



Katia Pena Gayo

Diseño Bioclimático en Galicia: Ahorro energético y confort

Janeiro 2016

Diseño Bioclimático en Galicia

Diseño Bioclimático en Galicia

Ahorro energético y confort

DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN GALICIA

Ahorro energético y confort

Katia Pena Gayo

Orientador: Prof. Doctor Rui Florentino

Co- orientador: Prof. Doctor Francisco Fumega

Vila Nova de Cerveira, Janeiro 2016

PREFACIO

Este trabajo ha sido realizado en el ámbito de la disertación de Mestrado Integrado en Arquitectura y Urbanismo de la Escuela Superior Gallaecia, en Enero de 2016. Ha sido realizado por la alumna Katia Pena Gayo, y orientada por el profesor Doctor Rui Florentino y el profesor Doctor Francisco Fumega, los cuales han actuado en calidad de orientador y co-orientador respectivamente.

Esta disertación, titulada "Diseño bioclimático en Galicia", tiene como objetivo conocer mejor la realidad de la arquitectura gallega desde una perspectiva de adaptación al clima, para conocer los avances que se han llevado a cabo en los últimos años, y las estrategias más adecuadas a aplicar en obras futuras en la comunidad gallega.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Rui Florentino, por estar siempre disponible para orientarme, por su capacidad resolutive, buen trato, y por acompañarme en este camino. También gracias a mi co-orientador, Francisco Fumega, por compartir sus años de experiencia conmigo.

Al equipo de la ESG, a los profesores y profesionales que ha colaborado en que pueda cumplir este sueño.

A mis compañeros Mily, Anxo y Noe, por los buenos momentos que hemos pasado juntos, y por los momentos en que me habéis brindado vuestro apoyo. Noe, mil gracias por ser tan buena compañera y animarme a estudiar de nuevo.

A Adrián, por estar a mi lado, apoyándome todo este tiempo.

Y sobre todo a mis padres, cuyo apoyo en todo momento ha sido incondicional, y a los cuales quiero con todo el alma.

RESUMEN

El objeto de estudio de la presente disertación es la arquitectura bioclimática en Galicia, comunidad situada al noroeste de la península ibérica. La investigación surge fruto de una manera de entender la arquitectura como un elemento que debe relacionarse con el entorno en el que se ubica, aprovechando las condiciones del medio a su favor para generar ahorro energético y un mayor confort a sus ocupantes.

El carácter limitado de recursos energéticos, junto con los problemas actuales de contaminación, pone en evidencia la necesidad de un cambio de rumbo en la mentalidad de la sociedad. La arquitectura tiene un importante papel en este cambio, y esta disertación busca colaborar en este incipiente campo de investigación en Galicia.

La escasez de publicaciones específicas para la comunidad gallega provoca que la investigación se enfoque, en una primera fase, en conocer mejor la situación actual de la arquitectura bioclimática gallega, que se realiza a través del estudio de ejemplos contemporáneos construidos. Este estudio permite conocer mejor las técnicas bioclimáticas que se están aplicando en Galicia en los últimos 15 años, y con qué frecuencia; en qué lugares se encuentra un mayor número de construcciones de este tipo, y sus características, a través de las 25 obras analizadas, de manera a observar la implantación de esta arquitectura en la comunidad. En una segunda parte del trabajo se analizan las diferentes zonas climáticas de Galicia a través de los datos climáticos por horas de ciudades de referencia, para establecer estrategias arquitectónicas bioclimáticas adecuadas a cada clima. Estas estrategias recomendadas se establecen con la ayuda de distintos tipos de software como Ecotect y Meteonorm, y otras herramientas de apoyo.

La metodología a seguir se basa en un análisis comparativo (multicaso) tanto en la primera parte del trabajo como en la segunda, utilizando varios métodos de recogida de información para obtener los conocimientos necesarios. El trabajo está compuesto principalmente por cinco partes: las dos primeras se centran en introducción y fundamentación teórica; las dos siguientes, cada una correspondiente a uno de los objetivos propuesto; y una última parte con las conclusiones generales y específicas a cada objetivo.

Ambos objetivos se correlacionan al final del trabajo, ya que cada una de las técnicas bioclimáticas pasivas analizadas en la primera parte, se engloba dentro de una de las estrategias propuestas en la segunda parte de la investigación. Con ello, se puede comprobar, si las construcciones de los últimos años están siguiendo las estrategias recomendadas en esta investigación o, si por el contrario, siguen una línea de actuación diferente.

Tras realizar la investigación, se concluye que las estrategias bioclimáticas recomendadas para Galicia se corresponden, en líneas generales, con las adoptadas por los autores de las edificaciones estudiadas, aunque sería recomendable una mayor exploración de algunas de las técnicas, ya que actualmente en la mayor parte de los casos se aplican las técnicas más conocidas, o las que requieren una inversión inicial menor.

Palabras clave: Eficiencia energética, arquitectura bioclimática, clima de Galicia, sostenibilidad.

RESUMO

O obxecto de estudo da presente disertación é a arquitectura bioclimática en Galicia, comunidade situada ao noroeste da península ibérica. A investigación xorde froito dunha maneira de entender a arquitectura como un elemento que debe relacionarse coa contorna no que se ubica, aproveitando as condicións do medio ao seu favor para xerar aforro enerxético e un maior confort aos seus ocupantes.

O carácter limitado dos recursos enerxéticos, xunto cos problemas actuais de contaminación, pon en evidencia a necesidade dun cambio de rumbo na mentalidade da sociedade. A arquitectura ten un importante papel neste cambio, e esta disertación busca colaborar neste incipiente campo de investigación en Galicia.

A escaseza de publicacións específicas para a comunidade galega provoca que a investigación se enfoque, nunha primeira fase, en conocer mellor a situación actual da arquitectura bioclimática galega, que realízase a través do estudo de exemplos contemporáneos construídos. Este estudo permite coñecer mellor as técnicas bioclimáticas que se están aplicando en Galicia nos últimos 15 anos, e con qué frecuencia; en qué lugares encontrase un maior número de obras deste tipo, e as súas características a través das 25 obras analizadas, de maneira a observar a implantación desta arquitectura na comunidade. Nunha segunda parte do traballo analízanse os diferentes tipos de tempo de Galicia a través dos datos climáticos por horas de cidades de referencia, para establecer estratexias arquitectónicas bioclimáticas adecuadas a cada clima. Estas estratexias recomendadas establécense coa axuda de distintos tipos de software coma Ecotect e Meteonorm, e outras ferramentas de apoio.

A metodoloxía a seguir baséase nunha análise comparativa (multicaso), tanto na primeira parte do traballo coma na segunda, utilizando varios métodos de recollida de información para obter a información necesaria. O traballo está composto principalmente por cinco partes: as dúas primeiras céntranse en introdución e fundamentación teórica; as dous seguintes, cada unha correspondente a un dos obxetivos propostos; e unha última parte coas conclusións xerais e específicas a cada obxectivo.

Ambos os obxectivos correlacionanse ao final do traballo, xa que cada unha das técnicas bioclimáticas pasivas analizadas na primeira parte englobase dentro de unha das estratexias propostas na segunda parte da investigación. Con iso pódese comprobar se ás construcións dos últimos anos están a seguir as estratexias recomendadas nesta investigación ou, se pola contra, seguen unha liña de actuación diferente.

Tras realizar a investigación, conclúese que as estratexias bioclimáticas recomendadas para Galicia correspóndense, en liñas xerais, coas adoptadas polos autores das edificacións estudadas, aínda que sería recomendable unha maior exploración dalgunhas das técnicas, xa que actualmente na maior parte dos casos aplícanse as técnicas máis coñecidas, ou as que requiren un investimento inicial menor.

