en período de abril a septiembre de la cuadra en planta baja.

En la figura 127, se puede ver que la ventilación natural es como máximo 12,57 rnv/h. Aun así la temperatura interior sobrepasa en algunos momentos los 25 °C, alcanzando como máximo los 26,60 °C (figura 128).

Temperature and Heat Gains - Cuadra, Cuadra

EnergyPlus Output 1 Apr - 30 Sep, Daily Student

Day										
Air Temperature	28.08	28.37	29.27	21.99	26.28	26.60	26.50	26.87	28.07	29.94
Radiant Temperature	21.51	21.94	23.31	19.76	23.78	24.11	23.24	23.47	24.93	24.41
Operative Temperature	24.80	25.16	26.29	20.88	25.03	25.35	24.87	25.17	26.50	27.17
Outside Dry-Bulb Temperature	10.76	12.46	18.45	12.15	18.61	19.36	20.22	20.73	23.06	12.92
Glazing	-0.42	-0.34	-0.25	-0.21	-0.15	-0.15	-0.13	-0.13	-0.12	-0.39
Walls	-58.35	-55.06	-47.71	-40.68	-30.09	-29.00	-36.28	-35.22	-30.08	-42.17
Ceilings (int)	-34.04	-33.30	-28.93	-24.19	-17.81	-17.86	-19.71	-19.80	-16.61	-25.92
Ground Floors	-6.35	-7.32	-9.13	-4.10	-8.48	-9.09	-8.46	-8.70	-10.20	-9.44
Partitions (int)	-4.09	-3.96	-3.50	-3.20	-2.51	-2.50	-2.76	-2.75	-2.43	-3.23
Internal Natural vent.	-5.65	-5.39	-4.66	-3.20	-2.03	-2.42	-3.79	-5.02	-6.73	-4.32
External Air	-0.00	-0.00	-0.00	-96.36	-68.66	-64.74	-55.23	-51.27	-42.36	-0.00
General Lighting	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Occupancy	107.94	104.39	93.20	171.02	128.86	124.77	125.64	122.04	107.63	84.45
Solar Gains Exterior Windows	0.13	0.13	0.16	0.17	0.08	0.15	0.17	0.10	0.12	0.08
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	12.57	11.92	11.68	11.09	10.98	11.24	0.00

Figura 128. Tabla de datos de temperaturas y ganancias en período abril-septiembre del espacio cuadra.

Se observa en el gráfico de las ganancias y pérdidas del espacio salón (figura 129), cómo se reciben ganancias a través del forjado y cómo estas ganancias disminuyen coincidiendo con el momento de funcionamiento de la ventilación natural.

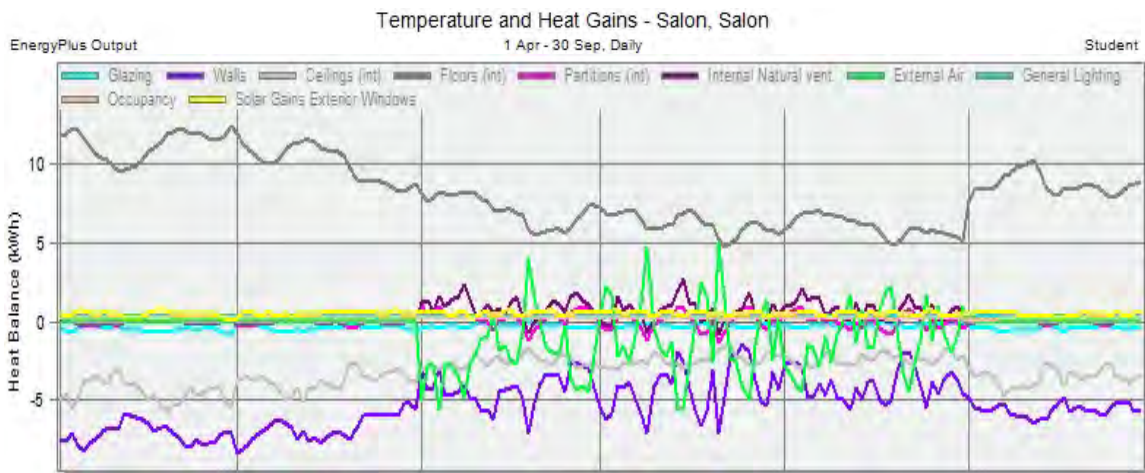


Figura 129. Gráfico de ganancias y pérdidas en el salón, para el período de abril a septiembre.

Del gráfico de la figura 129 se deduce que:

- Las ganancias son debidas únicamente al calor generado por los animales, y gracias a la ventilación natural durante el intervalo de tiempo donde la temperatura interior supera la temperatura de confort, las ganancias disminuyen de 11,00 kWh a 5,13 kWh.
- Pierde calor por el techo al espacio bajo cubierta, no teniendo ganancias. Por tanto el espacio bajo cubierta funciona como aislante.
- Las ganancias solares a través de las ventanas, debido a su orientación, tamaño y los vuelos de las cubiertas, son ganancias de valores reducidos, 0,66 kWh como máximo.
- De la propia ventilación natural del salón resultan unas pérdidas de 9,28 kWh.
- Debido al espesor de los muros y la protección por los vuelos del tejado, no les afecta la radiación solar y no llega a recalentarlos, por tanto la envolvente maciza provoca pérdidas de valores entre 3,43 kWh y 7,22 kWh.

En la simulación nos indica que alcanzamos como máximo los 22,48 °C de temperatura interior, dentro de la temperatura de confort de verano.

La demanda anual en período de calor en la tipología de Casa Pasiega es de 2,97 kWh/m<sup>2</sup>.

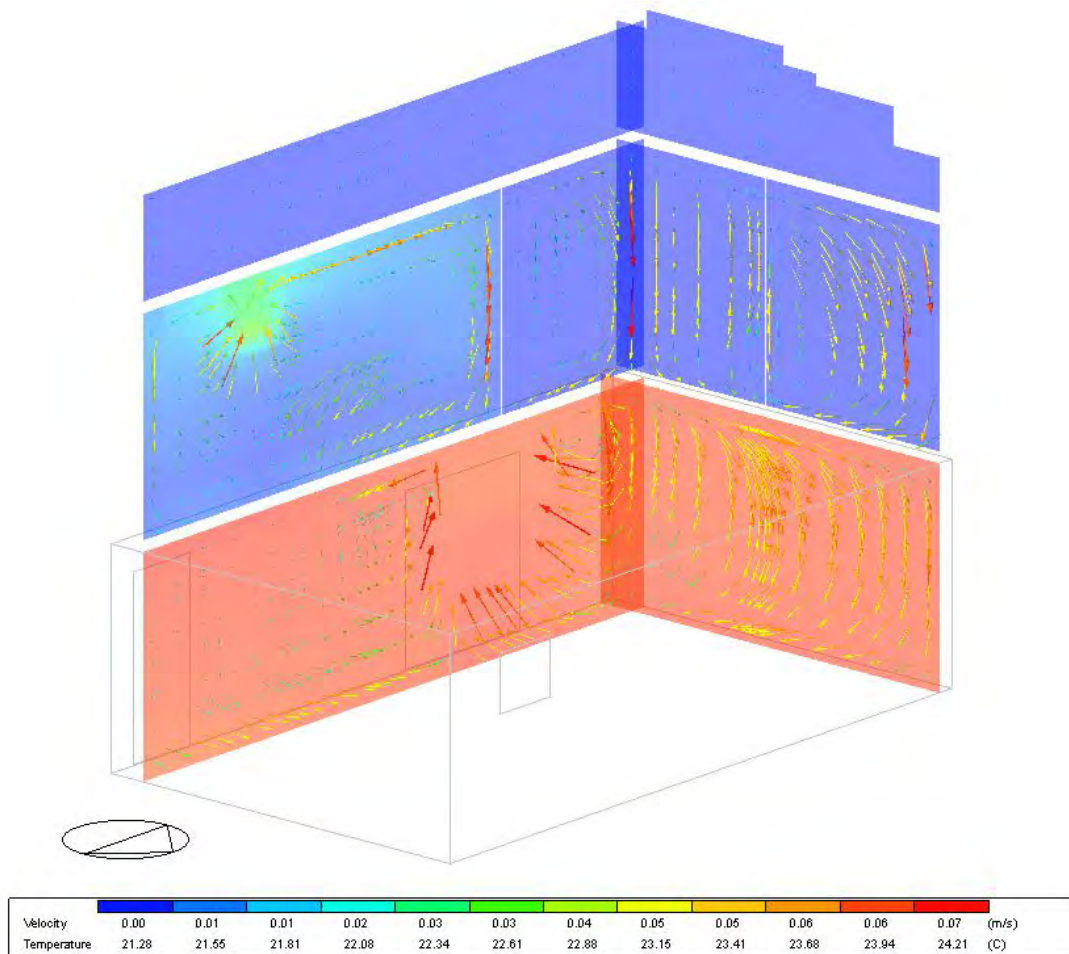


Figura 130. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Pasiega.

En el CFD se puede observar lo explicado de forma gráfica, apreciando el movimiento del aire en la ventilación natural y su velocidad.

### 12.2.8. Simulación energética de la Casa Litoral

Se ha tomado como referencia una vivienda de Santander. En la figura 183 se puede ver la distribución de la planta tipo vividera.

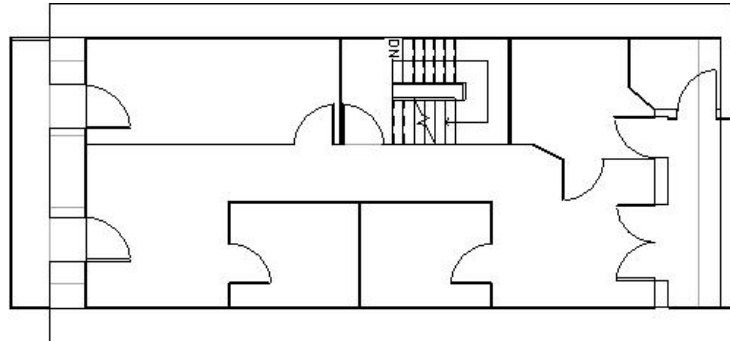


Figura 183. Planta de la tipología de Casa Litoral

Los materiales constructivos utilizados en la envolvente e interior de la vivienda son:

Como material de construcción se usa el mampuesto revocado, usando la piedra solo en dinteles, jambas y esquinas. Con balcones al sur de madera o hierro pintados en la fachada principal con tejaroz, y en ocasiones a modo de galería acristalada al norte junto a la cocina. Ventanas con la carpintería a haces exteriores y contraventanas de madera interiores. Cubierta a dos aguas de teja construida con caballete de madera, la cubierta sobresale en alero protegiendo la solana. Pisos de madera, escalera y particiones interiores.

material	Conductividad térmica W/m K	Calor específico J/g K	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	Emisividad	Permeabilidad mg/Pa s m <sup>2</sup>
Piedra caliza	2,50	0,87	2.500	0,98	0,976
Madera roble	0,23	1,61	800	0,91	3,904
Mortero cal	1,80	1,10	2.100	0,94	19,52
Ladrillo	0,87	0,84	1.800	0,85	19,52
Teja cerámica	1,047	0,84	2.000	0,94	6,51

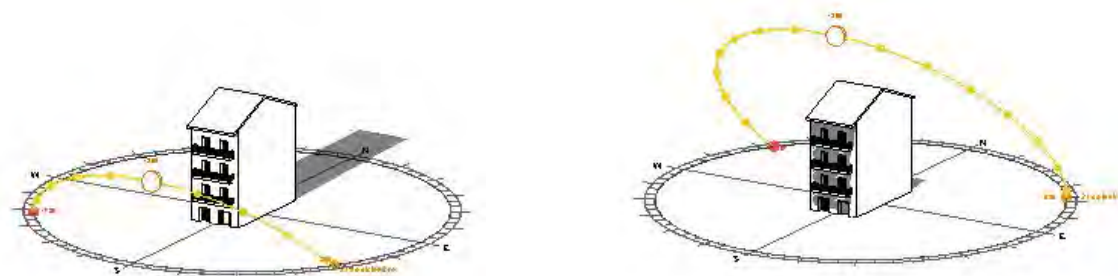


Figura 184. Casa Litoral, soleamiento el 21 de diciembre y 21 de junio a las 13:00h.

A continuación se reflejan en la tabla las características de la envolvente:

	Elemento	Reflectancia	Transmitancia (U) [W/m <sup>2</sup> -K]	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
P.BAJA:ZONE1_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.BAJA:ZONE1_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	180.00	90.00	S
P.BAJA:ZONE1_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	90.00	90.00	E
P.BAJA:ZONE1_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	0.00	90.00	N
P.BAJA:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	Suelo (0.5m)	0.40	0.890	180.00	180.00	
P.PRIMERA:SALON_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:SALON_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:DORMITORIO1_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:DORMITORIO1_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:COMUNICACIONVERTICAL_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:COMEDOR_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:COCINA_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:DORMITORIOS_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:GAL	Divisiones de	0.22	3.570	90.00	90.00	E

ERIA_WALL_5_0_0	madera roble					
P.PRIMERA:GALERIA_WALL_6_0_0	Divisiones de madera roble	0.22	3.570	0.00	90.00	N
P.PRIMERA:BANCO_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.PRIMERA:BANCO_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	0.00	90.00	N
BAJOCUBIERTA:ZONE1_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	90.00	90.00	E
BAJOCUBIERTA:ZONE1_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
BAJOCUBIERTA:ZONE1_EXTFLOOR_0_9_0	Suelo	0.30	0.251	180.00	180.00	
BAJOCUBIERTA:ZONE1_EXTFLOOR_0_9_1	Suelo	0.30	0.251	180.50	180.00	
BAJOCUBIERTA:ZONE1_ROOF_1	Cubierta teja	0.30	2.258	0.50	18.26	
BAJOCUBIERTA:ZONE1_ROOF_4_0_0	Cubierta teja	0.30	2.258	180.00	18.26	
BAJOCUBIERTA:ZONE1_ROOF_5_0_0	Cubierta teja	0.30	2.258	0.50	0.00	
P.SEGUNDA:SALON_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	180.00	90.00	S
P.SEGUNDA:SALON_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	90.00	90.00	E
P.SEGUNDA:DOMITORIO1_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.SEGUNDA:DOMITORIO1_WALL_3_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	180.00	90.00	S

P.SEGUNDA:COMUNICACIONVERTICAL_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.SEGUNDA:COMEDOR_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	90.00	90.00	E
P.SEGUNDA:COCINA_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.SEGUNDA:DOMINATORIOS_WALL_4_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	90.00	90.00	E
P.SEGUNDA:GALERIA_WALL_5_0_0	Divisiones de madera roble	0.22	3.570	90.00	90.00	E
P.SEGUNDA:GALERIA_WALL_6_0_0	Divisiones de madera roble	0.22	3.570	0.00	90.00	N
P.SEGUNDA:BAÑO_WALL_2_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	270.00	90.00	W
P.SEGUNDA:BAÑO_WALL_5_0_0	Muro macizo piedra+cal 60cm	0.40	2.311	0.00	90.00	N

Las características de las puertas exteriores serían:

	Construcción	Transmitancia (U) [W/m2-K]	Área [m2]
P.BAJA:ZONE1_WALL_3_0_0_0_0_0_DOOR	Puerta de roble	2.995	1.68
P.BAJA:ZONE1_WALL_5_0_0_0_0_0_DOOR	Puerta de roble	2.995	1.87
P.BAJA:ZONE1_WALL_5_0_0_1_0_1_DOOR	Puerta de roble	2.995	1.77

Las características del resto de los huecos exteriores serían:

	Área vidrio [m <sup>2</sup> ]	Área marco [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia (U) Vidrio [W/m <sup>2</sup> -K]	Coefficiente SHGC vidrio	Transmitancia vidrio	Transmitancia (U) marco [W/m <sup>2</sup> -K]	Control sombra	Azimut [grados]	Inclinación [grados]	Orientación
P.BAJA:ZONE1_WALL_3_0_0_1_0_1_0_1_WIN	1.43	0.22	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:SALON_WALL_3_0_0_0_0_0_0_WIN	1.41	0.21	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:DORMITORIO1_WALL_3_0_0_0_0_0_0_WIN	1.04	0.20	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
P.PRIMERA:GALERIA_WALL_5_0_0_0_0_0_0_WIN	2.67	0.30	1.960	0.691	0.744	9.500	No	90.00	90.00	E
P.PRIMERA:GALERIA_WALL_6_0_0_0_0_0_0_WIN	9.36	0.53	1.960	0.691	0.744	9.500	No	0.00	90.00	N
BAJOCUBIERTA:ZONE1_ROOF_4_0_0_0_0_0_0_WIN	1.48	0.21	2.178	0.682	0.738	9.500	No	180.00	18.26	
P.SEGUNDA:SALON_WALL_3_0_0_0_0_0_0_WIN	1.41	0.21	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
P.SEGUNDA:DORMITORIO1_WALL_3_0_0_0_0_0_0_WIN	1.04	0.20	1.960	0.691	0.744	9.500	No	180.00	90.00	S
P.SEGUNDA:GALERIA_WALL_5_0_0_0_0_0_0_WIN	2.67	0.30	1.960	0.691	0.744	9.500	No	90.00	90.00	E
P.SEGUNDA:GALERIA_WALL_6_0_0_0_0_0_0_WIN	9.36	0.53	1.960	0.691	0.744	9.500	No	0.00	90.00	N

Interior Huecos

	Área abertura [m2]	Transmitancia (U) vidrio [W/m2-K]	Coefficiente SHGC vidrio	Transmitancia hueco
P.BAJA:ZONE1_CEILING_1_3_0_0_0_0_HOLE	3.95	3.124	0.991	0.990
P.PRIMERA:SALON_PARTITION_6_0_0_0_0_0_HOLE	2.90	3.124	0.991	0.990
P.PRIMERA:DISTRIBUIDOR_PARTITION_3_0_0_0_0_0_0_HOLE_10017	2.90	3.124	0.991	0.990
P.PRIMERA:DISTRIBUIDOR_PARTITION_5_0_0_0_0_0_HOLE	2.60	3.124	0.991	0.990
P.PRIMERA:COMUNICACIONVERTICAL_FLOOR_0_0_0_0_0_0_0_HOLE_10005	3.95	3.124	0.991	0.990
P.PRIMERA:COMUNICACIONVERTICAL_CEILING_1_0_0_0_0_0_0_HOLE	4.44	3.124	0.991	0.990
P.PRIMERA:COMEDOR_PARTITION_3_0_0_0_0_0_0_HOLE_10025	2.60	3.124	0.991	0.990
P.PRIMERA:COMEDOR_PARTITION_6_0_0_0_0_0_0_WIN	3.22	2.178	0.682	0.738
P.PRIMERA:GALERIA_PARTITION_4_0_0_0_0_0_0_WIN_10034	3.22	2.178	0.682	0.738
BAJOCUBIERTA:ZONE1_FLOOR_0_3_0_0_0_0_0_HOLE	3.96	3.124	0.991	0.990
P.SEGUNDA:SALON_PARTITION_6_0_0_0_0_0_0_HOLE	2.90	3.124	0.991	0.990
P.SEGUNDA:DISTRIBUIDOR_PARTITION_3_0_0_0_0_0_0_HOLE_10059	2.90	3.124	0.991	0.990
P.SEGUNDA:DISTRIBUIDOR_PARTITION_5_0_0_0_0_0_0_HOLE	2.60	3.124	0.991	0.990
P.SEGUNDA:COMUNICACIONVERTICAL_FLOOR_0_0_0_0_0_0_0_HOLE_10027	4.44	3.124	0.991	0.990
P.SEGUNDA:COMUNICACIONVERTICAL_CEILING_1_0_0_0_0_0_0_HOLE_10048	3.96	3.124	0.991	0.990
P.SEGUNDA:COMEDOR_PARTITION_3_0_0_0_0_0_0_HOLE_10065	2.60	3.124	0.991	0.990
P.SEGUNDA:COMEDOR_PARTITION_6_0_0_0_0_0_0_WIN	3.22	2.178	0.682	0.738
P.SEGUNDA:GALERIA_PARTITION_4_0_0_0_0_0_0_WIN_10071	3.22	2.178	0.682	0.738

Se importa el modelo BIM al Design Builder, donde se introducen las plantillas, controles y se realiza la simulación energética.

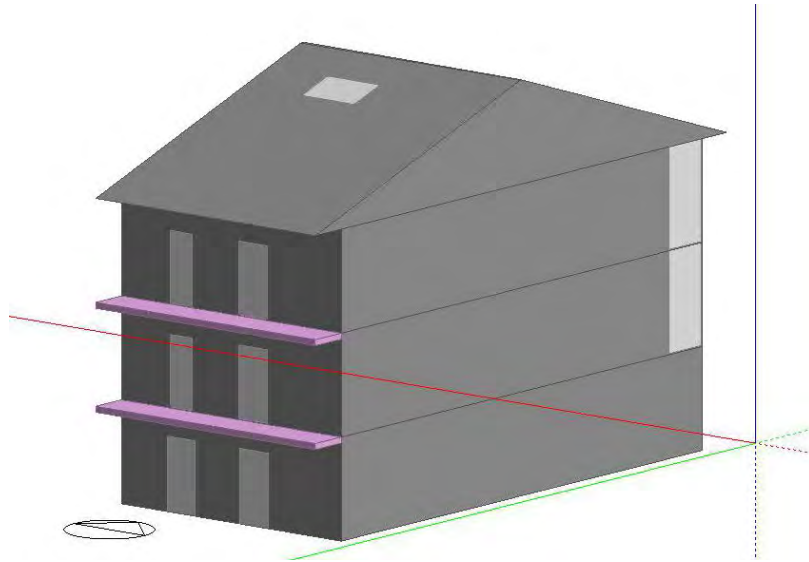


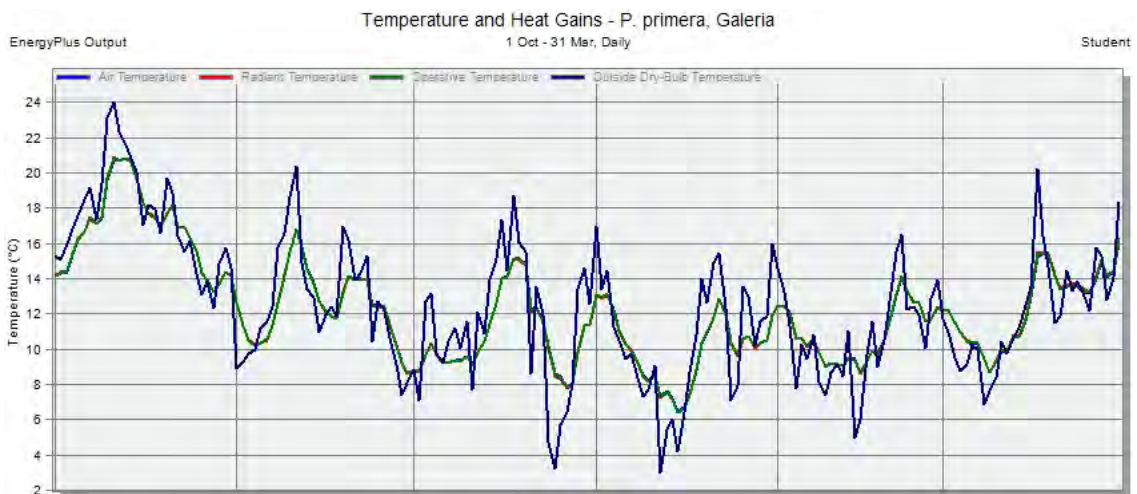
Figura 185. Modelo de la tipología de Casa Litoral introducido en el Design Builder.

La simulación se realiza en dos fases, un primer período donde el clima es más frío, de octubre a marzo, y otro segundo período donde el clima es más cálido, de abril a septiembre.

Dentro de estos dos períodos, se estudia que ocurre en espacio vividero tipo de planta primera y como afecta el resto del edificio, el núcleo vertical de comunicaciones, el bajo cubierta y la planta baja de acceso.

### 12.2.8.1. Simulación en el intervalo de octubre a marzo.

La galería está situada al norte protegiendo al comedor del clima exterior y actuando como espacio amortiguador.



Temperature and Heat Gains - P. primera, Galeria

EnergyPlus Output 1 Oct - 31 Mar, Daily Student

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	17.70	10.49	14.14	9.23	10.16	8.19	10.75	9.44	12.20	15.37
Radiant Temperature	17.72	10.46	14.13	9.20	10.01	8.13	10.75	9.49	12.22	15.45
Operative Temperature	17.71	10.48	14.13	9.22	10.09	8.16	10.75	9.46	12.21	15.41
Outside Dry-Bulb Temperature	18.20	9.72	16.23	10.39	4.71	7.67	12.98	11.02	10.93	14.71
Glazing	-2.13	-2.03	0.06	-1.29	-3.23	-1.40	-1.12	-1.04	-1.67	-2.48
Walls	-1.00	-0.83	0.01	-0.57	-0.77	-0.58	-0.52	-0.58	-0.74	-1.05
Ceilings (int)	-0.12	-0.23	-0.05	-0.22	-0.17	-0.22	-0.13	-0.20	-0.17	-0.13
Floors (int)	-0.64	0.05	-0.33	0.10	0.55	0.24	-0.12	-0.22	-0.26	-0.65
Partitions (int)	-0.57	0.10	-1.23	-0.44	0.82	-0.09	-0.81	-1.11	-0.65	-1.07
Internal Natural vent.	0.01	0.06	-0.11	0.02	0.29	0.04	-0.02	-0.08	-0.03	-0.05
External Air	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
General Lighting	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Occupancy	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
Solar Gains Interior Windows	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Solar Gains Exterior Windows	5.56	3.08	1.82	2.93	2.65	2.08	3.53	4.33	4.17	6.38

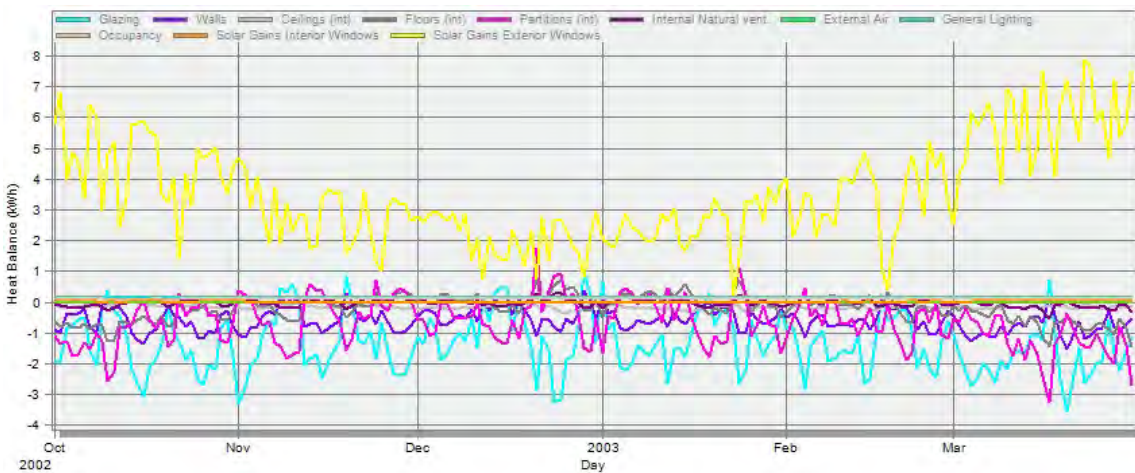


Figura 186. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias para el período de octubre a marzo en la galería.

A pesar de situarse al norte, la galería tiene ganancias debido a la radiación solar directa, entre 1,82 kWh a 6,38 kWh. A través del muro divisorio con el comedor tiene pérdidas de 0,09 kWh a 1,23 kWh.

Dichas pérdidas de la galería son las ganancias en el comedor a través del tabique entre 0,13 kWh y 0,79 kWh. También recibe ganancias por el efecto invernadero de la galería a través del vidrio, ente 0,07 kWh y 0,14 kWh. Si comparamos un mismo momento cuando en la galería hay ganancias solares de 6,38 kWh, en el tabique medianero entre la galería y el comedor por su lado externo se pierden 1,07 kWh, de los cuales en el mismo tabique en su interior por el comedor hay unas ganancias de 0,15 kWh y en el vidrio 0,11 kWh.

Temperature and Heat Gains - P. primera, Comedor

EnergyPlus Output 1 Oct - 31 Mar, Daily Student

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	17.26	10.78	13.00	9.14	11.23	8.37	10.20	8.69	11.78	14.55
Radiant Temperature	17.15	10.69	12.97	8.99	11.11	8.26	10.06	8.56	11.72	14.52
Operative Temperature	17.20	10.73	12.98	9.07	11.17	8.32	10.13	8.62	11.75	14.53
Outside Dry-Bulb Temperature	18.20	9.72	16.23	10.39	4.71	7.67	12.98	11.02	10.93	14.71
Glazing	0.07	-0.04	0.14	0.02	-0.14	-0.02	0.08	0.11	0.06	0.11
Walls	-1.05	-1.00	-0.24	-1.08	-0.77	-1.02	-0.81	-1.11	-0.77	-0.78
Ceilings (int)	-0.21	-0.48	-0.10	-0.50	-0.59	-0.50	-0.36	-0.46	-0.31	-0.20
Floors (int)	-0.26	0.34	0.40	0.75	0.60	0.75	0.64	0.75	0.33	0.12
Partitions (int)	0.79	0.57	-0.59	0.13	0.28	0.23	-0.19	0.04	0.13	0.15
Internal Natural vent.	-0.10	-0.12	-0.18	0.02	-0.05	-0.08	-0.01	-0.01	-0.16	-0.23
General Lighting	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Occupancy	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Solar Gains Interior Windows	0.07	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02	0.05	0.06	0.04	0.07

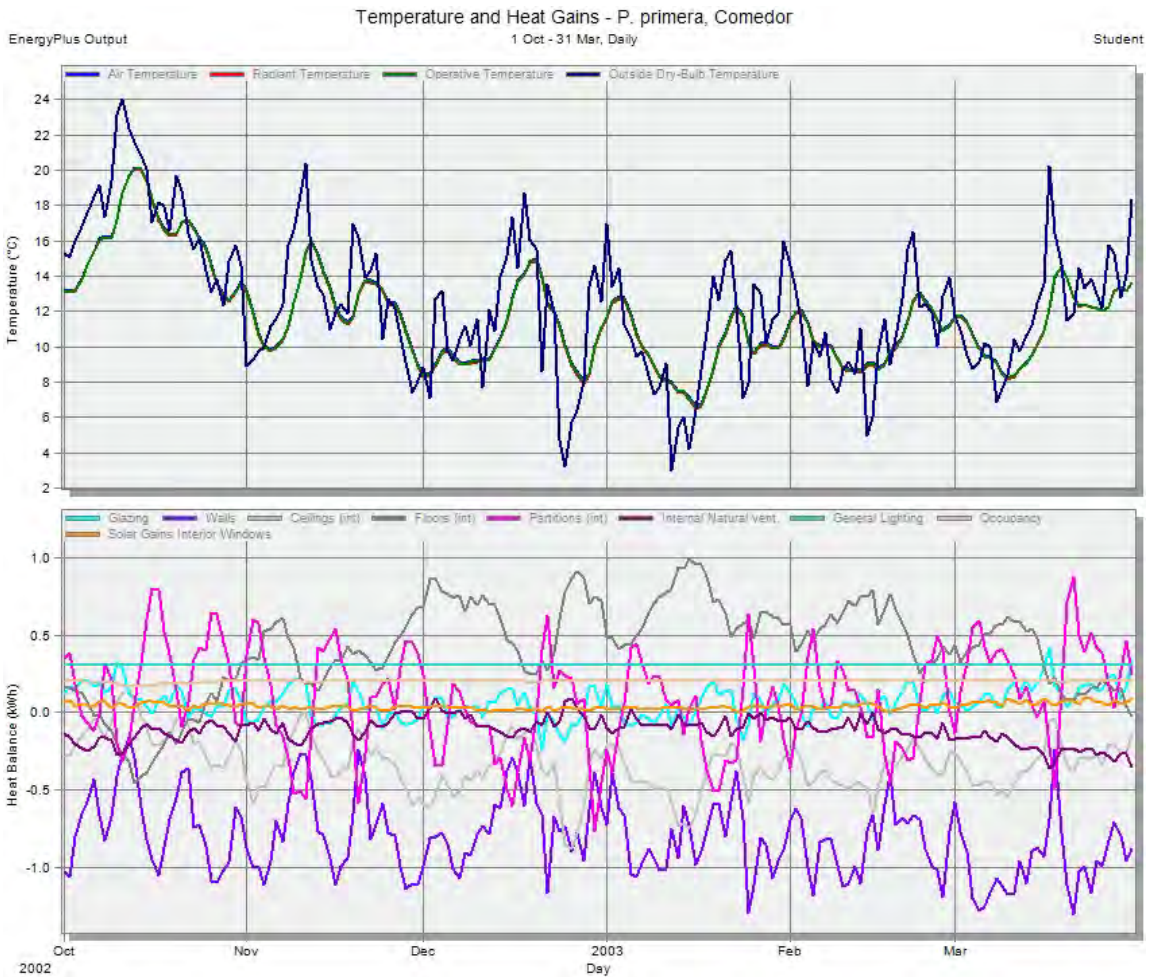


Figura 187. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias para el período de octubre a marzo en el comedor

La temperatura interior del comedor está entre 8,37 °C y 17,26 °C siendo la temperatura exterior entre 4,71 °C y 18,20 °C.

El salón está situado al sur, sus protecciones de vuelo permiten la radiación solar en invierno. Su ganancia principal es debida a la radiación solar directa, 0,33 kWh a 2,60 kWh. Las pérdidas significativas son debidas a la envolvente opaca, de 0,09 kWh a 0,22 kWh, y debidas a los huecos de vidrio, entre 0,02 kWh y 0,22 kWh.

Temperature and Heat Gains - P. primera, Salon  
1 Oct - 31 Mar, Daily

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	17.16	10.66	12.96	9.19	11.29	8.25	10.27	8.71	11.63	14.39
Radiant Temperature	16.95	10.45	12.86	9.06	11.16	8.04	10.18	8.59	11.43	14.22
Operative Temperature	17.05	10.56	12.91	9.12	11.22	8.14	10.22	8.65	11.53	14.30
Outside Dry-Bulb Temperature	18.20	9.72	16.23	10.39	4.71	7.67	12.98	11.02	10.93	14.71
Glazing	-0.09	-0.20	0.12	-0.02	-0.22	-0.13	0.06	0.11	-0.12	-0.14
Walls	-2.38	-1.99	-0.53	-2.78	-2.14	-2.24	-2.43	-3.08	-1.50	-1.55
Ceilings (int)	-0.11	-0.65	-0.14	-0.53	-0.74	-0.67	-0.28	-0.37	-0.41	-0.21
Floors (int)	-0.41	0.76	0.71	0.74	0.60	1.35	0.42	0.65	0.85	0.49
Partitions (int)	0.46	0.59	-0.99	-0.07	0.22	0.24	-0.68	-0.47	-0.05	-0.25
Internal Natural vent.	0.12	0.15	-0.13	-0.07	-0.05	0.15	-0.21	-0.12	0.09	0.03
External Air	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
General Lighting	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Occupancy	0.26	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27
Solar Gains Interior Windows	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Solar Gains Exterior Windows	1.70	0.59	0.33	2.01	1.59	0.57	2.45	2.60	0.41	0.93

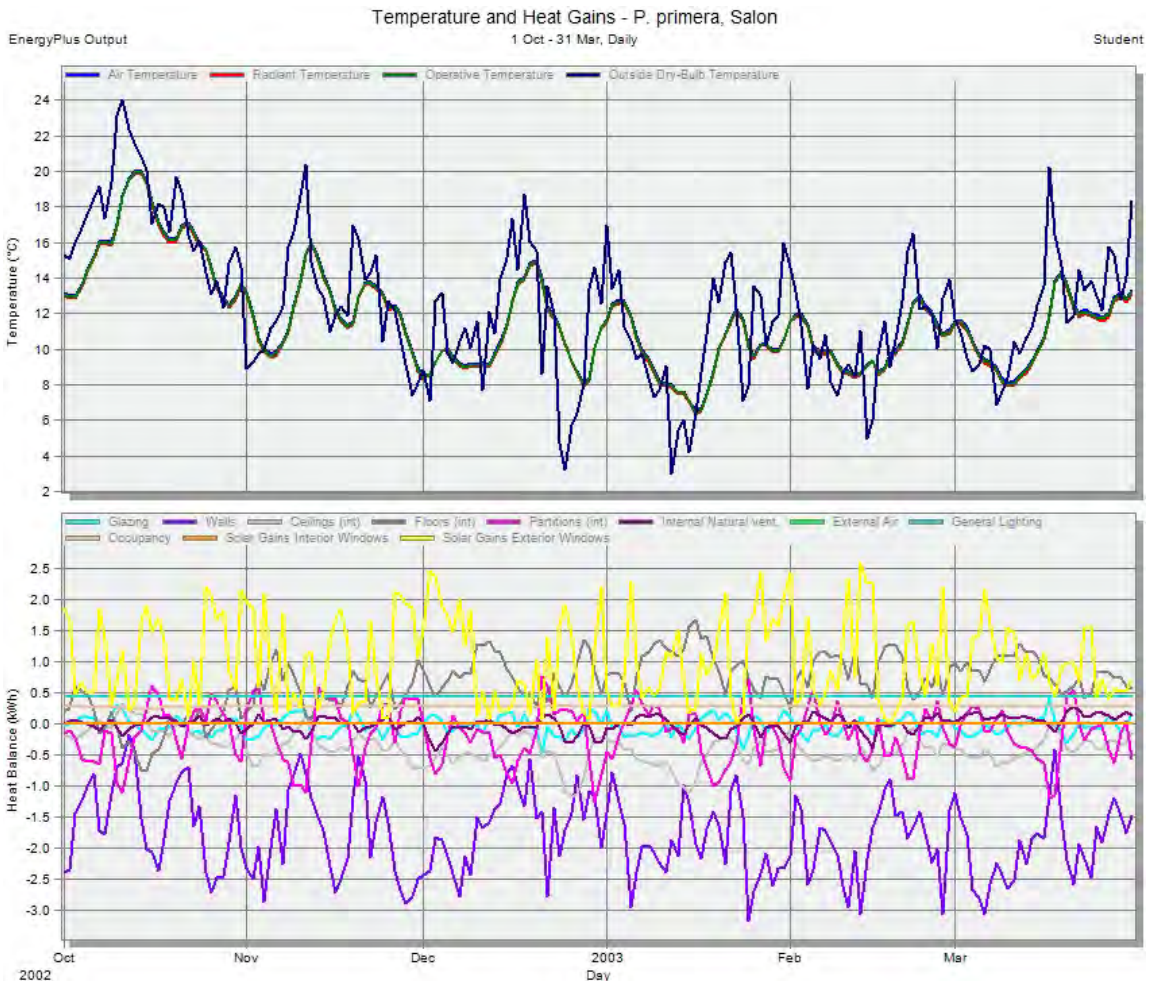


Figura 188. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias para el período de octubre a marzo en el salón

La temperatura interior del salón está entre 8,25 °C y 17,16 °C siendo la temperatura exterior entre 4,71 °C y 18,20 °C.

A pesar de tener el comedor situado en la orientación norte, orientación más fría que el sur, gracias a la galería se alcanza una temperatura igual o un poco mayor.

**La demanda anual en período de frío en la tipología de Casa Litoral es de 10,50 kWh/m<sup>2</sup>.**

### 12.2.8.2. Simulación en el intervalo de abril a septiembre

La galería en verano se ventila cuando la temperatura excede la zona de confort, de junio a finales de agosto, esta ventilación natural ronda de 38,54rnv/h a 101,83rnv/h. De esta forma no hay efecto invernadero y la galería protege de la radiación solar directa al comedor, así opera como disipador del calor generado en el comedor a través de una ventilación interna.

EnergyPlus Output

Temperature and Heat Gains - P. primera, Galería

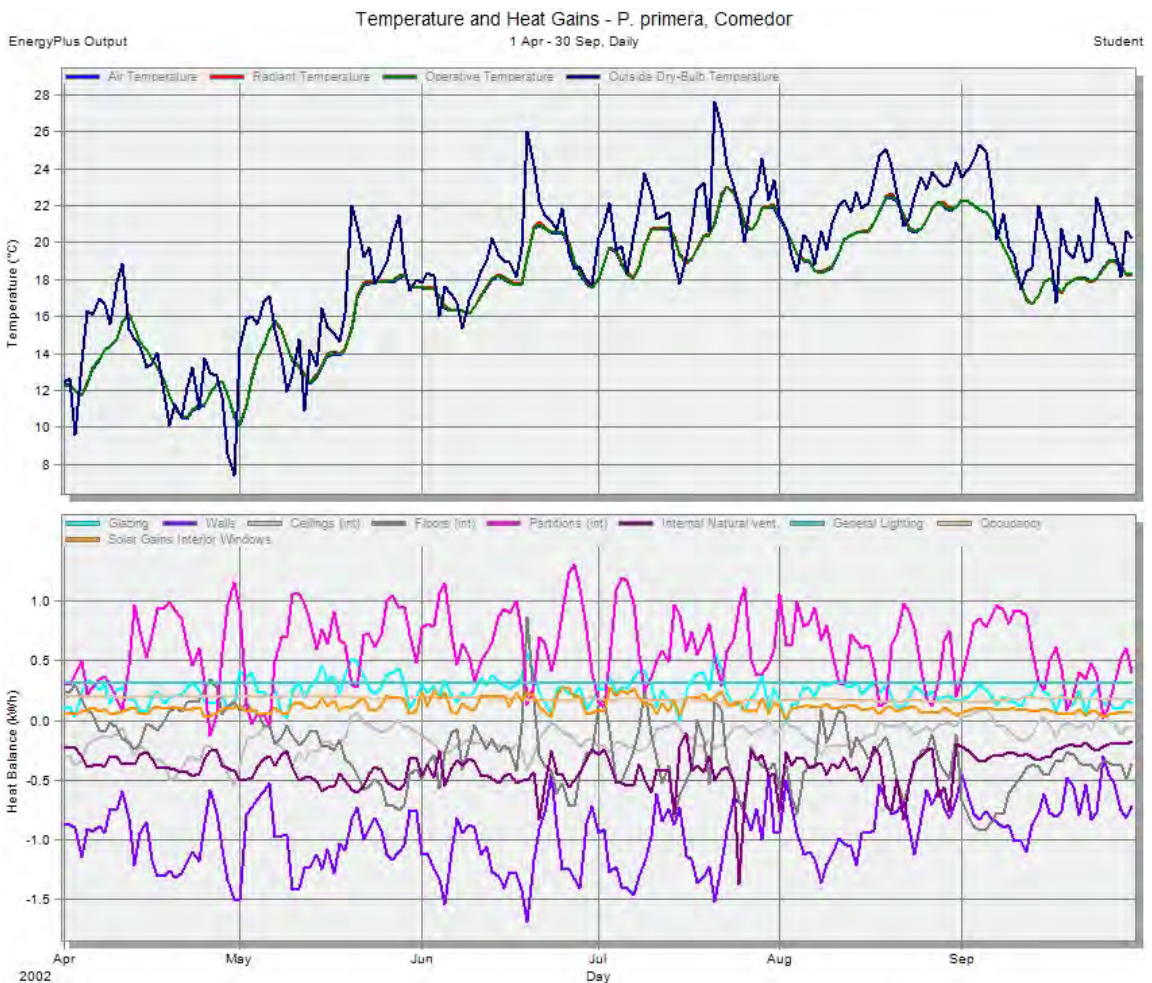
1 Apr - 30 Sep, Daily

Student

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	14.92	15.61	20.38	17.49	21.54	21.27	22.62	22.49	23.18	18.22
Radiant Temperature	15.13	15.74	20.78	17.62	22.70	21.70	22.99	23.04	23.24	18.25
Operative Temperature	15.03	15.68	20.58	17.55	22.12	21.48	22.81	22.77	23.21	18.24
Outside Dry-Bulb Temperature	14.00	15.60	20.92	16.73	20.69	21.26	22.78	22.73	24.34	16.73
Glazing	-3.63	-1.25	-2.72	-1.73	-2.99	-1.58	-1.45	-2.72	-0.70	-2.42
Walls	-1.46	-0.55	-1.09	-0.71	-1.25	-0.66	-0.64	-1.12	-0.30	-1.02
Ceilings (int)	0.08	-0.15	0.34	-0.16	0.04	-0.07	-0.15	0.10	-0.11	-0.16
Floors (int)	-1.46	-1.08	-2.59	-0.84	-1.80	-0.76	-1.31	-1.85	-0.80	-0.73
Partitions (int)	-1.82	-1.89	-3.58	-1.09	-2.44	-0.66	-1.91	-2.46	-1.17	-0.61
Internal Natural vent.	-0.25	-0.20	-0.62	-0.17	-0.19	-0.11	-0.21	-0.22	-0.13	0.01
External Air	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.78	-0.47	-0.31	-0.73	0.00	0.00
General Lighting	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Occupancy	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.09
Solar Gains Interior Windows	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Solar Gains Exterior Windows	10.00	6.04	11.95	5.36	12.11	4.91	7.07	10.39	3.69	5.67
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	0.00	38.54	101.83	54.72	52.22	0.00	0.00

Figura 189. Tabla de temperaturas y ganancias para el período de abril a septiembre en la galería.

En el comedor las pérdidas mayores son debidas a la envolvente opaca y a la ventilación interna a través de la galería, de 0,20 kWh a 0,60 kWh.