Palabras clave: Eficiencia enerxética, arquitectura bioclimática, clima de Galicia, sustentabilidade.

RESUMO

O objeto de estudo da presente dissertação é a arquitetura bioclimática na Galiza, comunidade situada no noroeste da Península Ibérica. A investigação surge a partir do modo de entender a arquitetura como um elemento que deve relacionar-se com a envolvente em que se encontra, aproveitando as condições do ambiente em seu favor, para gerar poupança energética e um maior conforto aos seus utilizadores.

O carácter limitado dos recursos energéticos, junto com os problemas atuais de contaminação, coloca em evidência a necessidade de uma mudança de rumo, na mentalidade da sociedade. A arquitetura tem um papel importante nesta mudança, e esta dissertação procura colaborar neste incipiente campo de investigação na Galiza.

A escassez de publicações específicas para a comunidade galega leva a que a investigação se centre, numa primeira fase, em conhecer melhor a situação atual da arquitetura bioclimática na Galiza, que se realiza através do estudo de exemplos contemporâneos contruídos. Este estudo permite conhecer melhor as técnicas bioclimáticas que se estão a aplicar na Galiza nos últimos 15 anos, e qual a sua frequência; em que lugares se encontra um maior número de construções de este tipo, e as suas características, através das 25 obras analisadas, de maneira a observar a implantação desta arquitetura na comunidade. Numa segunda parte do trabalho analisam-se os diferentes tipos de clima na Galiza, através dos dados climáticos por horas das cidades de referência, para estabelecer estratégias arquitetónicas bioclimáticas adequadas a cada clima. Estas estratégias recomendadas estabelecem-se com a ajuda de diversos tipos de *software*, como *Ecotect* e *Meteonorm*, e outras ferramentas de apoio.

A metodologia seguida baseia-se numa análise comparativa (multi-caso) tanto na primeira parte do trabalho como na segunda, utilizando vários métodos de recolha de informação para obter os conhecimentos necessários. O trabalho está composto principalmente por cinco partes: as duas primeiras centram-se na introdução e fundamentação teórica; as duas seguintes, cada uma correspondente a um dos objetivos propostos; e uma última parte com as conclusões gerais e específicas para cada objetivo.

Ambos os objetivos correlacionam-se no final do trabalho, já que cada uma das técnicas bioclimáticas passivas analisadas na primeira parte engloba-se dentro de uma das estratégias propostas na segunda parte da investigação. Deste modo pode-se comprovar se as construções dos últimos anos estão a seguir as estratégias recomendadas nesta investigação ou se, pelo contrário, seguem uma linha de atuação diferente.

Após esta investigação, conclui-se que as estratégias bioclimáticas recomendadas para a Galiza correspondem, em traços gerais, com as adoptadas pelos autores dos edifícios estudados, ainda que seria recomendável maior exploração de algumas das técnicas, já que actualmente na maior parte dos casos aplicam-se as técnicas mais conhecidas e que requerem um investimento inicial menor.

Palavras chave: eficiência energética, arquitetura bioclimática, clima de Galiza, sustentabilidade.

ABSTRACT

The object of study of this work is the bioclimatic architecture in Galicia, a region located in the northwest of the Iberian Peninsula. The research comes from the way of understanding the architecture as an element that must be related with its surroundings, taking advantage of the environmental conditions to its favor in order to generate energy savings and a greater comfort for its occupants.

The limited nature of the energy resources, along with the current problems of pollution, brings the necessity of a change in the society mentality. The architecture has an important role in this change, and this work looks forward to cooperate in this emerging research field in Galicia.

The low numbers of specific publications for this region causes that the research focuses, in the first phase, on knowing better the actual position of the Galician bioclimatic architecture. This is done through the study of recent buildings examples. This research allows to discover the bioclimatic techniques that have been applied in Galicia in the last 15 years and how often, in which places are founded most of the buildings of this kind, and its characteristics, through the 25 analyzed buildings, in order to observe the establishment of this architecture in the community. In the second phase of this work are analyzed the different weather zones in Galicia, using the climatic data by hours of the referral cities, in order to establish bioclimatic architectonic strategies adequate to each one. These recommended strategies are established with the help of different software, as Ecotect and Meteonorm, and others supporting tools.

The methodology followed is based on a comparative analysis (multicase), both in the first phase and in the second phase, employing several methods of data collection in order to obtain the needed results. The work consists of five parts mainly: The first two focus on the introduction and the theoretical foundation; in the next two are developed each of the main goals proposed; and the last one contains the general and specific conclusions of each objective.

Both goals are related at the end of the work, since the passive bioclimatic techniques analyzed in the first phase are part of the strategies proposed in the second phase of the research. With this it can be checked if the buildings from the last years are following the strategies recommended in this research or if, in the other hand, are following different paths.

After the research, it can be concluded that recommended bioclimatic strategies for Galicia correspond, overall, with the adopted by the authors of the studied buildings, although it would be recommendable a deeper exploration of some of the techniques, since nowadays in most of the cases are used the most known techniques, or those that require a lower initial investment.

Keywords: energy efficiency, bioclimatic architecture, climate of Galicia, sustainability.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Prefacio

Agradecimientos

Resumen/Resumo/Abstract

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Contextualización y justificación 15
- 1.2. Objetivos de la investigación 17
- 1.3. Metodología 18
- 1.4. Estructura de los contenidos 21

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- 2.1. Que es arquitectura bioclimática 23
- 2.2. Evolución de la arquitectura adaptada al clima 24
- 2.3. Autores de referencia nacionales e internacionales 26
- 2.4. La arquitectura popular como ejemplo de arquitectura bioclimática 27
- 2.5. Mecanismos de transmisión de energía térmica 28
- 2.6. Definición de estrategias y técnicas 30

3. LAS TÉCNICAS BIOCLIMATICAS EN GALICIA

- 3.1. Las técnicas bioclimáticas 31
- 3.2. Definición de las técnicas bioclimáticas seleccionadas 33
- 3.3. Estudios de caso 66

4. ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO BIOCLIMATICO EN GALICIA

- 4.1. Dominios climáticos de Galicia 93
- 4.2. Herramientas de apoyo al diseño bioclimático 97
- 4.3. Estrategias para el diseño bioclimático en zonas climáticas gallegas 121

5. CONCLUSIONES

- 5.1. Conclusiones objetivo I 159
- 5.2. Conclusiones objetivo II 165
- 5.3. Correlación de los resultados del trabajo 171

BIBLIOGRAFÍA 173

ÍNDICE DE IMÁGENES 179

ANEXOS 189

ÍNDICE DE CONTENIDOS AMPLIADO

Prefacio

Agradecimientos

Resumen/Resumo/Abstract

1. INTRODUCCIÓN

1.1.	Contextualización y justificación	15
1.2.	Objetivos de la investigación	17
1.3.	Metodología	18
1.4.	Estructura de los contenidos	21

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.	Que es arquitectura bioclimática	23
2.2.	Evolución de la arquitectura adaptada al clima	24
2.3.	Autores de referencia nacionales e internacionales	26
2.4.	La arquitectura popular como ejemplo de arquitectura bioclimática	27
2.5.	Mecanismos de transmisión de energía térmica	28
2.6.	Definición de estrategias y técnicas	30