Temperature and Heat Gains - P. primera, Comedor

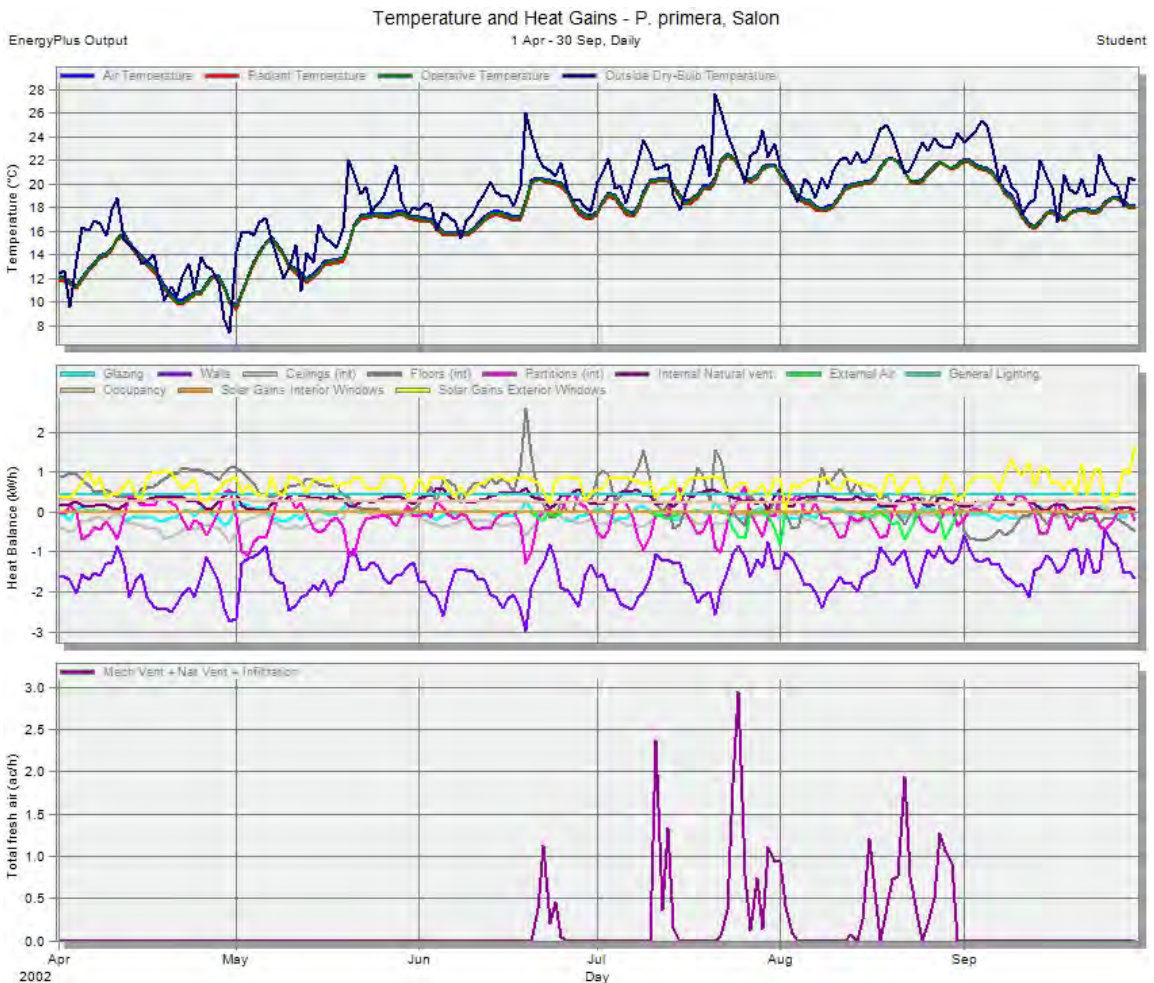
EnergyPlus Output 1 Apr - 30 Sep, Daily Student

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air Temperature	13.22	13.68	16.94	16.28	20.48	20.67	21.03	20.53	21.96	17.63
Radiant Temperature	13.26	13.74	17.10	16.31	20.57	20.75	21.07	20.56	21.94	17.60
Operative Temperature	13.24	13.71	17.02	16.30	20.53	20.71	21.05	20.54	21.95	17.62
Outside Dry-Bulb Temperature	14.00	15.60	20.92	16.73	20.69	21.26	22.78	22.73	24.34	16.73
Glazing	0.24	0.25	0.49	0.16	0.26	0.11	0.25	0.32	0.17	0.07
Walls	-1.30	-0.67	-0.72	-0.82	-0.89	-0.61	-0.74	-1.21	-0.66	-0.81
Ceilings (int)	-0.32	-0.12	0.06	-0.20	-0.06	-0.07	-0.08	-0.22	-0.05	-0.14
Floors (int)	-0.08	0.07	-0.46	-0.08	-0.61	-0.32	-0.32	-0.14	-0.12	-0.33
Partitions (int)	0.93	0.05	0.27	0.47	0.61	0.50	0.38	0.66	0.20	0.62
Internal Natural vent.	-0.40	-0.39	-0.60	-0.33	-0.45	-0.41	-0.34	-0.39	-0.20	-0.24
General Lighting	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Occupancy	0.20	0.20	0.19	0.19	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.18
Solar Gains Interior Windows	0.12	0.06	0.15	0.06	0.21	0.05	0.07	0.12	0.04	0.06

Figura 190. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias para el período de abril a septiembre en el comedor

La temperatura interior del comedor está entre 13,22 °C y 21,96 °C siendo la temperatura exterior entre 14,00 °C y 24,34 °C.

El salón, gracias al balcón superior, está protegido de la radiación solar directa y tiene un sombreado sobre los huecos y fachada sur.



Temperature and Heat Gains - P. primera, Salon

EnergyPlus Output Student

1 Apr - 30 Sep, Daily

Day										
Air Temperature	12.87	13.42	16.57	15.98	20.17	20.42	20.76	20.13	21.73	17.41
Radiant Temperature	12.58	13.23	16.38	15.71	19.98	20.21	20.53	19.81	21.49	17.18
Operative Temperature	12.73	13.33	16.48	15.85	20.08	20.32	20.65	19.97	21.61	17.29
Outside Dry-Bulb Temperature	14.00	15.60	20.92	16.73	20.69	21.26	22.78	22.73	24.34	16.73
Glazing	-0.16	0.08	0.10	-0.03	-0.09	-0.05	0.05	-0.01	0.07	-0.15
Walls	-2.36	-1.13	-0.92	-1.46	-1.25	-1.06	-1.17	-2.00	-1.17	-1.53
Ceilings (int)	-0.39	-0.15	0.13	-0.29	-0.03	-0.12	-0.09	-0.29	-0.09	-0.13
Floors (int)	0.64	0.72	0.18	0.64	-0.13	0.20	0.23	0.77	0.42	-0.03
Partitions (int)	0.18	-0.74	-1.09	-0.16	-0.03	-0.06	-0.33	-0.25	-0.33	0.22
Internal Natural vent.	0.35	0.06	0.12	0.25	0.21	0.21	0.19	0.41	0.18	0.17
External Air	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.11	-0.08	-0.02	0.00	0.00	0.00
General Lighting	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Occupancy	0.28	0.28	0.26	0.26	0.23	0.23	0.22	0.23	0.21	0.25
Solar Gains Interior Windows	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Solar Gains Exterior Windows	1.01	0.51	0.88	0.36	0.78	0.35	0.52	0.73	0.30	0.76
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	2.38	0.74	0.00	0.00	0.00

Figura 191. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias para el período de abril a septiembre en el salón

A pesar del sombreado por los vuelos del balcón superior, aun hay unas ganancias a través de las ventanas debido a la radiación solar directa, de 0,30 kWh a 1,01 kWh. Por otro lado se contrarresta con las pérdidas a través de la envolvente opaca, particiones interiores y ventilación natural directa, 0,46 rnv/h a 2,38 rnv/h.

La temperatura interior del comedor está entre 12,87 °C y 21,73 °C siendo la temperatura exterior entre 14,00 °C y 24,34 °C.

**La demanda anual en período de calor en la tipología de Casa Litoral es de 4,45 kWh/m2.**

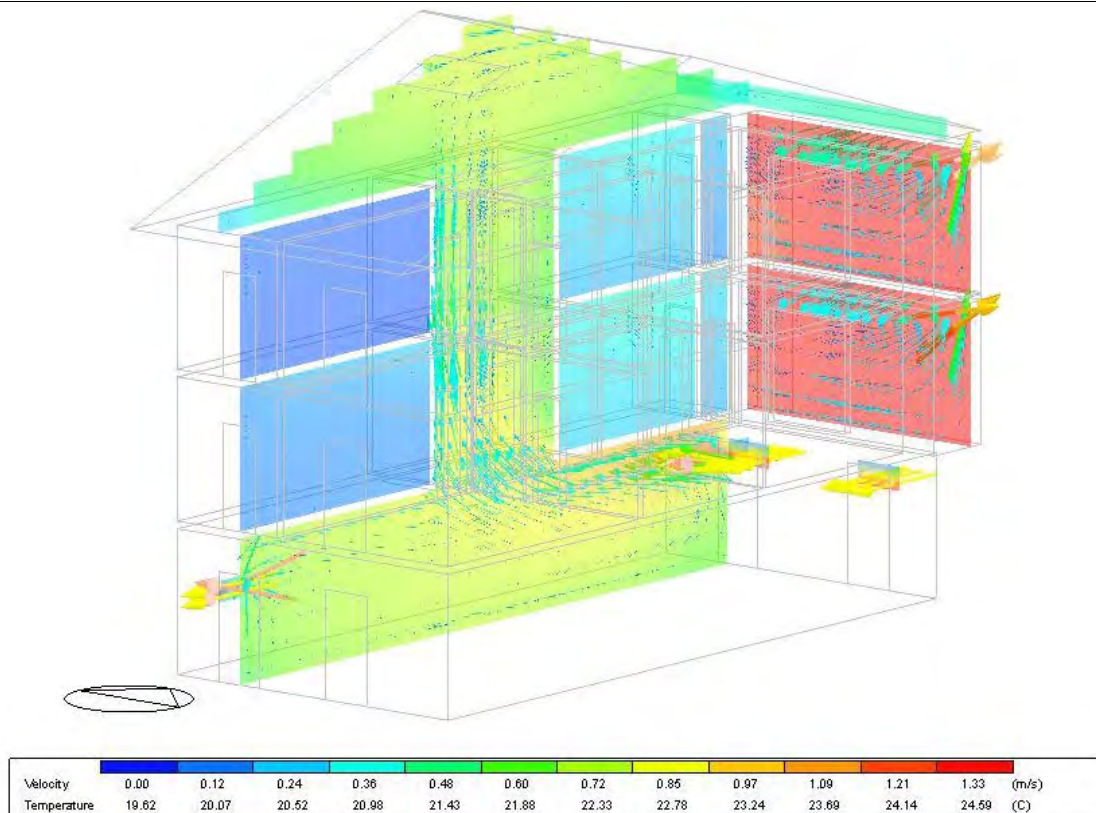


Figura 192. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Litoral

En el CFD se observa de forma gráfica cómo funciona la galería y los espacios sur, salón. También se puede apreciar como el núcleo vertical no funciona como chimenea de las viviendas sino únicamente de la planta baja.

### 13. ANÁLISIS DE LOS TAXONES ENDÉMICOS EN CANTABRIA

En el capítulo 5 se fueron describiendo las principales especies vegetales, endémicas de Cantabria, y se ubicaron cada una de ellas en el plano. La localización se efectuó a través de los condicionantes de altitud y por los diferentes encuentros registrados por biólogos.

A partir de este punto se concreta más su ubicación a través de la lectura de sus raíces y tallos), es decir por sus necesidades hídricas y existencia de vientos (tabla 9, adaptaciones biológicas).

El objetivo es realizar un mapeado de zonificaciones de los taxones endémicos, tomando como punto de partida documentación de muy diferentes disciplinas. Por un lado el trabajo de los biólogos con sus descripciones de las especies vegetales de la zona y las condiciones de su entorno. Y por otro lado, los mapas climáticos, geográficos y geológicos para poder estudiar donde se dan dichas condiciones.

En primer lugar se elabora el mapa de régimen hídrico o coeficiente de humedad (CH), es decir, la disponibilidad natural de agua para las plantas. Para conocer este valor se calcula por el método de Thornthwaite (1948):

$$CH = Pp / ETP$$

siendo:        Pp    la precipitación mensual (mm)  
                  ETP    la evapotranspiración potencial (mm)

si  $CH \geq 1$  es un suelo húmedo.

si  $CH \leq 0,5$  es un suelo seco.

si  $0,51 \leq CH \leq 0,99$  es un suelo intermedio

La evapotranspiración es la suma de dos procesos por los cuales el suelo pierde agua a través de la propia superficie: por evaporación y a través de la transpiración de las plantas. La Evapotranspiración Potencial (ETP) fue definida por Thornthwaite (1948) como "la pérdida de agua por evaporación directa del agua del suelo y por transmisión de una cubierta vegetal densa bien desarrollada, en pleno crecimiento y sin limitación en la disponibilidad de agua". Penman (1956) la define como "la cantidad de agua transpirada por un cultivo corto de césped que cubre el suelo en su totalidad y sin ninguna falta de agua". Papadakis (1980) la define como "la cantidad de agua que se necesita para obtener una vegetación o un rendimiento cercano al óptimo". Esta se puede medir por un lisímetro o con el evapotranspirómetro de Thornthwaite; también se puede estimar por el método de Thornthwaite, Papadakis, Blaney y Criddle, Turc, Hargreaves, Penman-Monteith y Penman.

Juan Papadakis fue un profesor agrónomo, geógrafo, meteorólogo, climatólogo y botánico que estudió en profundidad la distribución sistemática de los climas en el mundo y cómo éstos influyen en los cultivos, la flora, la fauna y en el hombre. Era crítico con los estudios climáticos y particularmente contrario con el uso de la

humedad relativa y la temperatura media. Él sustituyó la humedad relativa por los registros de tensión de vapor o humedad absoluta, para poder calcular la evaporación potencial, dato con el que se puede medir el exceso de agua o la sequía. Respecto a las temperaturas medias, decía que brindaban muy poca información de la localidad y sobre todo sin mostrar sus rasgos de continentalidad - oceanidad, por lo que promueve el uso de los registros de temperaturas extremas medias, que permiten estimar el peligro de heladas, clave en el desarrollo vegetal.

Se ha tomado el método experimental de Papadakis (1962) por estar basado en el déficit de saturación de vapor, es decir en la cantidad de vapor de agua "que se debe agregar a una masa de aire, manteniendo constante su temperatura, para llevarla a saturación" (apuntes Facultad de Agronomía y Zootecnia, Cátedra Climatología y Fenología Agrícolas, UNED).

$$ETP = 5,625 * [e^{\circ}(T_i) - e^{\circ}(t_i-2)] \text{ mm/mes}$$

siendo:  $e^{\circ}(T_i)$  tensión de saturación de vapor para la temperatura media de las máximas del mes considerado (mb).  
 $e^{\circ}(t_i-2)$  tensión de saturación de vapor para la temperatura media de las mínimas menos 2°C del mes considerado (mb).

Se han estudiado las 8 poblaciones donde se han ubicado las tipologías de viviendas y se han clasificado según el criterio de climas de Papadakis.

<b>Cabuérniga</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T1/2 máx	16.1	16.3	16.2	17.9	19.3	21.0	22.4	23.1	24.8	22.3	18.3	16.5	19.52
t1/2 mín	1.9	3.7	2.6	4.7	6.6	10.3	12.7	13.4	12.5	8.4	4.0	2.3	6.93
e° máx	18.31	18.54	18.42	20.51	22.39	24.87	27.08	28.26	31.29	26.92	21.03	18.78	22.67
e° mín	6.07	6.92	6.39	7.43	8.49	10.96	12.88	13.49	12.71	9.63	7.07	6.25	8.67
ETP	68.9	65.36	67.67	73.58	78.19	78.24	79.88	83.08	104.5	97.26	78.53	70.48	78.75
Pp	67	67	72	72	105	128	164	159	144	112	77	62	102
Ln=Pp-ETP	-1.85	1.638	4.331	-1.58	26.81	49.76	84.13	75.92	39.49	14.74	-1.53	-8.48	23.67
CH	0.97	1.025	1.064	0.979	1.343	1.636	2.053	1.914	1.378	1.152	0.981	0.88	1.30
20 %EP													15.75
	I	H	H	I	H	H	H	H	H	H	I	I	

Tipo de invierno  $T^{1/2} \text{max} = 16,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t^{1/2} \text{min} = 1,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  Av (Avena cálido)

Tipo de verano meses no heladas = 12  
 $T^{1/2} \text{máx} = 24,8$   
 $t^{1/2} \text{mín} = 13,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2} \text{máx 4meses} = 22,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2} \text{máx 6meses} = 21,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  M (Maíz)

Régimen térmico  
Régimen de humedad  
Clasificación climática

Templado, TE (cálido)  
Húmedos, Hu (húmedo)  
**Marítimo, cálido.**

<b>Penagos</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T <sup>1/2</sup> máx	16.7	17.0	16.6	19.1	19.6	21.4	23.2	23.4	25.2	24.1	19.1	16.7	20.18
t <sup>1/2</sup> mín	2.9	3.3	3.3	4.0	7.7	11.3	13.2	13.5	12.9	9.3	4.4	3.5	7.44
e° máx	19.02	19.38	18.90	22.11	22.81	25.48	28.43	28.77	32.04	30.01	22.11	19.02	23.67
e° mín	6.53	6.72	6.72	7.07	9.17	11.73	13.31	13.58	13.05	10.24	7.27	6.82	8.98
ETP	70.26	71.21	68.51	84.6	76.73	77.34	85.05	85.44	106.8	111.2	83.48	68.63	82.63
Pp	66	64	77	75	99	132	162	171	143	113	81	73	104.67
Ln=Pp-ETP	-4.26	-7.21	8.488	-9.6	22.28	54.66	76.95	85.56	36.18	1.794	-2.47	4.375	22.04
CH	0.939	0.899	1.124	0.89	1.29	1.707	1.905	2.001	1.339	1.016	0.97	1.064	1.27
20 %EP													16.53
	I	I	H	I	H	H	H	H	H	H	I	H	

Tipo de invierno      T<sup>1/2</sup>máx = 16,7°C  
                                 t<sup>1/2</sup>mín = 2,9°C                      Av (Avena cálido)

Tipo de verano      meses no heladas=12  
                                 T<sup>1/2</sup>máx = 25,2°C  
                                 t<sup>1/2</sup>mín = 13,5°C  
                                 T<sup>1/2</sup>máx 4meses = 23,3°C  
                                 T<sup>1/2</sup>máx 6meses = 22,8°C                      M (Maíz)

Régimen térmico                      Templado, TE (cálido)  
Régimen de humedad                  Húmedos, Hu (húmedo)  
Clasificación climática                **Marítimo, cálido.**

<b>Veguilla</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T <sup>1/2</sup> máx	16.3	16.4	17.9	22.6	22.7	26.4	31.2	30.1	31.8	26	20.1	16.1	23.13
t <sup>1/2</sup> mín	-1.8	-1.7	-2.8	-0.7	1.3	2.8	6.7	6	7.9	1.8	-1.8	-3	1.23
e° máx	18.54	18.66	20.5	27.41	27.58	34.4	45.42	42.66	47	33.6	23.53	18.3	28.26
e° mín	4.62	4.65	4.28	5.01	5.81	6.48	8.55	8.14	9.3	6.03	4.62	4.22	5.81
ETP	78.3	78.81	91.3	126	122.5	157.1	207.4	194.2	212.1	155.1	106.4	79.3	126.28
Pp	57	55	66	72	101	128	157	165	133	110	70	57	97.58
Ln=Pp-ETP	-21.3	-23.8	-25.3	-54.0	-21.5	-29.1	-50.39	-29.18	-79.06	-45.08	-36.4	-22.3	-28.70
CH	0.73	0.70	0.72	0.57	0.82	0.82	0.76	0.85	0.63	0.71	0.66	0.72	0.77
20 %EP													25.26
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	

Tipo de invierno  $T^{1/2}\text{max} = 16,1^{\circ}\text{C}$   
 $t^{1/2}\text{min} = -3,0^{\circ}\text{C}$  Av (Avena cálido)

Tipo de verano meses no heladas=6  
 $T^{1/2}\text{max} = 31,8^{\circ}\text{C}$   
 $t^{1/2}\text{min} = 7,9^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2}\text{max 4meses} = 29,8^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2}\text{max 6meses} = 28,0^{\circ}\text{C}$  M (Maíz)

Régimen térmico Templado, TE (cálido)  
 Régimen de humedad Mediterráneo, Me (seco)  
 Clasificación climática **Mediterráneo, templado.**

Reinosa	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T <sup>1/2</sup> máx	12.6	14.7	15.4	18.5	22.2	25.5	31.7	29.7	30.4	23.1	14.6	13.7	21.01
t <sup>1/2</sup> mín	-5.1	-4.6	-4.7	-0.9	-0.5	1.7	5.7	5.9	6.4	1.1	-3.2	-5.3	-0.29
e° máx	14.60	16.73	17.50	21.30	26.76	32.62	46.73	41.69	43.40	28.26	16.63	15.69	25.02
e° mín	3.59	3.73	3.7	4.94	5.09	5.98	7.97	8.09	8.38	5.73	4.15	3.53	5.17
ETP	61.93	73.13	77.63	92	122	149.9	218	189	197	126.7	70.2	68.4	111.66
Pp	27	33	42	43	76	92	109	108	86	81	49	34	65.00
Ln=Pp-ETP	-34.9	-40.1	-35.6	-49	-45.9	-57.9	-109	-81	-111	-45.7	-21.2	-34.4	-46.66
CH	0.44	0.45	0.54	0.47	0.62	0.61	0.50	0.57	0.44	0.64	0.70	0.50	0.58
20 %EP													22.33
	S	S	I	S	I	I	S	I	S	I	I	S	

Tipo de invierno  $T^{1/2}\text{max} = 12,6^{\circ}\text{C}$   
 $t^{1/2}\text{min} = -5,3^{\circ}\text{C}$  av (Avena fresco)

Tipo de verano meses no heladas=5  
 $T^{1/2}\text{max} = 31,7^{\circ}\text{C}$   
 $t^{1/2}\text{min} = 6,4^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2}\text{max 4meses} = 29,3^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2}\text{max 6meses} = 27,1^{\circ}\text{C}$  M (Maíz)

Régimen térmico Templado, TE (cálido)  
 Régimen de humedad Mediterráneo, Me (seco)  
 Clasificación climática **Mediterráneo, templado.**

<b>Vega Liébana</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T <sup>1/2</sup> máx	16.8	16.1	15.6	19.1	19.6	22.9	24.1	23.2	26.1	22.1	16.5	16.9	19.92
t <sup>1/2</sup> mín	-0.2	0.7	0.4	1.2	3.8	6.6	10.1	10.1	9.9	6.8	1.2	0.1	4.23
e° máx	19.14	18.31	17.73	22.11	22.81	27.92	30.01	28.43	33.80	26.59	18.78	19.26	23.24
e° mín	5.20	5.56	5.44	5.77	6.97	8.49	10.81	10.81	10.67	9.89	5.77	5.32	7.17
ETP	78.41	71.72	69.13	91.91	89.1	109.3	108	99.11	130.1	93.94	73.18	78.41	90.39
Pp	54	56	70	72	97	120	149	156	133	107	74	60	95.67
Ln=Pp-ETP	-24.4	-15.7	0.87	-19.9	7.9	10.71	41	56.89	2.894	13.06	0.82	-18.4	5.27
CH	0.689	0.781	1.013	0.783	1.089	1.098	1.38	1.574	1.022	1.139	1.011	0.765	1.06
20 %EP													18.08
	I	I	H	I	H	H	H	H	H	H	H	I	

Tipo de invierno  $T^{1/2}$  max = 16,8°C  
 $t^{1/2}$  min = -0,2°C Av (Avena cálido)

Tipo de verano meses no heladas=11  
 $T^{1/2}$  max = 26,1°C  
 $t^{1/2}$  min = 10,1°C  
 $T^{1/2}$  max 4meses = 24,1°C  
 $T^{1/2}$  max 6meses = 23°C M (Maíz)

Régimen térmico Templado, TE (cálido)  
Régimen de humedad Mediterráneo, ME (húmedo)  
Clasificación climática **Mediterráneo, templado.**

<b>Rozas de Valdearroyo</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T <sup>1/2</sup> máx	11.4	13.0	14.9	18.4	20.2	24.9	29.8	29	29.1	21.8	14.6	13.5	20.05
t <sup>1/2</sup> mín	-4.8	-5.2	-5.4	-5.6	-0.7	1.9	4.4	4.2	6.2	2.3	-3.9	-3.7	-0.86
e° máx	13.49	14.99	16.95	21.17	23.67	31.48	41.93	40.04	40.27	26.11	16.63	15.48	23.45
e° mín	3.67	3.56	3.51	3.45	5.01	6.07	7.27	7.17	8.26	6.25	3.94	4.00	4.94
ETP	55.24	64.29	75.6	99.68	105	142.9	195	184.9	180.1	111.7	71.38	64.6	104.12
Pp	31	30	40	41	76	93	119	122	90	84	46	30	66.83
Ln=Pp-ETP	-24.2	-34.3	-35.6	-58.7	-29	-49.9	-76	-62.9	-90.1	-27.7	-25.4	-34.6	-37.29
CH	0.56	0.47	0.53	0.41	0.72	0.65	0.61	0.66	0.50	0.75	0.64	0.46	0.64
20 %EP													20.82
	I	S	I	S	I	I	I	I	S	I	I	S	

Tipo de invierno  $T^{1/2}$  max = 11,4°C  
 $t^{1/2}$  min = -4,8°C Av (Avena cálido)

Tipo de verano meses no heladas=5  
 $T^{1/2}$  max = 29,8°C

$t^{1/2} \text{min} = 6,2^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2} \text{max 4meses} = 28,2^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2} \text{max 6meses} = 25,8^{\circ}\text{C}$

M (Maíz)

Régimen térmico  
 Régimen de humedad  
 Clasificación climática

Templado, TE (cálido)  
 Mediterráneo, Me (seco)  
**Mediterráneo, templado.**

Santander	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T1/2 máx	18.7	18.2	18.4	19.6	21.0	24.7	26.4	25.6	28.0	25.1	20.5	19.1	22.11
t1/2 mín	1.6	1.0	2.1	4.8	5.6	9.5	12.2	11.9	12.3	6.9	2.2	0.3	5.87
e° máx	21.57	20.90	21.17	22.81	24.87	31.10	34.40	32.81	37.78	31.85	24.11	22.11	26.59
e° mín	5.94	5.69	6.16	7.48	7.92	10.38	12.46	12.21	12.54	8.67	6.21	5.40	8.09
ETP	87.92	85.56	84.43	86.2	95.34	116.6	123.4	115.9	142	130.4	100.7	93.99	104.06
Pp	66	62	76	74	110	132	164	169	137	116	79	67	104.33
Ln=Pp-ETP	-21.9	-23.6	-8.43	-12.2	14.66	15.45	40.59	53.13	-4.98	-14.4	-21.7	-27	0.27
CH	0.751	0.725	0.9	0.86	1.154	1.133	1.329	1.458	0.965	0.89	0.785	0.713	1.00
20 %EP													20.81
	I	I	I	I	H	H	H	H	I	I	I	I	

Tipo de invierno  $T^{1/2} \text{max} = 18,7^{\circ}\text{C}$   
 $t^{1/2} \text{min} = 0,3^{\circ}\text{C}$

Av (Avena cálido)

Tipo de verano meses no heladas=12  
 $T^{1/2} \text{max} = 28,0^{\circ}\text{C}$   
 $t^{1/2} \text{min} = 12,3^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2} \text{max 4meses} = 26,2^{\circ}\text{C}$   
 $T^{1/2} \text{max 6meses} = 25,1^{\circ}\text{C}$

M (Maíz)

Régimen térmico  
 Régimen de humedad  
 Clasificación climática

Templado, TE (cálido)  
 Húmedo, Hu (húmedo)  
**Marítimo, templado cálido**

Vega de Pas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T <sup>1/2</sup> máx	13.9	15.8	19.6	21.4	23.7	26.0	31.6	29.5	32.2	26.6	18.3	15	22.80
t <sup>1/2</sup> mín	-2.1	-2.4	-3.4	-2.0	1.1	2.4	6.6	6.4	6.7	2.9	-2.2	-2.9	0.93
e° máx	15.89	17.96	22.81	25.48	29.30	33.60	46.47	41.21	48.07	34.81	21.03	17.06	27.75
e° mín	4.51	4.41	4.09	4.55	5.73	6.30	8.49	8.38	8.55	6.53	4.48	4.25	5.64
ETP	64.01	76.22	105.3	117.7	132.6	153.6	213.6	184.7	222.3	159.1	93.09	72.06	124.37
Pp	56	54	65	71	99	127	164	167	137	109	71	57	98.08
Ln=Pp-ETP	-8.01	-22.2	-40.3	-46.7	-33.6	-26.6	-49.6	-17.7	-85.3	-50.1	-22.1	-15.1	-26.29
CH	0.875	0.708	0.617	0.603	0.747	0.827	0.768	0.904	0.616	0.685	0.763	0.791	0.79
20 %EP													24.87

Tipo de invierno      T<sup>1/2</sup>max = 13,9°C  
t<sup>1/2</sup>min = -2,9°C      Av (Avena cálida)

Tipo de verano      meses no heladas=6  
T<sup>1/2</sup>max = 32,2°C  
t<sup>1/2</sup>min = 6,7°C  
T<sup>1/2</sup>max 4meses = 29,8°C  
T<sup>1/2</sup>max 6meses = 28,3°C      M (Maíz)

Régimen térmico      Templado, TE (cálido)  
Régimen de humedad      Mediterráneo, Me (seco)  
Clasificación climática      **Mediterráneo, templado.**

POBLACIÓN ESTUDIADA	ÍNDICE DE HUMEDAD, CH	RÉGIMEN DE HUMEDAD, según Papadakis
Cabuérniga	1,30	Húmedo, Hu (húmedo)
Penagos	1,27	Húmedo, Hu (húmedo)
Veguilla	0,58	Mediterráneo, Me (seco)
Reinosa	0,77	Mediterráneo, Me (seco)
Vega de Liébana	1,06	Mediterráneo, ME (húmedo)
Rozas de Valdearroyo	0,64	Mediterráneo, Me (seco)
Santander	1,00	Húmedo, Hu (húmedo)
Vega de Pas	0,79	Mediterráneo, Me (seco)

En el año 2.011 se elaboró para la C.A. de Cantabria los "Escenarios de Cambio Climático Regional en Cantabria aplicados a la Cartografía Agroclimática de Precisión", elaborado por: Francisco Javier Alonso del Val, Viola Bruschi, Antonio Cofiño, Ángel Felicísimo, José María Fernández López, Ferrán Ferrer i Marco, Enrique Francés Arriola, José Manuel Gutiérrez Llorente y Sixto Herrera García. En dicho proyecto de investigación se obtenía la cartografía agroclimática de Papadakis a partir de datos diarios de la serie 1.971-2.010 facilitada por la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). Para la elaboración de estos planos se tuvo que elaborar antes el plano de ETP, el de precipitaciones y finalmente el plano de régimen hídrico.

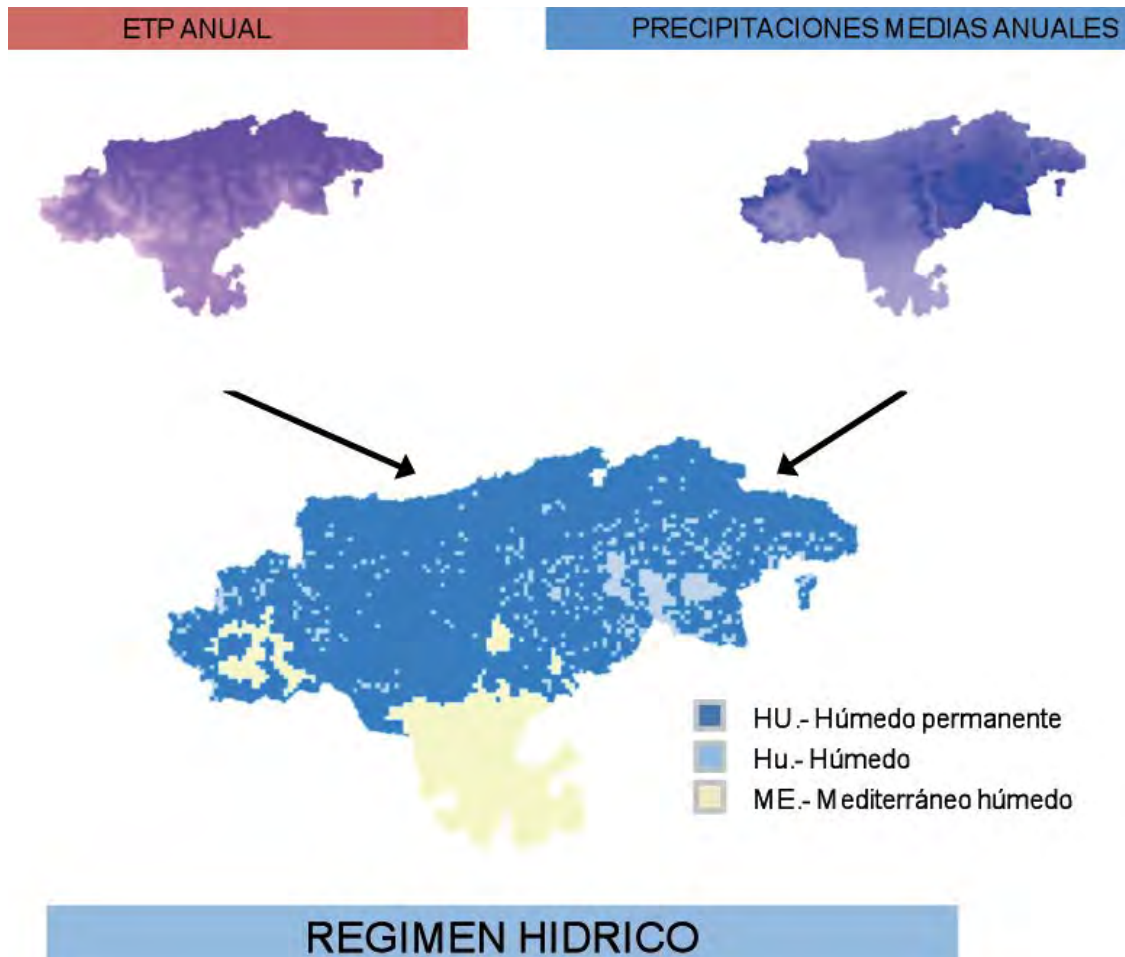


Figura 193. Proceso de obtención del régimen hídrico. F. Alonso, V. Bruschi, A. Cofiño, Á. Felicísimo, J. Fernández, F. Ferrer, E. Francés, J. Gutiérrez y S. Herrera (2011).

En el plano de la figura 193, régimen hídrico, aparecen dos regímenes de humedad: el Húmedo (HU y Hu) y el Mediterráneo (ME). Si definimos cada uno de ellos:

- HU es un régimen donde todos los meses del año son húmedos.
- Hu uno o más meses pueden ser intermedios húmedos.
- ME el índice de humedad es mayor de 0,88 y/o  $\ln > 20\% \text{ETP}$ .

El clima va evolucionando y con ello los planos de régimen hídrico. En este mismo trabajo de investigación se presentó, en el apartado de resultados, una posible evolución del 1.971-2.000, 2.011-2.040, 2.041-2.070 y 2.071-2.100, figura 194.

## RÉGIMEN HÍDRICO

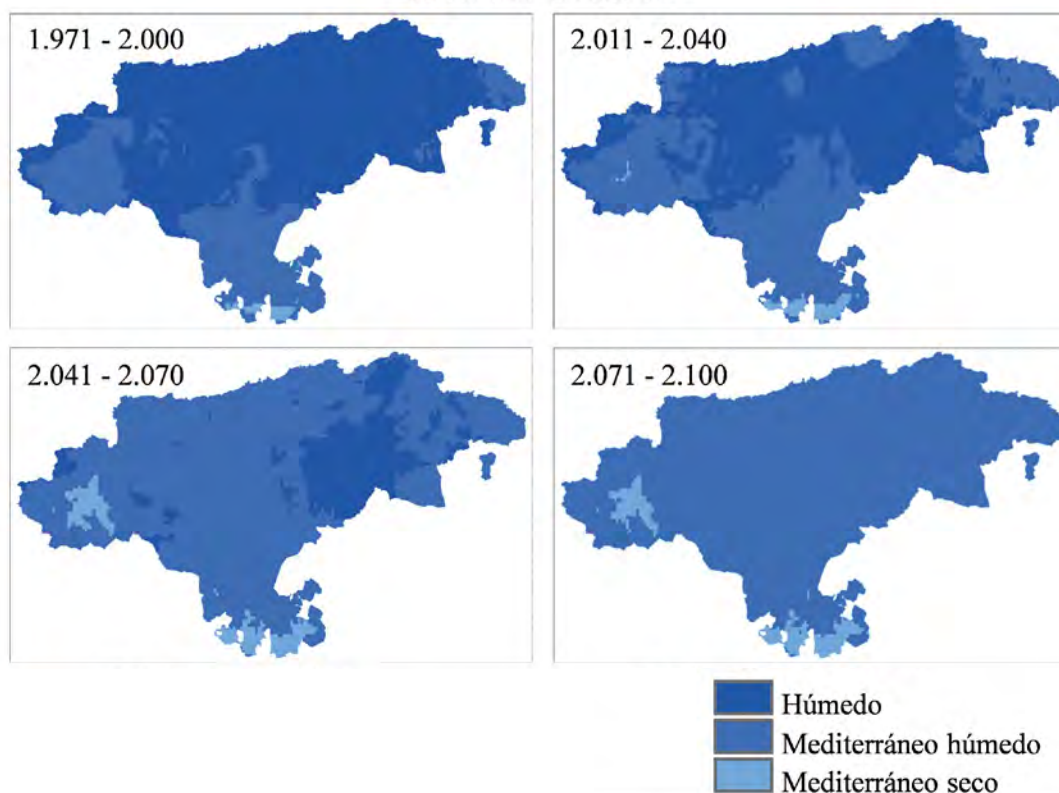


Figura 194. Evolución prevista para el régimen hídrico a lo largo del presente siglo. F. Alonso, V. Bruschi, A. Cofiño, Á. Felicísimo, J. Fernández, F. Ferrer, E. Francés, J. Gutiérrez y S. Herrera (2011).

Comparando el plano de CH de 2.011 (figura 193) con la evolución de CH (figura 194), se observa la progresiva desaparición del régimen marítimo húmedo (HU y hu) a favor del Mediterráneo húmedo (ME), así como la aparición del Mediterráneo seco (Me).

Volviendo a cada uno de los cuadros donde se ha estudiado el tipo de clima y régimen hídrico según Papadakis, de las poblaciones de Cabuérniga, Penagos, Veguilla, Reinosa, Vega de Liébana, Las Rozas de Valdearroyo, Santander y Vega de Pas, se puede apreciar cómo, con los datos climáticos de 2.015, ya no existe el régimen HU y cómo el régimen Me va ganando territorio, un poco antes del tiempo previsto en las proyecciones realizadas por F. Alonso, V. Bruschi, A. Cofiño, Á. Felicísimo, J. Fernández, F. Ferrer, E. Francés, J. Gutiérrez y S. Herrera (2.011).

A partir del mapa de Régimen Hídrico anual (CH), (figura 195) de la Dirección General de Desarrollo Rural, Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria y de la Universidad de Cantabria ([www.cartotecagraria.com](http://www.cartotecagraria.com)), donde el  $CH \geq 1$ , y por lo explicado anteriormente, se ajusta al nuevo régimen de humedad evolucionado, cuantificando el CH entre 0 y 2,5, con el punto de inflexión en  $CH=1$ .

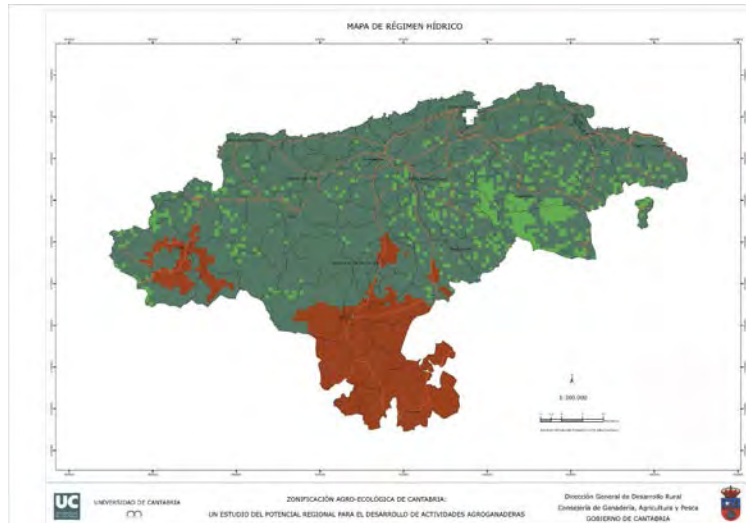


Figura 195. Mapa del régimen hidrológico. Dirección General de Desarrollo Rural, Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria y de la Universidad de Cantabria.



Figura 207. Mapa del coeficiente hídrico. Elaboración propia

En segundo lugar se toma el mapa de potencia de vientos (figura 196), del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el IDAE, elaborado por Meteosim Truewind 2009. Se utilizan los datos de potencia y no las velocidades, ya que lo que interesa es la relación entre la energía cinética y el tiempo que se mantiene dicha velocidad. Así lo que se obtiene son las zonas más o menos azotadas por el viento.

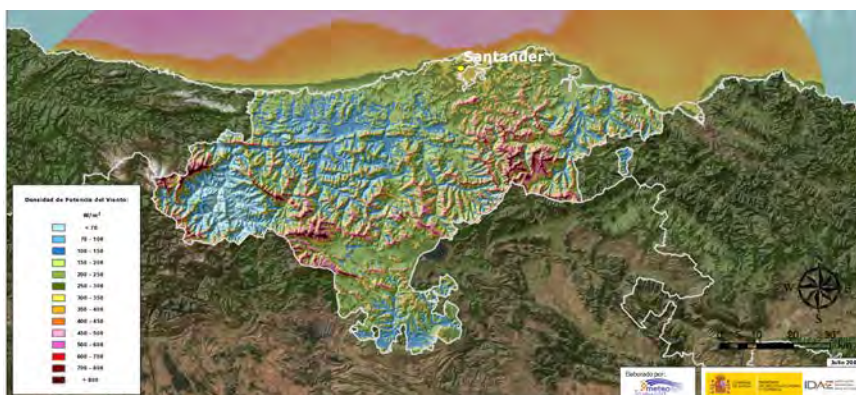


Figura 196. Mapa Eólico de Cantabria, Potencia media anual a 80 m. Elaborado por Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, el IDAE y Meteosim Truewind (2009).

El mapa de potencia de viento está estudiado a una altura de 80 m. Sin embargo, lo que interesa es conocer la potencia a la altura de las plantas, 1 m. Por ello, se transforman estos datos según la siguiente expresión:

$$v = v_{ref} \frac{\ln(Z/Z_0)}{\ln(Z_{ref}/Z_0)}$$

- siendo:
- $v$  = velocidad del viento a una altura  $z$  sobre el nivel del suelo.
  - $v_{ref}$  = velocidad de referencia, es decir, una velocidad de viento ya conocida a una altura  $Z_{ref}$ .
  - $Z$  = altura sobre el nivel del suelo para la velocidad deseada,  $v$ .
  - $Z_0$  = longitud de rugosidad en la dirección de viento actual.

La escala del plano de densidad de potencia del viento del Ministerio de Industria a 80 m de altura va desde  $70 \text{ W/m}^2$  a  $800 \text{ W/m}^2$ , que corresponden a:

$$\frac{P}{S} = 1/2 * 1.225 * v^3 \quad \begin{array}{l} 70 \text{ W/m}^2 = 4,85 \text{ m/s} \\ 800 \text{ W/m}^2 = 11 \text{ m/s} \end{array}$$

A la altura de 1 m, en las zonas donde se encuentran las especies endémicas, la velocidad es de:

$$v = 4,85 \frac{\ln(1/0.1)}{\ln(80/0.1)} = 1,67 \text{ m/s} = 2,85 \text{ W/m}^2$$

$$v = 11 \frac{\ln(1/0.1)}{\ln(80/0.1)} = 3,78 \text{ m/s} = 33,08 \text{ W/m}^2$$

$$v = 8.88 \frac{\ln(1/0.1)}{\ln(80/0.1)} = 3.06 \text{ m/s} = 17,54 \text{ W/m}^2$$

Por tanto, tras la transformación de las potencias de viento a 1 m sobre el suelo (figura 208), la escala del plano con el que se trabajará va desde  $2,85 \text{ W/m}^2$  a  $33,08 \text{ W/m}^2$ , siendo el punto de inflexión tomado de  $17,54 \text{ W/m}^2$  (brisa débil en escala Beaufort).

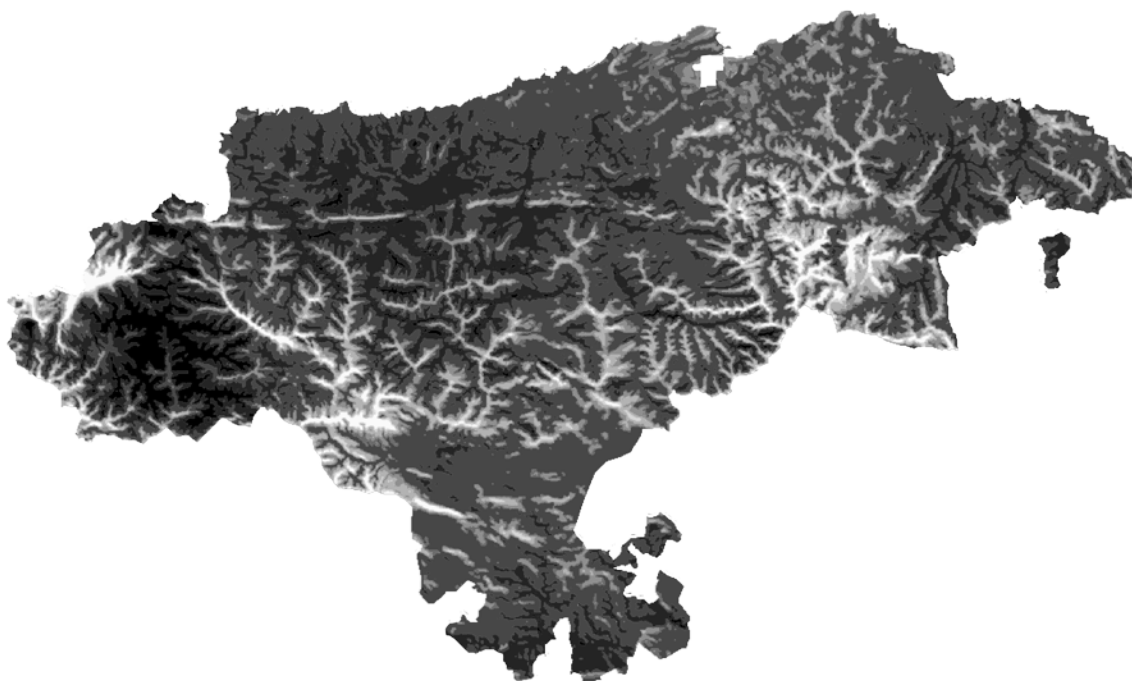


Figura 208. Mapa de potencia de viento. Elaboración propia

Al llegar a este punto las situaciones posibles son:

	CH < 1	CH ≥ 1
2,85 W/m <sup>2</sup> ≤ P/S < 17,54 W/m <sup>2</sup>	Grupo 1	Grupo 2
17,54 W/m <sup>2</sup> ≤ P/S ≤ 33,08 W/m <sup>2</sup>	Grupo 3	Grupo 4

En tercer lugar se toma el plano de altitudes (figura 197), facilitado por la Dirección General de Desarrollo Rural, Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria y de la Universidad de Cantabria.

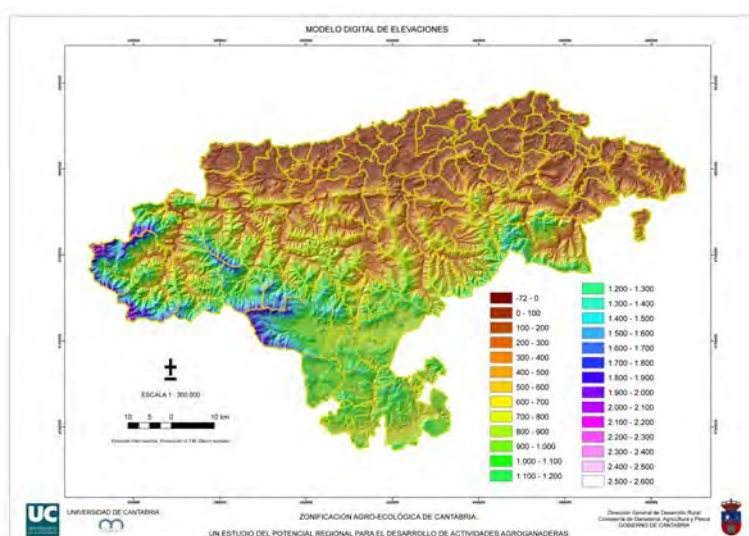


Figura 197. Mapa de altitud. Dirección General de Desarrollo Rural, Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria y Universidad de Cantabria.

A partir de los registros de los biólogos, se ubican altimétricamente la localización de las especies endémicas del estudio.



Figura 209. Mapa de altitudes. Elaboración propia.

La cuantificación en este tercer plano se realiza dependiendo de las especies:

	Altitud baja	Altitud media	Altitud alta
Grupo 1	0 m - 800 m	800 m - 1.400 m	1.400 m - 2.200 m
Grupo 2	0 m - 800 m	800 m - 1.200 m	1.200 m - 2.400 m
Grupo 3	0 m - 800 m	800 m - 1.200 m	1.200 m - 2.300 m
Grupo 4	0 m - 800 m	800 m - 1.600 m	1.600 m - 2.230 m

A partir de la superposición y contraste de los tres planos anteriores, se genera el plano de zonificaciones de los taxones endémicos. Para ello se ha utilizado un programa de parametrización (Grasshopper).

Para generar dicho plano, el primer paso fue generar el modelo geográfico de Cantabria en 3D, teniendo como puntos de partida el límite de la comunidad y las curvas de nivel. Ambos tuvieron que ser redibujados paramétricamente, para no cargar los cálculos de información innecesaria, reduciendo al mínimo las desviaciones.

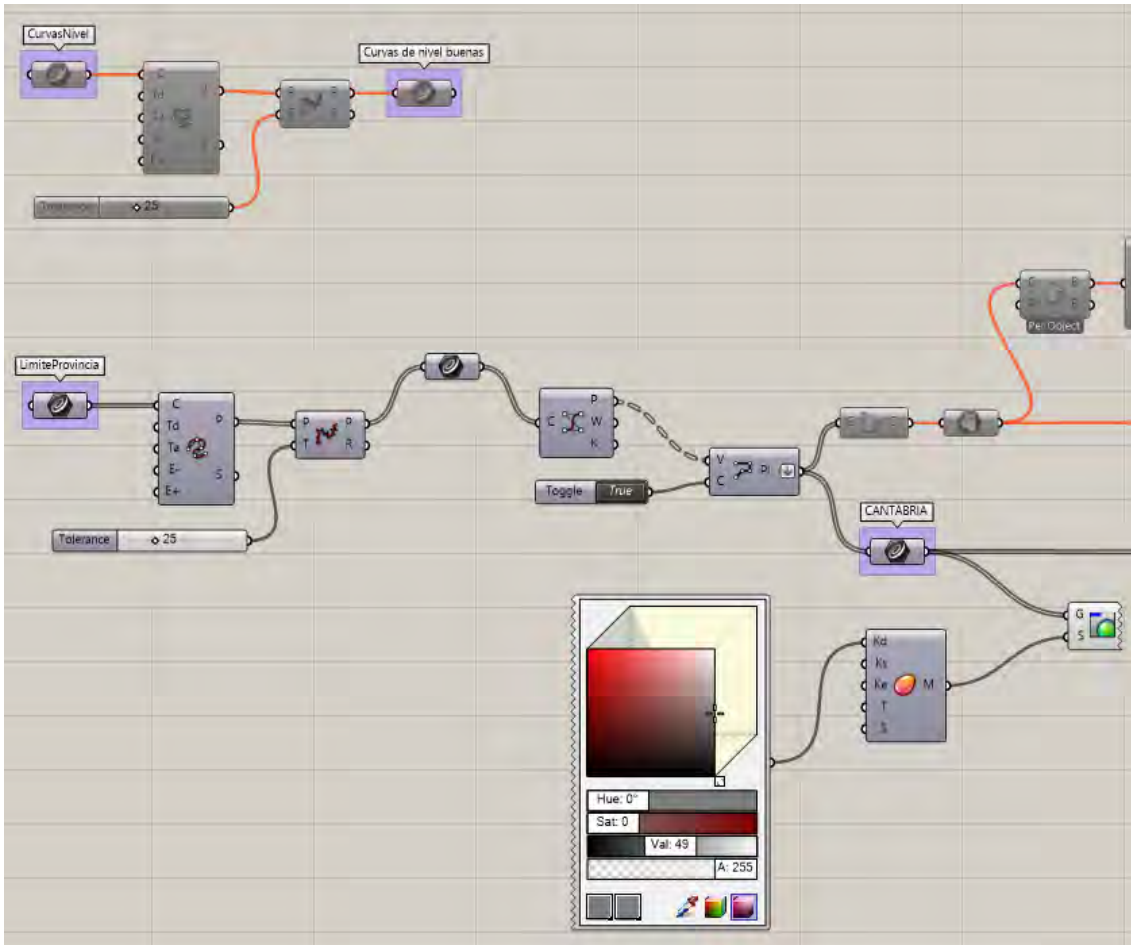


Figura 198. Reparametrización del perímetro provincial y las curvas de nivel.

En el segundo paso se dimensiona la densidad de la malla con la que se va a analizar el territorio. En este caso se toma como dimensión de la cuadrícula que forma la malla 200 m x 200 m. Esto define la precisión. Cuanto menor es la malla, mayor la precisión, pero el exceso de puntos aumenta exponencialmente los tiempos de cálculo, sin aportar grandes ventajas.

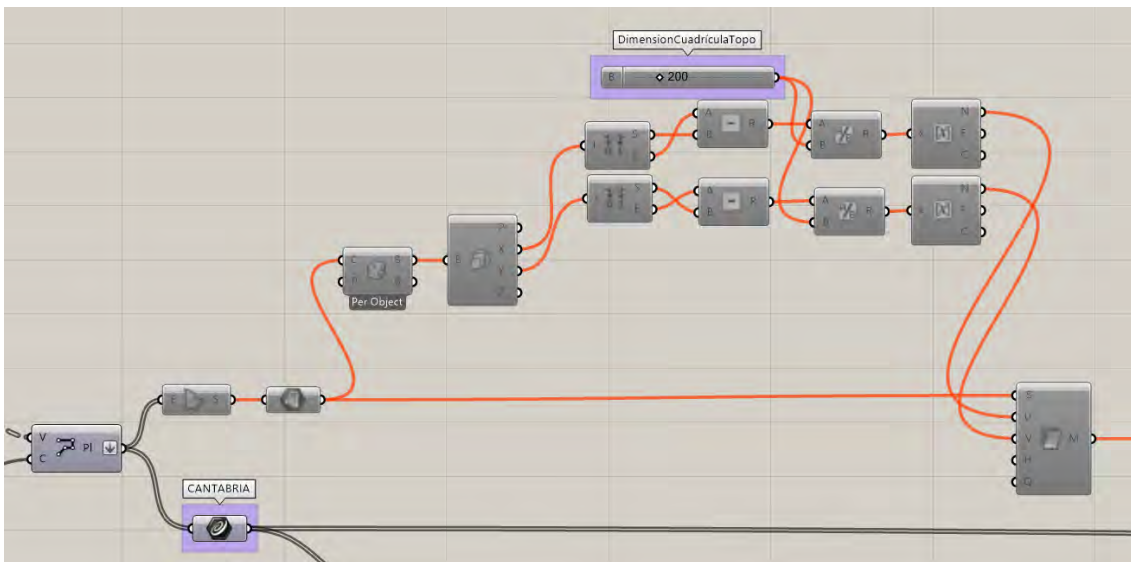


Figura 199. Generación de la malla topográfica con la precisión de 200 m x 200 m.

Todos los mapas de partida se reelaboraron para poder compatibilizarlos con la mecánica del programa, de forma que los colores se modificaron en una escala de grises donde el negro era el menor valor y el blanco el mayor, de este modo se pudieron obtener valores a partir de la luminosidad del pixel que se correspondía a las coordenadas del punto a estudiar.

Para construir la malla topográfica de Cantabria, se cruzan las coordenadas de los puntos de la malla de estudio con la imagen de la topografía de Cantabria en escala de grises según altura, y así se obtiene la coordenada Z de cada punto.

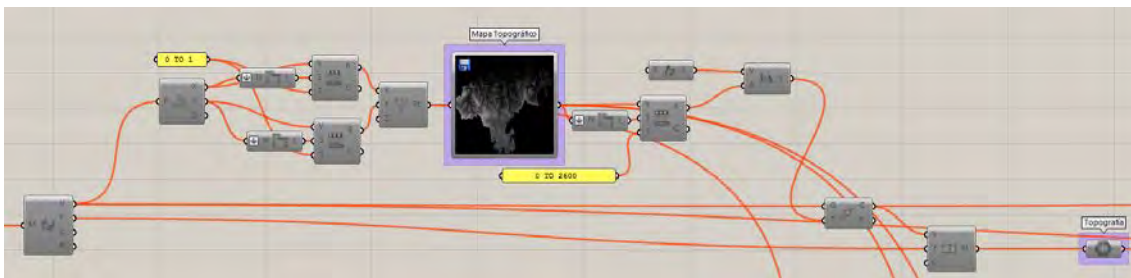


Figura 200. Obtención de las altitudes de punto de la malla y su generación en 3D.

Una vez se obtuvo la topografía de Cantabria parametrizada, se procedió a colorearla según el resto de los datos de partida. De este modo se pudo comprobar visualmente la relación entre la topografía, las temperaturas medias anuales, las precipitaciones anuales y la potencia eólica.

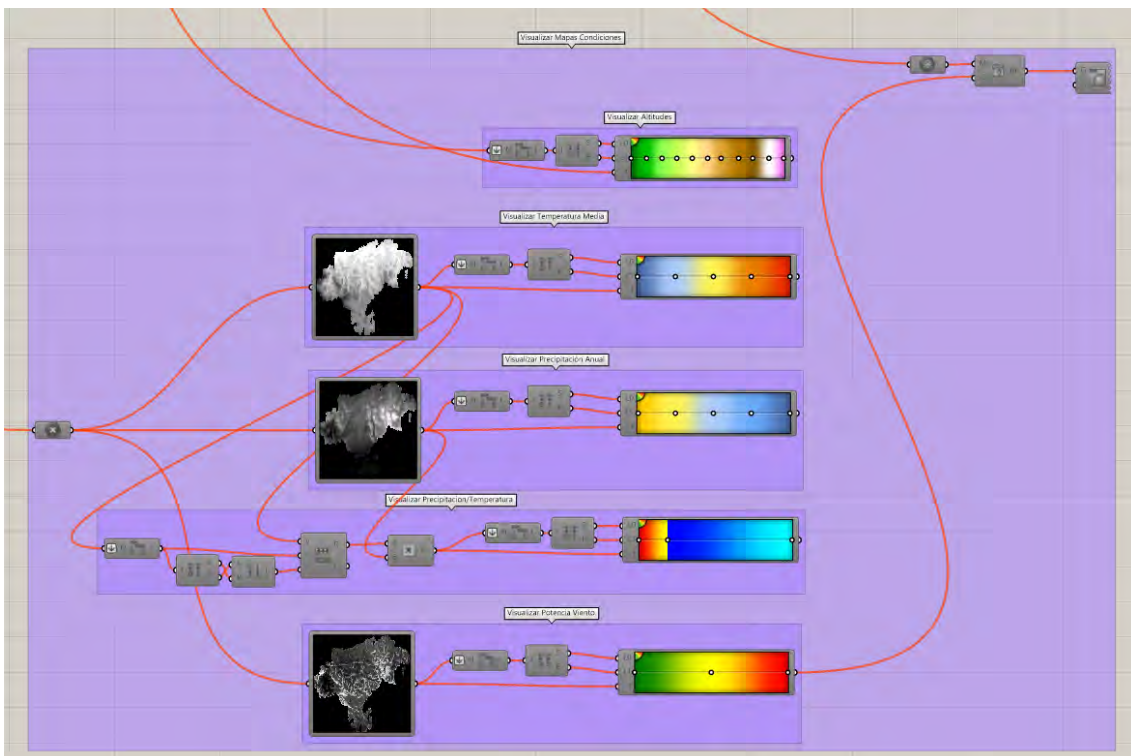


Figura 201. Reelaboración de los planos de datos iniciales, según las escalas que nos interesan para su análisis.



Se han filtrado los puntos de la malla de análisis para cada especie vegetal estudiada, o grupo de plantas que comparten condiciones, según se dieran en terrenos húmedos o secos, si se daban en zonas expuestas al viento o no, y las altitudes en las que se encontraban, obteniendo así los puntos que responden a las localizaciones idóneas para dichas especies vegetales.

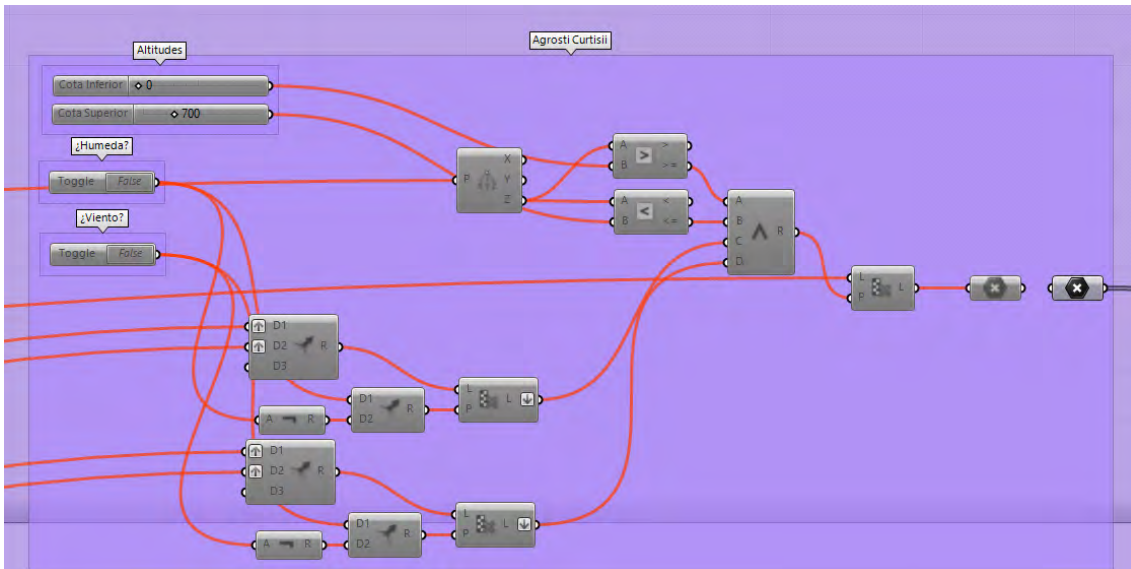


Figura 204. Determinación de las zonas idóneas para la especie vegetal estudiada.

La combinación de HUMEDO/SECO + VIENTO/NO VIENTO+ ALTITUD BAJA/MEDIA/ALTA da 12 grupos vegetales representados en el plano de Zonificaciones Vegetales, estrechamente relacionados con 12 condiciones de entorno al que se enfrenta la arquitectura tradicional.

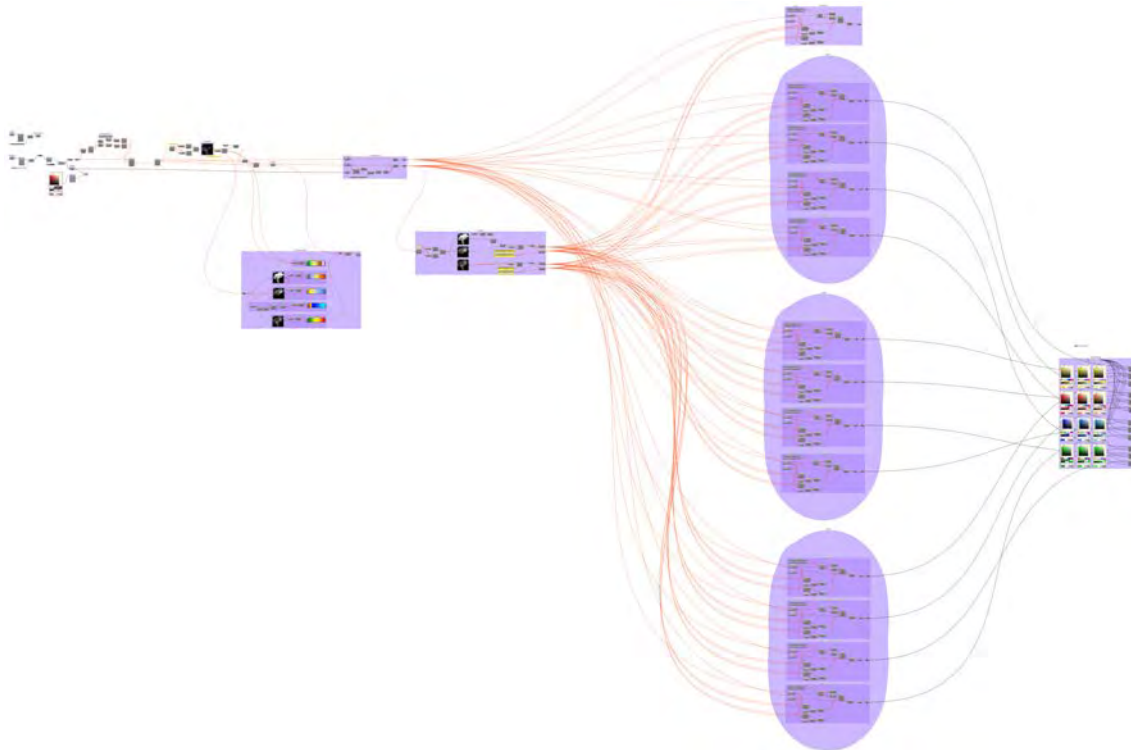


Figura 205. Visión general de la parametrización para la generación del plano de taxones vegetales.



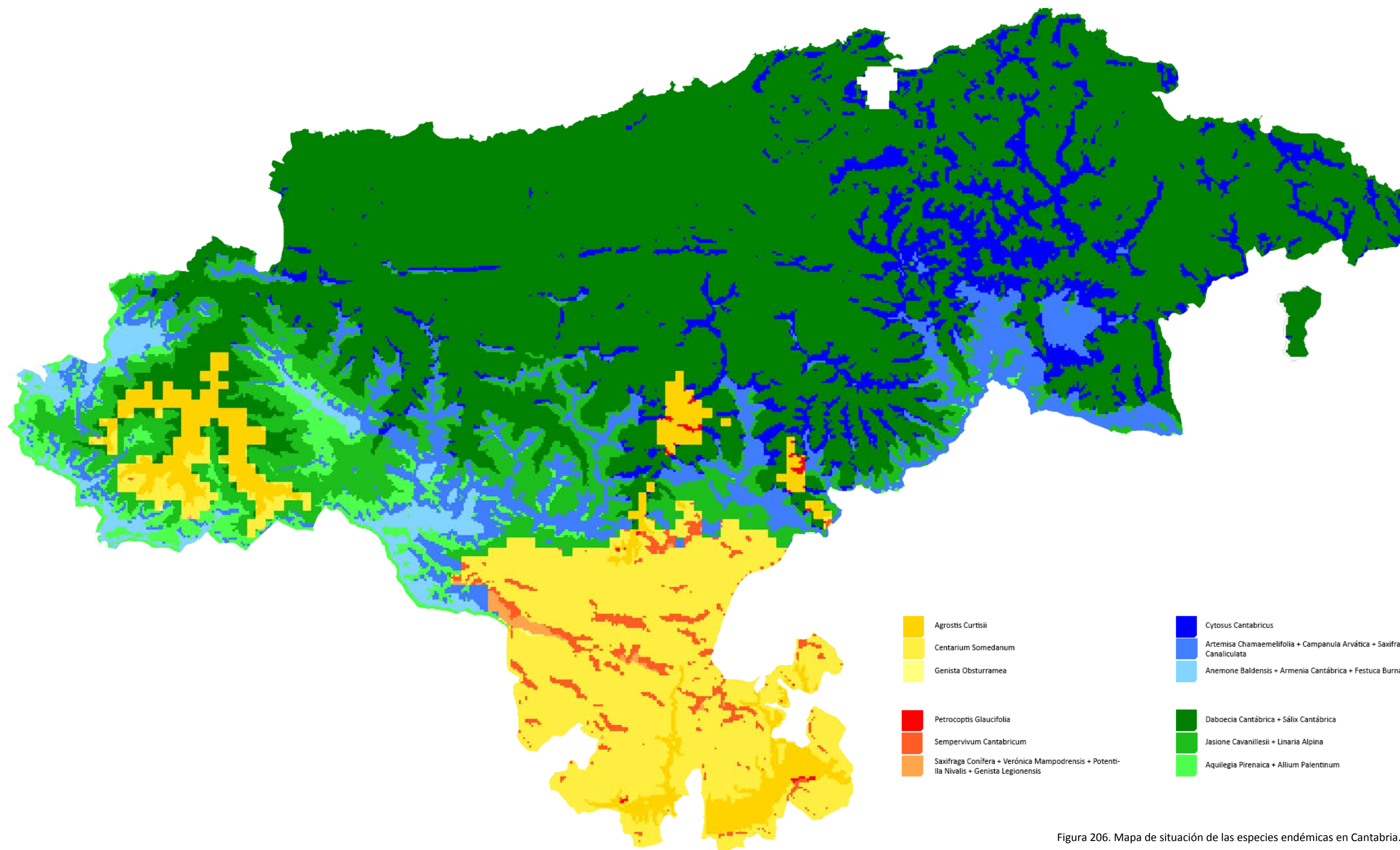


Figura 206. Mapa de situación de las especies endémicas en Cantabria.



#### **14. CONEXIONADO DE LOS ENDEMISMOS ARQUITECTÓNICOS Y TAXONES. PARAMETRIZACIÓN BIOMIMÉTICA .**

A la hora de diseñar contando con el entorno, el arquitecto recopila datos que le informan de éste. A menudo los datos climáticos de las estaciones meteorológicas, están muy alejados de la ubicación del proyecto, sobre todo si el trabajo está previsto en una zona de baja densidad de población.

Realmente, aunque se trabaje con datos climáticos procedentes de la interpolación de las estaciones meteorológicas más cercanas, se está trabajando con bases generales, pero nunca con el microclima del lugar de trabajo.

El objetivo que se busca en esta tesis es conocer las especies endémicas que nos rodean, para poder leer a través de ellas millones de años de supervivencia en ese entorno. Con ello, el proyectista tendrá a su alcance una herramienta para actuar, entendiendo las adaptaciones biológicas de las especies endémicas del entorno, y así tener el mejor modelo posible para el desarrollo del proyecto arquitectónico sostenible medioambientalmente, y poder biomimetizar las soluciones tecnológicas buscando su analogía en la naturaleza, reduciendo el impacto en el entorno al menor posible.

Durante el recorrido de la tesis, se han estudiado las especies endémicas y se han situado en el mapa de Cantabria, con el fin de buscar esas analogías; también se han estudiado las diferentes tipologías de arquitectura vernácula y su simulación energética, con el propósito de evaluar la demanda energética, exigible en climatización.

A continuación se van a analizar los parámetros que influyen directamente sobre la demanda energética anual en una edificación y los primeros que entran en el diseño conceptual, con sus analogías entre las especies y la arquitectura popular, con el fin de ser cuantificados para lograr un diseño sostenible y reducir la demanda energética anual:

1. Orientación.
2. Coeficiente de compacidad.
3. Coeficiente de perforación.
4. Definición de la envolvente térmica del edificio.
5. Demanda energética.
6. Estrategias bioclimáticas en situación de frío.
7. Estrategias bioclimáticas en situación de calor.

## 14.1. Orientación

Uno de los aspectos centrales es la orientación que debe otorgarse a las edificaciones para aprovechar la energía del sol y evitar sus excesos, teniendo en cuenta que ésta es la fuente de energía más importante. El mejor aprovechamiento del sol implica una orientación que optimiza la entrada de radiación solar en invierno, cuando el sol está bajo, y la impide en verano, momento en el cual sobra el aporte energético.

La orientación de un edificio se determinará por la radiación solar. La radiación solar depende de la latitud, altitud y turbiedad del aire o albedo. La intensidad de la radiación solar se encuentra reflejada en tablas y mapas específicos para cada zona. Por tanto es un parámetro que no se cuantificará pero si se especificará la mejor orientación para la zona estudiada.

Al estudiar la arquitectura popular se observa que está orientada al sur preferentemente. Aunque en algunos casos es un sur-suroeste pero sin poder precisar un patrón fijo con los grados. Por esta razón se ha optado orientar el modelo hacia la máxima radiación solar recibida durante los meses más fríos.

Como no siempre se tendrá la libertad completa en la implantación, en la aplicación desarrollada, el usuario tiene la opción de reorientar su volumetría para optimizar las ganancias por radiación solar.

El primer paso para la reorientación es identificar cada una de las fachadas. Una vez conocidas éstas, se simula la radiación total en los supuestos de cada una de ellas orientada al sur. Para permitir orientaciones intermedias, se girará el modelo en intervalos de 15° en ambas direcciones a cada supuesto anterior, llegando hasta los giros de +45° y -45°. Esta simulación se realiza con el plugin DIVA, que integra Energy Plus en Grasshopper.

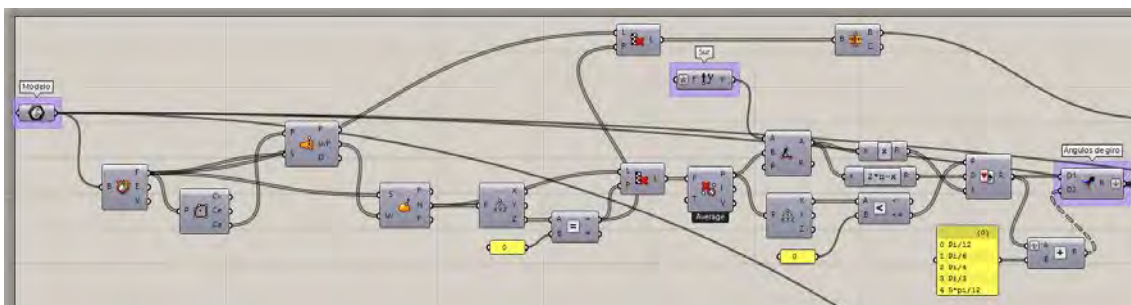


Figura 211. Identificación de las fachadas del modelo.

Una vez tenemos los ángulos de giro a considerar como opciones de cálculo, se analiza la radiación total anual de las fachadas y se suma para tener un valor global de cada uno de los giros considerados. Finalmente se comparan y se determina el giro de la volumetría que más ganancias solares proporciona.

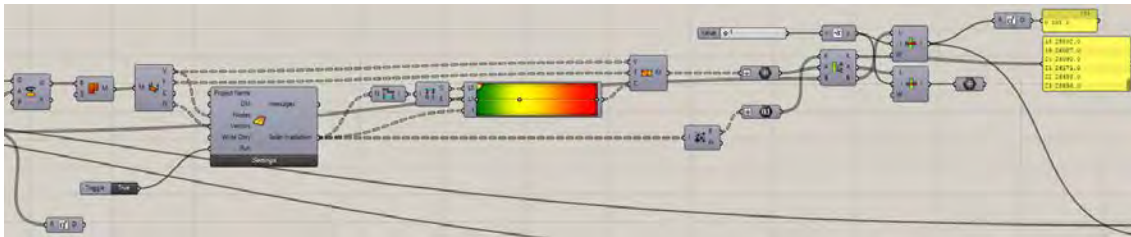


Figura 212. Calculo radiación total anual del modelo según orientaciones.

Para comprobar si tiene sentido considerar orientaciones intermedias frente a solo considerar orientaciones sur para cada fachada, se simularon ambas opciones. Se halló la orientación intermedia óptima y la orientación sur óptima de una volumetría ejemplo girada 20° oeste respecto del sur. Posteriormente se aplicaron los mismos porcentajes de apertura de fachada y se interpolaron en el caso de la orientación intermedia. Finalmente se calcularon las radiaciones totales anuales captadas por dichas aberturas y se compararon.

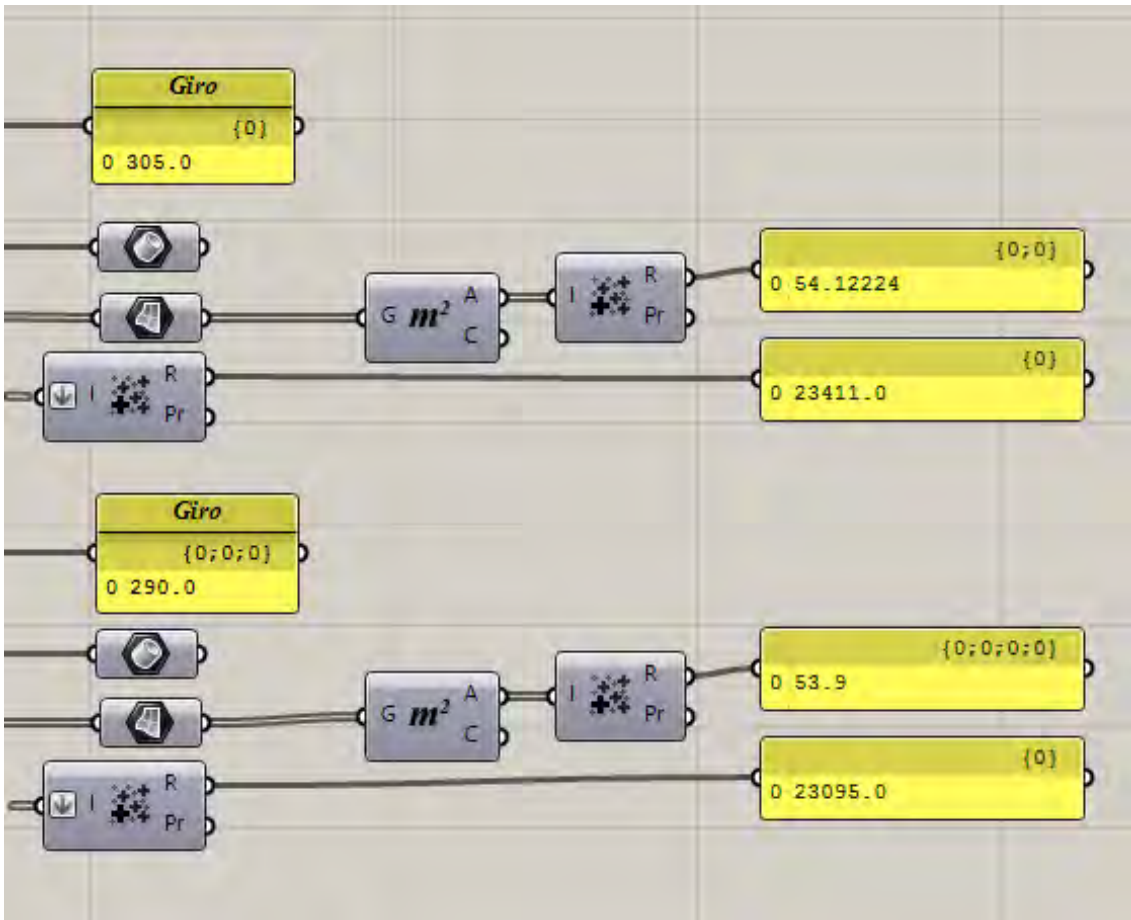


Figura 213. Calculo de la radiación total del modelo con giro de 20° oeste respecto del sur.

El resultado mostró que la orientación intermedia óptima, con una apertura de huecos equivalente lograba captar 316 kWh/año más (un 1,36% más).

Dados estos resultados, merece la pena considerar orientaciones intermedias. Como la búsqueda del ángulo óptimo puede alargar mucho el proceso de simulación, se ha optado por considerar intervalos de orientación de 15°.

## 14.2. Coeficiente de compacidad

Es sabido que la forma de la edificación influye en la demanda energética; que a mayor superficie envolvente, mayor intercambio de calor interior-externo y que hay una relación con el volumen interior que es el que tiene la capacidad de almacenamiento. Si bien esto no se duda, si que se puede encontrar alguna diferencia en la forma de entender esta relación entre volumen y envolvente, desarrollados en los conceptos como factor de forma y coeficiente de compacidad.

En 1963 Victor Olgay define la forma óptima como "aquella que desprende la mínima cantidad de kcal en invierno y que absorbe el mínimo de kcal durante el verano". Sus estudios se basan en el impacto térmico en el interior de un edificio, combinando la temperatura, la radiación solar y la temperatura sol-aire. El impacto térmico en el interior será, por tanto, el efecto combinado entre la temperatura, la radiación y la temperatura sol-aire:

$$\frac{\sum C_1}{\sum C_2} = \frac{y}{x}$$

Siendo: "y" el lado de la vivienda orientado al este-oeste; "x" el lado de la vivienda orientado al sur; y "C" el efecto producido por el calor en el interior de las fuerzas térmicas de lados opuestos.

V. Olgay llega a la conclusión de que los edificios de planta cuadrada no son los óptimos y que la forma óptima, con un cierto margen de flexibilidad, es la siguiente:

Región	Forma óptima	Flexibilidad
Fría	1:1,1	1:1,3
Templada (España)	1:1,6	1:2,4
Cálida y árida	1:1,3	1:1,6
Cálida y húmeda	1:1,7	1:3,0

En 1995 Rafael Serra Florensa define el concepto de compacidad como "la relación entre la superficie que rodea al edificio y su volumen, o sea que se refiere al grado de concentración de la masa que lo componen". El Coeficiente de Compacidad de un edificio (c) lo define como la relación entre la "superficie equivalente ( $S_{EQ}$ ), que es la superficie de la esfera que tiene el mismo volumen que nuestro edificio, con la superficie global del edificio ( $S_G$ ), entendiendo como tal toda piel que le rodea (tanto la superficie libre, como la que está en contacto con los edificios vecinos o con el terreno)".

$$c = \frac{S_{EQ}}{S_G} = \frac{4,836 \cdot V_T^{2/3}}{S_G}$$

Siendo: " $V_T$ " el volumen total de la edificación.

El coeficiente de compacidad (c) estará entre los valores 0 y 1. A mayor compacidad menor será el intercambio con las condiciones exteriores, pero también es menor la

captación y posibilidad de ventilación en puntos centrales. "Compacidades muy altas son muy adecuadas en climas extremos o ventosos", dice R. Serra (1995). En nuestro caso no lo podemos considerar ni clima extremo ni ventoso, por tanto el punto medio 0,5 sería nuestro referente.

El Código Técnico de la Edificación, conjunto de normativas que regulan la construcción de edificios en España desde 2006, en la Memoria de Calculo correspondiente a la Opción Simplificada, hace referencia a la compacidad como la "envuelta". Siendo ésta, el cociente entre el volumen de la edificación y la superficie de la envolvente, excepto las superficies adiabáticas. Toma como referencia, en viviendas unifamiliares, edificaciones de compacidad  $\geq 2$  m y viviendas de compacidad  $< 2$  m, siendo mejor valorada la compacidad  $\geq 2$  m. En bloques el punto de inflexión entre los dos grupos es 2,5 m. Aunque los dos ejemplos de viviendas unifamiliares tomados para el cálculo están en compacidades de 0,9 m y 0,96 m, y para bloques medianeros de 1,47 m, 1,51 m, 1,65 m y 2,65 m.

Observando los tres conceptos se aprecia que el único que es adimensional y la escala del edificio no le afecta es el coeficiente de compacidad (c) de Rafael Serra. En los otros dos la comparación no es directa, por depender de la dimensión de la edificación y, por tanto, los baremos deberán adecuarse a los volúmenes estudiados.

En las especies vegetales el intercambio con el exterior es a través de las hojas, cuya función principal es la de proveer de energía necesaria a la planta para la realización correcta de sus funciones. Esto lo logra, primero absorbiendo luz a diferentes longitudes de onda y segundo, permitiendo la entrada de CO<sub>2</sub> a través de los estomas, que es el componente orgánico primordial que necesita la planta, y es la transpiración de la planta.

Se aplican los dos términos de compacidad y el de factor forma a las hojas de las especies vegetales y a la tipología de viviendas populares, en las tablas 11 y 12 siguientes. Para el cálculo de la compacidad del CTE se ha escalado la hoja con un factor deducido, con la condición de que la sección de la hoja sea de superficie 70 m<sup>2</sup>.

Tabla 11. Compacidad según Serra, Forma óptima según Olgvay y compacidad según CTE, de las hojas de las especies endémicas.

Especie	r (mm)		h	Sg	Vt	Compacidad Serra	Forma óptima Olgvay	Factor escala	R		H	Compacidad CTE
	a (mm)	b (mm)							A	B		
<i>Linaria alpina</i>	20,00	5,00	1,50	275,00	150,00	0,50	3,33	0,84	16,73	4,18	1,25	0,72
<i>Campanula arvensis</i>	12,00	10,00	1,50	306,00	180,00	0,50	6,67	0,76	9,17	7,64	1,15	0,74
<i>Potentilla nivalis</i>	20,00	10,00	2,00	520,00	400,00	0,50	5,00	0,59	11,83	5,92	1,18	0,74
<i>Armeria cantábrica</i>	3,50	0,70	7,00	63,70	17,15	0,50	5,00	5,35	18,71	3,74	37,42	1,50
<i>Centarium somedanum</i>	5,50	1,30	12,00	177,50	85,80	0,53	4,23	3,13	17,21	4,07	37,55	1,58
<i>Saxifraga canalitulata</i>	13,00	6,00	1,50	213,00	117,00	0,54	4,00	0,95	12,32	5,68	1,42	0,82
<i>Daboecia cantábrica</i>	14,00	5,00	1,50	197,00	105,00	0,55	3,33	1,00	14,00	5,00	1,50	0,83
<i>Salix cantábrica</i>	9,00	3,00	1,00	78,00	27,00	0,56	3,00	1,61	14,49	4,83	1,61	0,85
<i>Anemone baldensis</i>	20,00	10,00	3,00	580,00	600,00	0,59	3,33	0,59	11,83	5,92	1,77	0,93
<i>Festuca burnatii</i>	3,00	1,00	7,00	62,00	21,00	0,59	3,00	4,83	14,49	4,83	33,81	1,72
<i>Genista legionensis</i>	9,00	2,00	1,20	62,40	21,60	0,60	1,67	1,97	17,75	3,94	2,37	0,96
<i>Saxifraga confertifera</i>	3,00	0,50	0,50	6,50	0,75	0,61	1,00	6,83	20,49	3,42	3,42	1,02
<i>Petrocoptis glaucifolia</i>	9,00	4,50	1,50	121,50	60,75	0,62	3,00	1,31	11,83	5,92	1,97	0,99
<i>Sempervivum cantabricum</i>	10,00	7,00	2,00	208,00	140,00	0,63	3,50	1,00	10,00	7,00	2,00	1,01
<i>Aquilegia pirenaica</i>	17,00	8,00	3,00	422,00	408,00	0,63	2,67	0,72	12,20	5,74	2,15	1,02
<i>Narcissus asturiensis</i>	6,00	2,00	10,00	184,00	120,00	0,64	3,00	2,42	14,49	4,83	24,15	1,69
<i>Allium palentinum</i>	3,30	3,00	16,00	221,40	158,40	0,64	1,10	2,66	8,77	7,98	42,55	1,99
<i>Verónica mampodrensis</i>	15,00	8,00	3,00	378,00	360,00	0,65	2,67	0,76	11,46	6,11	2,29	1,07
<i>Agrostis curtisii</i>	2,50	1,87	10,00	96,75	46,75	0,65	1,34	3,87	9,67	7,24	38,70	1,96
<i>Genista obtusiramnea</i>	5,00	2,50	1,00	40,00	12,50	0,65	2,50	2,37	11,83	5,92	2,37	1,08
<i>Citissus cantabricus</i>	2,25	2,25	10,00	100,13	50,63	0,66	1,00	3,72	8,37	8,37	37,18	1,98
<i>Jasione cavallinesii</i>	6,50	2,50	1,50	59,50	24,38	0,68	1,67	2,08	13,49	5,19	3,11	1,17
<i>Artemisa chamaemelifolia</i>	3,00	3,00	1,50	36,00	13,50	0,76	2,00	2,79	8,37	8,37	4,18	1,39

Tabla 12. Compacidad según Serra, forma óptima según Olgay y compacidad según CTE, de la tipología de arquitectura popular.

Tipología Arquitectónica Endémica	r (mm)		h	Sg	Vt	Compacidad Serra	Forma óptima Olgay	Factor escala	R		H	Compacidad CTE
	a (mm)	b (mm)							A	B		
Montañesa	10.13	12.54	5.24	491.64	665.64	0.75	2.39	1.03	10.46	12.94	5.41	1.40
Montañesa A	10.13	12.54	6.14	532.45	779.97	0.77	2.04	0.95	9.66	11.96	5.85	1.40
Montañesa B	10.13	15.99	5.24	597.70	848.77	0.73	3.05	0.91	9.26	14.62	4.79	1.30
Montañesa C	10.13	13.54	5.24	522.38	718.72	0.74	2.58	0.99	10.06	13.45	5.20	1.37
Montañesa D	10.13	13.54	6.14	564.99	842.16	0.76	2.21	0.92	9.30	12.42	5.63	1.37
Montañesa E	10.13	14.21	5.24	542.98	754.28	0.74	2.71	0.97	9.82	13.78	5.08	1.35
Litoral	7.00	14.00	9.17	581.14	898.66	0.77	1.53	0.74	5.17	10.34	6.77	2.05
Pasiega	9.40	5.90	6.30	303.70	349.40	0.79	0.94	1.37	12.90	8.10	8.65	1.58

Recordando los grupos de trabajo de las especies endémicas definidos en el capítulo 11:

	CH < 1		CH > 1	
	GRUPO 1		GRUPO 2	
1,6 m/s ≤ v < 3.06 m/s	0 m - 800 m	Agrostis curtisii	0 m - 800 m	Cytisus cantabricus.
	800 m - 1.400 m	Centarium somedanum	800 m - 1.200 m	Artemisa chamaenifolia, Campanula arvativa, Saxifraga canaliculata.
	1.400 m - 2.200 m	Genista obtusiramea	1.200 m - 2.400 m	Anemone baldensis, Armenia cantábrica, Festuca burnatii.
3.06 m/s ≤ v ≤ 3,78 m/s	0 m - 800 m	Petrocoptis glaucifolia	0 m - 800 m	Daboecia cantábrica, Salix cantábrica
	800 m - 1.200 m	Sempervivum cantabricum	800 m - 1.600 m	Jasione cavanillesii, Linaria alpina.
	1.200 m - 2.300 m	Saxifraga conifera, Verónica mampodrensis, Potentilla nivalis, Genista legionensis.	1.600 m - 2.230 m	Aquilegia pirenaica, Allium palentinum.
	GRUPO 3		GRUPO 4	

Al analizar los datos de compacidad, según R. Serra, obtenidos para las especies (tabla 11), se observa que los índices se encuentran entre 0,5 y 0,76. Se toman para cada uno de los 12 grupos el clima considerado en el estudio de las tipologías de vivienda del capítulo 10:

Grupo	Altitud	Clima considerado	Compacidad Serra
Grupo 2	800 m-1.400 m	Vega de Liebana	0.76
Grupo 3	800 m-1.400 m	Vega de Liebana	0.68
Grupo 2	0m-800m	Santander	0.66
Grupo 1	0 m-800 m 1.400 m-2.200 m	Vega de Liebana	0.65
Grupo 3	1.400 m-2.200 m	Reinosa	0.64
Grupo 4	800 m-1.400 m	Veguilla	0.63
Grupo 4	0 m-800 m	Penagos	0.62
Grupo 4	1.400 m-2.200 m	Cabuerniga	0.61
Grupo 2	1.400 m-2.200 m	Vega del Pas	0.59
Grupo 3	0 m-800 m	Las Rozas de Valdearroyo	0.56
Grupo 1	800 m-1.400 m	Reinosa	0.53

Con esto se pretende ver si la compacidad de la planta es la más adecuada para su ubicación o se debería adoptar la de la tipología de vivienda popular u otra alternativa. Para ello se van a simular diferentes opciones de índices de compacidad posibles.