3. LAS TÉCNICAS BIOCLIMATICAS EN GALICIA

3.1.	Las técnicas bioclimáticas	31
3.2.	Definición de las técnicas bioclimáticas seleccionadas	
3.2.1.	Captación directa	33
3.2.2.	Galería- Invernadero	34
3.2.3.	Muro Trombe	35
3.2.4.	Sistema Barra –Constantini	36
3.2.5.	Sistema termosifón	37
3.2.6.	Muros de agua	38
3.2.7.	Cubiertas de agua	39
3.2.8.	Suelo acumulador de grava	40
3.2.9.	Barrera protectora de vientos	41
3.2.10.	Aislamiento térmico	42
3.2.11.	Pozo canadiense	43
3.2.12.	Inmersión en tierra	44
3.2.13.	Cubierta vegetal	45
3.2.14.	Inercia térmica	46
3.2.15.	Orientación norte-sur	47
3.2.16.	Deshumidificación del ambiente	48
3.2.17.	Protecciones solares	49
3.2.18.	Umbráculos	51

3.2.19.	Protección con vegetación	52
3.2.20.	Cubierta ventilada	53
3.2.21.	Fachada ventilada	54
3.2.22.	Ventilación cruzada	55
3.2.23.	Ventilación mediante recalentamiento de fachada o cubierta	56
3.2.24.	Chimenea solar	57
3.2.25.	Aspiración estática	58
3.2.26.	Chimenea de viento	59
3.2.27.	Patios	60
3.2.28.	Vegetación (enfriamiento evaporativo)	61
3.2.29.	Masas de agua (enfriamiento evaporativo)	62
3.2.30.	Ventilación nocturna	63
3.3.	Estudios de caso	
3.3.1.	Selección de los estudios de caso	64
3.3.2.	Construcciones analizadas en Galicia	
3.3.2.1.	Vivienda en Coirós	68
3.3.2.2.	Vivienda en Carral	69
3.3.2.3.	Vivienda en Oleiros	70
3.3.2.4.	Alvarella, albergue en Pontedeume	71
3.3.2.5.	Ágora, centro cultural en S.Pedro de Visma	72
3.3.2.6.	Soneu, casa en Portonovo	73
3.3.2.7.	Videira, casa en Cangas	74
3.3.2.8.	Laranxeiro, casa en Pontearreas	75
3.3.2.9.	Vivienda en Gondomar	76
3.3.2.10.	Vivienda en Sanxenxo	77
3.3.2.11.	Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, Vigo	78
3.3.2.12.	A Vieira, módulo experimental	79
3.3.2.13.	Vivienda en Pontecaldelas	80
3.3.2.14.	Bioalvo, edificio experimental	81
3.3.2.15.	Vivienda en Framil	82
3.3.2.16.	Bewood, vivienda en Santiago de Compostela	83
3.3.2.17.	Villa Ana, en Santiago de Compostela	84
3.3.2.18.	Vivienda en Teo	85
3.3.2.19.	Vivienda en Ames	86
3.3.2.20.	Vivienda en Aceña de Olga	87
3.3.2.21.	Vivienda en O Incio	88
3.3.2.22.	Vivienda en Celanova	89
3.3.2.23.	Stella Feuga, edificio de oficinas	90
3.3.2.24.	Sotavento, vivienda en Momán- Xermade	91
3.3.2.25.	As Corcerizas, centro de educación ambiental en San Mamede	92

4. ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO BIOCLIMATICO EN GALICIA	
4.1. Dominios climáticos de Galicia	93
4.2. Herramientas de apoyo al diseño bioclimático	
4.2.1. El confort y los diagramas psicométricos	97
4.2.1.1. Diagrama de Olgyay	98
4.2.1.2. Diagrama de Givoni	100
4.2.2. Software de apoyo al diseño bioclimático	
4.2.2.1. Ecotect	103
4.2.3. Selección de las herramientas de apoyo	104
4.2.4. Análisis de datos climáticos y estrategias con Weather Tool	105
4.3. Estrategias para el diseño bioclimático en las zonas climáticas gallegas	
4.3.1. Clima oceánico litoral lucense	
4.3.1.1. Foz	122
4.3.2. Clima oceánico litoral atlántico noroeste	
4.3.2.1. A Coruña	125
4.3.2.2. Ferrol	128
4.3.3. Clima oceánico litoral de las Rías Baixas	
4.3.3.1. Vigo	131
4.3.3.2. Pontevedra	134
4.3.4. Clima oceánico plataformas occidentales	
4.3.4.1. Santiago de Compostela	137
4.3.4.2. Arzúa	140
4.3.5. Clima oceánico de la meseta lucense	
4.3.5.1. Lugo	143
4.3.6. Clima oceánico en depresiones ruovicultas cálidas	
4.3.6.1. Ourense	146
4.3.7. Clima oceánico en depresiones ruovicultas frías	
4.3.7.1. Xinzo de Limia	149
4.3.8. Clima oceánico en relieves de la dorsal occidental y suroriental	
4.3.8.1. O Xurés – Salgueiro	152
4.3.9. Clima oceánico en relieves orientales	
4.3.9.1. Ancares – Piornelo	155
5. CONCLUSIONES	
5.1. Conclusiones objetivo I	159
5.2. Conclusiones objetivo II	165
5.3. Correlación de los resultados del trabajo	171
BIBLIOGRAFÍA	173
ÍNDICE DE IMÁGENES	179
ANEXOS	
Cuestionarios	190
Fotografías de los casos de estudio	206

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización y justificación de la investigación

En la actualidad, tanto en Galicia como a nivel global, problemas ambientales y escasez de recursos energéticos ponen en evidencia la necesidad de un cambio de rumbo, en la mentalidad de la sociedad.

La arquitectura bioclimática se centra en la búsqueda de máximo confort interior a un mínimo coste energético, a través del estudio y utilización de las características del entorno donde se va a construir, reduciendo así la dependencia de combustibles fósiles de carácter limitado y evitando problemas medioambientales.

Aprovechar las características del medio para generar condiciones de habitabilidad adecuadas para las personas, no es algo nuevo. En la arquitectura tradicional de todo el mundo se observan ejemplos que ponen en evidencia una búsqueda de adaptación y aprovechamiento de las características del entorno.

Fue durante la revolución industrial que la construcción se aleja de valores tan importantes como la iluminación, la ventilación y el confort térmico hasta llegar a convertirse en un problema sanitario de primera orden.

Los arquitectos pioneros del movimiento moderno en la primera mitad del siglo XX se preocuparon por solucionar estos problemas de salubridad con espacios limpios, luminosos y aireados pero de manera general ignoraron la sabiduría de la arquitectura popular, con lo que se ha perdido la oportunidad de relevar valores como la comprensión del clima y la adaptación al lugar.

En la actualidad, la gran masa edificada contemporánea presenta un alto grado de dependencia de sistemas de acondicionamiento poco eficientes energéticamente. El inadecuado diseño bioclimático de la mayor parte de las edificaciones actuales genera, además de problemas medioambientales, una disminución del confort en el interior ya que la climatización e iluminación naturales son más agradables que las artificiales.

Un inadecuado diseño genera además falta de confort a las personas que no se pueden permitir la instalación o el derroche energético que suponen los sistemas de

climatización artificiales, cuando en muchos casos la situación de disconfort se podría evitar con un buen diseño bioclimático, sin elevar el coste inicial de la obra.

Por otro lado, la priorización de la economía frente a la sostenibilidad y las personas ha sido la norma que ha seguido buena parte de la arquitectura en los últimos años. Es pues, un reto ético para los arquitectos actuales volver a llevar la arquitectura a la sostenibilidad medioambiental que se observa en las construcciones populares y conseguir a su vez que sea confortable para sus moradores.

La arquitectura bioclimática propone lograr espacios confortables, sin depender de combustibles fósiles de carácter limitado y evitando problemas medioambientales.

El problema de desconexión entre la sabiduría popular y la nueva arquitectura está aún lejos de resolverse. Algunas de las construcciones actuales son unidades herméticas que presentan un ambiente interior poco saludable, ajenas a las condiciones del medio que les rodea, y en consecuencia poco eficientes energéticamente.

Una arquitectura adaptada al medio donde se va a implantar debería ser un principio básico seguido por todos los arquitectos, algo esencial que debería formar parte de todas las construcciones, aprovechando los factores climáticos al favor del confort de las personas y del ahorro energético.

Es importante que los arquitectos que decidan aceptar el reto de realizar una arquitectura bioclimática se apoyen en un equipo multidisciplinar, que les permita conocer mejor las variables que intervienen en el medio y las técnicas más adecuadas para aplicar en cada caso, fomentando así la innovación y la eficacia.

La sociedad actual se ha ido concienciando poco a poco con el problema, y en los últimos años se ha observado un giro hacia una arquitectura más eficiente energéticamente y con mayor conciencia sobre el entorno.

La arquitectura adaptada al medio es, pese a todo, un campo de investigación reciente, existiendo bastante información publicada a nivel global pero con pocos estudios a nivel regional.

Se ha encontrado muy poca documentación escrita que trate de Galicia, en relación a la arquitectura adaptada al clima, aunque la obra de García Lasanta (2004) presenta algunas conclusiones de interés. Existen por el contrario varios ejemplos construidos de utilidad para la investigación.

Es un reto para los arquitectos actuales llevar la arquitectura hacia la sostenibilidad y la eficiencia energética, generando a su vez espacios saludables y confortables.

Este desafío y la escasez de estudios publicados al respecto para la comunidad gallega son los motivos por los que se realiza este trabajo, como una contribución más a este incipiente campo de conocimiento.

1.2. Objetivos de la investigación

En este trabajo se pretende conocer mejor la realidad de la arquitectura Gallega desde una perspectiva de adaptación al clima, para conocer los avances que se han llevado a cabo en los últimos años y las estrategias más adecuadas a aplicar en obras futuras en la comunidad gallega. Para responder a estas inquietudes se presentan los siguientes objetivos:

- Identificar cuales son las técnicas bioclimáticas arquitectónicas utilizadas con mayor frecuencia en Galicia, a partir del año 2000.

Para ello, se seleccionan 25 obras de arquitectura gallega en las que se observa una búsqueda de ahorro energético y confort, a través del aprovechamiento de las condiciones del medio que les rodea. Estos casos de estudio han sido seleccionados de entre 45 obras bioclimáticas gallegas, cumplen con los criterios de selección expuestos más adelante en este trabajo, y se seleccionan por tener un diseño bioclimático más completo, en relación a las otras obras.

Con este objetivo se busca conocer mejor la situación actual de la arquitectura bioclimática en Galicia, y observar las técnicas bioclimáticas pasivas que están aplicando los profesionales gallegos en la actualidad en sus obras, y con que frecuencia.

Se pone como punto de partida el año 2000, ya que es a partir de esta fecha cuando empiezan a notarse un avance en el ámbito de la arquitectura bioclimática en Galicia, con construcciones como la casa experimental Sotavento (2000), diseñada por los arquitectos Carlos Expósito Mora y Emilio Miguel Mitre, o El centro de educación ambiental As Corcerizas (2002), realizado por los arquitectos Ana Recuna Carrasco e Ignacio Mendizábal Herrero.

-Definir estrategias para un adecuado diseño arquitectónico bioclimático adaptado a las diferentes zonas climáticas de Galicia.

Para ello, se utilizan los datos climáticos de varias localidades de referencia, con el fin de observar las diferencias entre las zonas climáticas gallegas, y conocer las estrategias arquitectónicas más adecuadas desde un punto de vista bioclimático para cada una de ellas.

Estas estrategias serán recomendaciones generales que determinarán una dirección a seguir. Es después el proyectista el que debe tomar estas estrategias y saber aplicarlas a cada caso y lugar concreto, con las técnicas más adecuadas, para lograr finalmente alcanzar el confort y el ahorro energético deseado.

1.3. Metodología

La metodología a seguir es un estudio multicaso (Yin, 1984 ; Groat & Wang, 2002). La elección de este método se debe a la necesidad de realizar un análisis comparativo entre diferentes obras para identificar las técnicas bioclimáticas más utilizadas en Galicia.

Para lograr obtener la información necesaria para realizar el estudio se utilizan los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- Análisis documental

Siguiendo la estructura propuesta por Saint Georges (1997) se obtendrá información de fuentes documentales no escritas dentro del grupo de la iconografía (planos de las construcciones, mapas y croquis) e imágenes, principalmente fotografías y videos. También se utilizarán fuentes documentales escritas de fuentes no oficiales (libros, revistas y publicaciones).

- Cuestionarios.

Debido a que se busca identificar las técnicas utilizadas en los diferentes casos de estudio, se realizarán cuestionarios a los autores de las obras seleccionadas con preguntas muy concretas. La información obtenida de cada cuestionario es fácilmente comparable con los demás debido al tipo de preguntas cerradas, y permite alcanzar un mayor número de participantes en la investigación.

Los arquitectos que han aportado información de sus obras a través de cuestionarios en esta disertación son los que se exponen a continuación, siendo necesario en el caso de otros autores obtener la misma información a través de otros métodos de recolección de datos:

- Daniel Beiras García – Sabell y David Estany Garea, José Luis Ruiz Jainaga, Mike Lehmhaus, Marcos Failde Guerrero, Carlos Bóveda Casado, Oskar Ramos, Juan Bello y Anónimo.

En el anexo de este trabajo se pueden consultar los cuestionarios cubiertos.

- Entrevistas semi-directivas

Se busca obtener información estructurada y otras observaciones útiles que puedan servir al trabajo siguiendo lo expuesto por Ghiglione & Matalón (1997). Se realizarán entrevistas a los autores arriba citados cuando se necesite ampliar la información.

- Fotografías.

Se utilizarán imágenes de los casos de estudio para obtener información más detallada de las construcciones seleccionadas, cuando no se tenga información suficiente por otra vía, o bien esta sea incompleta (Bogdan & Biklen, 1994).

- Observación estructurada y sistemática

Se ha utilizado para obtener información complementaria a otros métodos de recolección de información. Se ha procedido a visitar los casos de estudio en los que se ha considerado necesario para obtener información complementaria (Gil, 1995).

- Notas de campo

Se realizarán anotaciones de las observaciones, entrevistas y en general durante la investigación. También se recogerán ideas, reflexiones y esquemas que puedan surgir. Se anotará la fecha y la localización (Bogdan & Biklen, 1994).

En una segunda fase, se realiza el tratamiento de la información obtenida, el análisis será de carácter cualitativo y cuantitativo (Bogdan & Biklen, 1994). El trabajo se divide esencialmente en dos partes principales.

La primera se corresponde con el primer objetivo formulado consistente en identificar las técnicas bioclimáticas utilizadas con mayor frecuencia en la comunidad gallega. Para ello, se seleccionan 25 casos de estudio de entre 45 obras bioclimáticas gallegas. Los casos de estudio cumplen con los criterios de selección expuestos más adelante en este trabajo, y se seleccionan por tener un diseño bioclimático más completo.

Se realiza un análisis cuantitativo en primera instancia colocando todos los resultados de cada uno de los 25 casos de estudio en una tabla para obtener el número de técnicas utilizadas de cada obra. Posteriormente la información se interpretará desde una perspectiva cualitativa, combinándola con los conocimientos adquiridos en la fundamentación teórica.