Se toma como ejemplo a explicar el grupo 2 a la altitud 0 m-800 m, con clima referencial el de Santander, tipología de vivienda Litoral y la especie *Cytosus cantabricus* ( $c = 0,66$ ).

Se parte de la proporción 1:1:1 de superficie en planta  $70 \text{ m}^2$  y volumen  $584,22 \text{ m}^3$ . Se desarrolla sobre el eje de fachada norte-sur, este-oeste y z, manteniendo siempre el mismo volumen encerrado.

Para ello se ha buscado la superficie resultante de los vértices ( $x, y, z$ ) de las geometrías o formas posibles con las condiciones de: volumen  $584,22 \text{ m}^3$ , superficie en planta mayor o igual a  $70 \text{ m}^2$ , altura máxima 8,36 m, altura mínima 2,5 m y límite de proporción ( $x, y$ ) hasta 1:5.

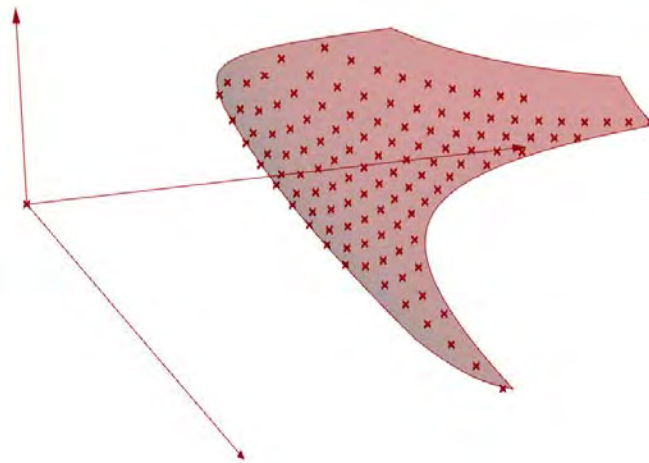


Figura 214. Superficie resultante volumen  $584,22 \text{ m}^3$ .

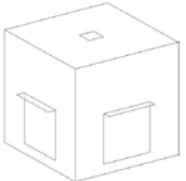
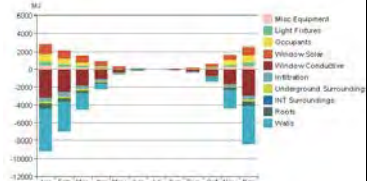
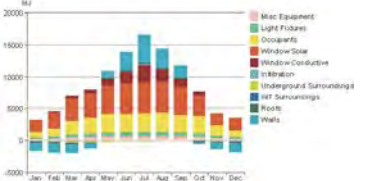
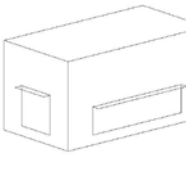
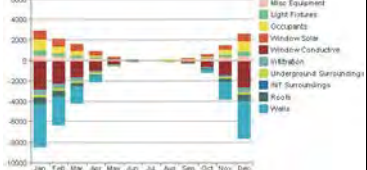
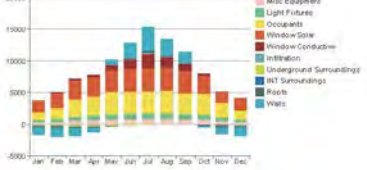
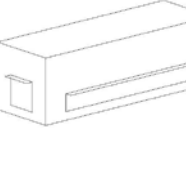

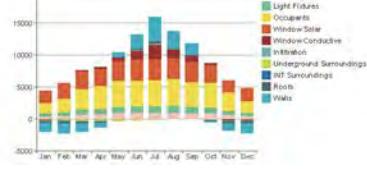
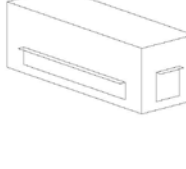
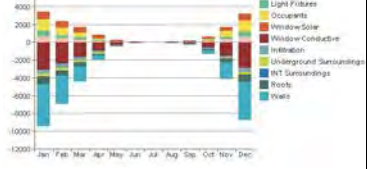

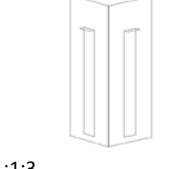
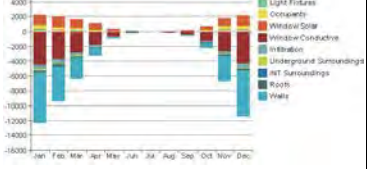
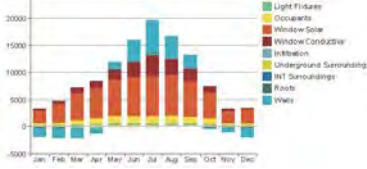
Se escogen 8 posibles formas, más significativas: las límites según Olgay, el índice de la especie *Cytosus cantabricus* ( $c = 0,66$ ) y el de la tipología de vivienda Litoral ( $c = 0,77$ ), para su comparación y su simulación, con el fin de conocer las pérdidas y ganancias energéticas de cada una.

Grupo 2	Proporción	r (mm)		h	Sg	Vt	C. Serra	F. Optima Olgay	c CTE
		a	b						
	1:1:1	8,36	8,36	8,36	419,34	584,28	0,81	1,00	1,67
	1:3:1	17,39	5,797	5,7968	470,44	584,37	0,72	3,00	1,58
	1:5:1	24,445	4,889	4,8889	525,84	584,27	0,64	5,00	1,44
	3:1:1	5,797	17,39	5,8	470,59	584,70	0,72	0,33	1,58
	5:1:1	33,6	6,726	2,585	660,47	584,19	0,51	5,00	1,34
	1:1,67:1	18,7	11,22	2,785	586,28	584,33	0,58	1,67	1,55
	1:2,27:1	18,7	8,228	3,797	512,22	584,22	0,66	2,27	1,63
	1:1,89:1	12,698	6,726	6,841	436,57	584,27	0,77	1,89	1,66

La simulación se hizo con el programa Vasari, por estar buscando números globales con los que realizar la comparación entre ellos y no el valor numérico en sí. Las condiciones de partida son:

-Uso		residencial
-Construcción	muro exterior	masa alta, aislamiento típico clima medio
	muro interno	peso medio
	cubierta	típico aislamiento cubierta fría
	solera	típico aislamiento peso medio
	vidrio	doble vidrio, bajo emisivo
	sombras	básica sombreadamiento, 60 cm vuelo
	% de huecos	20 % en todas las fachadas, incluida 5º
-Aire ventilación		8 l/s por persona
-Calendario uso		24/7

Tabla 14, gráficas de simulación energética, con el programa Vasari, de los diferentes índices de compacidad.

Tipología/proporcion	C	Ganancias/perdidas calefacción	Ganancias/perdidas refrigeración
 1:1:1	0,81		
 1:1,89:1	0,77		
 1:3:1	0,72		
 3:1:1	0,72		
 1:1:3	0,72		

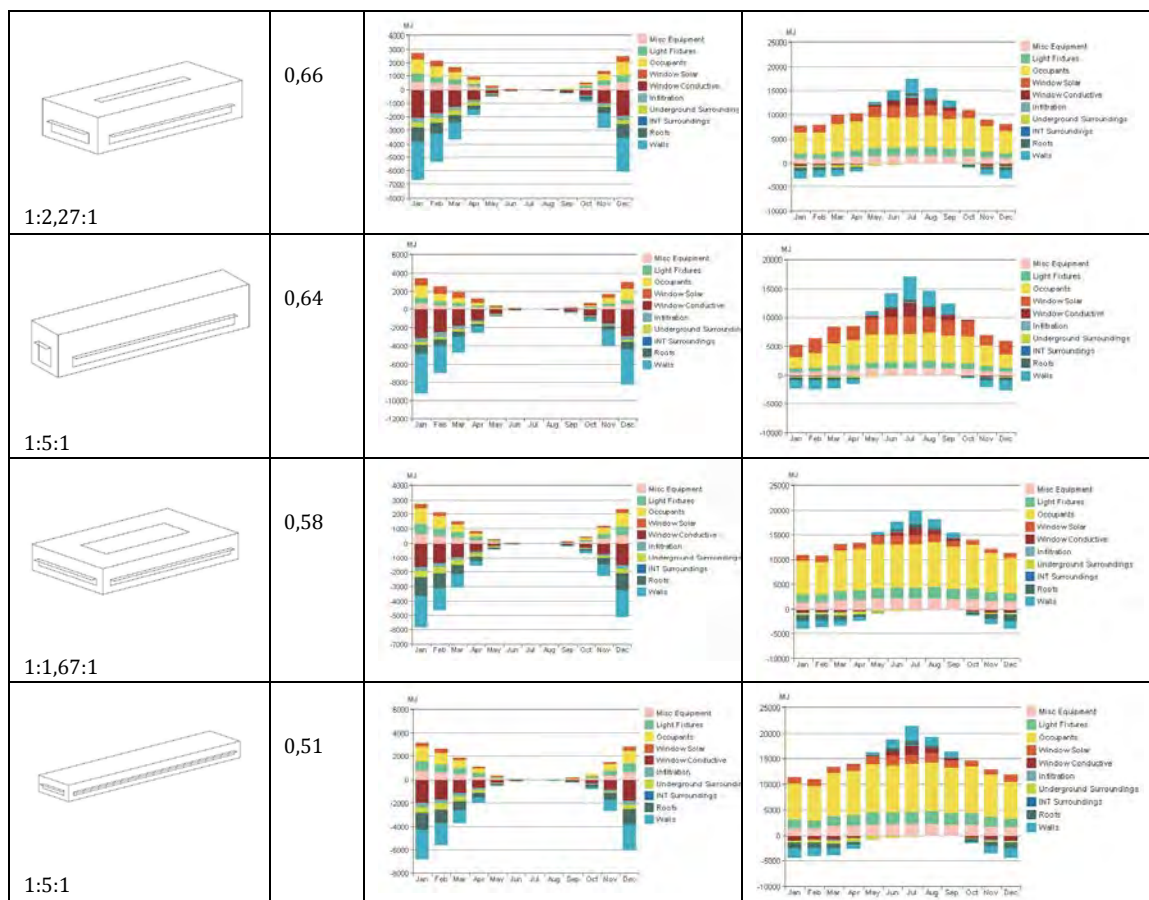


Tabla 15. Cuadro resumen de las necesidades energéticas con diferentes índices de compacidad.

Proporción	Índice de compacidad	Necesidades energía calefacción (kWh)	Necesidades energía refrigeración (kWh)	Necesidades globales energía (kWh)
1:1:1	0,81	18.897	8.727	27.624
1:1,89:1	0,77	17.297	8.038	25.335
1:3:1	0,72	17.521	8.209	25.730
3:1:1	0,72	20.501	9.246	29.747
1:1:3	0,72	17.733	9.506	27.239
1:2,27:1	0,66	16.340	8.846	25.186
1:5:1	0,64	18.396	8.528	26.924
1:1,67:1	0,58	17.901	10.439	28.340
5:1:1	0,51	20.574	10.836	31.410

Se observa que la proporción óptima tiene un índice de compacidad de 0,66, con unas necesidades energéticas en épocas de frío de 16.340 kWh y unas necesidades en épocas de calor de 8.846 kWh.

La proporción de la vivienda popular de la zona, compacidad 0,77, estaría en segundo lugar con unas necesidades energéticas en épocas de frío de 17.297 kWh y unas necesidades en épocas de calor de 8.038 kWh, e iría aumentando hasta la proporción 1:5 y 3:1

Se concluye que:

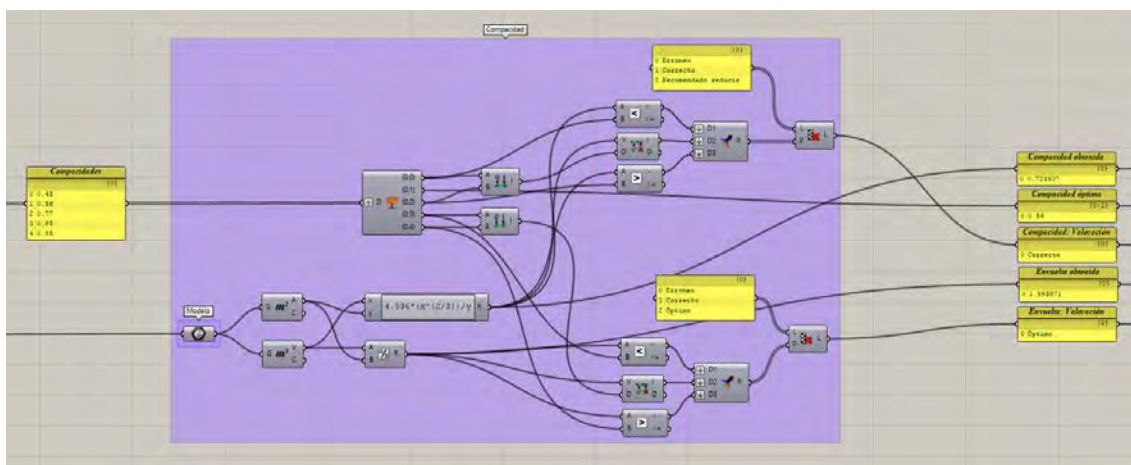
1. El índice de compacidad óptimo es el correspondiente a la compacidad de las hojas de la especie endémica de la zona.
2. El índice de compacidad máximo adecuado es el correspondiente a la tipología de vivienda popular. Las zonas de altitud elevada heredan los valores de las altitudes medias, al no tener construcciones tipológicas.
3. El índice de compacidad límite mínimo será un margen del 20% para zonas secas en altitudes bajas y medias y un 15% en altitudes elevadas; para zonas húmedas un 20% para todas las altitudes.

En la tabla 13 se han cuantificado todos los valores según los grupos y altitudes. Valores que serán incluidos como condicionantes en el programa de diseño paramétrico.

Tabla 13. Valores del índice de compacidad para cada una de las zonas de Cantabria, según la ubicación de las especies vegetales endémicas.

		Índice de compacidad límite mínimo.	Índice de compacidad óptimo.	Índice de compacidad máximo alcanzable
Grupo 1	0 m - 800 m	0,52	0,65	0,76
	800 m - 1.400 m	0,52	0,53	0,74
	1.400 m - 2.200 m	0,55	0,65	0,74
Grupo 2	0 m - 800 m	0,53	0,66	0,77
	800 m - 1.200 m	0,57	0,76	0,79
	1.200 m - 2.400 m	0,57	0,59	0,79
Grupo 3	0 m - 800 m	0,49	0,62	0,75
	800 m - 1.200 m	0,50	0,63	0,74
	1.400 m - 2.300 m	0,52	0,61	0,74
Grupo 4	0 m - 800 m	0,45	0,56	0,77
	800 m - 1.600 m	0,51	0,68	0,76
	1.600 m - 2.230 m	0,51	0,64	0,76

En la aplicación se calcula, con el modelo introducido, la compacidad según R. Serra y según el CTE. Posteriormente se comparará con los datos de la tabla 13 para su valoración.



### 14.3. Coeficiente de perforación

La perforación es un término que permite conocer el paso de la radiación directa, la indirecta, posible acumulación de calor, pérdidas o ganancias con el exterior, ventilación de aire e iluminación natural. Este dato permite conocer cómo puede afectar la fachada en la conservación de la energía.

El coeficiente de perforación corresponde al porcentaje de la superficie perforada ( $S_H$ ), huecos, y la superficie total de la envolvente ( $S_E$ ):

$$\% \text{ Perforación} = \frac{S_H}{S_E} 100$$

Las hojas alteran su perforación a través de los estomas. Ante un exceso de insolación y luz, las hojas reducen el número de estomas. Si por el contrario, hay escasez de insolación y luz, las hojas aumentan el número de estomas. La apertura o cierre de los estomas variará según la temperatura; a mayor temperatura las hojas cierran sus estomas y cuando las temperaturas bajan, las hojas abren sus estomas para transpirar. Por tanto se podría saber el porcentaje de huecos adecuado si relacionamos el número de estomas y su tamaño con la superficie de la hoja. Desafortunadamente no se han localizado datos fehacientes del número de estomas de las especies endémicas seleccionadas, por lo que este camino de investigación aún queda abierto para comprobar si es trasladable a un objeto arquitectónico.

Para la valoración de este parámetro se ha optado por otro camino, la realización de unas curvas que representen la demanda energética anual (kWh/m<sup>2</sup>) en calefacción y refrigeración, según el % de perforación para cada una de las orientaciones (norte, sur, este y oeste) y huecos horizontales. Estas curvas se han realizado simulando un modelo, con las condiciones siguientes:

1. Situación	Cantabria ( $T^a_{\text{media enero}}=4-9\text{ °C}$ , $T^a_{\text{media julio}}=16-20\text{ °C}$ )	
2. Altura modelo	3 m	
3. Orientación	Norte - Sur	
4. Valores transmitancia	Muros exteriores	0,20 W/m <sup>2</sup> K
	Cubierta	0,15 W/m <sup>2</sup> K
	Ventanas	1,50 W/m <sup>2</sup> K
	Solera	0,35 W/m <sup>2</sup> K
	(puentes térmicos de 0,027 W/m K)	
5. Ventilación	8 l/persona, apertura de huecos 5 %	
6. Calendario, ocupación	Residencial 24/7	
7. Iluminación	100 lux	
8. Sombreamiento	Exterior, lamas, control solar 120 W/m <sup>2</sup>	
9. Temperatura calefacción	19 °C	
10. Rendimiento calefacción	0,9	
11. Temperatura refrigeración	25 °C	
12. Refrigeración COP	2,00	

Manteniendo las 12 condiciones, se ha ido aplicando a cada orientación y a la horizontal, un % de perforación, obteniendo las diferentes demandas de energéticas.

Grafico de demanda energética (kWh/m<sup>2</sup>) para calefacción según % perforación y orientaciones.

Gráfico de demanda energética (kWh/m<sup>2</sup>) para refrigeración según % perforación y orientaciones.

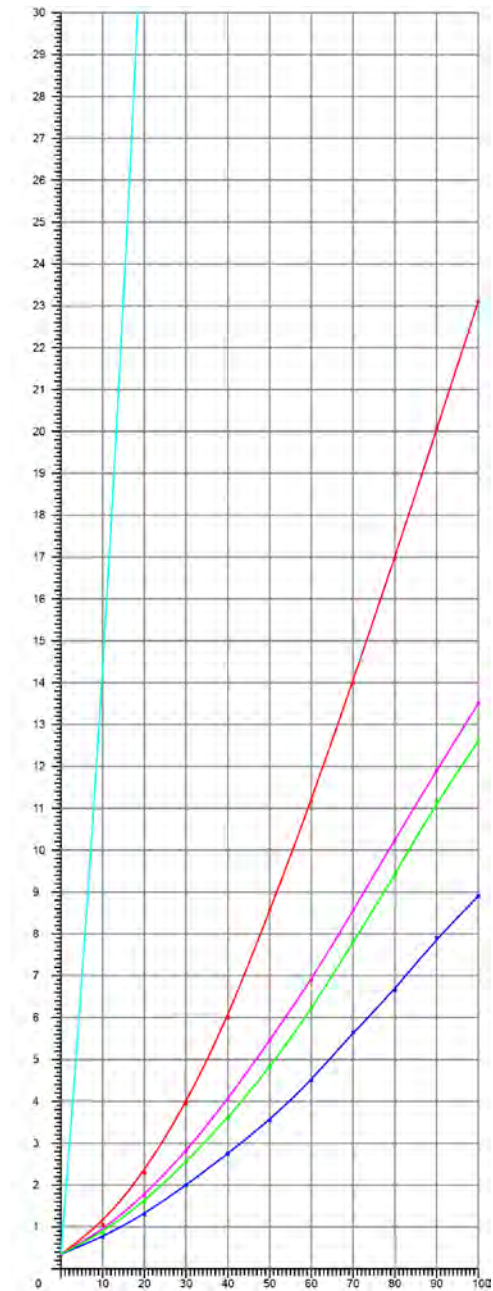
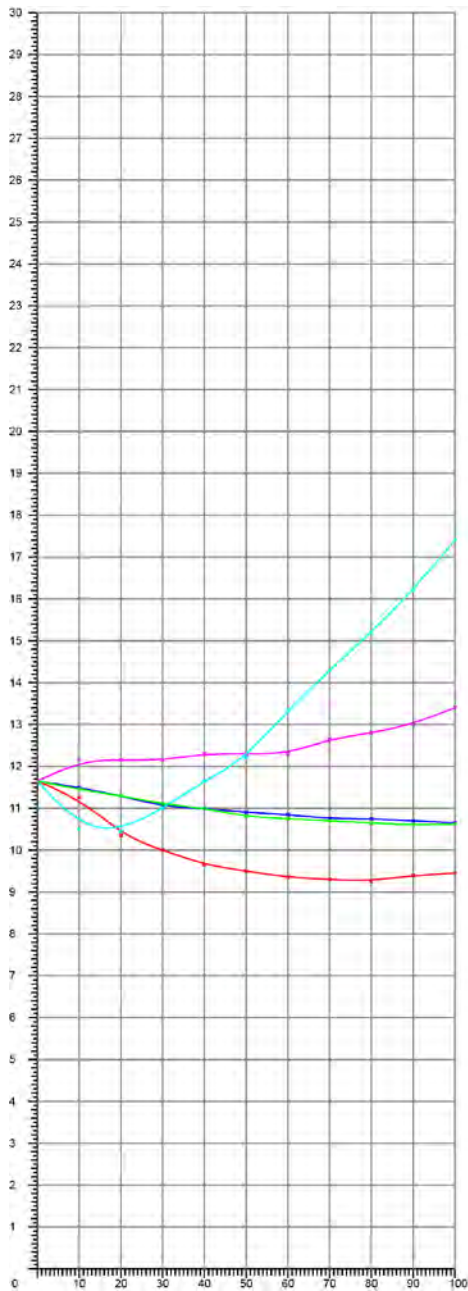


Figura 210. Gráficos que relacionan el consumo de energía primaria con el % de perforación.

El código de colores utilizado es: la curva color violeta para la fachada norte, la curva color rojo para la fachada sur, la curva color azul para la fachada este, la curva color verde para la fachada oeste y la curva color ciano para la horizontal.

Entrando en la gráfica de calefacción o refrigeración con la perforación deseada en cada una de las fachadas, se puede conocer directamente la demanda energética en la

zona afectada por esa orientación. El mayor porcentaje de perforación posible en cada una de las fachadas será aquel que la demanda energética debida a la calefacción y refrigeración no supere un umbral adecuado. En el punto 12.5 se explica la limitación de la demanda energética del edificio en cuanto a calefacción y refrigeración en 15 kWh/m<sup>2</sup>año.

Por tanto, si se suman las demandas de calefacción y refrigeración de las gráficas anteriores, se obtiene el siguiente cuadro:

Perforación	Norte	Sur	Este	Oeste	Horizontal
0%	11,98	11,98	11,98	11,98	11,98
10%	13,03	12,13	12,20	12,28	23,08
20%	13,91	12,65	12,58	12,87	
30%	14,97	13,84	13,11	13,64	
40%	16,38	15,66	13,79	14,52	
50%	17,75	17,91	14,41	15,62	
60%	19,22	20,51	15,36	16,96	

El máximo de perforación recomendado en cada fachada para no superar los 15 kWh/m<sup>2</sup>año de demanda, es:

Norte	30 %
Sur	36 %
Este	55 %
Oeste	44 %
Horizontal	2,7 %

En la aplicación, el usuario introduce unos porcentajes de perforación deseados y puede ir compensando unas orientaciones con otras, siendo infinitas las combinaciones, por esta razón únicamente se aconseja unos máximos por orientación. Si al finalizar el cálculo de demanda energética, ésta es superior a la fijada, el usuario puede ir modificando cada porcentaje hasta ajustar la demanda.

La perforación dada pertenece a la orientación cardinal u inicial, por lo que se debe ajustar a la reorientación seleccionada, después del cálculo óptimo de orientación; para ello se debe interpolar

Para la interpolación se toma como punto de partida el modelo esquemático introducido por el autor y los porcentajes de perforación recomendados para las fachadas orientadas a los puntos cardinales. Primero se identifica qué superficies del modelo son cubiertas, suelo apoyado sobre el terreno y fachadas.

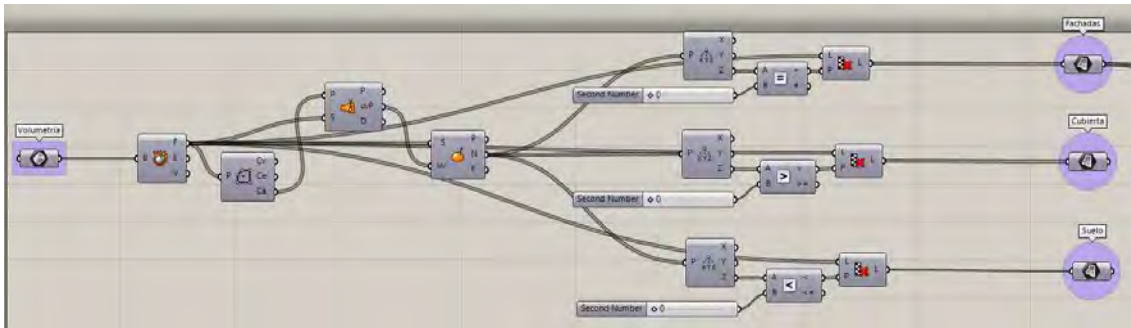


Figura 215. Identificación de superficies del modelo.

Una vez identificadas las superficies de fachada, se calcula el azimut de cada una de ellas.

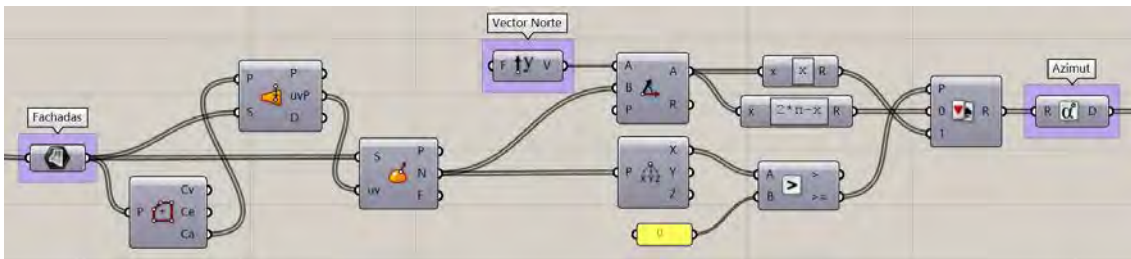


Figura 216. Cálculo del azimut de cada fachada

Si las orientaciones fueran norte, sur, este y oeste puros, aplicaríamos directamente los porcentajes recomendados. En el caso contrario interpoláramos del siguiente modo:

1-En una orientación entre 2 puntos cardinales se tomará el dato de perforación mayor, mientras su proyección en el plano de valor de perforación menor no supere esa cuantía.

2-En el caso de superarlo, la perforación será tal que su proyección en el plano de valor de perforación menor, sea igual a dicho cuantía.

Matemáticamente, si se toma como ejemplo una fachada orientada entre el norte y el este, se tendrá como valor de perforación norte  $N$ , valor de perforación este  $E$ , un azimut  $a$ , y el valor de perforación interpolado será:

$$\begin{aligned}
 &N > E \\
 &A = S \quad \text{si} \quad S * \text{sen}(a) < E \\
 &A = E / \text{sen}(a) \quad \text{si} \quad S * \text{sen}(a) > E
 \end{aligned}$$

siendo:  $A$  Abertura interpolada para orientación de azimut  $a$   
 $a$  Azimut de la fachada estudiada

La función resultante es una compuesta continua, con unos puntos críticos en los cambios de una función a otra. Estos puntos críticos dependen únicamente de los valores recomendados para las orientaciones cardinales, tal que:

$$b = \arcsen(X/Y)$$

siendo:

- X = perforación de la orientación cardinal con menor porcentaje de perforación.
- Y = perforación de la orientación cardinal con mayor porcentaje de perforación.
- b = ángulo respecto a la orientación cardinal con mayor perforación en el que se haya el punto crítico.

De este modo se definen unos dominios que cubren todas las orientaciones posibles.

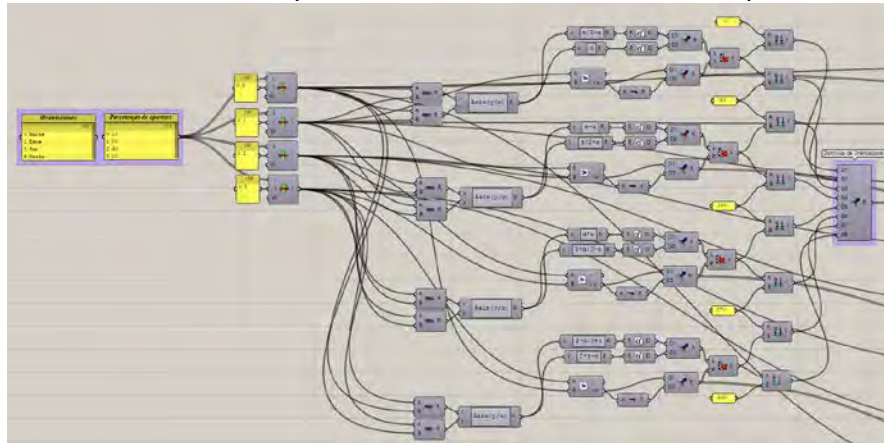


Figura 217. Cálculo de los dominios de cada uno de los tramos de la función de interpolación.

En cada uno de los dominios se ajusta la función antes descrita, para poder introducir directamente el azimut de las fachadas estudiadas, y así obtener el valor de perforación para dichas fachadas.

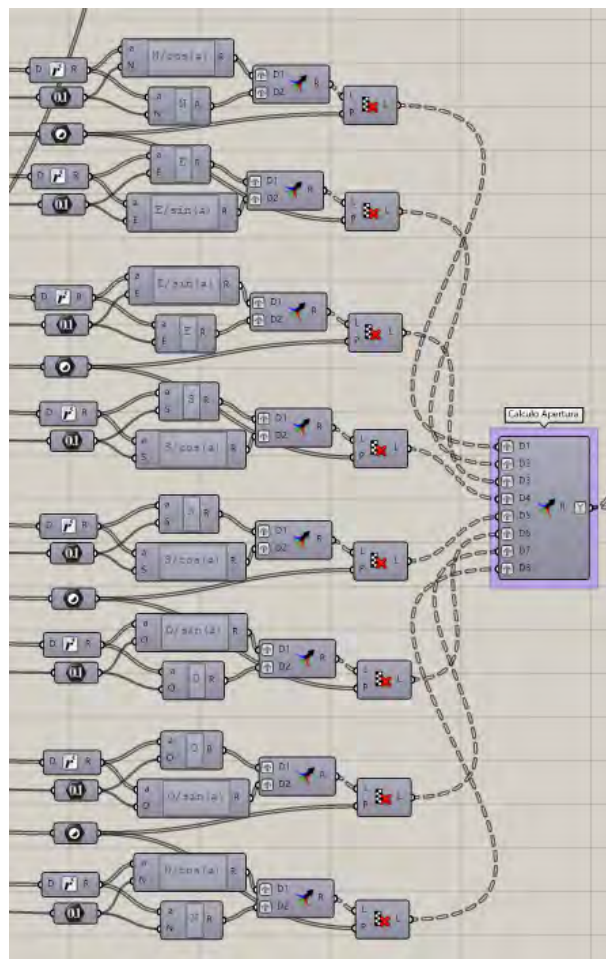


Figura 218. Cálculo Perforación interpolada.

Finalmente, conociendo la superficie de cada fachada y el porcentaje de perforación, se esboza esquemáticamente la perforación resultante, que se sitúa en el centro geométrico de la fachada, con la superficie correspondiente.

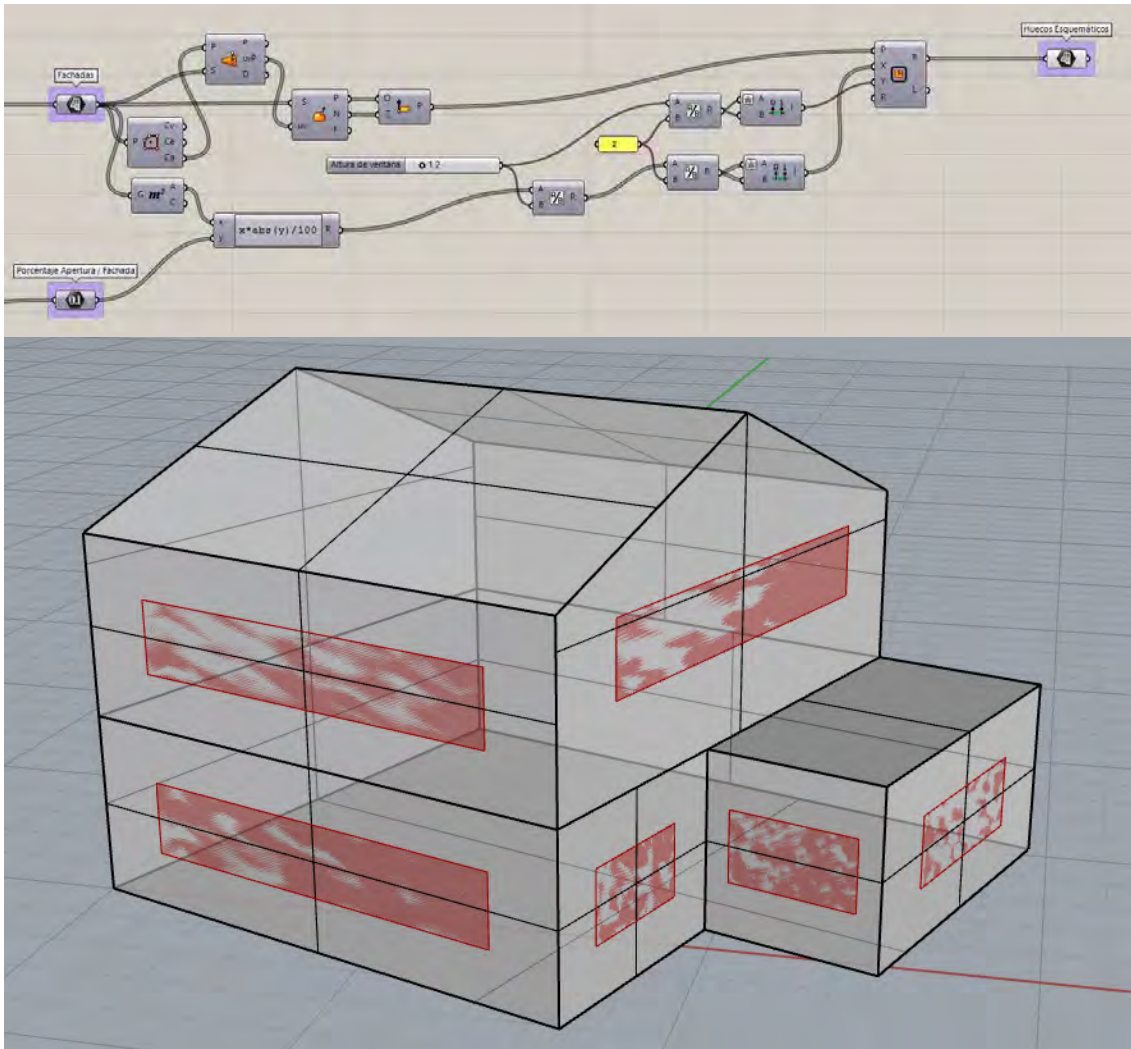


Figura 219. Imagen resultante de las perforaciones.

La forma final no tiene porque ser prismática, dependerá de la creatividad del usuario, ya que el programa parte de una idea inicial. Por simplicidad en la demostración aparecerán figuras geométricas simples, pero pueden llegar a ser tan complejas como se desee.

#### 14.4 Definición de la envolvente térmica del edificio.

La envolvente térmica la conforman todos los elementos que separan el espacio arquitectónico interior del exterior, bien sea del aire exterior, terreno o de otras edificaciones. En el procedimiento de cálculo de la demanda energética de un edificio se debe tener en cuenta las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio.

Se comprueban los valores límite de transmitancia térmica según el Código Técnico de la Edificación 2013 para las diferentes zonas climáticas en Cantabria (C, D y E)

Elemento de edificación	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)		
	CTE		
	C	D	E
Muro exterior	0,75	0,60	0,55
Cubierta	0,50	0,40	0,35
Huecos	3,10	2,70	2,50
Solera	0,75	0,60	0,55

A continuación se describen unos posibles elementos constructivos, asequibles en la construcción actual media, que cumplen los requisitos del CTE 2013:

Muro exterior		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Revestimiento de placa cerámica	1 cm	0,51
Cámara de aire ventilada	5 cm	
Lana mineral	5 cm	
Fabrica de ladrillo cerámico perforado	11,5 cm	

Cubierta		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Impermeabilización asfáltica bicapa adherida	0,9 cm	0,35 (calefacción) 0,34 (refrigeración)
Cámara de aire ventilada	10 cm	
Lana mineral	8 cm	
Forjado unidireccional, semivigueta pretensada, bovedilla cerámica	26 + 4 cm	

Huecos		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Vidrio: bajo emisivo LOW S, cámara gas argón.	4 + 10 + 6	2,25
Marco: ventana abisagrada, practicable, 2 hojas. Aluminio rotura puente térmico	150 x 120 cm	

Solera		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Forjado sanitario: forjado unidireccional con bovedilla poliestireno expandido.	25 + 5 cm	0,26
Cámara sanitaria	60 cm	

Se comprueba cómo afectan dichos elementos al consumo energético. Para ello se calcula la demanda total de calefacción en una vivienda tipo. Se trabajará en la zona climática E por ser en este caso la más restrictiva. En dicha zona climática y siendo una vivienda de 70 m<sup>2</sup> el límite de la demanda es de 82,8 kWh/m<sup>2</sup> año en calefacción y 15 kWh/m<sup>2</sup> año en refrigeración.

1. Situación	Reinosa, zona E	
2. dimensiones	7 m x 10 m x 3 m	
3. Orientación	Norte - Sur	
4. Valores transmitancia	Muros exteriores	0,51 W/m <sup>2</sup> K
	Cubierta	0,35 W/m <sup>2</sup> K
	Ventanas	2,25 W/m <sup>2</sup> K
	Solera	0,26 W/m <sup>2</sup> K
	(puentes térmicos de 0,027 W/m K)	
5. Ventilación	8 l/persona, apertura de huecos 5 %	
6. Calendario, ocupación	Residencial 24/7	
7. Iluminación	100 lux	
8. Sombreamiento	Exterior, lamas	
9. Temperatura calefacción	19 °C	
10. Rendimiento calefacción	0,9	
11. Temperatura refrigeración	25 °C	
12. Refrigeración COP	2,00	

**La demanda de calefacción es 107,20 kWh/m<sup>2</sup>año > 82,8 kWh/m<sup>2</sup>año No cumple**

Modificamos los siguientes elementos:

Muro exterior		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Revestimiento de placa cerámica	1 cm	0,34
Cámara de aire ventilada	5 cm	
Poliestireno expandido 0,033 W/m K	8 cm	
Fabrica de ladrillo cerámico perforado	11,5 cm	

Cubierta		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Impermeabilización asfáltica bicapa adherida	0,9 cm	0,29 (calefacción) 0,28 (refrigeración)
Cámara de aire ventilada	10 cm	
Poliestireno expandido 0,033 W/m K	8 cm	
Forjado unidireccional, semivigueta pretensada, bovedilla cerámica	26 + 4 cm	

Huecos		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Vidrio: bajo emisivo LOW S, cámara gas argón.	4 + 10 + 6	1,78
Marco: ventana abisagrada, practicable, 2 hojas. PVC rotura puente térmico	150 x 120 cm	

**La demanda de calefacción es 95,6 kWh/m<sup>2</sup>año > 82,8 kWh/m<sup>2</sup>año No cumple**

Se comprueban los valores de transmitancia de la envolvente de acuerdo con Passive House Planning Package (PHPP) en climas cálidos:

Elemento de edificación	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)			
	CTE			Passive House
	C	D	E	Límite superior
Muro exterior	0,75	0,60	0,55	0,45
Cubierta	0,50	0,40	0,35	0,25
Huecos	3,10	2,70	2,50	1,50 factor solar 0,6
Solera	0,75	0,60	0,55	1,00

Adaptamos los elementos de la edificación a dichos valores:

Muro exterior		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Revestimiento de placa cerámica	1 cm	0,34
Cámara de aire ventilada	5 cm	
Poliestireno expandido 0,033 W/m K	8 cm	
Fabrica de ladrillo cerámico perforado	11,5 cm	

Cubierta		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Impermeabilización asfáltica bicapa adherida	0,9 cm	0,25
Cámara de aire ventilada	10 cm	
Lana mineral	14 cm	
Forjado unidireccional, semivigueta pretensada, bovedilla cerámica	26 + 4 cm	

Huecos		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Vidrio: bajo emisivo LOW S, cámara gas argón.	4 + 10 + 6	1,40
Marco: ventana abisagrada, practicable, 2 hojas. PVC	150 x 120 cm	

Solera		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Forjado sanitario: forjado unidireccional con bovedilla poliestireno expandido.	25 + 5 cm	0,26
Cámara sanitaria	60 cm	

**La demanda de calefacción es 78,97 kWh/m<sup>2</sup>año < 82,8 kWh/m<sup>2</sup>año Cumple**  
**La demanda de refrigeración es 1,03 kWh/m<sup>2</sup>año < 15 kWh/m<sup>2</sup>año Cumple**

Se comprueba que, adoptando en la envolvente los valores de transmitancia del instituto Passive House, se cumple la limitación de demanda de calefacción y refrigeración límite del CTE 2013. Pero si se quisiera certificar como una "vivienda pasiva", se debería reducir la demanda de calefacción calculada.

Los criterios de evaluación para obtener el certificado del Instituto Passive House, en cuanto a la demanda de calefacción y refrigeración es de menor o igual a 15 kWh/m<sup>2</sup>año.

Modificamos de nuevo los elementos constructivos de la envolvente, con los valores siguientes:

Muro exterior		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Revestimiento de placa cerámica	1 cm	0,20
Cámara de aire ventilada	5 cm	
Poliestireno expandido 0,033 W/m K	8 cm	
Placa de cartón yeso	1 cm	
Panel de lana de roca	8 cm	
Placa de cartón yeso	1 cm	

Cubierta		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Impermeabilización asfáltica bicapa adherida	0,9 cm	0,18
Cámara de aire ventilada	10 cm	
Lana mineral	14 cm	
Forjado unidireccional, semivigueta pretensada, bovedilla cerámica	26 + 4 cm	
Cámara de aire, falso techo	20cm	
Lana mineral	4 cm	
Placa de escayola	1,6 cm	

Huecos		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Vidrio: bajo emisivo LOW S, cámara gas argón..	4 + 14 + 6	1,18
Marco: ventana abisagrada, practicable, 2 hojas. PVC	150 x 120 cm	

Solera		
Material	Espesor	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)
Losa de cimentación de hormigón armado con banda perimetral aislamiento.	60 cm	0,20
Lamina Polietileno	0,02 cm	
Poliestireno extruido	5 cm	
Hormigón de limpieza	10 cm	

Se calcula con estos últimos datos la demanda de calefacción y refrigeración:

**La demanda de calefacción es 50,31 kWh/m<sup>2</sup>año > 15 kWh/m<sup>2</sup>año**

**La demanda de refrigeración es 5,77 kWh/m<sup>2</sup>año < 15 kWh/m<sup>2</sup>año**

Aun se está por encima de las exigencias de la "casa pasiva". La reducción de la demanda de calefacción se logrará con la aplicación de estrategias pasivas, que se mimetizarán de las respuestas de las especies vegetales. Se calcula para cada tipología de vivienda la demanda energética:

Tipología de vivienda Endemismo arquitectónico	Clima	Demanda de calefacción kWh/m <sup>2</sup> año	Demanda de refrigeración kWh/m <sup>2</sup> año
Montañesa	Cabuérniga	34,69	5,92
Montañesa, variante A	Penagos	20,29	5,97
Montañesa, variante B	Veguilla	34,68	5,92
Montañesa, variante C	Reinosa	50,31	5,77
Montañesa, variante D	Vega de Liébana	34,76	5,90
Montañesa, variante E	Rozas de Valdearroyo	50,33	5,77
Pasiega	Vega de Pas	34,73	5,91
Litoral	Santander	20,24	5,99

Más adelante se aplicarán las estrategias pasivas a cada una de las tipologías edificatorias y recalcularemos la demanda de calefacción y refrigeración final, teniendo en cuenta el endemismo vegetal correspondiente y grupo al que pertenece:

Endemismo arquitectónico	Endemismo vegetal	Grupo
Montañesa	Cytisus cantabricus	Grupo 2, 0 m - 800 m
Montañesa, variante A	Daboecia cantábrica y Salix cantábrica	Grupo 4, 0 m - 800 m
Montañesa, variante B	Cytisus cantabricus	Grupo 2, 0 m - 800 m
Montañesa, variante C	Centarium somedanum	Grupo 1, 800 m - 1.400 m

Montañesa, variante D	Agrostis curtisii	Grupo 1, 0 m - 800 m
Montañesa, variante E	Centarium somedanum	Grupo 1, 800 m - 1.400 m
Pasiega	Cytisus cantabricus	Grupo 2, 0 m - 800 m
Litoral	Daboecia cantábrica y Salix cantábrica	Grupo 4, 0 m - 800 m

No se puede obviar el hecho de que los asentamientos se crean en los sitios más favorables. Encontrar que las poblaciones se correspondan con las mismas variedades vegetales, no hace sino que ratificar el hecho de la búsqueda de unas condiciones térmicas muy similares.

Por tanto los valores de la transmitancia son los siguientes:

Elemento de edificación	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)				
	CTE			Passive House	Aconsejable en Cantabria
	C	D	E		
Muro exterior	0,75	0,60	0,55	0,45	0,20
Cubierta	0,50	0,40	0,35	0,25	0,15
Huecos	3,10	2,70	2,50	1,50 factor solar 0,6	1,20 factor solar 0,6
Solera	0,75	0,60	0,55	1,00	0,35

Los valores marcados en la columna de aconsejables se han adoptado para el cálculo de las gráficas de índice de perforación, con el objetivo de no superar la demanda energética de 15 kWh/m<sup>2</sup>año.