En una segunda parte del trabajo se busca conocer las estrategias arquitectónicas bioclimáticas más adecuadas para cada zona climática de Galicia desde una perspectiva pasiva. Para ello se analizan una o más ciudades representativas para cada una de las zonas climáticas gallegas.

Estas ciudades funcionan como estudios de caso para determinar las estrategias más adecuadas a cada una de las zonas climáticas. El método de recogida de información principal en este objetivo será el análisis documental, con el fin de conocer las zonas climáticas existentes, que ciudades se encuadran en cada una de estas zonas, y los datos climáticos de cada una de las localidades analizadas.

Esta información servirá de manera complementaria al uso de software específico como los programas Meteororm y Ecotect. Otra herramienta de apoyo utilizada es el diagrama de Givoni, se decide aplicar complementariamente al software Ecotect, ya permite ampliar el número de estrategias analizadas. Finalmente el análisis de la información obtenida en este segundo objetivo se enfocará desde una perspectiva cualitativa, estableciendo las estrategias bioclimáticas que se consideran más adecuadas para cada localidad.

Tras la elaboración de los diagramas de Ecotect, y en complemento con el diagrama de Givoni; la aportación dada consiste en la interpretación de los resultados que ofrece la aplicación de estas herramientas a las zonas climáticas de Galicia. Bien como la síntesis de las diferentes estrategias más adecuadas en función de los resultados.

Con respecto al proceso de análisis, los de criterios de selección que han determinado el estudio de las edificaciones bioclimáticas gallegas, las técnicas aplicadas, y las estrategias de diseño, son los siguientes:

1. EDIFICACIONES BIOCLIMÁTICAS GALLEGAS: Se ha determinado su estudio, ya que a través de la localización de construcciones bioclimáticas se puede conocer la evolución de la arquitectura gallega en este campo, las zonas donde hay mayor número de obras, y analizar las más idóneas para el estudio posterior.
2. TÉCNICAS APLICADAS: Al observar las diferentes técnicas bioclimáticas aplicadas en las construcciones, se puede conocer cual es la línea de actuación que están siguiendo los profesionales gallegos. Esto permite analizar a través de la observación de las técnicas más frecuentes, cuales están empíricamente comprobadas en la comunidad, el nivel de inversión y experimentación existente en Galicia.
3. ESTRATEGIAS DE DISEÑO: Se analizarán las estrategias bioclimáticas más adecuadas para las diferentes regiones climáticas gallegas, de manera a establecer recomendaciones que permitan conocer líneas generales de actuación en la comunidad.

1.4. Estructura de los contenidos

El trabajo se divide en 8 partes. La primera se corresponde con la **introducción**, y en ella se contextualiza la investigación, se exponen los objetivos de esta, y la metodología que la estructura.

Una segunda parte contiene la **fundamentación teórica**, y en ella se explica que entienden los autores de referencia por arquitectura bioclimática; la evolución histórica que ha seguido la arquitectura en lo relativo a la adaptación al clima hasta llegar al día de hoy; y cuales son los autores de referencia autonómicos, nacionales e internacionales en este campo. También se dedica un espacio para relacionar la arquitectura bioclimática actual con la tradicional, ya que se considera que en ella se pueden encontrar numerosos ejemplos de arquitectura adaptada al clima.

La tercera parte de la disertación se centra en las **técnicas bioclimáticas en Galicia**, tema correspondiente al primer objetivo propuesto. Se seleccionan las técnicas bioclimáticas pasivas que los autores de referencia en el campo de estudio exponen con mayor frecuencia. Tras la selección de las técnicas más frecuentes se describe cada una de ellas. Al final de este capítulo se exponen los 25 estudios de caso analizados.

La cuarta parte del trabajo se centra en **las estrategias** más adecuadas para el diseño bioclimático en Galicia, correspondiente al segundo objetivo de esta disertación. Primero se realiza un análisis comparativo entre lo expuesto por diferentes autores, en relación a las diferentes zonas climáticas de Galicia, para concluir una división climática. Posteriormente, se muestran las herramientas de apoyo que se han planteado para analizar las estrategias arquitectónicas bioclimáticas más adecuadas a cada una de las zonas climáticas, y se explica cuales se han utilizado; y finalmente, se exponen las estrategias bioclimáticas recomendadas para cada una de las ciudades representativas de cada dominio climático.

En la quinta parte de la investigación se exponen las **conclusiones** resultantes a la investigación. Las específicas para cada uno de los objetivos, y las generales, donde se correlacionan los resultados de ambos objetivos.

En los capítulos finales se muestra la **bibliografía** utilizada y el **índice de imágenes**.

Por último, se encuentran los **anexos**, con los cuestionarios cubiertos por los arquitectos y las fotografías de los casos de estudio.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Que es arquitectura bioclimática

A la hora de determinar el significado de la arquitectura bioclimática, se observa una disparidad de opiniones entre los diferentes autores de referencia investigados.

Según Neila González (2004), el concepto "arquitectura bioclimática" se encuentra claro en su origen, de relación entre clima, la arquitectura, y los seres vivos; pero en la actualidad confuso por su mayor complejidad. En su opinión, tiene una vocación de universalidad, y engloba otros términos como arquitectura sostenible, de alta tecnología o ecológica.

En cambio, Serra Florensa (1989) entiende la arquitectura bioclimática como aquella que optimiza sus relaciones energéticas con el medioambiente que la rodea mediante su propio diseño arquitectónico. En la palabra bioclimática se intenta recoger el interés por la respuesta del hombre, el bios, como usuario del edificio, y del ambiente exterior, el clima, como afectantes de la forma arquitectónica.

Otros autores, como López de Asiaín (1997) no reconocen la existencia de este término, ya que consideran que no existe una arquitectura bioclimática, sino simplemente arquitectura. Expresando que el bioclima ofrece un conjunto de datos, condicionantes, o determinantes que habrán de tenerse en cuenta a la hora de diseñar arquitectura y determinar las soluciones más adecuadas para esta. Consideran que se puede hablar de un enfoque, de una concepción bioclimática de la arquitectura.

Por el contrario, De Garrido (2014) considera que el término arquitectura bioclimática si es correcto, ya que debido que la gran mayoría de obras en la actualidad no tienen un diseño pensado en lo relativo al medio, no queda más remedio que poner "apellido" a las obras para distinguir a los profesionales que se centran en hacer una buena arquitectura.

Tras analizar los diferentes puntos de vista, parece que no se encuentra una definición clara entre los diferentes autores de lo que este término engloba, debido a que es un concepto complejo; pero, sí se puede concluir que un principio esencial del bioclimatismo, es, utilizando las palabras de Jean-Louis Izard (1983, citado por De Luxán García de Diego, Reymundo Izard & Marzól Jaén, 2011) "construir con el clima", considerando una prioridad, la integración medioambiental de la arquitectura, aprovechando las capacidades del medio que la rodea.

Es una arquitectura que busca el ahorro energético y el confort interno, a través de la adaptación a su entorno, para a través de un buen diseño lograr tornar las características del clima a su favor. Si las condiciones del clima son extremas, y se requiere un aporte energético adicional, siempre se prioriza el apoyo de energías sostenibles y renovables.

2.2. Evolución de la arquitectura adaptada al clima

El clima siempre ha desempeñado un papel determinante en la creación arquitectónica. Según González González (1997), la arquitectura culta, desde Vitruvio, y la arquitectura vernacular han procurado la integración de las condiciones climáticas del medio, aprovechándolas en la medida de lo posible (galerías, torres de viento, etc).

Es durante la era industrial cuando esta conexión de la arquitectura con el entorno se pierde debido a la necesidad de construcción rápida y barata, y al desarrollo de nuevas tecnologías que sustituyen a las técnicas ancestrales, de acuerdo con la opinión de Fathy, que en 1986 expone que, con la llegada de la revolución industrial las técnicas heredadas y perfeccionadas a lo largo de los años se perdieron, y se encuentran ahora olvidadas.

Según Cofaigh "A partir de la revolución industrial, y en especial desde el siglo XX, dos fenómenos paralelos – la mayor distribución de la riqueza y el relativo abaratamiento de la energía - han producido un aumento generalizado del consumo energético" (2007, p. 11)

En el movimiento moderno la desconexión con la arquitectura tradicional se mantiene y se postulan hacia una "tabula rasa" con el pasado.

En 2011 Requena Ruíz comenta que la arquitectura contemporánea se asienta en los preceptos de la modernidad, la cual ha sido continuamente denostada desde un punto de vista medioambiental.

Pese a la falta de eficiencia energética y de relación con el entorno que demuestra la mayor parte de los edificios derivados del pensamiento moderno, fueron varios los arquitectos del siglo XX que reflexionaron ante el problema.

En 1929, Le Corbusier (citado por González González, 1997, p. 15) afirma "Propongo una sola casa para todos los países, todos los climas" pero en su trabajo posterior parece realizar un cambio de rumbo en su mentalidad.

Según comenta Requena Ruiz "A partir de los años treinta Le Corbusier investigó sobre la adaptación del edificio al entorno, explorando soluciones para el control de la radiación solar, ventilación, humedad y construcción ecológica, recuperando las enseñanzas de la arquitectura tradicional sin perder el papel renovador que la modernidad le otorgaba." (2011, p. 5)

El arquitecto moderno que mejor supo conjugar edificio con su entorno y clima fue, según Steadman (1978) Frank Lloyd Wright, al menos en sus primeras casas de la pradera, y en los edificios del desierto.

El término bioclimático se comienza a extender a partir de los años setenta, en los que la crisis energética hace reflexionar sobre carácter limitado de los combustibles que formaban la base de modo de vida de la sociedad occidental (Serra Florensa, 1996).

En la actualidad estamos ante una crisis medioambiental y económica a nivel mundial, y la gran masa edificada es poco eficiente energéticamente “El consumo de energía en los edificios convencionales afecta al medioambiente porque utiliza recursos no renovables y genera emisiones de CO₂, NO Y SO₂ que contribuyen a la contaminación del planeta.” (Cofaigh, 2007, p. 52).

Es, por tanto, prioritario avanzar hacia una arquitectura más eficiente que aporte confort a los espacios interiores construidos y a su vez consuma la mínima energía posible, permitiendo a muchas personas con pocos recursos acceder a espacios confortables y reducir la contaminación a nivel global.

“El ahorro logrado mediante diseños energéticamente eficientes puede ser muy importante en la vida diaria. Los costes de calefacción en invierno pueden llegar a consumir en invierno una parte considerable de los ingresos familiares(…)” (Cofaigh, 2007, p. 11).

Como comenta Cofaigh no solo se aumentaría el confort para las personas sin recursos, ya que una arquitectura adaptada al clima mejora también la calidad del espacio “Los edificios con más elementos naturales y menos artificiales son mejores. En general, los espacios con luz natural son más agradables que los que disponen de luz artificial; la ventilación natural cuando se dispone de aire puro y un exterior sin ruidos es más recomendable que la mecánica; cuantas menos fuentes de calor, mejor, etc.” (2007, p. 11).

Olgay critica que “Los patrones arquitectónicos propios de la civilización occidental han desatendido con demasiada frecuencia los problemas y soluciones inherentes a los edificios de regiones y climas” (1962, p. IX).

Una arquitectura bioclimática nos permitiría tener una mayor calidad de vida, minimizando, a su vez, los problemas de contaminación. En este sentido, aún queda mucho por avanzar en la actualidad. La gran mayoría de la masa edificada existente es muy poco eficiente energéticamente, y buena parte de las nuevas construcciones que se están realizando, se diseñan sin aprovechar las condiciones climáticas del entorno.

Por otro lado, algunos profesionales están ofreciendo modelos “bioclimáticos” estandarizados, lo que es contradictorio, y no recomendable, ya que son prototipos aplicables en cualquier localización, de acuerdo con De Luxán García de Diego et al. (2011). Por tanto aún queda mucho por concienciar y avanzar en este campo.

Afortunadamente, en la actualidad, se observa un giro hacia una arquitectura energéticamente consciente. Tanto gobiernos, profesionales, como particulares, van poco a poco tomando conciencia de la necesidad de un cambio de rumbo en la arquitectura.

2.3. Autores de referencia nacionales e internacionales

La crisis energética que surge en la década de los años setenta hace reflexionar a la sociedad sobre carácter limitado de los combustibles. El término bioclimático comienza a extenderse como alternativa sostenible, y a despertar el interés de numerosos arquitectos. Existen numerosos autores destacados a nivel internacional en este campo:

Víctor Olgyay (1963) es un referente internacional, ya que se atrevió a plantear, en los años cincuenta, una arquitectura relacionada con su medio ambiente y de él surge el término bioclimático *bioclimatic approach* (Serra, 1996, prólogo de Olgyay, 1963).

Meses antes de que comenzara la crisis energética de 1973, el arquitecto británico Philip Steadman (1978) realizó una investigación sobre alternativas energéticas. Otros autores de referencia son Baruch Givoni (1969) y Steven Szokolay (1984), que han destacado por sus aportaciones en las herramientas de análisis y evaluación bioclimática. Edward Mazria (1979) es reconocido por sus estudios y metodología de diseño pasivo. Otros autores de referencia a nivel internacional son Jean-Louis Izard & Alain Guyot (1983), Roger Camous & Donald Watson (1986), Sophia & Stefan Behling, Kean Yeang (1995), David Morillón (2000) y Sue Roaf (2001).

En España arquitectos como Jaime López de Asiaín (2001), Rafael Serra Florensa (1989), Javier Neila González (2004) y Luis de Garrido Talavera (2014), han editado diversas publicaciones y realizado numerosas obras arquitectónicas de referencia.

En el caso de Galicia, como se comentó previamente, se han encontrado muy pocos autores que traten la arquitectura bioclimática, únicamente Dolores García Lasanta (2004), que ha generado unos apuntes para alumnos con algunas conclusiones de interés, y algunos trabajos de final de carrera de varios autores, que tocan vagamente el tema.

2.4. La arquitectura popular como ejemplo de arquitectura bioclimática

En la actualidad, el fácil acceso a la energía, hace que la mayoría de las construcciones se diseñen sin profundizar en el clima donde se sitúan, resolviendo sus problemas de control ambiental, de forma precaria, a través del uso de sistemas energéticos. Los constructores primitivos y los de las culturas actuales con escasos recursos no podían, ni pueden tomar esa actitud, por lo que sus edificios mantienen una estrecha relación con el clima (Serra Florensa & Coch Roura,1995).

En ese mismo sentido, Neila González (2004) considera que se podría definir la arquitectura bioclimática actual como una arquitectura popular evolucionada; ya esta que representa la adecuación perfecta entre el clima, las necesidades humanas, y la construcción sostenible.

Esta evolución de la arquitectura popular a la arquitectura bioclimática actual, es debida principalmente, a que debe responder a los elevados niveles de confort existentes en la actualidad. Por tanto, no se debe caer en imitar a las construcciones populares, sino simplemente aprender de ellas, ya que el estilo de vida ha cambiado desde entonces.