En el apéndice E del CTE 2013 "aporta valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica para el predimensionado de soluciones constructivas de uso residencial."(CTE 2013, pag.38). Son los siguientes:

Elemento de edificación	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)					
	CTE			Passive House	Aconsejable en Cantabria	Apéndice E CTE
	C	D	E			E
Muro exterior	0,75	0,60	0,55	0,45	0,20	0,25
Cubierta	0,50	0,40	0,35	0,25	0,15	0,19
Huecos	3,10	2,70	2,50	1,50 factor solar 0,6	1,20 factor solar 0,6	1,2 -2,0 según captación solar
Solera	0,75	0,60	0,55	1,00	0,35	0,31

Se comprueba que lo aconsejado para esta zona no está alejado del espíritu del CTE 2013.

La baja transmitancia térmica de los cerramientos permite reducir la demanda energética en invierno y verano.

En la aplicación, estos valores son intrínsecos en el cálculo de la demanda energética; y se aconsejarán al usuario para que los adopte en la envolvente de su diseño arquitectónico.

## 14.5. Demanda energética.

La Directiva Europea 2010/31 relativa a la eficiencia energética de los edificios introduce la definición de Edificio de Consumo de Energía casi Nulo (EECN) como "aquel edificio con un rendimiento muy alto de energía, donde *la casi nula o baja cantidad de energía requerida* debe ser ampliamente cubierta por fuentes renovables en el lugar o cerca del mismo."

En la definición se puede leer una clara recomendación, "*la casi nula o baja cantidad de energía requerida*", es decir que la demanda energética del edificio sea la menor posible. Actuar antes sobre el diseño arquitectónico y posteriormente implantar fuentes renovables que cubran la demanda energética.

En la modificación de 2013, del Código Técnico de la Edificación (CTE), aparece la exigencia de consumo de energía primaria en edificación residencial con una reducción media de consumo. Utiliza los indicadores energéticos de emisiones de CO<sub>2</sub>, de Consumo de Energía y Demanda energética, y como indicador complementario el Límite de Consumo de energía primaria.

Aunque lo ideal sería incluir todo tipo de consumos en la valoración de las necesidades energéticas de la edificación, solo se va a trabajar con la demanda energética relativa a la calefacción y a la refrigeración:

El Código Técnico de la Edificación fija la limitación de la demanda energética de calefacción con la expresión:

$$D_{\text{cal lim}} = D_{\text{cal base}} + F_{\text{cal sup}} / S$$

siendo:

$D_{\text{cal lim}}$  = el valor límite de demanda energética de calefacción expresada en kWh/m<sup>2</sup>año, considera la superficie útil de los espacios habitables.

$D_{\text{cal base}}$  = el valor base de la demanda energética de calefacción para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio, que toma los valores de la tabla 2.1 del CTE.

$F_{\text{cal sup}}$  = el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, que toma los valores de la tabla 2.1 del CTE.

$S$  = la superficie útil de los espacios habitable del edificio, en m<sup>2</sup>.

La demanda energética de refrigeración del edificio, según el CTE, no debe superar el valor límite  $D_{\text{ref lim}} = 15 \text{ kWh/m}^2\text{año}$  para las zonas climáticas de verano 1, 2 y 3.

La demanda límite según el CTE en la zona de Cantabria será la siguiente:

	Zona climática	$D_{\text{base}}$	$F_{\text{sup}}$	Demanda límite (kWh/m <sup>2</sup> año) CTE				refrigeración
				calefacción				
				70 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	150 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	
h<150 m	C1	20	1000	34,3	30	26,6	25	15
h<650 m	D1	27	2000	55,6	50	40,3	37	15
h>650 m	E1	40	3000	82,8	70	60	55	15

De acuerdo con la Passive House Planning Package (PHPP) las condiciones a cumplir, a este respecto, son:

- Demanda máxima de energía útil para calefacción, 15 kWh/m<sup>2</sup>año.
- Demanda máxima de energía útil para refrigeración, 15 kWh/m<sup>2</sup>año.

Sin embargo las simulaciones energéticas de las viviendas de arquitectura popular de la zona estudiada, dan como resultado demandas energéticas menores a las exigidas en el CTE y aconsejadas por la Passive House. Las demandas de cada una de las distintas tipologías de viviendas en Cantabria son:

	Montañesa	Montañesa variantes					Litoral	Pasiega
		A	B	C	D	E		
Demanda calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	7,59	7,00	7,58	7,56	6,99	7,92	10,50	5,69
Demanda refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	4,55	3,95	4,51	4,61	4,04	4,73	4,45	2,97
Demanda anual (kWh/m <sup>2</sup> año)	12,14	10,95	12,09	12,17	11,03	12,65	14,95	8,66

Estas son debidas a la consideración del calor generado por los animales y cocina. Traducido a la tecnología actual sería considerar energías alternativas.

Por esta razón, en la herramienta, se toma el valor límite de la demanda de calefacción más refrigeración en 15 kWh/m<sup>2</sup>año. Se recuerda que esta demanda energética se consigue con la adecuada orientación, con el adecuado coeficiente de compacidad, con el adecuado coeficiente de perforación y con las transmitancias térmicas aconsejadas. Para alcanzar las demandas de la arquitectura vernácula nos quedaría aplicar los sistemas pasivos que se describen en los apartados 12.6 y 12.7.

Tabla resumen de los climas de cada tipología de vivienda, simplificados en cinco grupos por similitud:

Tipología	T <sup>1/2</sup> <sub>max</sub>	T <sup>1/2</sup> <sub>min</sub>	H <sub>9:00h</sub>	H <sub>15:00h</sub>	Viento					Necesidades alcanzar zona de confort
					dircc	vel. km/h	frec. h	temp. °C	Hr %	
Montañesa	16-23	2-13	77-82	67-73	N	10	95	15	45	Calf + vent
Mont.A	17-23	3-13	74-79	64-71	N	10	99	15	45	Calf + vent
Mont.B	16-31	-2-7	74-83	60-75	N	10	102	15	55	Calf + vent + refriger
Mont.C	13-32	-5-6	51-84	39-78	N	10	76	15	45	Calf
Mont.D	16-24	0-10	79-83	68-74	N	10	118	15	55	Calf + vent
Mont.E	11-30	-5-4	58-86	45-80	N	10	75	15	45	Calf
Pasiega	14-32	-2-7	75-86	61-79	N	10	110	15	55	Calf + vent + refriger
Litoral	18-26	0-12	71-75	60-68	N	10	98	15	55	Calf + vent.

Se traslada esta información a la tabla de demandas y se fijan los objetivos de demandas que se van a marcar en cada una de las zonas de Cantabria:

	Montañesa	Montañesa variantes					Litoral	Pasiega
		A	B	C	D	E		
Demanda calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	7,59	<b>7,00</b>	7,58	<b>7,56</b>	<b>6,99</b>	7,92	<b>10,50</b>	<b>5,69</b>
Demanda refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	4,55	<b>3,95</b>	4,51	<b>4,61</b>	<b>4,04</b>	4,73	<b>4,45</b>	<b>2,97</b>
Demanda anual (kWh/m <sup>2</sup> año)	12,14	<b>10,95</b>	12,09	<b>12,17</b>	<b>11,03</b>	12,65	<b>14,95</b>	<b>8,66</b>

Tabla 16. Objetivos de demanda energética.

En la aplicación se identifica la orientación predominante de cada fachada y se relaciona su porcentaje de perforación, interpolado con la curva de demanda correspondiente.

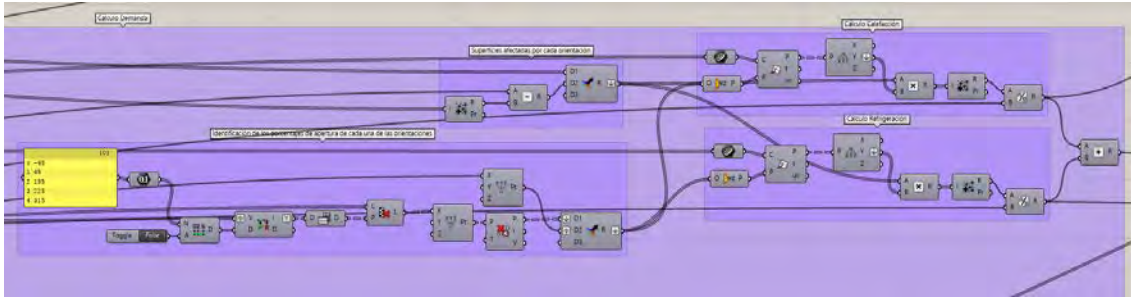


Figura 220. Relación de las fachadas con la curva de demanda energética correspondiente.

El programa base calculará, de esta forma, la demanda de calefacción y refrigeración del modelo.

Por último, se compara con los valores fijados anteriormente, Passive House y la tabla 16:

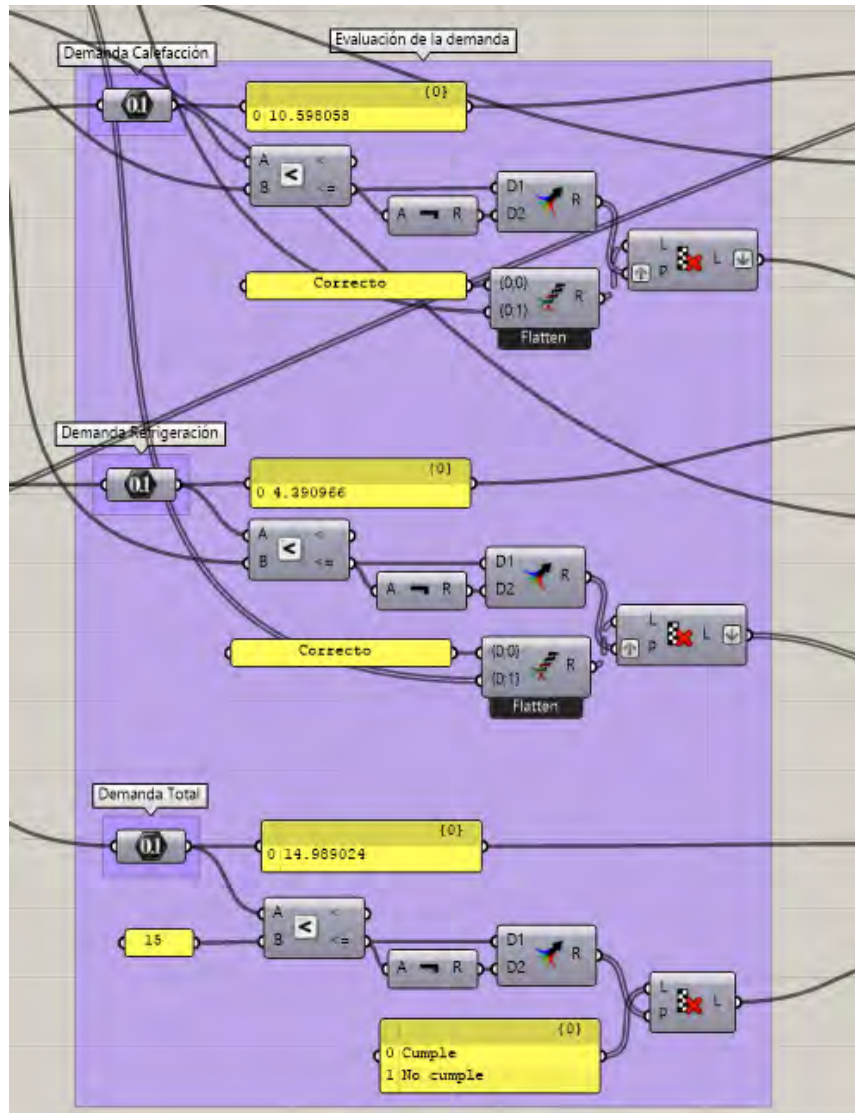
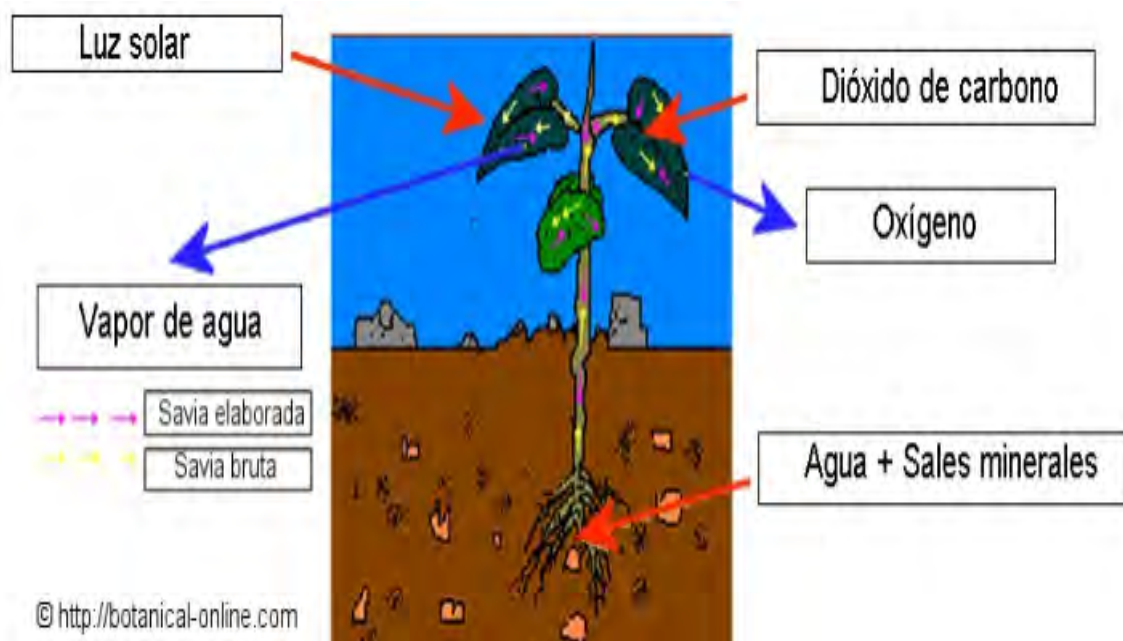


Figura 221. Relación del cálculo de demandas con los objetivos fijados.

## 14.6 Estrategias bioclimáticas

Se observa el funcionamiento de la planta. "Las plantas necesitan alimentarse para formar sus tejidos. Los vegetales se alimentan absorbiendo del aire el dióxido de carbono y el oxígeno; y del suelo el agua y las sustancias minerales. El agua es necesaria para formar las células y para que las sustancias minerales puedan estar disueltas y se puedan absorber. La mayoría de las funciones de las plantas no pueden realizarse sin agua...Los minerales, junto con el agua, se mezclan formando la savia bruta que circula por el interior de los vasos leñosos hasta llegar a las hojas. Una vez en las hojas, se produce la transformación de la savia bruta en savia elaborada mediante el proceso de la fotosíntesis. La savia elaborada es conducida por los vasos liberianos a todas las partes de la planta para que sirva de alimento." (<http://botanica.online.com>).

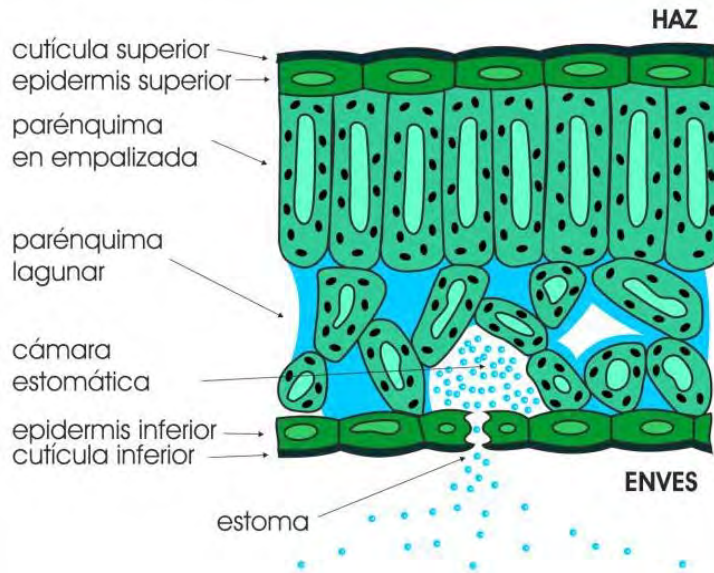


[www.botanica.online.com](http://www.botanica.online.com)

En un corte transversal del limbo, "se observa que está limitado por arriba y abajo, por uno o dos estratos de células epidérmicas, revestidas de cutícula, muy gruesa en la epidermis superior. entre las dos existe un tejido parenquimático, el mesofilo, formado por dos zonas: la superficie consta de células alargadas en dirección normal a la superficie de la haz, con muchos cloroplastos y pocos meatos, es la capa en empalizada; la inferior consta de células oblongas, con menos cloroplastos, dispuestas irregularmente y dejando entre ellas grandes meatos o lagunas...Los estomas son pequeñas aberturas situadas principalmente en la epidermis del envés de la hoja, franqueadas por dos células reniformes, que cierran y abren la abertura según las condiciones ambientales externas." (J. M. Thomas - Domenech, 1966).

Cuando el vegetal recibe luz, absorbe el  $\text{CO}_2$  presente en el aire y expulsa  $\text{O}_2$  ( $\text{CO}_2 + \text{C} = \text{O}_2$ ). Las células clorofílicas utilizan el  $\text{CO}_2$  para fabricar materia orgánica y expulsan el oxígeno restante. Este fenómeno de elaboración de materia orgánica, a partir de materia inorgánica se llama fotosíntesis. Las células capaces de realizar fotosíntesis son

células autótrofas. Cuando el vegetal está en la oscuridad, solo tiene lugar la respiración. La planta absorbe del  $O_2$  y expulsa  $CO_2$  ( $O_2 + C = CO_2$ ).



[www.botanica.online.com](http://www.botanica.online.com)

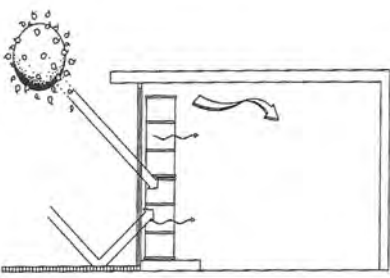

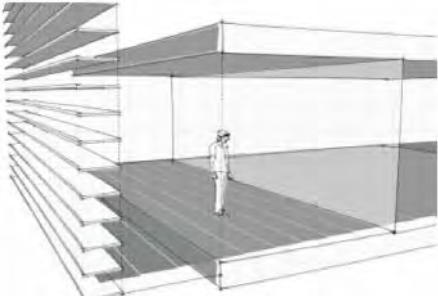

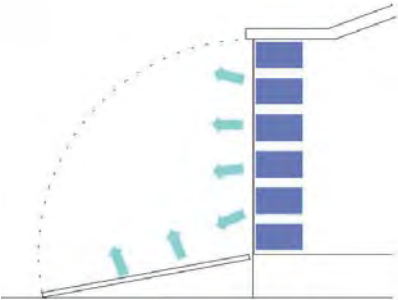

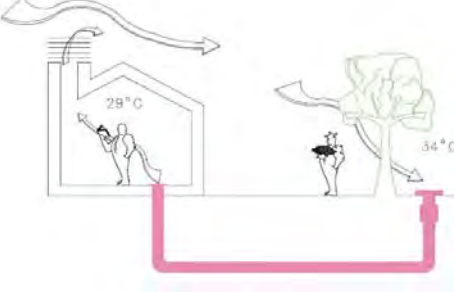
La estructura externa e interna de la hoja le permiten realizar tres funciones: respiración, fotosíntesis y transpiración.

- La respiración es una función de nutrición por la cual la planta absorbe oxígeno del ambiente y exhala anhídrido carbónico, con producción de energía y agua.
- La fotosíntesis es un proceso que transforma la energía de la luz del sol en energía química. Consiste, en la elaboración de hidratos de carbono a partir de dióxido de carbono, minerales y agua con la ayuda de la luz solar.
- La transpiración es la pérdida de agua de la planta en forma de vapor, a través del ostíolo de las estomas. La transpiración ocurre en todas las partes expuestas de la planta, pero es mayor en las hojas, que están normalmente más expuestas al aire. El calor del Sol evapora el agua de la superficie de las células del mesófilo y el [[vapor de agua]] que resulta escapa por Los estomas. El agua eliminada es agua destilada.
- La exudación es la eliminación del exceso de agua por los estomas acuíferos que aparecen en los extremos de las nervaduras, se expele el agua en forma de gotas debido a la saturación del ambiente exterior. El agua eliminada contiene sales.



[www.canna.es](http://www.canna.es). Imagen estoma.

"La transpiración facilita las funciones del vegetal al desplazar hacia arriba el agua por el tallo y concentrar en las hojas las soluciones diluidas de minerales absorbidos por las raíces. Estas soluciones son necesarias para la biosíntesis de nuevos constituyentes celulares y para enfriar las hojas, de manera similar a la evaporación del [[sudor]] en los animales. En las plantas, la corriente de agua es continua del suelo al sistema vascular de las raíces, a lo largo del tallo y del pecíolo y las venas del limbo de la hoja." ((<http://botanica.online.com>)).

<p>Hoja crasa</p> 		<p>El agua acumulada en la hoja actúa como acumulador del calor. Calentamiento o enfriamiento radiante.</p>
<p>Hoja pelosa</p> 		<p>La pelosidad actúa como espacio amortiguador. Aumento de la resistencia superficial. Protege del frío, calor y vientos.</p>
<p>Hoja con cera</p> 		<p>La temperatura de fusión de la cera es de 45 °C, actúa como material de cambio de fase, acumulador y enfriamiento radiante.</p>
<p>Abertura y cierre de estomas</p> 		<p>Calentamiento o enfriamiento conductivo.</p>

Dibujos tomados de apuntes del Dr. Cesar Bedoya Frutos.

### Estrategias bioclimáticas en situación de frío

Las plantas se protegen de las bajas temperaturas modificando algunas de sus características o creando elementos protectores. Las adaptaciones biológicas de las plantas al frío son:

1. Reducción del metabolismo de la planta:
  - Pérdida de hojas y conservación de yemas o brotes protegidos por escamas, resinas y pelos.
  - Conservan sólo los órganos aéreos situados a ras de suelo.
  - Conservan solo la raíz en subsuelo, que guardan alimento para futuro desarrollo. Bulbos y tubérculos.
2. Hoja esclerófila (textura endurecida pilosa).
3. Hojas lineares perennes, protegidas con ceras.
4. Pelos en hojas.
5. Tallos bajos, formando almohadillas sobre el suelo, que permiten aprovechar la temperatura de éste.
6. Hojas poco lobuladas.
7. Color verde más oscuro en las hojas.

Traducimos a lenguaje arquitectónico las respuestas de las especies vegetales que pueden ser mimetizadas:

Adaptación biológica	Estrategia pasiva arquitectónica
Hoja ancha y perenne. Hojas en roseta.	Captación directa.
Color más oscuro en las hojas.	Captación directa, aumentado por el color oscuro.
Hoja esclerófila (textura endurecida pilosa).	Protección por aumento de la transmisión térmica de la envolvente.
Hoja poco lobulada.	Compacidad. Evita aumento de la superficie de la envolvente.
Disposición piramidal u hojas superiores menores que las inferiores.	Captación directa. La planta evita las sombras e intenta mantener una compacidad para protegerse.
Hoja crasa.	Captación retardada por acumulación. El agua acumulada en la hoja actúa como acumulador del calor.
Hoja con margen engrosado.	Captación retardada por acumulación y lazo convectivo. El borde actúa como elemento protector ante roturas por el viento.
Protegidas con ceras.	Captación directa con acumulación. A través de la cera actuando como material de cambio de fase: La temperatura de fusión de la cera es a 45°C y su capacidad calorífica 2,14-2,9 J/g K
Pelos en hojas.	Captación directa con espacio amortiguador, aumento de la resistencia térmica superficial. Los pelos crean un espacio protegido de vientos y evitan que el calor captado se disipe.
Tallos bajos, formando almohadillas sobre el suelo..	Captación directa e indirecta, con aprovechamiento del calor acumulado en la tierra. Medida de protección del viento.

En la tabla 9 elaborada se han especificado las condiciones bioclimáticas de las especies vegetales como respuesta al entorno. Especies vegetales identificadas en 12 grupos.

A continuación se describen las estrategias pasivas que se aconseja aplicar para disminuir la demanda energética de calefacción, por analogía con la especie endémica correspondiente de cada zona, para el caso de situaciones de frío, donde la demanda supere el límite establecido por la vivienda popular de la zona.

Grupo	Altitud (m)	Tallo, ramificaciones y hojas	Estrategias
1	0-800	Protección cérea, lineares.	Captación directa con acumulación (Tª fusión de la cera 45°C).
	800-1400	Inferiores menores que las superiores, ovado espatuladas, carnosas.	Captación directa y captación retardada con acumulación.
	1400-2200	Pequeñas pelosas haz y envés, lanceoladas.	Captación directa y espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
2	0-800	Trifoliadas, pelos largos en el haz y glabras en el envés.	Captación directa y espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
	800-1400	Glabras, margen engrosado, acorazonada o extendida, en roseta, superficiales.	Captación directa. Envoltente muy aislada. Compacta.
	1400-2200	En roseta, lineal, glabra,	Captación directa. Compacta.
3	0-800	Crasa, basales pecioladas y superiores sésiles.	Captación retardada con acumulación.
	800-1400	Rosetas, pelosidad, lanceoladas.	Captación directa. Compacta. Espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
	1400-2200	Gruesas, lanceolada y glabra o ovaladas, pelosas y más en envés,	Captación retardada con acumulación y espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
4	0-800	Pecioladas, lanceolada, verde haz y blanca envés, pelosidad corta en el haz y densa plateada en el envés.	Espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
	800-1400	Estrechas, asentadas, superpuestas, gruesas y márgenes engrosados.	Captación retardada con acumulación y lazo convectivo.
	1400-2200	En rosetas, glabras, verde haz y glauco envés, margen papiloso.	Captación directa. Compacta.

### Estrategias bioclimáticas en situación de calor

Las plantas se protegen de las altas temperaturas modificando o alterando algunas de sus características o creando elementos protectores del exceso de radiación.

Las adaptaciones biológicas de las plantas al calor son:

1. Ciclos anuales para evitar la exposición excesiva.
2. Hojas pequeñas.
3. Cutículas gruesas y cubiertas protectoras.
4. Reducción del número de estomas.
5. Cierre de los estomas, en clima cálido estos están protegidos.
6. Hoja esclerófila (textura endurecida pilosa), evita deshidratación.
7. Pelos protegen deshidratación y quemaduras en hojas.
8. Tallos esbeltos.
9. Coloración clara en la hoja.
10. Disposición de las hojas colgantes.

Traducimos a lenguaje arquitectónico las respuestas de las especies vegetales que pueden ser mimetizadas:

Adaptación biológica	Estrategia pasiva arquitectónica
Hojas pequeñas, lineares.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias solares internas. Sombreamiento. Con disminución de la superficie de la envolvente.
Hojas pelosas.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias solares internas. Espacio amortiguador.
Cutículas gruesa, carnosa, crasa.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias conductivas. Aislamiento de la envolvente. Actuación directa de enfriamiento. Enfriamiento radiante. Techos fríos, cubiertas húmedas.
Protección cerosa.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias conductivas. Aislamiento de la envolvente. Actuación directa de enfriamiento. Enfriamiento radiante. Techos fríos, cubiertas húmedas..
Margen de la hoja engrosado.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias conductivas. Aislamiento de la envolvente. Actuación directa de enfriamiento. Enfriamiento radiante. Fachadas radiantes.
Cierre de estomas durante el día.	Actuación directa de enfriamiento. enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
Disposición de las hojas inferiores menores que las superiores.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias solares internas. Sombreamiento.

En la tabla 9 elaborada se han especificado las condiciones bioclimáticas de las especies vegetales como respuesta al entorno. Especies vegetales identificadas en 12 grupos.

A continuación se describen las estrategias pasivas que se aconseja aplicar para disminuir la demanda energética de refrigeración, por analogía con la especie endémica correspondiente de cada zona, para el caso de situaciones de frío, donde la demanda supere el límite establecido por la vivienda popular de la zona.

Grupo	Altitud (m)	Tallo, ramificaciones y hojas	Estrategias
1	0-800	Protección cérea, lineares. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreadamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos y cubiertas húmedas. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna
	800-1400	Inferiores menores que las superiores, ovado espatuladas, carnosas. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreadamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos y cubiertas húmedas. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	1400-2200	Pequeñas pelosas haz y envés, lanceoladas. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreadamiento. Espacio amortiguador. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
2	0-800	Trifoliadas, pelos largos en el haz y glabras en el envés. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreadamiento. Espacio amortiguador. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	800-1400	Glabras, margen engrosado, acorazonada o extendida, en roseta, superficiales. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreadamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Fachadas radiantes. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	1400-2200	En roseta, lineal, glabra. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreadamiento. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
3	0-800	Crasa, basales pecioladas y superiores sésiles. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreadamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos y cubiertas húmedas. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.

	800-1400	Rosetas, pelosidad, lanceoladas. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreado. Espacio amortiguador. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	1400-2200	Gruesas, lanceolada y glabra o ovaladas, pelosas y más en envés, Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreado. Espacio amortiguador. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos y cubiertas húmedas. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
4	0-800	Pecioladas, lanceolada, verde haz y blanca envés, pelosidad corta en el haz y densa plateada en el envés. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreado. Espacio amortiguador. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	800-1400	Estrechas, asentadas, superpuestas, gruesas y márgenes engrosados. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreado. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos, cubiertas húmedas y fachadas radiantes. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	1400-2200	En rosetas, glabras, verde haz y glauco envés, margen papiloso. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreado. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.

Recordamos del capítulo 12.4, que no se finalizó el cálculo de la demanda de calefacción en espera de aplicar las estrategias pasivas, con el fin de reducir dicha demanda a 15 kWh/m<sup>2</sup>año. En cuanto la demanda de refrigeración, con el aislamiento introducido en los elementos de la envolvente, es menor a 15 kWh/m<sup>2</sup>año.

Se calcula la nueva demanda:

Situación	Endemismo vegetal	Grupo	Estrategia aplicada	Demanda calefacción kWh/m <sup>2</sup> año	Exceso
Cabuérniga	Cytisus cantabricus	Grupo 2 0 m - 800 m	Captación directa y espacio amortiguador	13,69	
Penagos	Daboecia cantábrica y Salix cantábrica.	Grupo 4 0 m - 800 m	Espacio amortiguador	13,44	
Veguilla	Cytisus cantabricus	Grupo 2 0 m - 800 m	Captación directa y espacio amortiguador	14,95	
Reinosa	Centarium somedanum	Grupo 1 800 m - 1.400 m	Captación directa y retardada con acumulación	16,03	6.8 %
Vega de Liébana	Agrostis curtisii	Grupo 1 0 m - 800 m	Captación directa con acumulación	14,43	
Rozas de Valdearroyo	Centarium somedanum	Grupo 1 800 m - 1.400 m	Captación directa y retardada con acumulación	17,75	18,3 %
Vega de Pas	Cytisus cantabricus	Grupo 2 0 m - 800 m	Captación directa y espacio amortiguador	15,86	5,7 %
Santander	Daboecia cantábrica y Salix cantábrica	Grupo 4 0 m - 800 m	Espacio amortiguador	12,50	

Mimetizando la especie vegetal correspondiente se ha conseguido reducir la demanda por debajo de 15 kWh/m<sup>2</sup>año en 5 viviendas de diferentes localizaciones, el resto tiene un exceso del 5,7 %, 6,8 % y 18,3 %, solo aplicando las estrategias pasivas.

En la aplicación se recogen las estrategias pasivas que se aconseja aplicar para disminuir la demanda energética de calefacción y refrigeración, por analogía con la especie endémica correspondiente de cada zona, y aparecen en el resultado final como consejo de aplicación en el diseño.

El resultado final de la herramienta es el siguiente:

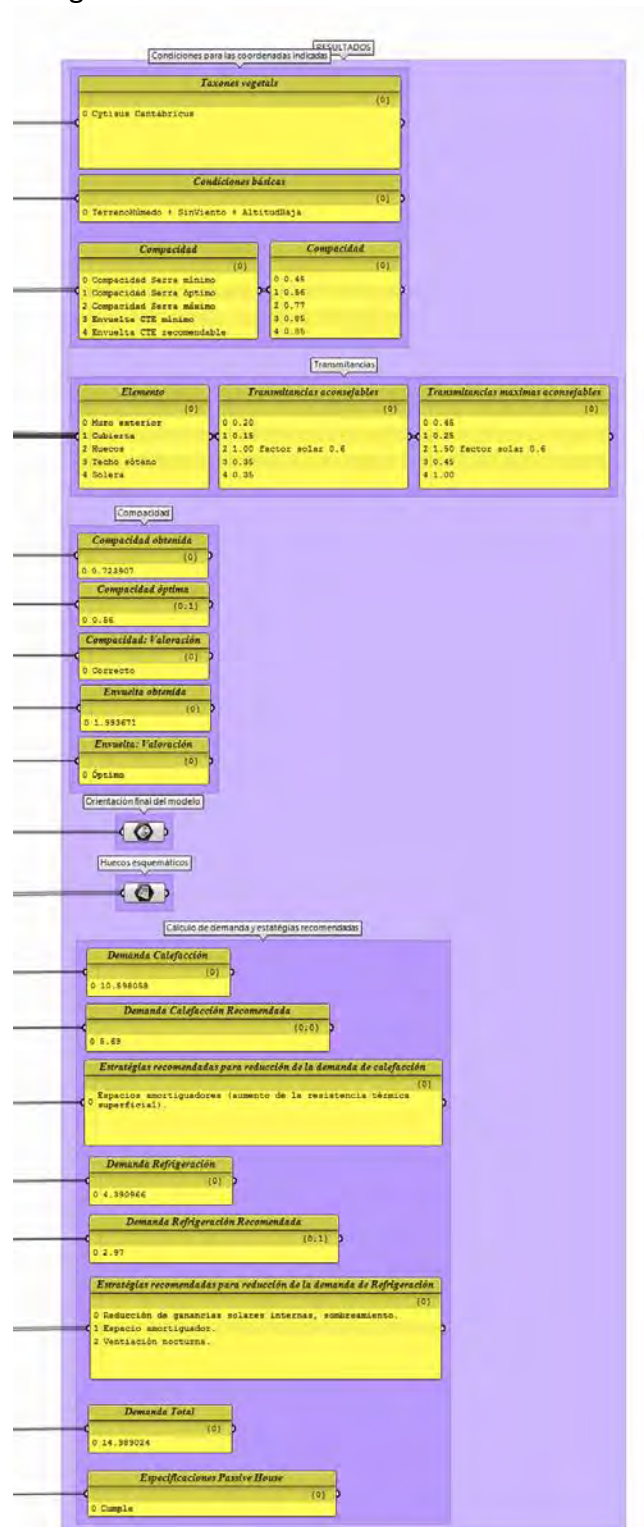


Figura 222.Resultado final de la aplicación.



Figura 223. Mapa global de la aplicación.

## **15. RESUMEN DE CONCLUSIONES**

En este capítulo de Tesis se evalúa la viabilidad de una mimetización de las especies vegetales endémicas y el antecedente de la demanda energética de la arquitectura popular como contribución al ahorro energético en la edificación, basado en los capítulos anteriores.

Se describen las posibles aplicaciones y el manual de uso de una herramienta como adecuación bioclimática y cálculo de demanda energética en la región de Cantabria, útil en el germen del desarrollo del proyecto.

Se resumen las aportaciones logradas en esta Tesis al panorama de la investigación actual referente al desarrollo de tecnología sostenible como reductor de los gastos energéticos en la edificación.

Se finaliza con el planteamiento de unas líneas de trabajo futuro de investigación, que den continuidad a esta Tesis.

## 15.1 Conclusiones

Uno de los problemas que se presentan con la nueva ola de edificios sostenibles, es que se incluyen soluciones y tecnologías proyectadas para otros entornos y otras condiciones climáticas. Y cuando se adaptan a las condiciones climáticas, los datos de partida proceden de estaciones meteorológicas a mucha distancia y en ocasiones con altitud muy diferente al lugar de trabajo.

Es conveniente avanzar en investigaciones que aporten soluciones a las necesidades y capacidades medioambientales específicas del lugar donde se va a proyectar.

Para una mejor estructuración las conclusiones se dividirán en 3 partes:

- A. Conclusiones debido al biomimetismo de los endemismos vegetales.
- B. Conclusiones respecto la arquitectura endémica.
- C. Conclusiones de la cuantificación de los parámetros considerados iniciales en el diseño arquitectónico.

### **A. Conclusiones debido al biomimetismo de los endemismos vegetales.**

Endemismo indica que la distribución de un taxón está limitado a un ámbito geográfico reducido, no encontrado de forma natural en ninguna otra parte del mundo. La presencia de endemismos en un determinado territorio se debe a la existencia de barreras: topográficas, de temperatura, de luz, de humedad, la competencia, la existencia...El concepto de endemismo hay que referirlo a un área territorial limitada. Se seleccionó empezar con el estudio de la zona de Cantabria por encontrarse tres áreas bien diferenciadas en una extensión de territorio controlable en esta Tesis. Las tres áreas son: la franja costera, la franja de valles cantábricos con los Picos de Europa, y la franja meridional.



Los endemismos vegetales encontrados en Cantabria son:

- |   |  |
|---|--|
| 1- <i>Agrostis curtisii</i>                             | 13- <i>Genista obtusiramea</i>                       |
| 2- <i>Allium palentinum</i>                             | 14- <i>Jasione cavanillesii</i>                      |
| 3- <i>Anemone baldensis</i> subsp.<br><i>pavoniana</i>  | 15- <i>Linaria alpina</i> subsp. <i>filicaulis</i>   |
| 4- <i>Aquilegia pyrenaica</i> subsp.<br><i>discolor</i> | 16- <i>Narcissus asturianensis</i>                   |
| 5- <i>Armeria cantábrica</i>                            | 17- <i>Petrocoptis glaucifolia</i>                   |
| 6- <i>Artemisa chamaenelifolia</i>                      | 18- <i>Potentilla nivalis</i> subsp. <i>artúrica</i> |
| 7- <i>Campanula arvatica</i>                            | 19- <i>Salix cantábrica</i>                          |
| 8- <i>Centarium somedanum</i>                           | 20- <i>Saxifraga canaliculata</i>                    |
| 9- <i>Cytisus cantabricus</i>                           | 21- <i>Saxifraga conífera</i>                        |
| 10- <i>Daboecia cantábrica</i>                          | 22- <i>Sempervivum cantabricum</i>                   |
| 11- <i>Festuca burnatii</i>                             | 23- <i>Verónica manpodrensis</i>                     |
| 12- <i>Genista legionensis</i>                          |  |

Estudiadas cada una de las especies se resumen sus rasgos de adaptación al entorno en la tabla siguiente:



Especies vegetales	Tipo / Florece	Situación	Evaporación	Desarrollo aéreo / Subterráneo	Raíces	Follaje	Tallo / Ramificaciones	Hojas	Espinas / Olores	Forma	Humedad	Continentalidad
<b>AGROSTI CURTISII</b>	Perenne. Mayo a agosto	Nivel del mar a 1.700 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos altos.	Rizoma corto y vigoroso con retículo fibroso.	Poca densidad.	Tallo largo 60 cm. Ramas cortas y erectas.	Lineares, rígidas, protegida sustancias ceras.	Espinas en forma de agujón. Sin olor.	Tallos buscan la luz, las hojas cerca de la raíz, la humedad. Poco follaje, para no quitar luz a las hojas.	Suelos secos.	Oceánico. Continental.
<b>ALLIUM PALENTINUM</b>	Perenne. Julio a agosto.	1.600 a 2.230 m.	Media.	Raíces cortas Órganos aéreos medianos y densos.	Rizoma horizontal y tuberoso.	Densidad media.	Tallos medianos de 16-48 cm. Con pocas hojas sin ramas.	Sin peciolo, basales, glabras, lisas, margen papiloso.	Sin espinas. Con olor.	Hojas nacen de la base recogiendo el agua y dirigiéndola al rizoma (acumulador); buscando luz.	Suelos húmedos o muy húmedos.	Oceánico.
<b>ANEMONE BALDENSIS subsp. PAVONIANA</b>	Perenne. Mayo a junio.	1.000 a 2.400 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Densidad media.	Tallos de 50 cm. Base fibrosa. Ramas cortas.	Roseta de 2-3 ternadas. Pelos en el raquis, en verano limbos glabros.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas en roseta a modo de captación de luz, agua y no sombreado sobre sí misma.	Suelos muy secos.	Oceánico. Continental.
<b>AQUILEGIA PYRENAICA subsp. DISCOLOR</b>	Perenne. Junio a agosto.	1.700 a 2.200 m.	Media.	Raíces medianas. Órganos aéreos medianos.	Rizoma pivotante.	Poca densidad.	Tallos cortos de 6-12 cm.	Basales en rosetas 1-3 ternadas. Glabras. Glauco envés, verde haz.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas en roseta a modo de captación de luz, agua y no sombreado sobre sí misma.	Suelos secos.	Continental.
<b>ARMERIA CANTÁBRICA</b>	Perenne. Junio a agosto.	1.200 a 2.400 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos densos.	Rizoma ramificado.	Mucha densidad.	Muy ramificada y Ramas cortas y erectas.	Lineares, planas, glabras en el margen y muy delgado.	Sin espinas. Sin olor.	Planta extensiva horizontalmente y densa a modo de protección.	Suelos muy secos.	Oceánico. Continental.
<b>ARTEMISA CHAMAEMELIFOLIA subsp. CANTÁBRICA</b>	Perenne. Julio a agosto.	400 a 2.000 m.	Media-alta.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos y densos.	Rizoma ramificado.	Densidad media - alta.	Tallo 30 cm Ramas cortas o inexistentes.	Pinnatífida asentada, bastante glabra.	Sin espinas. Aromática.	Planta extensiva horizontalmente y densa a modo de protección.	Suelos muy húmedos.	Oceánico.
<b>CAMPANULA ARVÁTICA</b>	Perenne. Julio a agosto.	500 a 2.000 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma ramificado.	Densidad media - alta.	Tallos 20 cm Ramificados y rastroseros.	Basales, roseta, acorazonadas, 3-5 lóbulos, glabras.	Espinas en hojas. Sin olor.	Hojas inferiores más grandes que las superiores y todas ellas recolectoras y en superficie.	Suelos muy secos.	Oceánico. Continental.
<b>CENTARIUM SOMEDANUM</b>	Perenne. Julio a septiembre.	500 a 1.600 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos y densos.	Rizoma que produce brotes.	Densidad alta.	Tallo ramificado en la base. Ramas oblicuas. Erectos.	Diferenciadas inferiores y superiores, ovado-espátuladas a ovado-oblongas. Carnosas, margen glabra. Sin pelos.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas inferiores más grandes que las superiores y todas ellas recolectoras y acumuladoras.	Suelos húmedos o muy húmedos.	Oceánico.
<b>CYTISUS CANTABRICUS</b>	Perenne. Abril a julio.	0 a 1.300 m.	Media.	Raíces profundas. Órganos aéreos densos y altos.	Rizoma pivotante.	Densidad alta.	Tallo ramificado. Ramas pelosas de jóvenes y grabas después.	En tallos jóvenes hojas simples pecioladas. Tallos viejos hojas trifoliadas pelos largos en el haz y grabas envés.	Sin espinas. Sin olor.	Densa redondeada, en busca de luz y humedad; diferenciación de hojas nuevas y viejas, así como disposición en la planta.	Suelos muy secos.	Oceánico. Continental.

<b>DABOECIA CANTÁBRICA</b>	Perenne. Marzo a noviembre.	50 a 1.500 m.	Media.	Raíces medias. Órganos aéreos densos y medios.	Rizoma pivotante.	Densidad alta.	Tallos hasta 50 cm. Ramificación ascendente.	Hojas alternas pecioladas, oval-lanceolada. Verde haz y blancas envés.	Sin espinas. Sin olor.	Densa redondeada, en busca de luz y humedad.	Suelos secos.	Oceánico. Continental.
<b>FESTUCA BURNATII</b>	Perenne. Abril a julio.	1.800 a 2.200 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma corto y vigoroso cubierto por retículo fibroso.	Poca densidad.	Tallos hasta 25 cm, finos.	Hojas basales punzantes.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas que protegen del sol la zona donde se encuentra la raíz.	Suelos muy secos.	Oceánico.
<b>GENISTA LEGIONENSIS</b>	Caduca. Mayo a agosto.	200 a 2.200 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante con tejido leñoso en su base.	Poca densidad.	Tallos de hasta 40 cm, acaban en espina, de 9-10. Ramas pelosas caducas en altas latitudes y perennes en valles, cortos y crespos.	Forma lanceolada, haz glabro y envés peloso sedoso.	Con espinas. Sin olor.	Circular extensiva, flexible y achaparrada, protegiendo humedad de raíz.	Suelos muy secos.	Oceánico.
<b>GENISTA OBTUSIRAMEA</b>	Perenne. Junio a julio.	1.400 a 2.200 m.	Media.	Raíces profundas. Órganos aéreos 1,6 a 2m.	Rizoma pivotante.	Alta densidad.	Tallos pelosos de jóvenes. Ramillas finas con cortas ramillas verde pelosas.	Pequeñas, pelosas, linear – lanceoladas, sedosas por el haz y por el envés.	Sin espinas. Sin olor.	Densa guardando humedad.	Suelos muy secos.	Oceánico. Continental.
<b>JASIONE CAVANILLESII</b>	Perenne. Mayo a julio.	400 a 2.460 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma delicado extensivo.	Media-alta densidad.	Tallos rastreros y muy ramificados, con muchas hojas. Ramificación pelosa hacia el ápice.	Oblongo – espatuladas, estrechas, asentadas, superpuestas y gruesas y márgenes engrosados.	Sin espinas. Sin olor.	Muchas hojas en busca de luz y humedad, con pelosidad protectora de arriba abajo.	Suelos muy secos.	Oceánico.
<b>LINARIA ALPINA subsp. FILICAULIS</b>	Perenne. Mayo a agosto.	800 a 2.400 m.	Media.	Raíces profundas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Alta densidad.	Tallos fértiles hasta 40 cm. Rastreros a erecto-ascendentes. Ramificados bajo y medios .	De lanceoladas a lineares, planas. Inferiores y medias brotan del mismo nudo, superiores alternas.	Sin espinas. Sin olor.	Globo, hojas que intentan no hacerse sombra superior y mayor densidad inferior, protegiendo la raíz.	Suelos muy secos.	Oceánico. Continental.
<b>NARCISSUS ASTURIENSIS</b>	Perenne. Marzo a junio.	700 a 1.500 m	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma bulboso.	Poca densidad.	Tallos florífero hasta 20 cm.	Lineares, erectas y color glauco.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas que nacen de la base, recogiendo el agua y dirigiéndola al rizoma (acumulador); buscando luz.	Suelos poco secos a húmedos.	Continental.
<b>PETROCOPTIS CLAUCIFOLIA</b>	Perenne. Mayo a agosto.	0 a 2.000 m	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma leñoso.	Poca densidad.	Tallos cortos hasta 30 cm, gruesos y carnosos. Sin roseta de hojas en la base.	Opuestas, enteras, crasa, basales pecioladas y las superiores sésiles.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas que almacenan y se disponen en forma piramidal en el tallo para evitar sombras.	Suelos muy secos.	Oceánico.