En el mapa que se observa a continuación, se han relacionado las zonas climáticas propuestas por Romaní Barrientos en 1994 con las tipologías populares gallegas expuestas por Llano Cabado en 1996. De esta manera, se puede observar que prácticamente existe una tipología de arquitectura popular por cada zona climática, mostrando así que tener una estrecha relación con el medio es una de las premisas más importantes de la arquitectura popular.

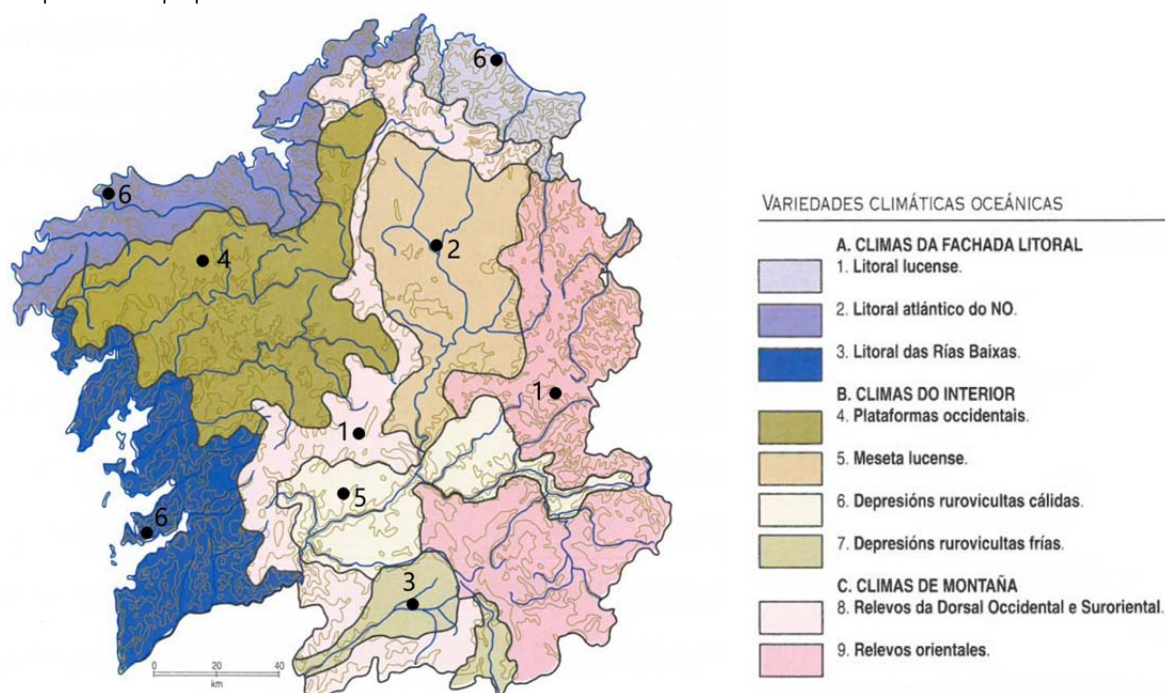


Imagen 2: Mapa de Galicia donde se relacionan las zonas climáticas expuestas por Romaní Barrientos en 1994, con los diferentes tipos de arquitectura popular según Pedro de Llano en 1996. Los diferentes tipos de arquitectura popular se numeran de la siguiente manera: 1- Arquitectura de las sierras; 2- Arquitectura de las grandes llanuras y depresiones lucenses; 3- La arquitectura de los valles y depresiones de Ourense;

2.5. Mecanismos de transmisión de energía térmica

La transmisión de calor entre dos sistemas se produce a través de tres mecanismos que se pueden dar de forma separada o combinados. Lo más habitual es que estos mecanismos actúen de forma combinada. Para que la transferencia de energía calorífica entre dos sistemas sea posible, ambos deben tener diferente temperatura (Neila González, 2004).

Ambos sistemas tenderán a igualar su temperatura, aportando el más caliente energía térmica al más frío, siguiendo el segundo principio de la termodinámica.

Los mecanismos de transmisión de calor son la conducción, la convección y la radiación, se ha considerado importante detenerse en su descripción ya que son términos que aparecen de manera frecuente en el trabajo.

CONDUCCIÓN

Este mecanismo de transmisión de energía calorífica afecta a los cuerpos sólidos que se tocan o partes de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas. La energía térmica se propaga desde las moléculas con mayor temperatura a las moléculas con menor temperatura del cuerpo.

La velocidad de propagación es variable en función del grado de conductabilidad calorífica del material, que en materiales de construcción suele ser de cm/h, es decir, muy lenta en comparación con las demás formas de transmisión de energía (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

La transmisión se produce mediante el intercambio de energía cinética entre moléculas contiguas. Es por tanto necesario para que se produzca la conducción que exista continuidad física en la materia, a través del contacto de dos cuerpos diferentes o a través de un mismo cuerpo, cuando dos partes se encuentran a distintas temperaturas. No existe un desplazamiento apreciable de materia (Neila González, 2004).

La propiedad física de los materiales que determina su capacidad para conducir el calor es la conductividad térmica, es característica de cada material. El parámetro inverso a la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de un material para oponerse al paso de calor.

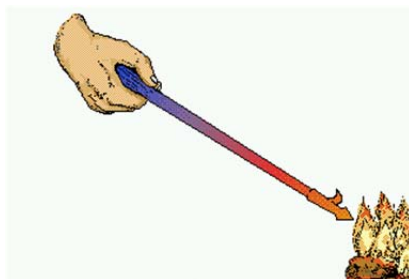


Imagen 3 : Ejemplo de traspaso de calor por conducción, si se calienta al rojo vivo un extremo de una barra metálica habrá una transferencia de calor por conducción hacia el extremo más frío, que verá incrementada su temperatura siempre que no exista ninguna otra influencia externa.

CONVECCIÓN

Es un mecanismo de transmisión térmica que se da en fluidos. La transmisión térmica que se da en el interior de un fluido es un proceso de conducción, al ponerse en contacto moléculas del fluido en sí, pero la energía se transporta de un lado a otro por el desplazamiento de la materia (Neila González, 2004).

En la convección natural el desplazamiento de materia es debido al aumento de densidad del fluido al calentarse, que asciende, dejando un espacio que es ocupado por otra parte más fría del fluido.

Según Neila González (2004) un caso aparte ocurre cuando el fluido se pone en contacto con un sólido, como el de las capas de aire próximas a un cerramiento. La velocidad del aire en la capa puesta en contacto con el sólido es variable, en cambio, cuando la separación de la pared es lo suficientemente grande la velocidad se vuelve constante y dependiente únicamente de la diferencia de temperaturas.



Imagen 4 : Ejemplo, en el líquido interior de la tetera se produce un traspaso de calor por convección.

RADIACIÓN

Es una propagación de energía a través de ondas electromagnéticas, cualquier cuerpo emite radiación por el mero hecho de albergar calor (Neila González, 2004).

La radiación se produce entre dos cuerpos a distinta temperatura, el cuerpo más caliente intercambiará una cantidad mayor de energía con el más frío. La velocidad de propagación se puede considerar instantánea (Serra Florensa & Coch Roura, 1995). Un ejemplo en el que se puede observar fácilmente el efecto de la radiación es cuando los rayos solares inciden sobre un cuerpo, calentándolo.

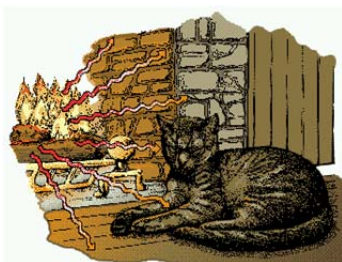


Imagen 5 : Ejemplo, el fuego emite radiación que es recibida por el animal, que incrementa su temperatura.