<b>POTENTILLA NIVALIS</b> subsp. <b>ASTURICA</b>	Perenne. Junio a julio.	1.800 a 2.650 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma bulboso.	Densidad media.	Tallos cortos hasta 30 cm. Erectos, pelos rectos, cortos y dispersos.	Basales con 5-7 segmentos, pelosidad densa por el haz y muy densa envés.	Sin espinas. Sin olor.	Organización en superficie y hojas abiertas hacia la luz y humedad ambiental.	Suelos muy secos.	Oceánico.
<b>SALIX CANTÁBRICA</b>	Caduca. Abril a junio.	700 a 1.800 m.	Media.	Raíces profundas. Órganos aéreos altos.	Rizoma pivotante.	Poca densidad.	Tallos que alcanzan 3 m. Ramas adultas grabas.	Lanceoladas. En el haz pelos cortos, en el envés pelosidad más densa y plateados.	Sin espinas. Sin olor.	Arbustivo, hojas pequeñas y protegido por la pelosidad o leñoso.	Suelos húmedos o muy húmedos.	Oceánico. Continental.
<b>SAXIFRAGA CANALICULATA</b>	Perenne. Mayo a julio.	550 a 2.000 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Media densidad.	Tallos floríferos Erectos hasta 30 cm.	Linear – elípticos, sección circular. Basales con márgenes engrosados, glabras.	Sin espinas. Olorosa.	Hojas basales extendidas superficiales y florescencia alta.	Suelos muy secos.	Oceánico. Continental.
<b>SAXIFRAGA CONIFERA</b>	Perenne. Mayo a julio.	1.200 a 2.200 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Poca densidad.	Tallos floridos Erectos hasta 15 cm. Pelosos.	Basales, gruesas, linear-lanceolada, rígidas. Haz y envés glabros.	Sin espinas. Sin olor.	Hojas basales protectoras, tallos erectos con pelos protectores.	Suelos muy secos.	Continental.
<b>SEMPERVIVUM CANTABRICUM</b>	Perenne. Julio a agosto.	600 a 2.300 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Muy densas.	Tallos floridos Erectos hasta 34 cm, densamente pilosos.	Forma rosetas. Basales oblongo – lanceoladas pilosas. Las de los tallos lanceoladas pilosas.	Sin espinas. Sin olor.	Superficial con pelosidad protectora, no se crea sombras propias.	Suelos muy secos.	Oceánico.
<b>VERONICA MAMPODRENSIS</b>	Perenne. Julio a agosto.	1.900 a 2.300 m.	Media.	Raíces cortas. Órganos aéreos cortos.	Rizoma pivotante.	Densidad media.	Tallo erecto hasta 15 cm. Leñoso en la base y sin pelos, pero el resto pelos que aumentan en densidad hacia el ápice.	Ovaladas enteras, gruesas 8 mm, pelosas. Envés con más densidad de pelos que el haz.	Sin espinas. Sin olor.	Mayor densidad basal. Hojas pequeñas. Se protege por la pilosidad. Hojas acumulativas.	Suelos muy secos.	Oceánico.



El clima influye directamente en la vegetación en su desarrollo, su forma,...

Temperatura	>T	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ciclos anuales para evitar la exposición excesiva.</li> <li>2. Hojas pequeñas.</li> <li>3. Cutículas gruesas y cubiertas protectoras.</li> <li>4. Reducción del número de estomas.</li> <li>5. Cierre de los estomas; en clima cálido estos están protegidos.</li> <li>6. Hoja esclerófila (textura endurecida pilosa), evita deshidratación.</li> <li>7. Pelos protegen deshidratación y quemaduras en hojas.</li> <li>8. Tallos esbeltos.</li> <li>9. Coloración clara en la hoja.</li> <li>10. Disposición de las hojas colgantes.</li> </ol>
	<T	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción del metabolismo de la planta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de hojas y conservación de yemas o brotes protegidos por escamas, resinas y pelos.</li> <li>- Conservan sólo los órganos aéreos situados a ras de suelo.</li> <li>- Conservan solo la raíz en subsuelo, que guardan alimento para futuro desarrollo. Bulbos y tubérculos.</li> </ul> </li> <li>2. Hoja esclerófila (textura endurecida pilosa).</li> <li>3. Hojas lineares perennes, protegidas con ceras.</li> <li>4. Pelos en hojas.</li> <li>5. Tallos bajos, formando almohadillas sobre el suelo, que permiten aprovechar la temperatura de éste.</li> <li>6. Hojas poco lobuladas.</li> <li>7. Color verde más oscuro en las hojas.</li> <li>8. Abertura de estomas para transpirar, si no hay problema de agua.</li> </ol>
Insolación y Luz	>Luz	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reduce el número de estomas.</li> <li>2. Hojas pequeñas o normales y estrechas.</li> <li>3. Tallos bajos o poco esbeltos.</li> <li>4. Pelos de color blanco que protegen del exceso de radiación.</li> </ol>
	<Luz	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento del número de estomas.</li> <li>2. Superficie foliar ancha, si no hay problemas de agua.</li> <li>3. Tallos esbeltos.</li> </ol>
Temperatura y Luz	>T,>luz	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tallos bajos.</li> </ol>
	>T,<luz	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tallos esbeltos.</li> </ol>

	<T,>luz	<b>1.</b> Tallos bajos.
	<T,<luz	<b>1.</b> Tallos esbeltos.
Aridez	Ambiente húmedo	<b>1.</b> Raíces poco profundas y radicular amplio, encargadas de recoger agua de lluvia ya que se filtra rápidamente a capas profundas.
	Ambiente seco. Suelos calizos.	<b>1.</b> Hojas en espinas o agujas para reducir la superficie de transpiración. <b>2.</b> Presencia de pelos protectores de la deshidratación y evita que el aire se mueva sobre la superficie de la hoja. <b>3.</b> Cutículas aislantes. <b>4.</b> Tallos crasos de almacenamiento de agua. <b>5.</b> Estomas en envés de la hoja. <b>6.</b> Estomas cerrados. <b>7.</b> Hojas curvadas protectoras de los estomas del envés, este es una ranura en el que el aire permanece quieto. <b>8.</b> Plantas recogidas sobre sí mismas, en rosetas como muchas compuestas.
Economía nutrientes	Perenne	<b>1.</b> Mayor economía de nutrientes ya que construir el follaje es un gran esfuerzo para la planta, se aprovechan los escasos momentos que resulta favorable la función. <b>2.</b> Actividad vegetativa todo el año, temperatura umbral inferior 6 °C - 7,5 °C; temperatura umbral superior 30 °C - 35 °C.
	Caduca	La planta no está desempeñando ninguna función.
Altitud	mayor	<b>1.</b> Formas achaparradas para evitar la acción del viento. <b>2.</b> Reducción del tamaño de la hoja.
Latitud	mayor	<b>1.</b> Tallos esbeltos.

Conociendo las características de las especies y la influencia del clima sobre ellas se elaboró la tabla 9 de condiciones bioclimáticas según las adaptaciones biológicas.

Cada uno de los endemismos vegetales se han ubicado según la altitud donde pueden sobrevivir y donde han sido encontrados. Muchas de las especies coinciden en el mismo territorio. Con el fin de concretar más esta ubicación, ya que por altitud es un parámetro demasiado generalista, se ha optado por incluir los parámetros de régimen hídrico y densidad de potencia de viento.

El régimen hídrico depende del coeficiente de humedad del terreno. Se ha partido del mapa de Régimen Hídrico anual (CH), (figura 195) de la Dirección General de Desarrollo Rural, Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria y de la Universidad de Cantabria ([www. cartotecagraria.com](http://www.cartotecagraria.com)), donde el  $CH \geq 1$ . (figura 193).

Dicho plano fue elaborado en 2011 y ya se estudia su evolución hacia un clima más seco. Por tanto se comprueban en los climas estudiados de los endemismos arquitectónicos su índice de humedad actual.

POBLACIÓN ESTUDIADA	ÍNDICE DE HUMEDAD, CH	RÉGIMEN DE HUMEDAD, según Papadakis
Cabuérniga	1,30	Húmedo, Hu (húmedo)
Penagos	1,27	Húmedo, Hu (húmedo)
Veguilla	0,58	Mediterráneo, Me (seco)
Reinosa	0,77	Mediterráneo, Me (seco)
Vega de Liébana	1,06	Mediterráneo, ME (húmedo)
Rozas de Valdearroyo	0,64	Mediterráneo, Me (seco)
Santander	1,00	Húmedo, Hu (húmedo)
Vega de Pas	0,79	Mediterráneo, Me (seco)

Se ajusta al nuevo régimen de humedad evolucionado, cuantificando el CH entre 0 y 2,5, con el punto de inflexión en  $CH=1$ .

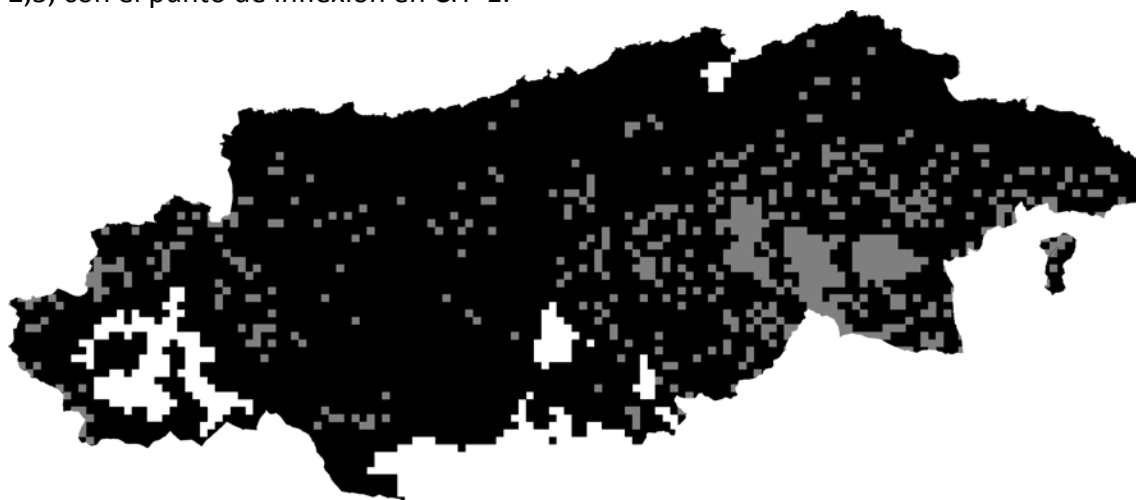


Figura 207. Mapa del coeficiente hídrico. Elaboración propia

La densidad de potencia de vientos es estudiada a partir del mapa del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el IDAE, elaborado por Meteosim Truewind 2009, (figura 196). Se utilizan los datos de densidad y no las velocidades, así lo que se obtiene son las zonas más o menos azotadas por el viento.

Del mapa de densidad de potencia de viento que está estudiado a una altura de 80 m, se transforman en otro cuyos datos estén a la altura de las plantas, 1 m.

Por tanto, tras la transformación de las densidades de viento a 1 m sobre el suelo (figura 208), la escala del plano con el que se trabajará va desde  $2,85 \text{ W/m}^2$  a  $33,08 \text{ W/m}^2$ , siendo el punto de inflexión tomado de  $17,54 \text{ W/m}^2$  (brisa débil en escala Beaufort).

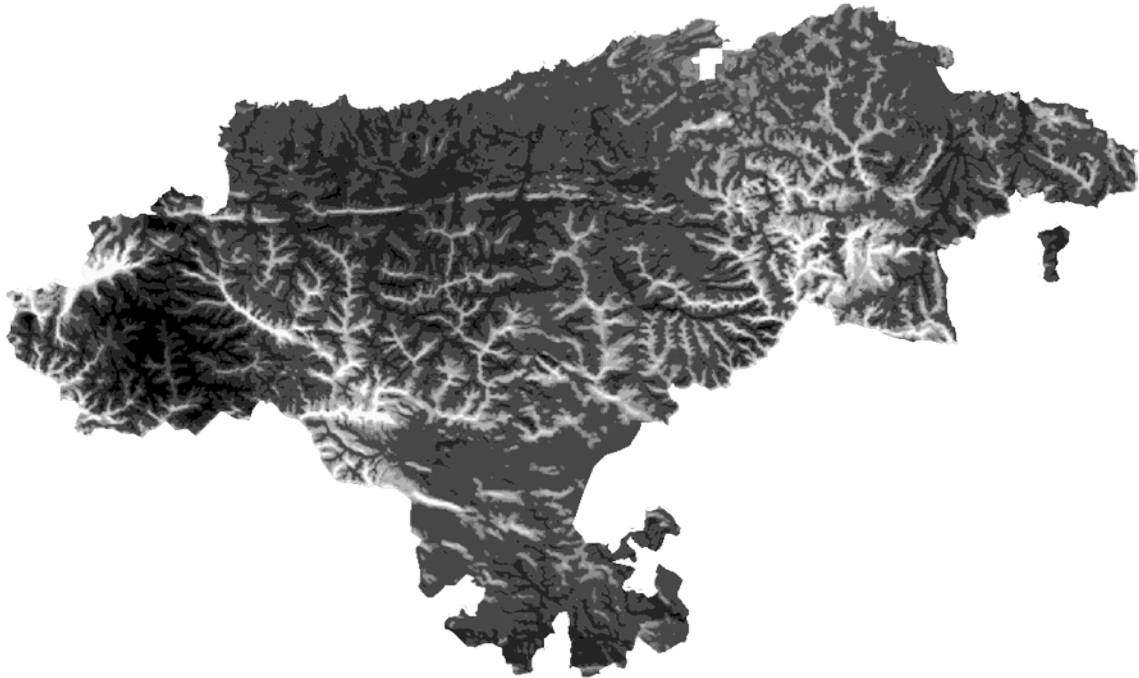


Figura 208. Mapa de potencia de viento. Elaboración propia

A partir de los registros de los biólogos, se ubican altimétricamente la localización de las especies endémicas del estudio.

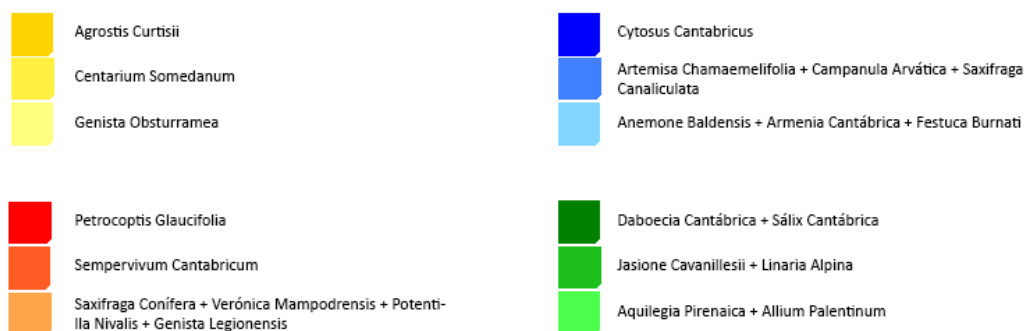
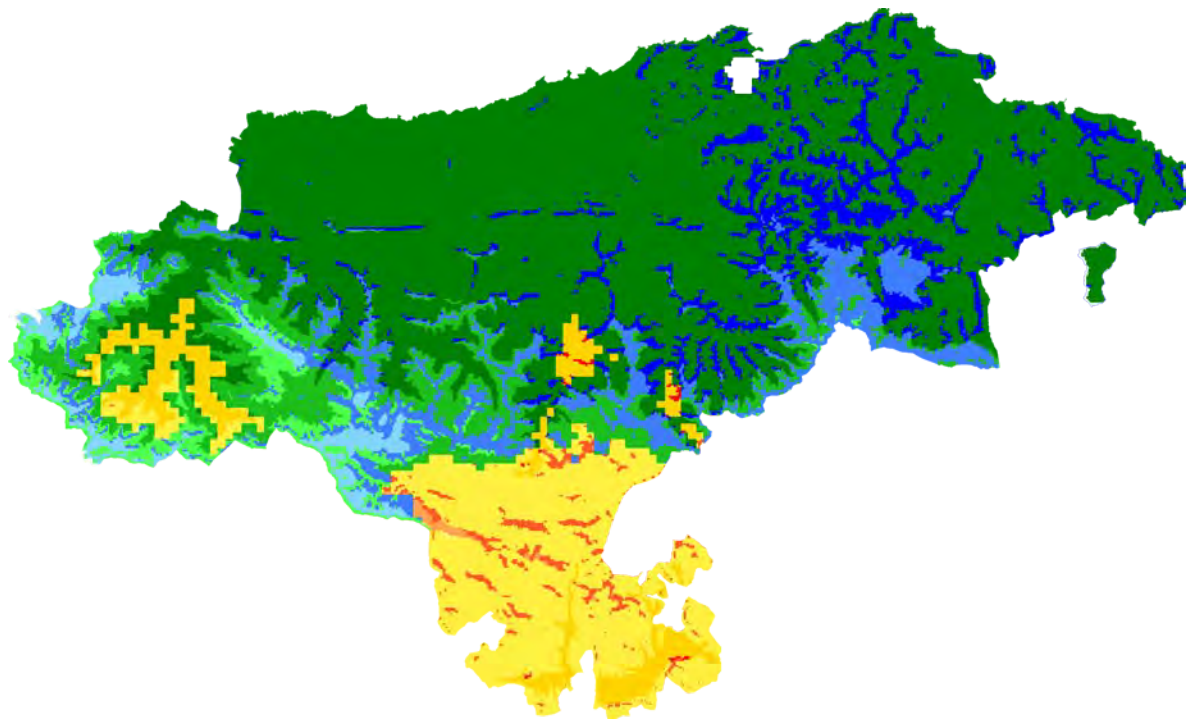


Figura 209. Mapa de altitudes. Elaboración propia.

Al llegar a este punto, las situaciones posibles son:

	CH < 1			CH ≥ 1		
$2,85 \text{ W/m}^2 \leq P/S < 17,54 \text{ W/m}^2$	Grupo 1 0 - 800 m	Grupo 1 800 - 1.400 m	Grupo 1 1.400 - 2.200 m	Grupo 2 0 - 800 m	Grupo 2 800 - 1.200 m	Grupo 2 1.200 - 2.400 m
$17,54 \text{ W/m}^2 \leq P/S \leq 33,08 \text{ W/m}^2$	Grupo 3 0 - 800 m	Grupo 3 800 - 1.200 m	Grupo 3 1.200 - 2.300 m	Grupo 4 0 - 800 m	Grupo 4 800 - 1.600 m	Grupo 4 1.600 - 2.230 m

A partir de la superposición y contraste de los tres mapas anteriores, y utilizando un programa de parametrización (Grasshopper), se genera, como conclusión a esta fase, el plano de zonificaciones de los taxones endémicos.



## B. Conclusiones respecto la arquitectura endémica.

El objeto de analizar este parámetro está en la cuantificación de la demanda energética de acondicionamiento anual, período de frío y período de calor, teniendo en cuenta los sistemas y elementos que este tipo de arquitectura utiliza en su construcción para dar respuesta a las diferentes situaciones climáticas, e intentar aplicar esta demanda como límite superior de demanda en proyectos a desarrollar. Si la arquitectura vernácula ha llegado a consumir una demanda energética sin ayuda de las técnicas actuales, la arquitectura contemporánea puede perfectamente llegar a esa demanda final, incluso mejorarla.

Las tipologías endémicas analizadas son:

Tipología	Características	Demanda energética kWh/m <sup>2</sup>	
		Período frío	Período calor
Casa montañesa	-Planta rectangular. Compacidad 0,75. -Orientación al sur. -2 plantas más bajo cubierta. -Usos: P. baja corral; P. primera vividera con pajar al norte y cocina interior centrada. -Comunicación vertical a través del hueco de escalera. -Pequeños y escasos huecos en fachada. -Elementos arquitectónicos: muros corta fuegos, estragal, solana, alero prolongado. -Materiales: muros de mampostería, cubierta de tejas y forjado de viguetas de madera y tablas.	7,59	4,55
Casa montañesa, variante A.	-Planta rectangular. Compacidad 0,77. -El bajo cubierta se usa como pajar. -La escalera llega hasta el bajo cubierta. -El bajo cubierta está ventilado con huecos menores.	7,00	3,95
Casa montañesa, variante B.	-Planta rectangular. Compacidad 0,73. -Se elimina el estragal y se cierra.	7,58	4,51
Casa montañesa, variante C.	-Planta rectangular. Compacidad 0,74. -La solana se acristala generando un efecto invernadero.	7,56	4,61
Casa montañesa, variante D.	-Planta rectangular. Compacidad 0,76. -El bajo cubierta se usa como pajar. -La escalera llega hasta el bajo cubierta. -El bajo cubierta está ventilado con huecos menores. -La solana se acristala generando un efecto invernadero.	6,99	4,04
Casa montañesa, variante E.	-Planta rectangular. Compacidad 0,74. -La solana desaparece. -El material constructivo de la planta segunda es de entramado de madera y mampuesto.	7,92	4,73
Casa pasiega.	-Planta rectangular. Compacidad 0,79. -Orientación al sur. -2 plantas. -Usos: P. baja corral; P. primera vividera con cocina exterior. -Comunicación vertical a través de escalera exterior. -Pequeños y escasos huecos en fachada. -Elementos arquitectónicos: muros	5,69	2,97

	perimetrales, solana, patín y alero prolongado. -Materiales: muros de mampostería, cubierta de piedra y forjado de viguetas de madera y tablas.		
Casa litoral.	-Planta rectangular. Compacidad 0,77. -Orientación al sur. -3 a 5 plantas más bajo cubierta. -Usos: P. Baja corral; resto de planta intermedias vivero y bajo cubierta como almacén ventilado. -Comunicación vertical a través del hueco de escalera. -Balcón orientado al sur y galería acristalada situada al norte.. -Elementos arquitectónicos: muros corta fuegos, estragal, solana, alero prolongado. -Materiales: muros de mampostería revocado, cubierta de tejas y forjado de viguetas de madera y tablas. Ventanas colocadas en el haz exterior y contraventanas en el haz interior.	10,50	4,45

Se concluye esta fase, ubicando en el plano de Cantabria, cada una de estas tipologías identificadas, de forma que se aprecia una división en 8 zonas. El propósito es conocer, según la zona de trabajo, la demanda energética que la arquitectura vernácula consiguió sin las tecnologías actuales.

El plano resultante es el siguiente:



Colores: Añil = montañesa. Violeta = montañesa variante A. Rosa = montañesa variante B. Azul = montañesa variante C. Ciano oscuro = montañesa variante D. Ciano claro = montañesa variante E. Naranja = pasiega. Verde = litoral.

### C. Conclusiones de la cuantificación de los parámetros considerados iniciales en el diseño arquitectónico.

La demanda energética es el consumo de energía que es requerido para satisfacer las necesidades, en el caso de este estudio, de calefacción y refrigeración de la edificación.

La Directiva Europea 2010/31 relativa a la eficiencia energética de los edificios introduce la definición de Edificio de Consumo de Energía casi Nulo (EECN) como "aquel edificio con un rendimiento muy alto de energía, donde *la casi nula o baja cantidad de energía requerida* debe ser ampliamente cubierta por fuentes renovables en el lugar o cerca del mismo." En la definición se puede leer una clara recomendación, "*la casi nula o baja cantidad de energía requerida*", es decir que la demanda energética del edificio sea la menor posible.

Como ya se ha visto a lo largo de la Tesis, hay distintos límites establecidos en la normativa e instituciones. Así se destacan:

- 1- El Código Técnico de la Edificación (CTE), que fija la limitación de la demanda energética de calefacción y refrigeración según el siguiente cuadro:

Altitud	Zona climática	D <sub>base</sub>	F <sub>sup</sub>	Demanda límite (kWh/m <sup>2</sup> año) CTE				
				calefacción				refrigeración
				70 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	150 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	
h<150 m	C	20	1000	34,3	30	26,6	25	15
h<650 m	D	27	2000	55,6	50	40,3	37	15
h>650 m	E	40	3000	82,8	70	60	55	15

- 2- La Passive House Planning Package (PHPP) debe cumplir las condiciones:

- Demanda máxima de energía útil para calefacción, 15 kWh/m<sup>2</sup>año.
- Demanda máxima de energía útil para refrigeración, 15 kWh/m<sup>2</sup>año.

Para el desarrollo de este trabajo se toma el valor límite de la demanda de calefacción y refrigeración en 15 kWh/m<sup>2</sup>año, ya que se demuestra que es factible. En este análisis se incluyen la aplicación de estrategias pasivas en condiciones de frío y calor mimetizadas del comportamiento de las especies vegetales.

Para analizar la reducción de la demanda energética de climatización con los parámetros cuantificados durante la Tesis, se han utilizado ocho parcelas en poblaciones donde ya se conoce el clima y sobre las que se han desarrollado una vivienda tipo de una planta de 70 m<sup>2</sup>, volumen 210 m<sup>3</sup> (10 x 7 x 3 m), índice de compacidad 0,71 y orientada al oeste, acorde a cada uno de los endemismos arquitectónico.

Los emplazamientos son: Cabuérniga, Penagos, Veguilla, Reinosa, Vega de Liébana, Rozas de Valdearroyo, Vega de Pas y Santander.

		Demanda energética Inicial kWh/m <sup>2</sup> año
		orientación oeste
<b>GRUPO A:</b>		
<b>VEGA DE LÍEBANA</b>	Calefacción	77,43
Agrosti curtisii	Refrigeración	2,55
G1 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,98</b>
<b>GRUPO B:</b>		
<b>REINOSA</b>	Calefacción	103,01
Centarium somedanum	Refrigeración	2,28
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,29</b>
<b>ROZAS DE VALDEARROYO</b>	Calefacción	103,03
Centarium Somedanum	Refrigeración	2,28
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,31</b>
<b>GRUPO C:</b>		
<b>CABUÉRNIGA</b>	Calefacción	77,38
Salix cantábrica	Refrigeración	2,55
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,93</b>
<b>VEGUILLA</b>	Calefacción	77,38
Salix cantábrica	Refrigeración	2,56
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,94</b>
<b>VEGA DE PAS</b>	Calefacción	77,41
Salix cantábrica	Refrigeración	2,55
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,96</b>
<b>GRUPO D:</b>		
<b>PENAGOS</b>	Calefacción	51,09
Cytisus cantabricus	Refrigeración	2,37
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,46</b>
<b>SANTANDER</b>	Calefacción	51,05
Cytisus cantabricus	Refrigeración	2,37
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,42</b>

Para facilitar el análisis del proceso se han establecido varios grupos partiendo de la suma de demanda anual, para calefacción y refrigeración inicial, de una vivienda tipo con orientación oeste, obteniendo a así:

Grupo A: formado por Vega de Liébana, con demanda próxima a 80 kWh/m<sup>2</sup>año.

Grupo B: formado por Reinosa y Rozas de Valdearroyo, con una demanda próxima a 105 kWh/m<sup>2</sup>año.

Grupo C: formado por Cabuérniga, Veguilla y Vega de Pas, con una demanda próxima a 80 kWh/m<sup>2</sup>año.

Grupo D: formado por Penagos y Santander, con una demanda próxima a 53 kWh/m<sup>2</sup>año.

Desde los propios datos iniciales, se puede observar que los grupos A y C, con demandas de 80 kWh/m<sup>2</sup>año, coinciden con zonas de valles, mientras que el grupo B con demandas de 105 kWh/m<sup>2</sup>año, sobre todo vinculadas a la calefacción son zonas altas de montaña y el grupo D, con demandas menores, 53 kWh/m<sup>2</sup>año, coincide con clima más suave propio del litoral.

Una vez elegido la ubicación, los parámetros cuantificados son:

### La Orientación

La intensidad de la radiación solar se encuentra reflejada en tablas y mapas específicos para cada zona. Por tanto es un parámetro que no se cuantificará pero si se puede definir la mejor orientación para cada zona estudiada.

Se observa que la arquitectura popular está orientada al sur preferentemente, por lo que busca el calor proveniente de la radiación solar. Por esta razón se ha optado por reorientar el modelo inicial, de forma similar, hacia la máxima radiación solar recibida durante los meses más fríos.

Se calcula, para cada fachada del modelo introducido, la radiación solar anual recibida sobre toda la edificación. El valor máximo global será el indicador de la orientación óptima.

		Demanda kWh/m <sup>2</sup> año		
		Inicial	Reorientación	%
		orienta. Oeste	Óptima sur-oeste 30°	mejora parcial
<b>GRUPO A:</b>				
<b>VEGA DE LÍEBANA</b>	Calefacción	77,43	75,58	2,39
Agrosti curtisii	Refrigeración	2,55	2,08	18,43
G1 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,98</b>	<b>77,66</b>	<b>2,90</b>
<b>GRUPO B:</b>				
<b>REINOSA</b>	Calefacción	103,01	101,11	1,84
Centarium somedanum	Refrigeración	2,28	1,85	18,86
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>102,96</b>	<b>2,21</b>
<b>ROZAS DE VALDEARROYO</b>	Calefacción	103,03	101,13	1,84
Centarium Somedanum	Refrigeración	2,28	1,84	19,30
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>102,97</b>	<b>2,22</b>
<b>GRUPO C:</b>				
<b>CABUÉRNIGA</b>	Calefacción	77,38	75,5	2,43
Salix cantábrica	Refrigeración	2,55	2,08	18,43
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,93</b>	<b>77,58</b>	<b>2,94</b>
<b>VEGUILLA</b>	Calefacción	77,38	75,49	2,44
Salix cantábrica	Refrigeración	2,56	2,08	18,75
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,94</b>	<b>77,57</b>	<b>2,96</b>
<b>VEGA DE PAS</b>	Calefacción	77,41	75,54	2,42
Salix cantábrica	Refrigeración	2,55	2,08	18,43
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,96</b>	<b>77,62</b>	<b>2,93</b>
<b>GRUPO D:</b>				
<b>PENAGOS</b>	Calefacción	51,09	49,39	3,33
Cytisus cantabricus	Refrigeración	2,37	1,86	21,52
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,46</b>	<b>51,25</b>	<b>4,13</b>
<b>SANTANDER</b>	Calefacción	51,05	49,33	3,37
Cytisus cantabricus	Refrigeración	2,37	1,87	21,10
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,42</b>	<b>51,20</b>	<b>4,16</b>

La segunda reflexión que se obtiene es que al modificar la orientación oeste a la óptima sur- oeste 30°, las demandas energéticas se reducen. El grupo B mejora en torno al 2,20 %, los grupos A y C mejoran casi un 3 % y el grupo D mejora más de un 4

% En este último grupo, donde la demanda es menor, la mejora está directamente vinculada a la mejora en la refrigeración.

### Índice de compacidad.

La forma de la edificación influye en la demanda energética, ya que a mayor superficie envolvente, mayor intercambio de calor interior-exterior y que hay una relación con el volumen interior, que es el que tiene la capacidad de almacenamiento.

Tras el estudio realizado, sobre la relación entre volumen y envolvente desarrollado por Victor Olgyay, Rafael Serra y el Código Técnico de la Edificación (CTE), se determina que el más eficaz es el de R. Serra donde no influye la dimensión del volumen estudiada, ya que se compara cada edificación con su superficie equivalente propia.

El siguiente paso fue trasladar el concepto al estudio de los índices de compacidad de las hojas de las plantas endémicas. Las hojas es el elemento que se relaciona con el exterior, por tanto, su forma no es aleatoria ya que depende directamente del entorno climático.

Después del estudio de las compacidades de cada hoja perteneciente a cada especie endémica, se han simulado diferentes compacidades incluyendo el de la vivienda vernácula con el fin de conocer la influencia en la demanda energética.

Comparados los resultados se concluye que:

1. El índice de compacidad óptimo es el correspondiente a la compacidad de las hojas de la especie endémica de la zona.
2. El índice de compacidad máximo adecuado es el correspondiente a la tipología de vivienda popular. Las zonas de altitud elevada heredan los valores de las altitudes medias, al no tener construcciones tipológicas.
3. El índice de compacidad límite mínimo será un 20 % para zonas secas en altitudes bajas y medias y un 15% en altitudes elevadas; para zonas húmedas un 20 % para todas las altitudes.

Se ha valorado el índice de compacidad de cada uno de los grupos, según la ubicación de las especies vegetales endémicas en que se ha dividido Cantabria, obteniendo el siguiente cuadro:

		Índice de compacidad límite mínimo.	Índice de compacidad óptimo.	Índice de compacidad máximo alcanzable
Grupo 1	0 m - 800 m	0,52	0,65	0,76
	800 m - 1.400 m	0,52	0,53	0,74
	1.400 m -2.200 m	0,55	0,65	0,74
Grupo 2	0 m - 800 m	0,49	0,62	0,75
	800 m - 1.200 m	0,50	0,63	0,74
	1.200 m -2.400 m	0,52	0,61	0,74
Grupo 3	0 m - 800 m	0,45	0,56	0,77
	800 m - 1.200 m	0,51	0,68	0,76
	1.400 m -2.300 m	0,51	0,64	0,76
Grupo 4	0 m - 800 m	0,53	0,66	0,77
	800 m - 1.600 m	0,57	0,76	0,79
	1.600 m -2.230 m	0,57	0,59	0,79

Como la vivienda tipo inicial tenía un índice de compacidad de 0,71, ajustamos en este nuevo análisis las compacidades mimetizadas según la especie vegetal correspondiente, dando como resultado:

		Demanda kWh/m <sup>2</sup> año			%	Demanda kWh/m <sup>2</sup> año		
		Inicial	Reorientación	%		Indice de compacidad	%	Σ %
		orienta. Oeste	Óptima			mimetizado de endemismo vegetal		
				mejora parcial	mejora parcial	mejora global		
<b>GRUPO A:</b>					0,65			
<b>VEGA DE LÍEBANA</b>	Calef.	77,43	75,58	2,39	73,56	2,67	5,00	
Agrosti curtisii	Refri.	2,55	2,08	18,43	1,72	17,31	32,55	
G1 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,98</b>	<b>77,66</b>	<b>2,90</b>	<b>75,28</b>	<b>3,06</b>	<b>5,88</b>	
<b>GRUPO B:</b>					0,53			
<b>REINOSA</b>	Calef.	103,01	101,11	1,84	98,1	2,98	4,77	
Centarium somedanum	Refri.	2,28	1,85	18,86	1,53	17,30	32,89	
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>102,96</b>	<b>2,21</b>	<b>99,63</b>	<b>3,23</b>	<b>5,38</b>	
<b>ROZAS DE VALDEARROYO</b>	Calef.	103,03	101,13	1,84	98,11	2,99	4,78	
Centarium Somedanum	Refri.	2,28	1,84	19,30	1,53	16,85	32,89	
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>102,97</b>	<b>2,22</b>	<b>99,64</b>	<b>3,23</b>	<b>5,38</b>	
<b>GRUPO C:</b>					0,56			
<b>CABUÉRNIGA</b>	Calef.	77,38	75,5	2,43	73,62	2,49	4,86	
Salix cantábrica	Refri.	2,55	2,08	18,43	1,63	21,63	36,08	
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,93</b>	<b>77,58</b>	<b>2,94</b>	<b>75,25</b>	<b>3,00</b>	<b>5,86</b>	
<b>VEGUILLA</b>	Calef.	77,38	75,49	2,44	73,61	2,49	4,87	
Salix cantábrica	Refri.	2,56	2,08	18,75	1,63	21,63	36,33	
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,94</b>	<b>77,57</b>	<b>2,96</b>	<b>75,24</b>	<b>3,00</b>	<b>5,88</b>	
<b>VEGA DE PAS</b>	Calef.	77,41	75,54	2,42	73,66	2,49	4,84	
Salix cantábrica	Refri.	2,55	2,08	18,43	1,63	21,63	36,08	
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,96</b>	<b>77,62</b>	<b>2,93</b>	<b>75,29</b>	<b>3,00</b>	<b>5,84</b>	
<b>GRUPO D:</b>					0,66			
<b>PENAGOS</b>	Calef.	51,09	49,39	3,33	48,09	2,63	5,87	
Cytisus cantabricus	Refri.	2,37	1,86	21,52	1,4	24,73	40,93	
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,46</b>	<b>51,25</b>	<b>4,13</b>	<b>49,49</b>	<b>3,43</b>	<b>7,43</b>	
<b>SANTANDER</b>	Calef.	51,05	49,33	3,37	48,02	2,66	5,94	
Cytisus cantabricus	Refri.	2,37	1,87	21,10	1,41	24,60	40,51	
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,42</b>	<b>51,20</b>	<b>4,16</b>	<b>49,43</b>	<b>3,46</b>	<b>7,47</b>	

A partir de establecida la orientación óptima, se ajustan las compacidades de cada grupo, según los datos extraídos del análisis de las hojas. Es decir mimetizando la compacidad de las hojas en cada zona tal que aplicamos el 0,65 para el grupo A, el 0,53 para el grupo B, el 0,56 para el grupo C y el 0,66 para el grupo D.

Se observa que se obtienen mejoras parciales entre el 3 % y 3,5 %, en los cuatro grupos, lo que lleva a unos acumulados del entorno al 6 % en los tres primeros grupos y del 7,5 % para el último grupo.

### Índice de perforación

La perforación es un término que permite conocer cómo puede afectar la fachada en la conservación de la energía. El coeficiente de perforación corresponde al porcentaje de la superficie de huecos respecto a cada plano de superficie de la envolvente.

Para la valoración de este parámetro se han realizado unas curvas que representen el consumo de energía primaria anual (kWh/m<sup>2</sup> anual) en calefacción y refrigeración respectivamente, según el porcentaje de perforación para cada una de las orientaciones (norte, sur, este y oeste) y huecos horizontales.

Las curvas realizadas simulan un modelo que ya incorpora las condiciones óptimas de los parámetros que se están analizando.

Al sumar las demandas de calefacción y refrigeración de las gráficas, con la limitación de la demanda energética del edificio en cuanto a calefacción y refrigeración de 15 kWh/m<sup>2</sup> año, se obtiene el siguiente cuadro:

Perforación	Norte	Sur	Este	Oeste	Horizontal
0%	11,98	11,98	11,98	11,98	11,98
10%	13,03	12,13	12,20	12,28	23,08
20%	13,91	12,65	12,58	12,87	
30%	14,97	13,84	13,11	13,64	
40%	16,38	15,66	13,79	14,52	
50%	17,75	17,91	14,41	15,62	
60%	19,22	20,51	15,36	16,96	

De donde se deduce que el máximo de perforación recomendado en cada fachada, para no superar los 15 kWh/m<sup>2</sup> año de demanda, es:

Norte	=>	30 %
Sur	=>	36 %
Este	=>	55 %
Oeste	=>	44 %
Horizontal	=>	2,7 %

		Demanda kWh/m <sup>2</sup> año		%	Σ %	Demanda	%	Σ %			
		Inicial	Índice de compacidad						Índice de perforación	%	Σ %
		orienta. Oeste	metizado endemismo vegetal								
<b>GRUPO A:</b>			0,65%			36% al Sur					
<b>VEGA DE LÍEBANA</b>	Calef.	77,43	73,56	2,67	5,00	67,27	8,55	13,12			
Agrosti curtisii	Refri.	2,55	1,72	17,31	32,55	1,33	22,67	47,84			
G1 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,98</b>	<b>75,28</b>	<b>3,06</b>	<b>5,88</b>	<b>68,6</b>	<b>8,87</b>	<b>14,23</b>			
<b>GRUPO B:</b>			0,53%			36% al Sur					
<b>REINOSA</b>	Calef.	103,01	98,1	2,98	4,77	90,51	7,74	12,13			
Centarium somedanum	Refri.	2,28	1,53	17,30	32,89	1,14	25,49	50,00			
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>99,63</b>	<b>3,23</b>	<b>5,38</b>	<b>91,65</b>	<b>8,01</b>	<b>12,95</b>			
<b>ROZAS DE VALDEARROYO</b>	Calef.	103,03	98,11	2,99	4,78	90,53	7,73	12,13			
Centarium Somedanum	Refri.	2,28	1,53	16,85	32,89	1,14	25,49	50,00			
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>99,64</b>	<b>3,23</b>	<b>5,38</b>	<b>91,67</b>	<b>8,00</b>	<b>12,95</b>			
<b>GRUPO C:</b>			0,62%			36% al Sur					
<b>CABUÉRNIGA</b>	Calef.	77,38	73,62	2,49	4,86	59,06	19,78	23,68			
Salix cantábrica	Refri.	2,55	1,63	21,63	36,08	3,65	-123,93	-43,14			
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,93</b>	<b>75,25</b>	<b>3,00</b>	<b>5,86</b>	<b>62,71</b>	<b>16,66</b>	<b>21,54</b>			
<b>VEGUILLA</b>	Calef.	77,38	73,61	2,49	4,87	58,97	19,89	23,79			
Salix cantábrica	Refri.	2,56	1,63	21,63	36,33	3,65	-123,93	-42,58			
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,94</b>	<b>75,24</b>	<b>3,00</b>	<b>5,88</b>	<b>62,62</b>	<b>16,77</b>	<b>21,67</b>			
<b>VEGA DE PAS</b>	Calef.	77,41	73,66	2,49	4,84	59,07	19,81	23,69			
Salix cantábrica	Refri.	2,55	1,63	21,63	36,08	3,64	-123,31	-42,75			
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,96</b>	<b>75,29</b>	<b>3,00</b>	<b>5,84</b>	<b>62,71</b>	<b>16,71</b>	<b>21,57</b>			
<b>GRUPO D:</b>			0,66%			36% al Sur					
<b>PENAGOS</b>	Calef.	51,09	48,09	2,63	5,87	36,42	24,27	28,71			
Cytisus cantabricus	Refri.	2,37	1,4	24,73	40,93	3,34	-138,57	-40,93			
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,46</b>	<b>49,49</b>	<b>3,43</b>	<b>7,43</b>	<b>39,76</b>	<b>19,66</b>	<b>25,63</b>			
<b>SANTANDER</b>	Calef.	51,05	48,02	2,66	5,94	36,31	24,39	28,87			
Cytisus cantabricus	Refri.	2,37	1,41	24,60	40,51	3,37	-139,01	-42,19			
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,42</b>	<b>49,43</b>	<b>3,46</b>	<b>7,47</b>	<b>39,68</b>	<b>19,72</b>	<b>25,72</b>			

Al fijar un coeficiente de perforaciones del 36% en la fachada al sur, los grupos A y B reducen parcialmente la demanda anual entre un 8 % y un 9 %, mejorando globalmente entre un 13 % y un 14 %. Los grupos C y D, también mejoran sustancialmente, a pesar de que empeoran sus demandas en refrigeración.

Sin embargo, como en los C y D la demanda de refrigeración es un porcentaje bajo respecto a la demanda total anual, la mejora es evidente. Así, para el grupo C mejora parcialmente casi un 17 %, lo que representa un acumulado del casi 22 %, mientras que el grupo D, mejora más del 19 % superando un global del 25 %.

### La envolvente térmica

En el procedimiento de cálculo de la demanda energética de un edificio se debe tener en cuenta las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio.

En este apartado se ha calculado la demanda energética de un edificio tipo aplicando diferentes transmitancias térmicas en la envolvente, con el fin de llegar a conseguir y estar más cerca de alcanzar valores en torno a los 15 kWh/m<sup>2</sup>año. Para ello se limitan las transmitancias de los elementos de cada elemento de la envolvente:

Elemento de edificación	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)				
	CTE			Passive House	Aconsejable en Cantabria
	C	D	E		
Muro exterior	0,75	0,60	0,55	0,45	0,20
Cubierta	0,50	0,40	0,35	0,25	0,15
Huecos	3,10	2,70	2,50	1,50 factor solar 0,6	1,20 factor solar 0,6
Solera	0,75	0,60	0,55	1,00	0,35

Al aplicar las transmitancias límite del cuadro precedente, se obtienen los siguientes datos de demanda:

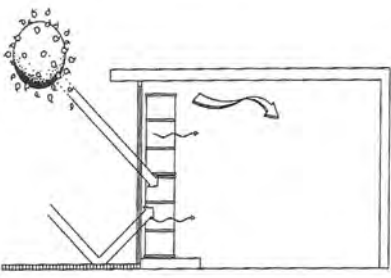
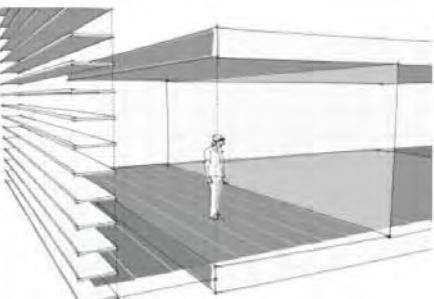
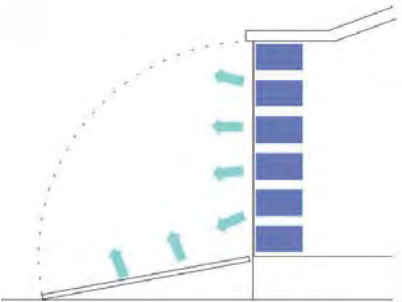
		Demanda kWh/m <sup>2</sup> año		%	Σ %	Demanda Envolvente térmica	%	Σ %
		Inicial	Índice de perforación					
		orienta. Oeste						
<b>GRUPO A:</b>			36% al Sur					
<b>VEGA DE LÍEBANA</b>	Calef.	77,43	67,27	8,55	13,12	40,62	39,62	47,54
Agrosti curtisii	Refri.	2,55	1,33	22,67	47,84	3,19	-139,85	-25,10
G1 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,98</b>	<b>68,6</b>	<b>8,87</b>	<b>14,23</b>	<b>43,81</b>	<b>36,14</b>	<b>45,22</b>
<b>GRUPO B:</b>			36% al Sur					
<b>REINOSA</b>	Calef.	103,01	90,51	7,74	12,13	56,89	37,15	44,77
Centarium somedanum	Refri.	2,28	1,14	25,49	50,00	3,01	-164,04	-32,02
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>91,65</b>	<b>8,01</b>	<b>12,95</b>	<b>59,9</b>	<b>34,64</b>	<b>43,11</b>
<b>ROZAS DE VALDEARROYO</b>	Calef.	103,03	90,53	7,73	12,13	56,91	37,14	44,76
Centarium Somedanum	Refri.	2,28	1,14	25,49	50,00	3,00	-163,16	-31,58
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>91,67</b>	<b>8,00</b>	<b>12,95</b>	<b>59,91</b>	<b>34,65</b>	<b>43,11</b>
<b>GRUPO C:</b>			36% al Sur					
<b>CABUÉRNIGA</b>	Calef.	77,38	59,06	19,78	23,68	37,84	35,93	51,10
Salix cantábrica	Refri.	2,55	3,65	-123,93	-43,14	6,81	-86,58	-167,06
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,93</b>	<b>62,71</b>	<b>16,66</b>	<b>21,54</b>	<b>44,65</b>	<b>28,80</b>	<b>44,14</b>
<b>VEGUILLA</b>	Calef.	77,38	58,97	19,89	23,79	37,83	35,85	51,11
Salix cantábrica	Refri.	2,56	3,65	-123,93	-42,58	6,82	-86,85	-166,41
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,94</b>	<b>62,62</b>	<b>16,77</b>	<b>21,67</b>	<b>44,65</b>	<b>28,70</b>	<b>44,15</b>
<b>VEGA DE PAS</b>	Calef.	77,41	59,07	19,81	23,69	37,89	35,86	51,05
Salix cantábrica	Refri.	2,55	3,64	-123,31	-42,75	6,8	-86,81	-166,67
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,96</b>	<b>62,71</b>	<b>16,71</b>	<b>21,57</b>	<b>44,69</b>	<b>28,74</b>	<b>44,11</b>
<b>GRUPO D:</b>			36% al Sur					
<b>PENAGOS</b>	Calef.	51,09	36,42	24,27	28,71	22,55	38,08	55,86
Cytisus cantabricus	Refri.	2,37	3,34	-138,57	-40,93	6,81	-103,89	-187,34
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,46</b>	<b>39,76</b>	<b>19,66</b>	<b>25,63</b>	<b>29,36</b>	<b>26,16</b>	<b>45,08</b>
<b>SANTANDER</b>	Calef.	51,05	36,31	24,39	28,87	22,47	38,12	55,98
Cytisus cantabricus	Refri.	2,37	3,37	-139,01	-42,19	6,99	-107,42	-194,94
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,42</b>	<b>39,68</b>	<b>19,72</b>	<b>25,72</b>	<b>29,46</b>	<b>25,76</b>	<b>44,85</b>


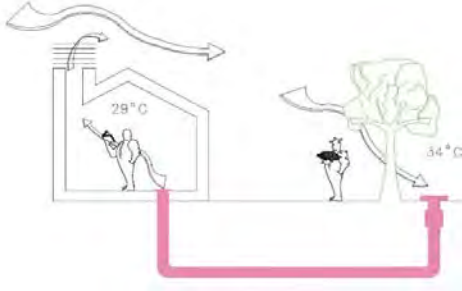
Se observa que una de las mayores mejoras de rendimientos se produce con los cambios en la envolvente. Ajustando la transmitancia de los elementos que la componen. Aunque en todos los casos se obtienen datos parciales negativos respecto a refrigeración, éstos apenas afectan a la gran mejoría general que se produce.

En los grupos A y B, las mejoras parciales rondan el 35 %, mientras que en el C y D están entre el 25 % al 30 %. Es de destacar que llegado a este punto, los cuatro grupos mantiene una reducción en la demanda anual entorno al 45 % de la requerida inicialmente.

### Estrategias pasivas

Las especies vegetales responden al clima modificando su forma, grosor de las hojas, altura de sus tallos, disposición de las hojas, etc., con el fin de protegerse y estar activas hasta que la temperatura exterior se eleve y puedan comenzar su ciclo reproductivo.

Hoja crasa		El agua acumulada en la hoja actúa como acumulador del calor. Calentamiento o enfriamiento radiante.
Hoja pelosa		La pelosidad actúa como espacio amortiguador. Aumento de la resistencia superficial. Protege del frío, calor y vientos.
Hoja con cera		La temperatura de fusión de la cera es de 45 °C, actúa como material de cambio de fase, acumulador y enfriamiento radiante.

Abertura y cierre de estomas		
		Calentamiento o enfriamiento conductivo.

Dibujos tomados de apuntes del Dr. Cesar Bedoya Frutos.

Las respuestas de las especies a estas condiciones se pueden interpretar como estrategias pasivas de la siguiente manera:

A) En situación de frío	
ADAPTACIÓN BIOLÓGICA	ESTRATEGIA
Hoja ancha y perenne. Hojas en roseta.	Captación directa.
Color más oscuro en las hojas.	Captación directa, aumentada por el color oscuro.
Hoja esclerófila (textura endurecida pilosa).	Protección por aumento de la transmisión térmica de la envolvente.
Hoja poco lobulada.	Compacidad. Evita el aumento de la superficie de la envolvente.
Disposición piramidal u hojas superiores menores que las inferiores.	Captación directa. La planta evita las sombras e intenta mantener una compacidad para protegerse.
Hoja crasa.	Captación retardada por acumulación. El agua acumulada en la hoja actúa como acumulador del calor.
Hoja con margen engrosado.	Captación retardada por acumulación y lazo convectivo. El borde actúa como elemento protector ante roturas por el viento.
Hojas protegidas con ceras.	Captación directa con acumulación. A través de la cera actuando como material de cambio de fase: La temperatura de fusión de la cera es a 45°C y su capacidad calorífica 2,14-2,9 J/g K
Pelos en hojas.	Captación directa con espacio amortiguador, aumento de la resistencia térmica superficial. Los pelos crean un espacio protegido de vientos y evitan que el calor captado se disipe.
Tallos bajos, formando almohadillas sobre el suelo.	Captación directa e indirecta, con aprovechamiento del calor acumulado en la tierra. Medida de protección del viento.

Estas estrategias pasivas generales se concretan en la siguiente tabla donde se describen y pormenorizan, por analogía con la especie endémica correspondiente de cada zona o grupo. Se aconsejan aplicar para disminuir la demanda energética de calefacción.

Grupo	Altitud (m)	Tallo, ramificaciones y hojas	Estrategias
1	0-800	Protección cérea, lineares.	Captación directa con acumulación ( $T^{\circ}$ fusión de la cera 45°C).
	800-1400	Inferiores menores que las superiores, ovado espatuladas, carnosas.	Captación directa y captación retardada con acumulación.
	1400-2200	Pequeñas pelosas haz y envés, lanceoladas.	Captación directa y espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
2	0-800	Trifoliadas, pelos largos en el haz y glabras en el envés.	Captación directa y espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
	800-1400	Glabras, margen engrosado, acorazonada o extendida, en roseta, superficiales.	Captación directa. Envoltente muy aislada. Compacta.
	1400-2200	En roseta, lineal, glabra,	Captación directa. Compacta.
3	0-800	Crasa, basales pecioladas y superiores sésiles.	Captación retardada con acumulación.
	800-1400	Rosetas, pelosidad, lanceoladas.	Captación directa. Compacta. Espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
	1400-2200	Gruesas, lanceolada y glabra o ovaladas, pelosas y más en envés,	Captación retardada con acumulación y espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
4	0-800	Pecioladas, lanceolada, verde haz y blanca envés, pelosidad corta en el haz y densa plateada en el envés.	Espacios amortiguadores (aumento de la resistencia térmica superficial).
	800-1400	Estrechas, asentadas, superpuestas, gruesas y márgenes engrosados.	Captación retardada con acumulación y lazo convectivo.
	1400-2200	En rosetas, glabras, verde haz y glauco envés, margen papiloso.	Captación directa. Compacta.

Así mismo, las plantas como los humanos, tienen diferente adaptación al medio, en función de si es una situación de frío o de calor.

<b>B) En situación de calor</b>	
<b>ADAPTACIÓN BIOLÓGICA</b>	<b>ESTRATEGIA</b>
Hojas pequeñas, lineares.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias solares internas. Sombreamiento. Con disminución de la superficie de la envoltente.
Hojas pelosas.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias solares internas. Espacio amortiguador.
Cutículas gruesa, carnosa, crasa.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias conductivas. Aislamiento de la envoltente. Actuación directa de enfriamiento. Enfriamiento radiante. Techos fríos, cubiertas húmedas.
Protección cérea.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias conductivas. Aislamiento de la envoltente. Actuación directa de enfriamiento. Enfriamiento radiante. Techos fríos, cubiertas húmedas.

Margen de la hoja engrosado.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias conductivas. Aislamiento de la envolvente. Actuación directa de enfriamiento. Enfriamiento radiante. Fachadas radiantes.
Cierre de estomas durante el día.	Actuación directa de enfriamiento. enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
Disposición de las hojas inferiores menores que las superiores.	Contra el sobrecalentamiento. Reducción de ganancias solares internas. Sombreamiento.

A continuación se elabora una tabla con la descripción de las estrategias pasivas que se aconseja aplicar para disminuir la demanda energética de calefacción, por analogía con la especie endémica correspondiente de cada zona o grupo:

Grupo	Altitud (m)	Tallo, ramificaciones y hojas	Estrategias
1	0-800	Protección cérea, lineares. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos y cubiertas húmedas. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	800-1400	Inferiores menores que las superiores, ovado espatuladas, carnosas. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos y cubiertas húmedas. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	1400-2200	Pequeñas pelosas haz y envés, lanceoladas. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Espacio amortiguador. Ventilación nocturna.
2	0-800	Trifoliadas, pelos largos en el haz y glabras en el envés. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Espacio amortiguador. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	800-1400	Glabras, margen engrosado, acorazonada o extendida, en roseta, superficiales. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Fachadas radiantes. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	1400-2200	En roseta, lineal, glabra. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.

3	0-800	Crasa, basales pecioladas y superiores sésiles. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos y cubiertas húmedas. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	800-1400	Rosetas, pelosidad, lanceoladas. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Espacio amortiguador. Ventilación nocturna.
	1400-2200	Gruesas, lanceolada y glabra o ovaladas, pelosas y más en envés, Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Espacio amortiguador. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos y cubiertas húmedas. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
4	0-800	Pecioladas, lanceolada, verde haz y blanca envés, pelosidad corta en el haz y densa plateada en el envés. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Espacio amortiguador. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	800-1400	Estrechas, asentadas, superpuestas, gruesas y márgenes engrosados. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Reducción ganancias conductivas, aislamiento externo. Enfriamiento radiante. Techos fríos, cubiertas húmedas y fachadas radiantes. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.
	1400-2200	En rosetas, glabras, verde haz y glauco envés, margen papiloso. Cierre estomas durante el día.	Reducción ganancias solares internas, sombreamiento. Enfriamiento conductivo. Ventilación nocturna.

Tras la aplicación de estas estrategias, asignadas a cada grupo del estudio, se obtienen los siguientes datos:

		Demanda kWh/m <sup>2</sup> año		%	Σ %	Demanda	%	Σ %			
		Inicial	Envolve n tér mica						Mimetizaci on estrategias	mejora parcial	mejora global
		orienta. Oeste									
<b>GRUPO A:</b>											
<b>VEGA DE LÍEBANA</b>	Calef.	77,43	40,62	39,62	47,54	13,57	66,59	82,47			
Agrosti curtisii	Refri.	2,55	3,19	-139,85	-25,10	3,19	0,00	-25,10			
G1 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,98</b>	<b>43,81</b>	<b>36,14</b>	<b>45,22</b>	<b>16,76</b>	<b>61,74</b>	<b>79,04</b>			
<b>GRUPO B:</b>											
<b>REINOSA</b>	Calef.	103,01	56,89	37,15	44,77	14,29	74,88	86,13			
Centarium somedanum	Refri.	2,28	3,01	-164,04	-32,02	3,01	0,00	-32,02			
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>59,9</b>	<b>34,64</b>	<b>43,11</b>	<b>17,3</b>	<b>71,12</b>	<b>83,57</b>			
<b>ROZAS DE VALDEARROYO</b>	Calef.	103,03	56,91	37,14	44,76	15,62	72,55	84,84			
Centarium Somedanum	Refri.	2,28	3,00	-163,16	-31,58	3,00	0,00	-31,58			
G1 (800-1400)	<b>Suma</b>	<b>105,3</b>	<b>59,91</b>	<b>34,65</b>	<b>43,11</b>	<b>18,62</b>	<b>68,92</b>	<b>82,32</b>			
<b>GRUPO C:</b>											
<b>CABUÉRNIGA</b>	Calef.	77,38	37,84	35,93	51,10	13,44	64,48	82,63			
Salix cantábrica	Refri.	2,55	6,81	-86,58	-167,06	6,81	0,00	-167,06			
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,93</b>	<b>44,65</b>	<b>28,80</b>	<b>44,14</b>	<b>20,25</b>	<b>54,65</b>	<b>74,67</b>			
<b>VEGUILLA</b>	Calef.	77,38	37,83	35,85	51,11	14,62	61,35	81,11			
Salix cantábrica	Refri.	2,56	6,82	-86,85	-166,41	6,82	0,00	-166,41			
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,94</b>	<b>44,65</b>	<b>28,70</b>	<b>44,15</b>	<b>21,44</b>	<b>51,98</b>	<b>73,18</b>			
<b>VEGA DE PAS</b>	Calef.	77,41	37,89	35,86	51,05	15,39	59,38	80,12			
Salix cantábrica	Refri.	2,55	6,8	-86,81	-166,67	6,80	0,00	-166,67			
G4 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>79,96</b>	<b>44,69</b>	<b>28,74</b>	<b>44,11</b>	<b>22,19</b>	<b>50,35</b>	<b>72,25</b>			
<b>GRUPO D:</b>											
<b>PENAGOS</b>	Calef.	51,09	22,55	38,08	55,86	13,21	41,42	74,14			
Cytisus cantabricus	Refri.	2,37	6,81	-103,89	-187,34	6,96	-2,20	-193,67			
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,46</b>	<b>29,36</b>	<b>26,16</b>	<b>45,08</b>	<b>20,17</b>	<b>31,30</b>	<b>62,27</b>			
<b>SANTANDER</b>	Calef.	51,05	22,47	38,12	55,98	12,33	45,13	75,85			
Cytisus cantabricus	Refri.	2,37	6,99	-107,42	-194,94	6,99	0,00	-194,94			
G2 (0-800)	<b>Suma</b>	<b>53,42</b>	<b>29,46</b>	<b>25,76</b>	<b>44,85</b>	<b>19,32</b>	<b>34,42</b>	<b>63,83</b>			

En la última fase, se observa que las estrategias pasivas también dan su aportación a la reducción de la demanda. Así en los grupos A y B tienen una aportación parcial entre el 17 % y el 19 % y en los grupos C y D reducen la demanda entre el 20 % y 22 %.

Al final del proceso, aplicando cada una de estas fases, desarrolladas a través del comportamiento de las especies vegetales endémicas, se comprueba que se pueden reducir las demandas energéticas de calefacción y refrigeración entre un 72 % al 79 % para edificios del grupo A y C, propios de la zona de los valles; entre un 82 % al 84 % para el grupo B, propio de las viviendas de zonas altas; y entre el 62 % y 64 % para el grupo D, propio de las zonas del litoral.

También es importante resaltar que, partiendo de demandas tan dispares como son los 53, 80 y 105 kWh/m<sup>2</sup>año, el resultado reduce las demandas finales a una estrecha franja suma entre 17 y 22 kWh/m<sup>2</sup>año, donde la refrigeración se mantiene muy por debajo del límite y en calefacción se ajusta más.

Por tanto, se ha calculado la demanda energética de una vivienda tipo de 70 m<sup>2</sup> de una sola planta, de altura libre 3 m, situada en ocho localizaciones distintas. Después de mimetizar las respuestas al entorno de la especie endémica se comprueba que salvo en la demanda energética para calefacción de Rozas de Valdearroyo (15,62 kWh/m<sup>2</sup>año) y Vega de Pas (15,39 kWh/m<sup>2</sup>año), todo el resto de los parámetros cumplen con la limitación de demanda menor a 15 kWh/m<sup>2</sup>año, que se había solicitado.

Objetivos parciales	cuantificado	reducción de la demanda energética de climatización
orientación	Radiación máxima recibida sobre la envolvente durante el período de frío	2,21 % al 4,16 %
índice de compacidad	Mimetización de la compacidad de las hojas de los endemismos vegetales	2,91 % - 3,31 %
Índice de perforación	Relación entre la ganancia solar, pérdidas térmicas y transmisión térmica de los huecos en la demanda energética de climatización global	5,35 % - 14,10 %
Envolvente térmica	Transmisión térmica de los elementos constructivos de la envolvente fijados con el objetivo de alcanzar la demanda parcial de calefacción y refrigeración 15kWh/m <sup>2</sup> año	23,29 % - 33,90 %
Estrategia pasiva	Mimetización de las respuestas de las especies endémicas vegetales al entorno	17,19 % - 40,46 %
Energías renovables	La necesaria para alcanzar la demanda energética de los endemismos arquitectónicos	

Por tanto:

- La mimetización de las especies endémicas vegetales reducen la demanda energética en cuanto calefacción y refrigeración entre un 20,48% (zonas litoral ) y 43,62 % (zonas altas).
- Es alcanzable un consumo casi nulo con la mimetización de las especies endémicas, reduciendo la demanda específica de calefacción a  $\leq 15$  kWh/m<sup>2</sup>año, y la demanda de refrigeración a  $\leq 15$  kWh/m<sup>2</sup>año.

## Conclusiones general

La existencia del ser humano y su evolución ha sido cuestionada repetidamente. Muchos de los inventos del ser humano, han creado, de alguna manera, daño medio ambiental. Sin embargo, a menudo, la solución a esos problemas ya está planteada en la naturaleza.

La evolución posibilita la adaptación. La necesidad de hacer cambios, de adaptación, no es en sí una garantía de supervivencia. La supervivencia de las especies es una evolución hacia procesos de optimización de la energía.

La biomimética o biomímesis, como ciencia en reciente expansión, ya ha proporcionado muchas ideas para la ingeniería. Es una herramienta que abre un gran campo en el progreso tecnológico y ofrece modelos de cómo la naturaleza sobrevivió a lo largo de la historia. No se trata de copiar, si no de aprender. Entender, percibir el significado; para comprender, haciendo propio lo que se entiende y actuar congruentemente con ello.

Todo organismo o ser vivo, se desarrolla en un medio ambiente concreto en el que tiene su propio hábitat. Las características morfológicas y fisiológicas están relacionadas con el medio en el que se vive. El estado de inmovilidad de las plantas y de la arquitectura hace que la relación de ambas con el entorno, tengan caminos paralelos y puedan tener iguales respuestas. **Por tanto es fácilmente entendible la mimetización del comportamiento adaptativo de las especies vegetales endémicas al entorno, al concepto morfológico y sus estrategias pasivas de climatización.**

Se han descrito niveles de analogía con los que comprender mejor el ámbito de trabajo, se han analizado casos en los que se han definido el tipo de relación entre la solución natural y la técnica vernácula, donde se han visto que **las adaptaciones formales de las especies vegetales endémicas, mimetizadas en la arquitectura dan como resultado una reducción en la demanda energética.**

La naturaleza puede proporcionar inspiración a los principios técnicos de la arquitectura, por su forma, economía, eficacia, adaptación y sostenibilidad. **Las respuestas biológicas de las especies vegetales endémicas son asimilables como estrategias pasivas aplicables en la arquitectura como mejor solución en el objetivo de minimizar la demanda energética.**

La biomimética se empieza a convertir en una línea de pensamiento y por ello es aplicable a otros ámbitos del diseño, como los servicios, la gráfica o el diseño de entornos y espacios arquitectónicos. Por ello se considera necesaria la relación con biólogos y especialistas, dentro de equipos multidisciplinares, que conocen las formas de vida, sus funciones su comportamiento y las características que nos permitan traducir soluciones de la naturaleza en aplicaciones concretas en la técnica. En este sentido debemos considerar que el trabajo, aquí orientado hacia la aplicación de respuestas de especies endémicas a entornos específicos de la arquitectura, puede

tener nuevas direcciones en aspectos como sostenibilidad y eco-diseño, gestión de recursos energéticos, nuevos sistemas productivos o aplicaciones no solo especializadas en materiales.

## 15.2. Aplicaciones. Manual de la herramienta BIOVEG-Cantabria. Búsqueda de la forma óptima.

Con un programa de parametrización, Grasshopper, se ha hecho una aplicación de fácil manejo para el usuario, que se ha denominado BIOVEG-Cantabria. El usuario no tiene que profundizar en los aspectos científicos analizados en esta Tesis y puede adecuar sus diseños al entorno donde se ubica, con una reducción sustancial en la demanda energética para climatización.

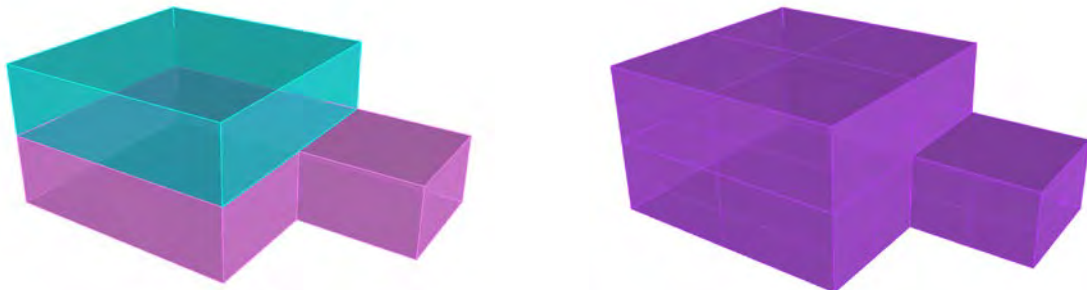
Se ha optado por el uso del programa Grasshopper por dos razones: la primera porque los resultados son de forma gráfica, lenguaje que resulta familiar y amable para el sector de los arquitectos; la segunda porque puede ser enlazable con plataformas para la aplicación de algoritmos evolutivos.

El diseñador tiene a su alcance una aplicación que le guiará en las primeras decisiones proyectuales. Conociendo las coordenadas geográficas del lugar y una volumetría inicial, la aplicación aconseja: la orientación óptima, un porcentaje de perforación, e indica si debe o no cambiar su compacidad. El proyectista toma sus decisiones y es evaluada la demanda energética anual y parciales en período de frío y calor. Si supera la demanda óptima, el proyectista puede ir modificando cada uno de los parámetros anteriores según las indicaciones hasta que la demanda sea óptima o decida el proyectista. Finalmente según la ubicación señalizada y si no se llega a la demanda óptima, la aplicación aconseja unas estrategias bioclimáticas mimetizadas del comportamiento de la especie endémica correspondiente, con el fin de disminuir la demanda energética en período frío o caluroso o ambos.

Los pasos a seguir por el usuario están identificados en el margen izquierdo, marcados en un recuadro como "inputs del usuario", son:

**1. Coordenadas geodésicas.** Se sitúa la parcela con el vector (latitud, longitud) en grados decimales.

**2. Volumetría del modelo.** Se dibuja el volumen de cada planta y después se unen con una operación "boolean union".



**3. Orientación del modelo.** Se selecciona "true" para el cálculo de las tres posibles mejores orientaciones. Una vez finalizado el cálculo, el usuario puede seleccionar o no una de las tres mejores orientaciones. Si se optase por no cambiar la orientación, se

volvería y dejaría en "false" el botón de reorientar. En la pantalla del modelo se tiene la posibilidad de ver cada una de estas orientaciones.

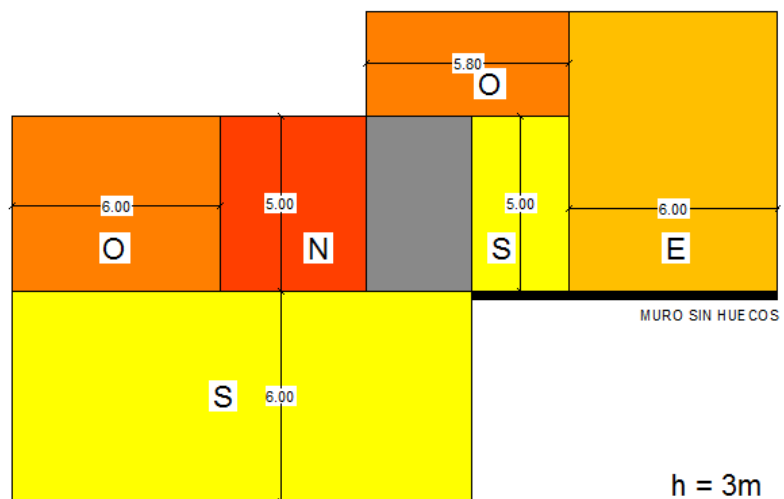
**4. Perforación.** Se aconsejan unos porcentajes de perforación, pero el usuario tiene la posibilidad de modificarlos de acuerdo con su diseño arquitectónico y ajustando la demanda energética final. Si se tienen varias fachadas en la misma orientación, pero en distintos planos, el porcentaje de perforación resultante se obtendrá de la forma siguiente:

$$P_{eq} = \frac{\sum(S_F * P)}{\sum S_F}$$

siendo:  $P_{eq}$  Perforación equivalente (%)  
 $S_F$  Superficie de cada fachada (m<sup>2</sup>)  
 $P$  Perforación de cada fachada (%)

**5. Superficie construida interior.** Es la suma de superficie total interior. Si son dos plantas se computará la segunda planta también. Los espacios abiertos no computarán.

**6. Superficies afectadas por orientación.** El usuario identificará las superficies afectadas por cada orientación (norte, este, sur y oeste) y por planta. Primero se seleccionan aquellas fachadas con orientación predominante sur, entre el sureste y el suroeste (-45° a +45°). De este frente se traza una paralela a una distancia 2 veces la altura libre de la planta y se calcula el área entre ambas líneas. Se hace la misma operación con las fachadas de orientación este y oeste y por último con la fachada norte. En las esquinas se selecciona la orientación más afectada por las ganancias solares, el sur es predominante al este u oeste, a menos que ésta no tenga huecos. El este y oeste son predominantes al norte. Y, en caso de que la planta sea menor de 4 veces la altura libre y se solapen este y oeste, es el oeste el predominante. Las esquinas cóncavas no se tendrán en cuenta. Las superficies que no estén afectadas por las orientaciones se verán afectadas por la cubierta. Se adjunta un ejemplo en la figura inferior:



Una vez rellenado los datos requeridos, el usuario accede a la derecha en la franja de resultados:

**1. Condiciones para las coordenadas geográficas indicadas.** El usuario puede ver las condiciones que se van a exigir debido a la situación de la parcela, taxón vegetal que se toma como referencia, condiciones de humedad del terreno, viento y altitud, y los índices de compacidad.

**2. Resultados de compacidad.** Se aporta la compacidad del modelo indicando el valor óptimo y se valora según los criterios de las condiciones anteriores. Se da como "correcto" si cumple las condiciones mínimas, y como "óptimo" si se ajusta a las condiciones del taxón.

**3. Exportar el modelo final.** El usuario puede exportar su modelo final reorientado.

**4. % de perforación.** Resultado del coeficiente de perforación con las correcciones por reorientación.

**5. Demandas energéticas.** Se pueden ver las demandas debidas a la calefacción y refrigeración final, se indica su cumplimiento y si no se cumple aparecen las estrategias pasivas recomendadas.

La forma final no tiene porque ser prismática, dependerá de la creatividad del usuario, ya que el programa parte de una idea inicial. Por simplicidad en la demostración aparecerán figuras geométricas simples, pero pueden llegar a ser tan complejas como se desee.

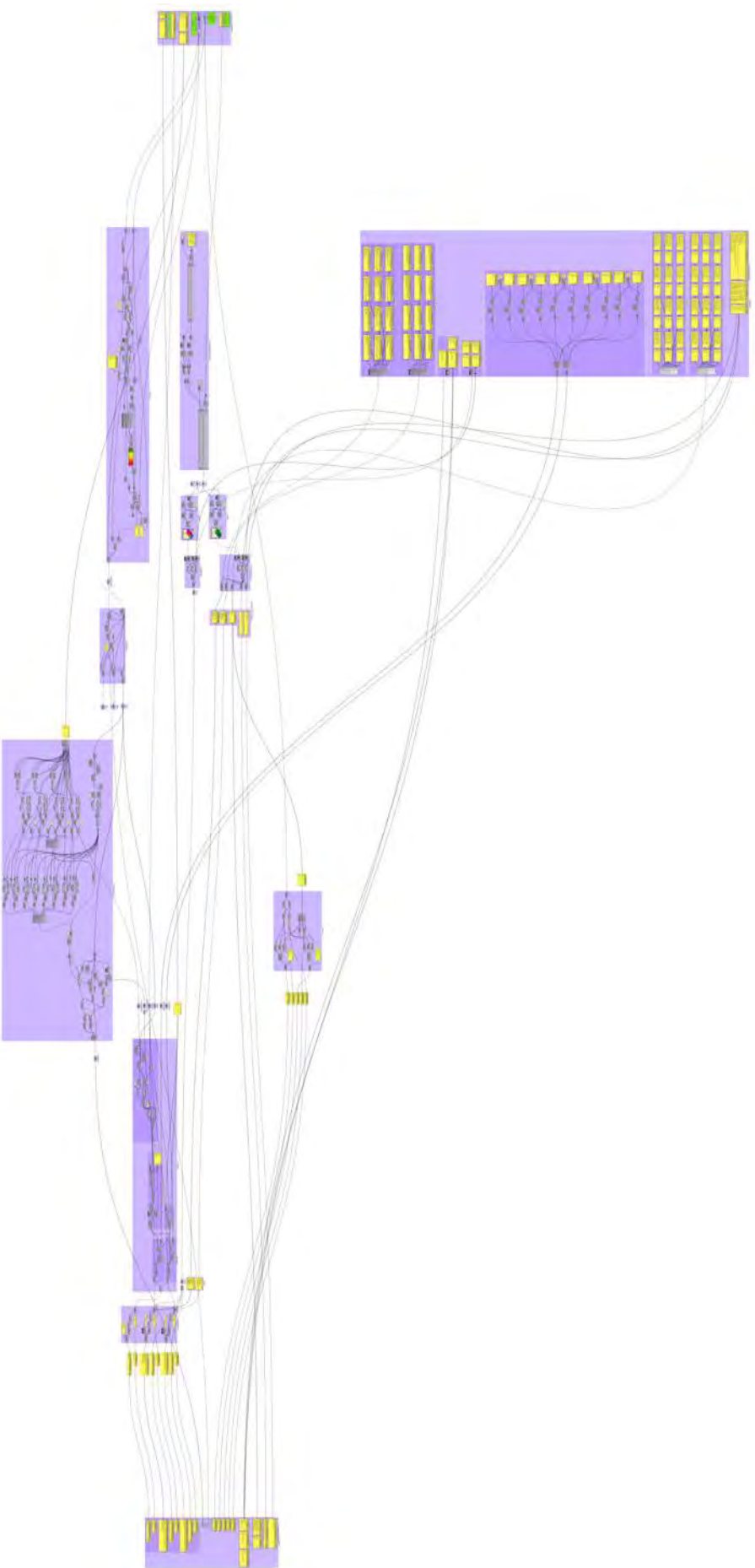


Figura 223. Mapa global de la aplicación.

La programación evolutiva no ganó popularidad hasta que Richard Dawkins escribió el libro *El relojero ciego* en 1.986, con la inclusión de un programa que generaba una corriente interminable de cuerpos llamados "bio-morfos" basados en la selección humana.

Desde este momento la computación evolutiva ya no es una herramienta para programadores. Galápagos es una plataforma genérica para la aplicación de algoritmos evolutivos y puede ser utilizado en una amplia variedad de problemas por no programadores.

A partir de la base creada se aplica Galápagos para buscar la forma óptima a partir de los parámetros fijados en la Tesis. Se han introducido dos modelos, uno con forma prismática y otro con forma de burbuja.

El modelo de forma prismática contiene tres variables: lado A, lado B y la altura H, valores o genes que se autoriza cambiar para conseguir el objetivo, la forma óptima de mínima demanda energética. Estas tres variables o genes se van modificando de acuerdo a los parámetros fijados o genomas, con valores específicos:

1. Se limita la relación entre el lado A y B a la proporción 1:5
2. Se limita un volumen objetivo de la edificación
3. Coeficiente de compacidad según la mimesis de las especies vegetales
4. Coeficiente de perforación según demanda energética anual
5. Orientación fijada según radiación con la aplicación Diva
6. Transmitancia de los elementos constructivos de la envolvente intrínsecos en el cálculo de la demanda energética
7. Función que se busca minimizar es:

$$D * \left( \left| \frac{V_{inicial}}{V_{objetivo}} - 1 \right| + 1 \right)^{10} * \left( \left| \frac{C_{inicial}}{C_{objetivo}} - 1 \right| + 1 \right)^{10}$$

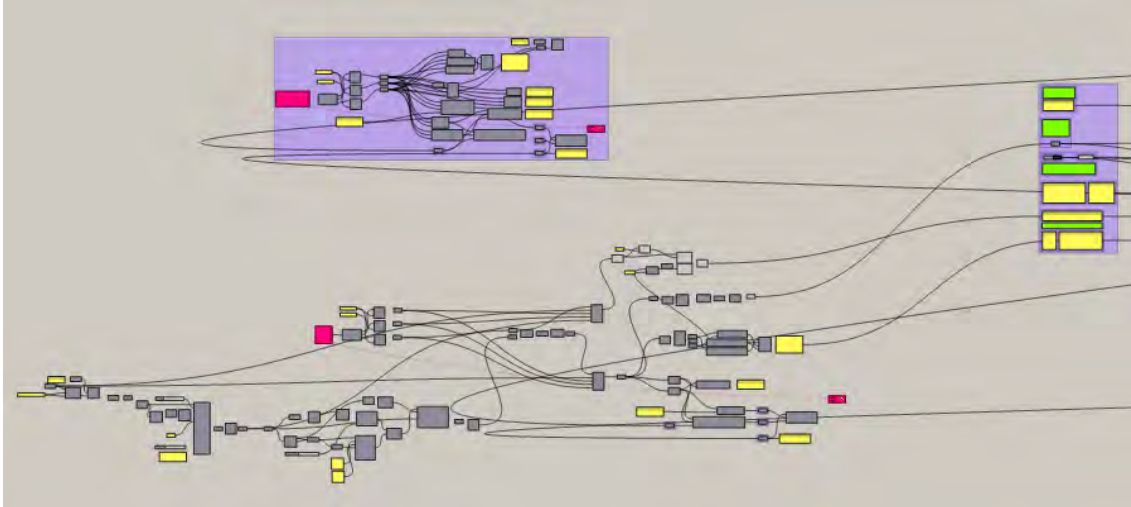
siendo:

- D = demanda energética
- V = volumen
- C = coeficiente de compacidad

La ecuación se potencian los términos de volumen y coeficiente de compacidad para que los valores en la selección sean mayores de 1.

El modelo de forma de burbuja contiene tres variables: radio menor A, radio mayor B y la altura H o presión ejercida, valores o genes que se autoriza cambiar para conseguir el objetivo, la forma óptima de mínima demanda energética. Estas tres variables o genes se van modificando de acuerdo a los parámetros fijados o genomas, con valores específicos idénticos al modelo de forma prismática.

En la siguiente figura se muestra lo que se añade al mapa de la aplicación inicial.



La aplicación, Galápagos, evalúa la idoneidad de cada uno de los parámetros o genomas y llega a un compromiso final, la forma óptima de mínima demanda energética.

Se muestra como ejemplo dos modelos introducidos, forma prismática y forma de burbuja, considerando la localización cerca de Santander.

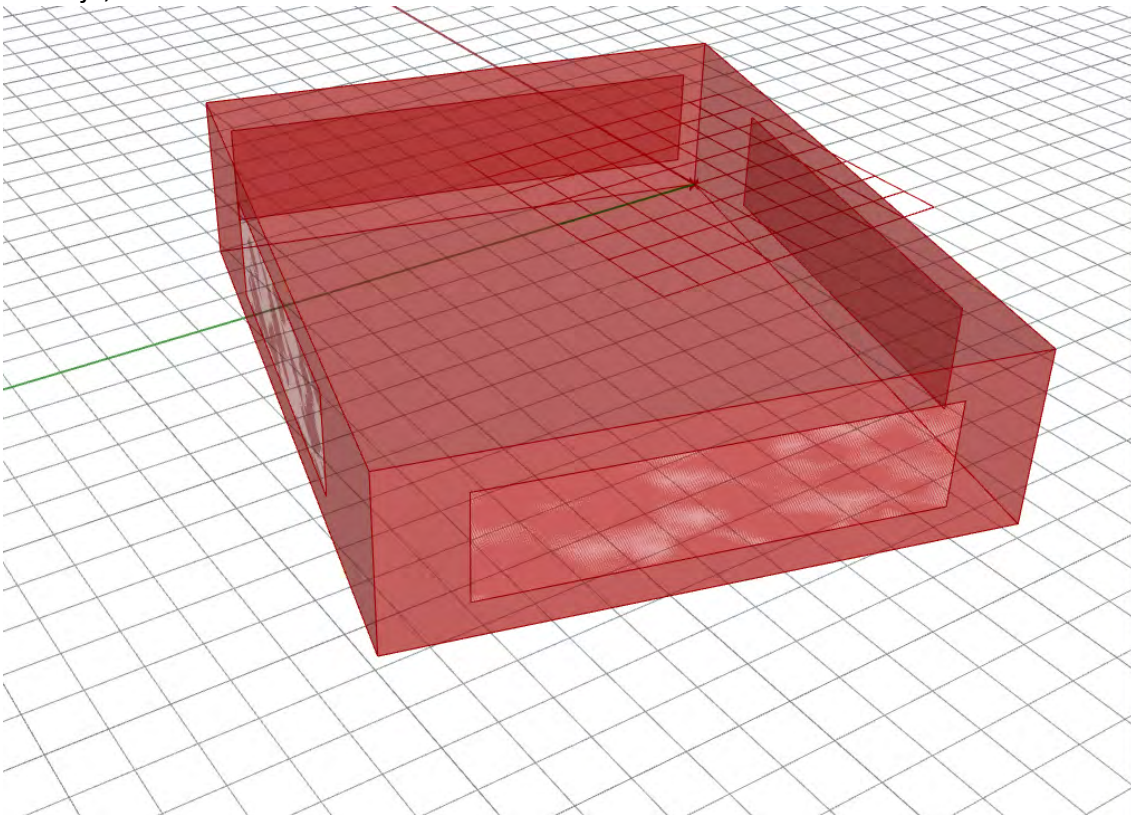


Figura 240. Modelo prismático optimizado

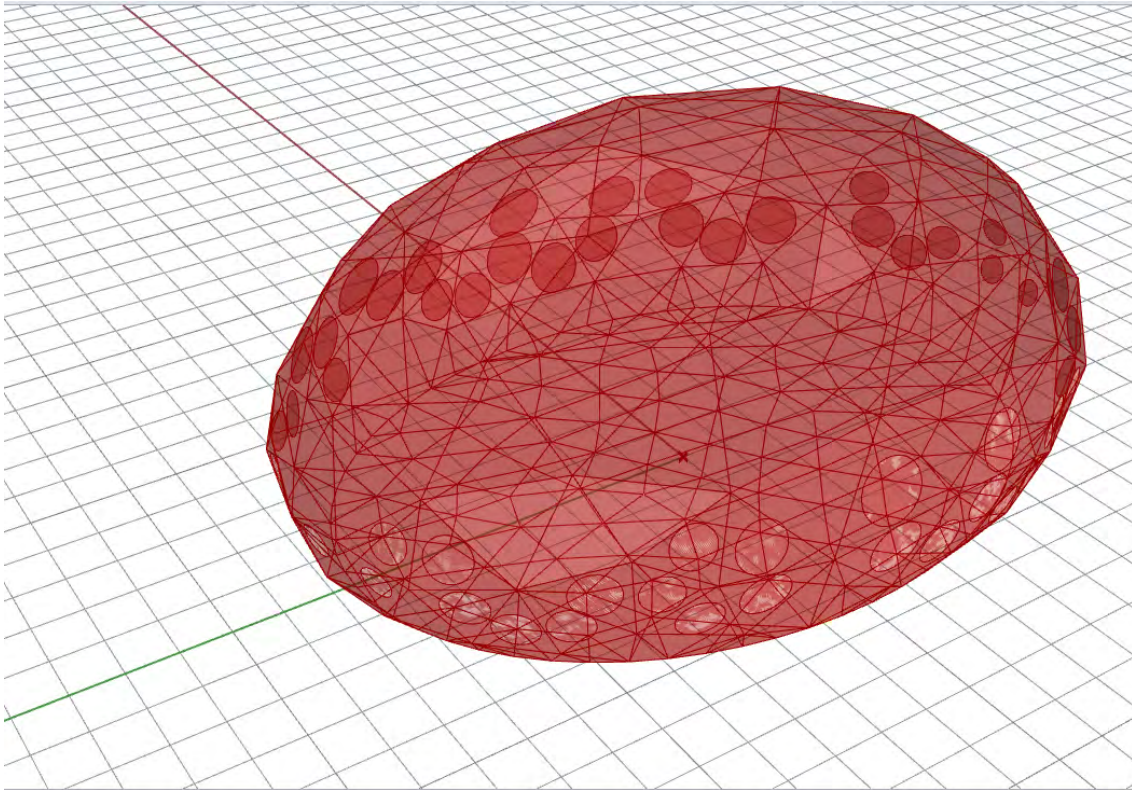


Figura 241. Modelo burbuja optimizado

La demanda energética del modelo prismático es de  $14,97 \text{ kW/hm}^2$  año y en la forma de burbuja de  $14,57 \text{ kW/hm}^2$  año. Aunque la diferencia no es muy apreciable, la forma de burbuja tiene una demanda energética menor, es más eficiente.

Esto es el comienzo que se deja abierto para un estudio de formas más complejas y con un número de variables, genes, mayor.

### **15.3. Aportaciones.**

Por un lado nombrar que esta Tesis que se realiza en la E.T.S. de Arquitectura de Madrid referente al biomimetismo parametrizado de especies vegetales con respecto a la arquitectura, no he encontrado precedentes, por lo que no se ha contado con documentación al inicio de este trabajo, y mucho menos, relacionado con la forma de adaptación de ambos, en pro de la optimización en la reducción de demanda energética.

Ha sido necesario un esfuerzo especial en el estudio de un campo totalmente nuevo, que es la biología. Espero que sea el germen de nuevas líneas de investigación multidisciplinarias.

El objetivo de esta Tesis ha consistido en la cuantificación de los parámetros analizados, creando espacios arquitectónicos de cualidades intermedias que atemperan las condiciones climáticas del lugar, microclimas propios; y como consecuencia reduciendo la demanda energética.

Como aportación principal es la demostración de que las adaptaciones biológicas de los endemismos vegetales son una fuente de inspiración y conocimiento trasladable a la arquitectura en busca de soluciones de mejora en la demanda energética.

#### **15.4. Futuras líneas de investigación.**

Queda mucho labor aun por realizar. En este estudio ha sido una aportación llevada a la zona de Cantabria. Como trabajo futuro de continuidad a esta Tesis se propone llevar la metodología a otras zonas de la península y continuar con la expansión a otras zonas de la geografía europea, etc.

Otro de los caminos aun sin desarrollar y que he dejado abierto en esta Tesis es la cuantificación de la perforación partiendo de los estomas de las especies vegetales. Las hojas alteran su perforación a través de los estomas. Ante un exceso de insolación y luz, las hojas reducen el número de estomas. Si por el contrario, hay escasez de insolación y luz, las hojas aumentan el número de estomas. La apertura o cierre de los estomas variará según la temperatura; a mayor temperatura las hojas cierran sus estomas y cuando las temperaturas bajan, las hojas los abren para transpirar. Por tanto se podría saber el porcentaje de huecos adecuado si relacionamos el número de estomas y su tamaño con la superficie de la hoja. Desafortunadamente no se han localizado datos fehacientes del número de estomas de las especies endémicas seleccionadas, por lo que este camino de investigación aún queda abierto para comprobar si es trasladable a un objeto arquitectónico. Este sería un trabajo multidisciplinar al menos entre biólogos y arquitectos.

En esta Tesis se ha profundizado en los taxones vegetales por su inmovilidad al igual que la arquitectura, pero se podría investigar en los taxones animales y sus adaptaciones biológicas al medio, siendo incorporadas y trasladadas a la arquitectura.

La aplicación diseñada es la base para la búsqueda de nuevas formas más complejas que garanticen que la forma generada, con los parámetros estudiados en esta tesis, es la más adecuada para el objetivo buscado, mínima demanda energética.

Y por último, se puede llevar la aplicación a entornos BIM para conocer con antelación las adaptaciones biológicas de la zona y adaptar el proyecto con las medidas adecuadas.

Cada vez estamos más cerca de que la sociedad utilice más eficientemente los recursos con menores costes energéticos y medioambientales. En esta línea es en la que se ha inspirado el espíritu de este trabajo, con la esperanza de aportar un pequeño grano de arena en este campo de investigación que se abre cada vez con mayor interés social y científico.



## ANEXOS



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemaný, Jordi. (2009). *El futuro está en la naturaleza*. Revista EcoHabitar número 22.
- Aedo, Carlos. Cordón, J. Carlos. Diego, Concepción. Moreno, Gonzalo. (1990). *El bosque en Cantabria*. Universidad de Cantabria/ Asamblea regional de Cantabria.
- Armendáriz Míreles, E.N. Carbo Vela, P.C.Hernández Bocanegra, C.A. López Hernández, J. Martínez Peña, E. Rocha Rangel, E. Rodríguez García, J.A. (2014) *Ingeniería bioinspirada*. Universidad Politécnica de Vitoria.
- Benyusn Janine M. (1998). *Biomimicry. Innovation Inspired by Nature*. Editorial Harper Perennial.
- Calduch Cervera, J. (2014). *Textos diseminados. En torno a la arquitectura*. Publicaciones de la universidad de Alicante.
- Castroviejo, S., Lainz M, López González, G. (coord. gen.). 1986-2012. *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. volúmenes del I al XX*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Ceballos, Andrés. (1998). *Plantas de nuestros campos y bosques*. Editorial Andriala.
- Cedrero Uceda, Antonio. Díaz de Terán Mira, José Ramón. (1986). *Guía de la naturaleza de Cantabria*. Librería Estudio Santander.
- Collins, M. W. Brebbia, C.A. (2004). *Design and nature II: comparing design in nature with science and engineering*. Editorial WIT Press, Reino Unido.
- Collins, M.W. Atherton M.A. Bryant, J.A. (2005). *Nature and Design*. Editorial WIT Press, Reino Unido.
- Dawlyn, M. (2011). *Biomimicry in architecture*. Riba Publishing.
- Díaz González, T.E. y Fernández Prieto, J.A. (2005 ). *Prados y pastos cantábricos: Origen y Diversidad. Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. II)*. Aérea de Botánica. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo.
- Dollens, Dennis. D-BA2 (2009). *Digital Botanic Architecture 2*. Santa Fe: Editorial Lumen. Disponible a: <http://exodesic.org/TrussImages/DBA2-150.pdf>
- Dollens, Dennis (2002). *De lo digital a lo analógico*. Editorial Gustavo Gili.
- Estévez, Alberto y colaboradores. (2009). *Arquitecturas genéticas III: nuevas técnicas biológicas y digital*. Ediciones ESARQ, Universidad Internacional de Catalunya.

- Feduchi, L. (1975). *Itinerarios de arquitectura popular española: La orla cantábrica, la España del hórreo (Volumen II)*. Editorial Blume, Barcelona.
- Fernandez - Galiano, Luis y colaboradores. (1984). *Arquitectura, técnica y naturaleza en el caso de la modernidad*. Curso de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, monografías de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda, Madrid.
- Flores, C. (1973). *Arquitectura popular Española. Tomo II*. Aguilar S.A. ediciones, Madrid.
- Galán Cela, Pablo. Gamarra, Roberto. García Viñas, Juan Ignacio. (2003). *Árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Editorial Jaguar.
- Gandullo Gutiérrez, J.M. ((1985). *Ecología Vegetal*. Fundación Condal del Valle de Salazar: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Givoni, B. (1969). *Man, Climate and Architecture*. Elsevier architectural science series. Elsevier Publishing Company LTD.
- González, Díaz, Fernández Prieto T.E. Fernández Prieto J.A. (1994). *Itinera Geobotánica*, volumen 8. Asociación Española de Fitosociología (AEFA).
- Grimshaw, Nicholas. Moore, Rowan. Powell, Kenneth. (1993). *Struture, space and skin: the work of Nicholas, Grimshaw and partners*. Editorial Phaidon.
- Hensell, Michael. Menges, Achim. Weinstock, Michael.(2004). *AD 169: Emergence. Morphogenetic design strategies*. Editorial Wiley Academy.
- Hensell, Michael. (2005). *Animal Architecture. Oxford Animal Biology series*. Editorial Oxford University Press.
- Hensell, Michael. Menges, Achim. Weinstock, Michael.(2006) "*AD 180: Techniques and Technologies in morphogenetic design*", Editorial Wiley Academy.
- Huetz de Lemp, A. (2005) *La vegetación de la tierra*. Editorial Akal S.A.
- Heredia, Nemesio y colaboradores. (2003). *Parque Nacional de los Picos de Europa*. Esfagnos.
- Izco, Jesús. Barrueno, E. Brugués M. y colaboradores. (1997). *Botánica*. Editorial McGraw Hill Interamericana.
- Jiménez-Alfaro, B., Bueno Sánchez, G.A., Fernández Prieto J.A. (2005) *Ecología y conservación de Centarium Smedanum M. Lainz (Gentianaceae), planta endémica de la cordillera Cantábrica*. Revista de ecología de montaña. Vol.160 Pg. 45-68.

Luceño, Modesto. Vargas, Pablo. (1995). *Guía botánica de los Picos de Europa*. Jardín Botánico de Madrid, CSIC, Ediciones Pirámide.

Llorens Durán, Josep Ignasi. (2008). *Zoomorfismo y bio-arquitectura. Entre la analogía formal y la aplicación de los principios de la naturaleza*. Departament de Construccions Arquitectòniques I, Universitat Politècnica de Catalunya. Conference report: II Jornadas de investigación en construcción: Actas de las Jornadas. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. España. <http://hdl.handle.net/2117/2156>

Macnab, M. (2012). *Design by nature: using universal form and principles in design*. New Riders.

Mazzoleni, LL. (2013). *Architecture follows nature - biomimetic principles for innovative design*. CRC Pres Inc.

Montserrat, P. Y Losa, T.M. (1954). *Nueva aportación al estudio de la flora de los montes cántabro-leonese*. Instituto A.J. Cavanilles.

Montserrat, Pedro. Villar, Luis. (1972). *El endemismo Ibérico. Aspectos ecológicos y fitotopográficos*. Boletín da Sociedade Broteriana. Vol. XLVI (2º serie).

Olgay, Victor (1963). *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton Univerity Press.

Pardo de Santayana, Manuel (2003). *Las plantas en la cultura tradicional de la antigua merindad de Campoo*. Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, sección biológicas, departamento de biología, unidad de botánica. Tesis doctoral.

Passino, K.M. (2005). *Biomimicry for optimization, control and automation*. Springer-Verlag, London.

Pearce, Peter. (1978). *Structure in nature: is as strategy for design*, The MIT Press Cambridge, London.

Riechmann, Jorge. (2006). *Biomímesis: el camino hacia la sustentabilidad*. [http://www.losverdesdeandalucia.org/documentos/EL\\_CAMINO\\_HACIA\\_LA\\_SUSTENTABILIDAD.pdf](http://www.losverdesdeandalucia.org/documentos/EL_CAMINO_HACIA_LA_SUSTENTABILIDAD.pdf)

Riechmann, Jorge. (2003). *Biomímesis*. Revista El Ecologista, no 36. <http://www.ecologistasalcalah.org/docs/curso/Biomimesis.pdf>

Rivas Martínez, S. (2007). *Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España: Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Parte I*. Itinera Geobotánica 17: 5-436.

Romero García, A.T., Blanca López, G. Y Morales Torres, C. (1988). *Revisión del género Agrostis L. (Poaceae) en la Península Ibérica*. Monografías del Real Jardín Botánico, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, tomo 7.

Ruiz de la Riva, E. (1991). *Casa y aldea en Cantabria. Un estudio sobre la arquitectura del territorio en los valles de Saja-Nansa*. Ediciones de Librería Estvio y Servicio de publicaciones de la Universidad de Cantabria.

Sánchez de Lorenzo Cáceres, J. M. (2001). *Guía de las plantas ornamentales*. Editorial Mundi-Prensa (MP).

Saha, S.K. Celata, G.P. (2011). *Advances in modelling of biomimetic fluid flow at diferents scales*. Nanoscale Research Letters, vol. 6, no.344.

Saiz Ollero, Helios. Moreno Saiz, Juan Carlos. (1989). *Aproximación a la bibliografía florística básica de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Bot. Complutensis 15: 175-202.

Serra Florensa, Rafael. Coch Roura, Helena. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya S.L.

Serrada, R. (2008). *Apuntes de Selvicultura*. Servicio de Publicaciones EUIT Forestal. Madrid,

Songel, Juan María (2008) "*Frei Otto. Conversación con Juan María Songel*", Editorial Gustavo Gili.

Stedman, Philip. (1982). *Arquitectura y Naturaleza. La analogía biológica en el diseño*. Ediciones Blume.

Tsui, Eugene. (1999). *Evolutionary architecture: nature as a basis for design*. Editorial John Wiley.

Vázquez, Víctor M. (1986). *El bosque Atlántico*. Ediciones MOPU.

<http://www.anthos.es/>. Sistema de información sobre las plantas de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

<http://biomimicry.org>

<http://www.biomimetic-architecture.com>

<http://www.cantabria.es/>. Visualizador de información geográfica. Gobierno de Cantabria.

<http://designarecon.unibo.it/article/viewFile/1941/1324>

<https://dmsp.digital.eca.ed.ac.uk/blog/performativedesign2012/category/digital-biomimetics>

<http://www.floravascular.com/>. Flora vascular. Creado por Francisco Gálvez con PHP y MySQL.

[http://geneticarchitectures.weebly.com/research\\_group.html](http://geneticarchitectures.weebly.com/research_group.html)

<http://liquidtriangle.blogspot.com.es/p/about-us.html>

<https://jmassey.expressions.syr.edu/organicism>

<http://www.rjb.csic.es/floraiberica/>. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Real Jardín Botánico, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



## REFERENCIAS FIGURAS Y TABLAS

- Tabla 1. Ecosistema. Elaboración propia.
- Tabla 2. Categorías de endemidad según C. Favarger y J. Contandriopoulos
- Tabla 3. Ombrotipos en los distintos macrobioclimas del mundo, según Alcaraz F.J.
- Tabla 4. Termotipos en el clima templado, según Alcaraz F.J.
- Tabla 5. Adaptaciones vegetales al medio según la cantidad de agua. Elaboración propia basada en escrito Prof. Alberto J.A. Biogeografía y Geografía ambiental 2009.
- Tabla 6. Relación de los índices de aridez y el clima. Elaboración propia basada en escrito Huetz de Lemps, A. 2005.
- Tabla 7. Tipos, subtipos y niveles de continentalidad simple (Ic) que se reconocen en la Tierra.
- Tabla 8. Constantes según los rasgos de adaptación. Elaboración propia.
- Tabla 9. Condiciones bioclimáticas según adaptaciones biológicas. Elaboración propia.
- Tabla 10. Constantes ecológicas. Elaboración propia.
- Tabla 11. Compacidad según Serra, Forma optima según Olgyay y Compatibilidad según CTE, de las hojas de las especies endémicas.
- Tabla 12. Compacidad según Serra, Forma optima según Olgyay y Compatibilidad según CTE, de las tipologías de arquitectura popular.
- Tabla 13. Valores del Índice de Compacidad para cada una de las zonas de Cantabria, según la ubicación de las especies vegetales endémicas.
- Tabla 14. Simulación energética con el programa Vasari para las diferentes índices de compacidad.
- Tabla 15. Simulación con el programa Vasari de las necesidades energéticas con diferentes índices de compacidad.
- Tabla 16. Objetivos de demanda energética.
- 
- Figura 1. Mapa Cantabria y situación geográfica.
- Figura 2. Mapa físico de Cantabria.
- Figura 3. Fotografías comarca “La Marina” y “La Montaña”.
- Figura 4. Mapa de las comarcas en Cantabria.
- Figura 5. Mapa relieve Cantabria. Se divide en dos zonas según naturaleza del sustrato.
- Figura 6. Afloramientos de piedra caliza en Cantabria.
- Figura 7. Respuesta de la fotosíntesis y de la respiración al aumento de la temperatura. (Harold, 1984).
- Figura 8 Efecto de la fracción de cabina cubierta (porcentaje de densidad de la corona) sobre la penetración de la luz (Spurr 1982).
- Figura 9. Los Picos de Europa desde Lamedo.
- Figura 10. Distribución temperatura media anual en Cantabria 1981-2010. Meteoruco.
- Figura 11. Distribución precipitación media anual en Cantabria 1981-2010. Meteoruco.
- Figura 12. Ombrotipos de la España Peninsular y Balear. Servicio Cartografía de la Universidad de Navarra, Botánica. (M.L. López Fernandez, M.S. López F. Y S. Piñas Arteta).
- Figura 13. Localización tipología Casa Montañesa.
- Figura 14. Localización tipología Casa Montañesa, variante A.
- Figura 15. Localización tipología Casa Montañesa, variante B.

Figura 16. Localización tipología Casa Montañesa, variante C.  
Figura 17. Localización tipología Casa Montañesa, variante D.  
Figura 18. Localización tipología Casa Montañesa, variante E.  
Figura 19. Localización tipología Casa Pasiega.  
Figura 20. Localización tipología Casa Litoral.  
Figura 21. Datos salida programa Meteonorm, clima Santander.  
Figura 22. Temperatura media, máxima, mínima, radiación directa e indirecta. Clima Santander.  
Figura 23. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Santander.  
Figura 24. Clasificación climática de Santander.  
Figura 25. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, clima Santander.  
Figura 26. Condiciones climáticas del día más frío del año, clima Santander.  
Figura 27. Estrategias bioclimáticas, clima Santander.  
Figura 28. Análisis de viento en los meses de más temperatura, clima Santander.  
Figura 29. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima Santander.  
Figura 30. Datos salida programa Meteonorm, clima Vega de Pas.  
Figura 31. Temperatura media, máxima, mínima, radiación directa e indirecta. Clima Vega de Pas.  
Figura 32. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Vega de Pas.  
Figura 33. Clasificación climática de Vega de Pas.  
Figura 34. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, clima Vega de Pas.  
Figura 35. Condiciones climáticas del día más frío del año, clima Vega de Pas.  
Figura 36. Estrategias bioclimáticas, clima Vega de Pas.  
Figura 37. Análisis de viento en los meses de más temperatura, clima Vega de Pas.  
Figura 38. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima Vega de Pas.  
Figura 39. Datos salida programa Meteonorm, clima Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 40. Temperatura media, máxima, mínima, radiación directa e indirecta. Clima Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 41. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 42. Clasificación climática de Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 43. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, clima Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 44. Condiciones climáticas del día más frío del año, clima Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 45. Estrategias bioclimáticas, clima Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 46. Análisis de viento en los meses de más temperatura, clima Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 47. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima Las Rozas de Valdearroyo.  
Figura 48. Datos salida programa Meteonorm, clima Vega de Liébana.  
Figura 49. Temperatura media, máxima, mínima, radiación directa e indirecta. Clima Vega de Liébana.  
Figura 50. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Vega de Liébana.  
Figura 51. Clasificación climática de Vega de Liébana.  
Figura 52. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, clima Vega de Liébana .  
Figura 53. Condiciones climáticas del día más frío del año, clima . Vega de Liébana

Figura 54. Estrategias bioclimáticas, clima Vega de Liébana.  
Figura 55. Análisis de viento en los meses de más temperatura, clima Vega de Liébana.  
Figura 56. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima Vega de Liébana.  
Figura 57. Datos salida programa Meteonorm, clima Reinosa.  
Figura 58. Temperatura media, máxima, mínima, radiación directa e indirecta. Clima Reinosa.  
Figura 59. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Reinosa.  
Figura 60. Clasificación climática de Reinosa.  
Figura 61. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, clima Reinosa .  
Figura 62. Condiciones climáticas del día más frío del año, clima Reinosa.  
Figura 63. Estrategias bioclimáticas, clima Reinosa.  
Figura 64. Análisis de viento en los meses de más temperatura, clima Reinosa.  
Figura 65. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima Reinosa.  
Figura 66. Datos salida programa Meteonorm, clima Veguilla.  
Figura 67. Temperatura media, máxima, mínima, radiación directa e indirecta. Clima Veguilla.  
Figura 68. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Veguilla.  
Figura 69. Clasificación climática de Veguilla.  
Figura 70. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, clima Veguilla .  
Figura 71. Condiciones climáticas del día más frío del año, clima Veguilla.  
Figura 72. Estrategias bioclimáticas, clima Veguilla.  
Figura 73. Análisis de viento en los meses de más temperatura, clima Veguilla.  
Figura 74. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima Veguilla.  
Figura 75. Datos salida programa Meteonorm, clima Penagos.  
Figura 76. Temperatura media, máxima, mínima, radiación directa e indirecta. Clima Penagos.  
Figura 77. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Penagos.  
Figura 78. Clasificación climática de Penagos.  
Figura 79. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, clima Penagos .  
Figura 80. Condiciones climáticas del día más frío del año, clima Penagos.  
Figura 81. Estrategias bioclimáticas, clima Penagos.  
Figura 82. Análisis de viento en los meses de más temperatura, clima Penagos.  
Figura 83. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima Penagos.  
Figura 84. Datos salida programa Meteonorm, clima Cabuérniga.  
Figura 85. Temperatura media, máxima, mínima, radiación directa e indirecta. Clima Cabuérniga.  
Figura 86. Humedad relativa media, máxima y mínima. Clima Cabuérniga.  
Figura 87. Clasificación climática de Cabuérniga.  
Figura 88. Condiciones climáticas del día más caluroso del año, clima Cabuérniga .  
Figura 89. Condiciones climáticas del día más frío del año, clima Cabuérniga.  
Figura 90. Estrategias bioclimáticas, clima Cabuérniga.  
Figura 91. Análisis de viento en los meses de más temperatura, clima Cabuérniga.  
Figura 92. Análisis de técnicas pasivas aplicadas en el diseño. Clima Cabuérniga.  
Figura 93. Plano situación Agrostis Curtisii.  
Figura 94. Plano situación Allium Palentinum.  
Figura 95. Plano situación Anemone Baldensis.  
Figura 96. Plano situación Aquilegia Pyrenaica.

- Figura 97. Plano situación Armenia Cantábrica.
- Figura 98. Plano situación Artemisa Cantábrica.
- Figura 99. Plano situación Campanula Arvatica.
- Figura 100. Plano situación Centarium Somedanum.
- Figura 101. Plano situación Cytisus Cantabricus.
- Figura 102. Plano situación Daboecia Cantábrica.
- Figura 103. Plano situación Festuca Burnatii.
- Figura 104. Plano situación Genista Legionensis.
- Figura 105. Plano situación Genista Obtusiramea.
- Figura 106. Plano situación Jasione Cavanillesii.
- Figura 107. Plano situación Linaria Alpina.
- Figura 108. Plano situación Narcissus Asturianensis.
- Figura 109. Plano situación Petrocoptis Glaucifolia.
- Figura 110. Plano situación Potentilla Nivalis.
- Figura 111. Plano situación Salix Cantábrica.
- Figura 112. Plano situación Saxifraga Canaliculata.
- Figura 113. Plano situación Saxifraga Conifera.
- Figura 114. Plano situación Sempervivum Cantabricum.
- Figura 115. Plano situación Verónica Mampodrensis.
- Figura 116. Casa Pasiega, soleamiento el 21 de diciembre y 21 de junio a las 13:00h.
- Figura 117. Planta tipología casa Pasiega.
- Figura 118. Modelo de tipología casa Pasiega introducido en el Design Builder.
- Figura 119. Gráfico temperatura en período octubre-marzo en espacio bajo cubierta y espacio salón (1º planta).
- Figura 120. Tabal de datos de temperatura y ganancias en el espacio salón (1º planta) período octubre-marzo.
- Figura 121. Gráfico temperatura en período octubre-marzo en espacio cuadra.
- Figura 122. Tabla de datos de temperatura y ganancias en el espacio cuadra, período octubre-marzo.
- Figura 123. Gráfico de ganancias y pérdidas en el espacio salón (1º planta), período octubre-marzo.
- Figura 124. Gráfico temperatura en período abril-septiembre en espacio bajo cubierta.
- Figura 125. Gráfico temperatura y ventilación en período abril-septiembre en espacio salón (1º planta).
- Figura 126. Tabla de datos de temperatura y ganancias en período abril-septiembre en espacio salón (1º planta).
- Figura 127. Gráfico temperatura y ventilación en período abril-septiembre del espacio planta baja, cuadra.
- Figura 128. Tabla de datos de temperaturas y ganancias en período abril-septiembre del espacio cuadra.
- Figura 129. Gráfico de ganancias y pérdidas en el espacio salón, período abril-septiembre.
- Figura 130. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Pasiega.
- Figura 131. Planta de la Casa Montañesa.
- Figura 132. Casa Montañesa, soleamiento el 21 de diciembre y 21 de junio a las 13:00h.
- Figura 133. Modelo de tipología casa Montañesa introducido en el Design Builder.

- Figura 134. Gráfico temperatura en período octubre-marzo en espacio bajo cubierta y espacio salón (1º planta).
- Figura 135. Tabla de datos de temperaturas y ganancias en el espacio salón para el período de octubre a marzo.
- Figura 136. Gráfico ganancias y pérdidas en el espacio salón, período octubre-marzo.
- Figura 137. Gráfico de temperaturas, ganancias y pérdidas en el espacio de la cuadra de planta baja.
- Figura 138. Tabla de datos de temperaturas, ganancias y pérdidas del espacio cuadra de planta baja.
- Figura 139. Gráfico de temperaturas, ganancias y pérdidas en el dormitorio 3.
- Figura 140. Tabla de datos de temperaturas, ganancias y pérdidas del dormitorio 3.
- Figura 141. Gráfico de ganancias y pérdidas en el pajar.
- Figura 142. Gráfico temperatura en período abril-septiembre en espacio bajo cubierta.
- Figura 143. Gráfico temperatura, ganancias y pérdidas y ventilación natural en período abril-septiembre en el salón.
- Figura 144. tabla de datos de temperaturas y ganancias en el espacio salón, período abril-septiembre.
- Figura 145. Gráfico temperaturas y ventilación en período abril-septiembre del espacio cuadra.
- Figura 146. Tabla datos de temperaturas, ganancias y ventilación, período abril-septiembre, del espacio cuadra.
- Figura 147. Gráfico temperaturas dormitorio 3, período abril-septiembre.
- Figura 148. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Montañesa.
- Figura 149. Modelo de tipología casa Montañesa variante A introducido en el Design Builder.
- Figura 150. Gráfico temperatura y tabla de temperatura y ganancias, bajo cubierta, periodo octubre-marzo.
- Figura 151. Gráfico temperatura y ganancias, salón, periodo octubre-marzo.
- Figura 152. Gráfico temperatura y ganancias, dormitorio 3, periodo octubre-marzo.
- Figura 153. Gráfico temperatura, bajo cubierta, periodo abril-septiembre.
- Figura 154. Gráfico temperatura y tabla de temperatura y ganancias, dormitorio 3, periodo abril-septiembre.
- Figura 155. Gráfico temperatura y tabla de temperatura y ganancias, salón, periodo abril-septiembre.
- Figura 156. Modelo de tipología casa Montañesa variante B introducido en el Design Builder.
- Figura 157. Tabla temperaturas y ganancias espacio vestíbulo, estragal abierto, período octubre-marzo.
- Figura 158. Tabla temperaturas y ganancias espacio vestíbulo, estragal cerrado, período octubre-marzo.
- Figura 159. Tabla temperaturas y ganancias espacio vestíbulo, estragal abierto, período abril-septiembre.
- Figura 160. Tabla temperaturas y ganancias espacio vestíbulo, estragal cerrado, período abril-septiembre.
- Figura 161. Modelo de tipología casa Montañesa variante C introducido en el Design Builder.

- Figura 162. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período octubre-marzo espacio solana cubierta.
- Figura 163. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período octubre-marzo espacio salón.
- Figura 164. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período abril-septiembre, espacio solana cubierta.
- Figura 165. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período abril-septiembre, espacio salón.
- Figura 166. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Montañesa variante C
- Figura 167. Modelo de tipología casa Montañesa variante A introducido en el Design Builder.
- Figura 168. Gráfico temperatura, bajo cubierta, periodo octubre-marzo
- Figura 169. Grafico de temperatura y tabla de temperaturas y ganancias de los espacios dormitorios.
- Figura 170. Gráfico y tabla de temperatura y ganancias, salón, periodo octubre-marzo.
- Figura 171. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período octubre-marzo espacio solana cubierta.
- Figura 172. Gráfico temperatura, bajo cubierta, periodo abril-septiembre.
- Figura 173. Gráfico temperatura y tabla de temperatura y ganancias, dormitorio 3, periodo abril-septiembre
- Figura 174. Gráfico temperatura y tabla de temperatura y ganancias, salón, periodo abril-septiembre.
- Figura 175. Gráfico y tabla de temperatura y ganancias, solana, periodo abril-septiembre.
- Figura 176. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Montañesa variante D
- Figura 177. Modelo de tipología casa Montañesa variante E introducido en el Design Builder.
- Figura 178. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período octubre-marzo en espacio salón
- Figura 179. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período octubre-marzo en espacio dormitorio 3.
- Figura 180. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período abril-septiembre en espacio salón.
- Figura 181. Gráfico y tabla temperatura y ganancias en período abril-septiembre en espacio dormitorio 3.
- Figura 182. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Montañesa variante E.
- Figura 183. Planta tipología casa Litoral.
- Figura 184. Casa Litoral, soleamiento el 21 de diciembre y 21 de junio a las 13:00h.
- Figura 185. Modelo de tipología casa Litoral introducido en el Design Builder.
- Figura 186. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias en período octubre-marzo en la galería.
- Figura 187. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias en período octubre-marzo en el comedor.
- Figura 188. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias en período octubre-marzo en el salón.

- Figura 189. Tabla de temperaturas y ganancias en período abril a septiembre en la galería.
- Figura 190. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias en período abril a septiembre en el comedor.
- Figura 191. Grafico y tabla de temperaturas y ganancias en período abril a septiembre en el salón.
- Figura 192. CFD realizado el 10 de julio a las 13:00h. Casa Litoral.
- Figura 193. Proceso de obtención del régimen hídrico . F. Alonso, V. Bruschi, A. Cofiño, Á. Felicísimo, J. Fernández, F. Ferrer, E. Francés, J. Gutiérrez y S. Herrera (2011).
- Figura 194. Evolución prevista para el régimen hídrico a lo largo del presente siglo. . F. Alonso, V. Bruschi, A. Cofiño, Á. Felicísimo, J. Fernández, F. Ferrer, E. Francés, J. Gutiérrez y S. Herrera (2011).
- Figura 195. Mapa régimen hidrológico. Dirección General de Desarrollo Rural, Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria y de la Universidad de Cantabria.
- Figura 196. Mapa Eólico de Cantabria, Potencia media anual. Elaborado por Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, el IDAE y Meteosim Truewind (2009).
- Figura 197. Mapa Altitud. Dirección General de Desarrollo Rural, Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria y de la Universidad de Cantabria.
- Figura 198. Reparametrización del perímetro provincial y las curvas de nivel.
- Figura 199. Generación de la malla topográfica con la precisión de 200 m x 200 m
- Figura 200. Obtención de las altitudes de punto de la malla y su generación en 3D.
- Figura 201. Reelaboración de los planos de datos iniciales según las escalas que nos interesan para su análisis.
- Figura 202. Supresión de puntos de borde que pueden dar errores.
- Figura 203. Condiciones para la definición de los distintos grupos vegetales.
- Figura 204. Determinación de las zonas idóneas para la especie vegetal estudiada.
- Figura 205. Visión general de la parametrización para la generación del plano de taxones vegetales.
- Figura 206. Mapa de situación de las especies endémicas en Cantabria.
- Figura 207. Mapa coeficiente Hídrico elaboración propia.
- Figura 208. Mapa Potencia de viento elaboración propia.
- Figura 209. Mapa Altitudes, elaboración propia.
- Figura 210. Grafico de curva que relacionan el consumo de energía primaria con el % de Perforación.
- Figura 211. Identificación de las fachadas del modelo.
- Figura 212. Calculo radiación total anual del modelo según orientaciones.
- Figura 213. Calculo Radiación total modelo giro 20º oeste respecto sur.
- Figura 214. Superficie resultante volumen 584,22m<sup>3</sup>.
- Figura 215. Identificación de superficies del modelo.
- Figura 216. Calculo azimut de cada fachada.
- Figura 217. Calculo de los dominios de cada uno de los tramos de la función de interpolación.
- Figura 218. Cálculo Perforación interpolada.

Figura 219. Imagen resultante Perforaciones.

Figura 220. Relación de las fachadas con la curva de demanda energética correspondiente.

Figura 221. Relación del cálculo de demandas con los objetivos fijados.

Figura 222. Resultado final de la aplicación.

Figura 223. Mapa global de la aplicación.

Figura 224. Ejemplo Casa Montañesa, zona Cabuérniga y Bárcena Mayor.

Figura 225. Ejemplo Casa Montañesa variante A, zona de Penagos y Castañeda.

Figura 226. Ejemplo Casa Montañesa variante B, zona Ruesga y Soba.

Figura 227. Ejemplo Casa Montañesa variante C, zona Reinosa.

Figura 228. Ejemplo Casa Montañesa variante D, zona Liébana.

Figura 229. Ejemplo Casa Montañesa variante E, zona Las Rozas.

Figura 230. Ejemplo Casa Pasiega, Zona Vega de Pas.

Figura 231. Ejemplo Casa Litoral, zona Santoña y Laredo.

Figura 232. Eastgate Centre. [www.faircompanies.com](http://www.faircompanies.com).

Figura 233. Portcullis House. [www.en.wikipedia.org/wiki/Partculli-House](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Partculli-House).

Figura 234. Arizona Tower. [www.faircompanies.com](http://www.faircompanies.com)

Figura 235. Angeles Tower. [www.compo3t.blogspot.com.es](http://www.compo3t.blogspot.com.es).

Figura 236. Resumen de la arquitectura del pasado, presente y futuro. ¿Hacia dónde evolucionará la arquitectura durante el próximo siglo? Cuadro realizado por A.Estévez, doctor Arquitecto.

Figura 237. Edificio Cactus.

Figura 238. Endless House 1961 del arquitecto Frederick Kiesler (fuente B. Kolarevic y A. M. Malkawi, "Performative architecture - Beyond Instrumentality", Spon Press, New York 2005). Modelo estructural experimental del ingeniero francés Robert Le Ricolais (fuente A. Juárez, "El arte de construir con agujeros", Revista OrbisTertius, Fundación SEK, N° 1, Mayo 2007).

Figura 239. Parque de relajación en Torrevieja. [www.via.arquitectura.net](http://www.via.arquitectura.net)

Figura 240. Modelo prismático optimizado

Figura 241. Modelo burbuja optimizado

## VOCABULARIO

<b>Actinoformas</b>	La flores que tienen un eje de simetría bilateral.
<b>Biotipo</b>	Interacciones con otras especies.
<b>Bráctea</b>	Es el órgano foliáceo en la proximidad de las flores y diferente a las hojas normales y las piezas del perianto. A pesar de ser verdes (pueden ser de otro color, como las de la buganvilla), su función principal no es la fotosíntesis, sino proteger las flores o inflorescencias.
<b>Cambisol</b>	Deriva del vocablo latino "cambiare" que significa cambiar, haciendo alusión al principio de diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos, entre otros. Los Cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial. Aparecen sobre todas las morfologías, climas y tipos de vegetación. El perfil es de tipo ABC. El horizonte B se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, por la usencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica y compuestos de hierro y aluminio, de origen iluvial. Permiten un amplio rango de posibles usos agrícolas. Sus principales limitaciones están asociadas a la topografía, bajo espesor, pedregosidad o bajo contenido en bases. En zonas de elevada pendiente su uso queda reducido al forestal o pascícola.
<b>Casmófito</b>	Plantas de los peñascos, en cuyas grietas hincan sus raíces.
<b>Cespitosa</b>	Planta de rizomas cortos que crecen dando matas densas y cuyas innovaciones se desarrollan próximas a los tallos del año anterior.
<b>Comófitos</b>	Raíces en rellenos terrosos, dentro de fisuras más o menos anchas o en rellanos.
<b>Crioturbados</b>	Fenómeno que ocurre en latitudes elevadas y áreas periglaciares donde el suelo está sometido hasta cierta profundidad a la secuencia estacional de helada y deshielo que produce desplazamientos de partículas modificando su distribución en las capas del suelo.
<b>Diapiro</b>	Tipo de intrusión en el que se fuerza un material más dúctil deformable y móvil a través de las rocas suprayacentes quebradizas.

<b>Dispersión</b>	Especies pasan de unos compartimentos ambientales a otros por pequeños desplazamientos.
<b>Edafismo</b>	Distribución de las plantas de acuerdo al tipo de suelo.
<b>Edafología</b>	Ciencia que estudia el suelo desde el punto de vista de las plantas superiores.
<b>Eleosoma</b>	Reserva de sustancias nutritivas (usualmente aceites, de ahí el nombre, del griego <i>έλαιον</i> , aceite, y <i>σωμα</i> , cuerpo) dispuesta en el exterior de la semilla de una planta superior.
<b>Endorreísmo</b>	Afluencia de las aguas de un territorio hacia el interior de este, sin desagüe al mar. El agua solo abandona el sistema por infiltración o evaporación, lo cual contribuye a la concentración de sales.
<b>Escapo</b>	Tallo florido que nace de un bulbo, rizoma, etc., y que carece por completo de hojas, como los tallos de los narcisos; es frecuente en las monocotiledóneas. Es lo mismo que bohordo.
<b>Filogeneticamente</b>	Clasificación de las especies basada únicamente en las relaciones de proximidad evolutiva entre las distintas especies.
<b>Fitocenosis</b>	Comunidades vegetales que habitan en un determinado biotipo.
<b>Flora relictas</b>	Flora que alguna vez hubo en la zona y que en el presente solo está dicha muestra de lo que en el pasado fue.
<b>Fruto en Capsula</b>	<p>Una cápsula es un tipo de fruto seco dehiscente (es decir, que se abre al madurar para liberar las semillas), compuesto de al menos dos carpelos. En general contiene más de una semilla en cada uno. Se forma a partir de un ovario súpero, y la dehiscencia puede adoptar numerosas formas distintas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>septicida</i>, es decir, abriéndose por la juntura entre carpelos, como en las <i>Digitalis</i>;</li> <li>• <i>loculicida</i>, es decir, abriéndose cada carpelo separadamente, como en los tulipanes (<i>Tulipa</i> spp.);</li> <li>• <i>septifraga</i>, es decir, abriéndose por los septos en planos paralelos al eje central del fruto, cuyas partes internas permanecen adheridas a la columna axial, como en el cedro misionero (<i>Cedrela tubiflora</i>);</li> <li>• <i>placentifraga</i>, es decir, abriéndose por dos hendiduras paralelas cercanas a la placenta;</li> <li>• <i>foraminal</i> o <i>valvular</i>, es decir, abriéndose por los poros en la</li> </ul>

superficie superior de la cápsula, por donde escapan las semillas al agitar el viento los frutos;

- *dental*, es decir, abriéndose el ápice carpelar y formando un reborde dentado en la parte superior;
- *porícida*, o sea por poros que se abren por debajo del disco superior, por ejemplo casi todas las especies del género *Papaver* (Amapolas).

*circular o transversal*, los llamados *píxides*, como por ejemplo en el Beleño.

<b>Glabras</b>	Que carece de pelos.
<b>Geofito</b>	Se denomina geófito (del griego <i>geo</i> , tierra y <i>phyto</i> , planta) a aquella especie vegetal que transcurre la época desfavorable para el crecimiento de modo subterráneo, bajo la forma de bulbo, rizoma, tubérculo o raíces reservantes.
<b>Glera</b>	Terreno cubierto de piedras pequeñas o fragmentos de piedra.
<b>Hojas basales</b>	En las plantas con hojas basales, las hojas salen de un mismo punto en la base. Se diferencian de las verticiladas en que el tallo no es visible o está muy reducido.
<b>Hojas lineares</b>	hojas aciculares, finas en forma de aguja.
<b>Horizonte suelo</b>	<p>Los suelos no son todos iguales entre sí, porque varía la cantidad y calidad de partículas minerales y orgánicas que los componen. El análisis del espesor y características de las diferentes capas que constituyen la Litosfera se denomina perfil del suelo. El perfil típico de un suelo comprende tres capas principales (suelo, subsuelo y roca madre) llamadas también horizontes.</p> <p>Estas tres capas son:</p> <p>-Horizonte A o suelo: está formado por partículas muy pequeñas de minerales y abundante humus o materia orgánica. Su color es oscuro. Es la parte de la Litosfera apta para el cultivo. El Horizonte A puede desaparecer fácilmente a causa de la erosión, la tala y la quema de la vegetación.</p> <p>-Horizonte B o subsuelo: se encuentra debajo del suelo. Está formado casi exclusivamente por piedras medianas y pequeñas. Posee además, cantidades muy pequeñas de materia orgánica proveniente, casi exclusivamente, de la descomposición de raíces profundas.</p> <p>-Horizonte C o Roca Madre: es la capa más profunda de la Litosfera. Compuesta por rocas de gran tamaño, que según se desintegren a causa de factores físicos y químicos, van originando el subsuelo y el suelo. En esta capa no hay vida.</p>

A suelo, aquí se aprecian las raíces del árbol.  
B aquí se aprecian rocas fragmentadas, es decir piedras medianas y pequeñas y poca materia orgánica.  
C Rocas más grandes.

<b>Insularismo</b>	Aislamiento insular.
<b>Litosoles</b>	Constituyen la etapa primaria de formación del suelo, la capa del mismo es menor a 10 cm de espesor, predominando en ella la materia orgánica, con una fertilidad de media a alta. Se presentan en pendientes altas, lo cual impide su explotación económica.
<b>Luvisoles</b>	Tipo de suelo que se desarrolla dentro de las zonas con suaves pendientes o llanuras, en climas en los que existen notablemente definidas las estaciones secas y húmedas, este término deriva del vocablo latino <i>lure</i> que significa lavar, refiriéndose al lavado de arcilla de las capas superiores, para acumularse en las capas inferiores, donde frecuentemente se produce una acumulación de la arcilla y denota un claro enrojecimiento por la acumulación de óxidos de hierro.
<b>Orofitismo</b>	Aislamiento por barreras orográficas.
<b>Pastizal</b>	Terreno con una masa vegetal herbácea apropiada para alimento del ganado y que es pastada in situ.
<b>Perianto</b>	El perianto (del griego <i>perí</i> , alrededor y <i>anthós</i> , flor) es una estructura floral que corresponde a la envoltura que rodea a los órganos sexuales; constituye la parte no reproductiva de la flor. Está formada por dos tipos de piezas: La corola, formada por los pétalos que son las piezas coloreadas de las flores. Su función es atraer a los animales polinizadores; el cáliz, la parte verde de la flor, tiene una consistencia más fuerte que la corola y sus piezas se denominan sépalos. En ocasiones los pétalos y los sépalos tienen el mismo color, en este caso se denominan tépalos.
<b>Piornales</b>	Viene de la planta Piorno serano ( <i>Cytisus oromediterraneus</i> ), especie arbustiva perteneciente a la familia de las fabáceas.
<b>Ploidía</b>	Número de juegos completos de cromosomas en una célula biológica. En el ser humano, las células somáticas que componen el cuerpo son diploides (con dos juegos completos de cromosomas, una serie derivada de cada uno de los padres), pero las células sexuales (óvulo y espermatozoides) son haploides. En cambio, tetraploidía (cuatro juegos de

cromosomas) es un tipo de poliploidía y es común en las plantas, y no es infrecuente en los anfibios, reptiles y diversas especies de insectos

<b>Policondensación</b>	Formación de macromoléculas a partir de componentes básicos. Reacción en etapas donde las cadenas de crecimiento reaccionan entre sí formando cadenas más largas.
<b>Poliploidía</b>	Fenómeno por el cual se originan células, tejidos u organismos con tres o más juegos completos de cromosomas de la misma o distintas especies o con dos o más genomas de especies distintas. La poliploidía es un suceso bastante frecuente en la naturaleza, si bien es más frecuente en plantas y algas que en animales y hongos.
<b>Quionófila</b>	Del griego quionos, nieve. Se dice de las plantas, de las comunidades o de la vegetación que pasan el invierno sepultadas por una capa de nieve. Bajo la capa de nieve las condiciones térmicas son más favorables para las plantas que en el exterior, debido al poder amortiguador de pérdida de calor que ejerce el agua de la nieve y a la protección frente al efecto desecador del viento que impera en los climas fríos. De ahí que las plantas quionófilas no sean psicroxerófitas. A estas últimas, como “parecen” rehuir la nieve se les llama quionófilas. Como en zonas con abundante innivación la nieve es desplazada por acción del viento, a las plantas que no quedan cubiertas por la nieve, es decir, a los psicroxerófitos o quionófilos, se les llama también anemófilos.
<b>Raíz adventicia</b>	Son aquellas que no provienen de la radícula del embrión, sino que se originan en cualquier otro lugar de la planta, como por ejemplo en alguna porción del vástago, en tallos subterráneos y en raíces viejas.
<b>Raíz pivotante</b>	Es la raíz que crece verticalmente hacia abajo. Forma un centro del cual otras raíces pueden brotar lateralmente.
<b>Raquis</b>	Estructuras lineales que forman el eje de una inflorescencia en forma de espiga o de una hoja compuesta, sobre todo en las palmeras ( <i>Arecaceae</i> ) y los helechos ( <i>Pteridophyta</i> ), en las que es una prolongación a veces subleñosa del pecíolo. En algunas especies silvestres de gramíneas ( <i>Poaceae</i> ), el raquis posee planos de escisión que se profundizan con la madurez, facilitando la ruptura y dispersión de los fragmentos por anemocoria. También se le llama así a los tallos propios de las hojas compuestas, se les puede clasificar en cuanto a su

disposición respecto al peciolo y pueden ser raquis de primer orden, raquis segundo orden.

<b>Relíctico</b>	Conservación
<b>Seríceo</b>	Cubierto de pelos como hincados, generalmente cortos, rectos y que tienen cierto brillo como de seda.
<b>Taxón</b>	Grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados.
<b>Tipos de suelo</b>	<p>Existen básicamente tres tipos de suelos: los no evolucionados, los poco evolucionados y los muy evolucionados; atendiendo al grado de desarrollo del perfil, la naturaleza de la evolución y el tipo de humus.</p> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Los suelos no evolucionados</b><p>Estos son suelos brutos muy próximos a la roca madre. Apenas tienen aporte de materia orgánica y carecen de horizonte B. Si son resultado de fenómenos erosivos, pueden ser: regosoles, si se forman sobre roca madre blanda, o litosoles, si se forman sobre roca madre dura. También pueden ser resultado de la acumulación reciente de aportes aluviales. Aunque pueden ser suelos climáticos, como los suelos poligonales de las regiones polares, los reg (o desiertos pedregosos), y los ergs, de los desiertos de arena.</p></li><li><b>2. Los suelos poco evolucionados</b><p>Los suelos poco evolucionados dependen en gran medida de la naturaleza de la roca madre. Existen tres tipos básicos: los suelos ránker, los suelos rendzina y los suelos de estepa. Los suelos ránker son más o menos ácidos y tienen un humus de tipo moder o mor. Pueden ser fruto de la erosión, si están en pendiente, del aporte de materiales coluviales, o climáticos, como los suelos de tundra y los alpinos.</p></li><li><b>3. Los suelos evolucionados</b><p>Estos son los suelos que tienen perfectamente formados los tres horizontes. Encontramos todo tipo de humus, y cierta independencia de la roca madre. Los suelos típicos son: los suelos pardos, lixiviados, podsólicos, podsoles, ferruginosos, ferralíticos, pseudogley, gley y halomorfos (solonchaks, alcalinos, solonetz y solods).</p></li></ol>

TIPO DE SUELO		Características		
<b>AZONALES</b> Inmaduros o brutos. Horizontes mal desarrollados	<b>LITOSUELOS</b>	Delgados. Influidos por el tipo de roca madre debido a poca evolución temporal o desarrollo en grandes pendientes		
	<b>REGOSOLES</b>	Sobre depósitos muy recientes: aluviones, arenas, dunas.		
<b>INTERZONALES</b> Poco evolucionados. Condicionados por roca madre y mal drenaje	<b>RANKER</b>	Sobre rocas silíceas (granitos, gneises). Propio de climas fríos de montaña y fuerte pendiente. Suelo ácido pobre en carbonatos. Sin horizonte B		
	<b>RENDSINA</b>	Sobre rocas calizas en climas diversos. Poco espesor. Sin horizonte B. Es el equivalente al anterior en terrenos calcáreos.		
	<b>SALINOS</b>	Ricos en sales. Climas secos. Escasa vegetación (halófitas). Pobre en humus.		
	<b>GLEYS</b>	Zonas pantanosas. Horizontes inferiores encharcados en los que se acumula Fe que le da color "gris azulado"		
	<b>TURBERAS</b>	Terreno encharcado con abundante vegetación y exceso de materia orgánica. Suelo ácido.		
<b>ZONALES</b> Suelos condicionados por el clima, que ha actuado largo tiempo. Son suelos maduros, muy evolucionados.	Alta lat.	<b>TUNDRA</b>	Vegetación escasa. Evolución lenta limitada al período estival.	
	Latitudes medias	Clima frío	<b>PODSOL</b>	Tierras grises o de cenizas. Asociados a bosques de coníferas (taiga). Rico en humus bruto. Suelo ácido y arenoso
			<b>TIERRA PARDA DE BOSQUE</b>	En bosques de caducifolios. Rico en humus. Horizonte B poco desarrollado.
	Latitudes medias	Climas templados	<b>MEDITERRÁNEOS</b>	Veranos secos. Asociados a bosques de encinas y arbustos. Pobres en humus y arcillosos por descalcificación de calizas. Destacan los suelos rojos mediterráneos o terra rossa.
			<b>CHERNOZIOM</b>	Tierras negras de estepa. Climas continentales. Horizonte A muy desarrollado y rico en humus y óxidos de Fe. Suelos muy fértiles.
			<b>DESÉRTICOS</b>	Poca materia orgánica, por lo que tienen un color claro. Presentan concreciones de carbonatos precipitados a partir de aguas capilares o caliches.
	Latitud intertropical		<b>LATERITAS</b>	Clima ecuatorial, cálido y muy lluvioso. Intensa meteorización química: suelos de gran espesor. Carecen de horizonte A por el lavado intenso. El horizonte B presenta hidróxidos de Fe y Al. Se forma una costra rojiza muy dura.

Tabla 3. Thorp, Baldwin y Kellog (1938,1949).

<b>Trófica</b>	Proceso de transferencia de sustancias nutritivas a través de una comunidad biológica.
<b>Umbela</b>	Tipo de inflorescencia abierta, racimosa o racemosa en la cual el pedúnculo se ensancha en la extremidad en forma de clavo o disco y de y de ese punto irradian los pedicelos florales como las varillas de un paraguas.
<b>Umbeliforme</b>	Del término Umbela.
<b>Vicariantes</b>	Se dice de cada una de las especies vegetales o animales, que cumplen un determinado papel biológico en sendas áreas geográficas distantes, y son tan parecidas que solo difieren en detalles mínimos, por lo que suelen distinguirse únicamente por su localización.