2.6. Definición de estrategias y técnicas bioclimáticas

En el trabajo los dos capítulos relativos a los objetivos se centran en las técnicas bioclimáticas utilizadas en las construcciones gallegas, y de las estrategias de diseño más adecuadas para las zonas climáticas Galicia.

Debido a la frecuencia en la utilización de estos dos términos, técnicas y estrategias bioclimáticas, se procede a su definición.

Por un lado, las **estrategias** ofrecen directrices generales de cual es la dirección que se debe tomar en el diseño arquitectónico para un lugar concreto. Es decir, las estrategias sirven de apoyo al diseñador para decidir las técnicas más adecuadas en términos de confort y ahorro energético en una obra bioclimática.

Cada estrategia contempla a su vez la utilización de numerosas técnicas, y se habla de ella de una manera más amplia, como se observa en las siguientes referencias:

"Design strategies for using the breeze have also to fit with the lifestyle of the house occupants" (Sue Roaf, 2001, p.111).

"(...) la ventilación aparece como una estrategia de múltiples aplicaciones en condiciones de verano (...) y que en la actualidad se utiliza como la gran estrategia bioclimática en los edificios de alta tecnología." (Neila González, 2004, p. 306).

Se denominan **técnicas** pasivas a aquellas que forman parte de la propia edificación, bien como elementos constructivos básicos (muros, ventanas, cubiertas, etc.) o como elementos básicos modificados en su función (invernaderos, galerías, chimeneas, sótanos, etc.) (Neila González, 2004).

Como por ejemplo, "Las técnicas de ventilación natural se clasifican (...) en: Ventilación natural pura (directa y cruzada), ventilación forzada natural (recalentamiento en fachada, recalentamiento en cubierta, chimenea solar (...)" (Neila González, 2004, p. 306).

3. LAS TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS EN GALICIA

3.1. Las técnicas bioclimáticas más frecuentes

Para identificar las técnicas bioclimáticas pasivas que se están utilizando con mayor frecuencia en las construcciones de Galicia en los últimos 15 años lo primero es saber cuales son las técnicas más conocidas. Para ello, se investigará lo expuesto por varios autores de referencia en el campo de estudio.

Los autores de referencia que se han estudiado para elaborar el listado de técnicas son: Luis de Garrido Talavera, Helena Granados, Javier Neila González, Sue Roaf, Rafael Serra Florensa y Helena Coch Roura.

En el cuadro que se muestra a continuación, se observa un listado de técnicas bioclimáticas pasivas expuestas por los autores de referencia. Se marca con una X cuando la técnica ha sido explicada por un autor, de manera que se consigue saber si es una técnica conocida, o por el contrario es menos común. Se seleccionarán las técnicas explicadas por dos o más autores.

Técnicas bioclimáticas	De Garrido (2014)	Granados (2006)	Neila (2004)	Roaf (2001)	Serra y Coch (1995)
1.Captación directa (Ventanales)	X	X	X	X	X
2.Galería- Invernadero	X	X	X	X	X
3.Muro Trombe	X	X	X	X	X
4.Muro Trombe inverso	X				
5.Sistema Barra –Constantini		X	X	X	
6.Sistema termosifón	X	X		X	
7. Doble invernadero	X				
8.Muros de agua			X	X	X
9.Cubiertas de agua			X		X
10.Suelo acumulador de grava		X	X	X	X
11.Barrera protectora de vientos				X	X
12.Elevado aislamiento térmico	X	X	X	X	X
13.Pozo canadiense	X	X	X	X	X
14.Inmersión en tierra	X		X		X
15.Cubierta vegetal	X	X	X	X	
16.Alta masa térmica	X	X	X	X	X
17.Orientación norte-sur	X	X	X	X	X
18.Deshumidificación del ambiente	X		X		
19.Protecciones solares	X	X	X	X	X
20.Umbráculos	X	X	X	X	X
21.Protección con vegetación	X	X	X	X	X
22.Cubierta ventilada		X	X		
23.Fachada ventilada		X	X		
24.Ventilación cruzada	X	X	X	X	X
25.Ventilación mediante recalentamiento de fachada o cubierta	X	X	X		
26.Chimenea solar	X	X	X		X
27.Aspiración estática		X	X	X	X
28.Chimenea de viento	X	X	X	X	X
29.Patios	X	X	X	X	X
30.Vegetación (enfriamiento evaporativo)		X	X	X	X
31.Masas de agua (enfriamiento evaporativo)	X	X	X	X	X
32.Ventilación nocturna	X	X	X	X	

Las técnicas de muro Trombe Inverso y el doble invernadero se descartan, debido a que solo son nombradas por uno de los autores de referencia estudiados.

Se seleccionan para el estudio las siguientes técnicas: Captación directa (a través ventanales, lucernarios, atrios), galerías o invernaderos adosados, muro Trombe, sistema Barra-Constantini, sistema termosifón, muros y cubiertas de agua, suelo acumulador de grava, barrera protección contra vientos, aislamiento térmico, pozo canadiense, inmersión en tierra cubierta vegetal, alta masa térmica, orientación norte-sur de la obra, deshumidificación del ambiente, protecciones solares, umbráculos, protección con vegetación, cubierta y fachada ventilada, ventilación cruzada, ventilación por recalentamiento, chimenea solar, aspiración estática, chimenea de viento, patios, enfriamiento evaporativo y ventilación nocturna.

3.2. Definición de las técnicas bioclimáticas seleccionadas

A Continuación, se describen cada una de las técnicas bioclimáticas pasivas seleccionadas para realizar la investigación. Posteriormente se observará si estas técnicas están siendo aplicadas en los casos de estudio.

3.2.1. CAPTACIÓN DIRECTA

OBJETIVOS

Ganancia térmica e iluminación natural

DESCRIPCIÓN

Son sistemas de captación directa aquellos en los que la radiación procedente del sol atraviesa una superficie transparente a la radiación de onda corta, calentando el aire, suelo, techos y paredes interiores de la estancia que se desea climatizar.

La energía acumulada en los paramentos interiores se cede al ambiente con retardo en forma de onda larga, que no es capaz de atravesar el vidrio, quedando retenida en el interior de la estancia (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

Una ventana orientada correctamente al sol es el primer sistema de captación solar. Por la noche, se deben utilizar elementos que eviten la pérdida de calor, como contraventanas o persianas. En verano, se deben proteger los huecos acristalados con elementos que generen sombra, como aleros, pérgolas, celosías o vegetación de hoja caduca.

IMÁGENES

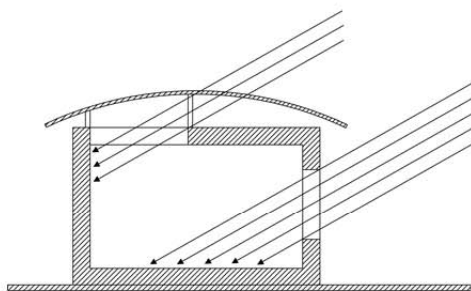


Fig. 6-Captación directa por ventanas y lucernarios



Fig. 7- Ventanales, captación directa

VENTAJAS

Presenta una relación efectividad/precio elevadísima, ya que únicamente se requiere un correcto diseño del edificio para su funcionamiento (Neila González, 2004).

LIMITACIONES

Dependencia absoluta de las horas de sol; distribución irregular de la energía térmica en los paramentos, que será mayor cerca del punto de captación solar.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.2. CAPTACIÓN A TRAVÉS DE GALERIAS E INVERNADEROS

OBJETIVOS

Ganancia térmica e iluminación natural

DESCRIPCIÓN

La energía solar es, en este caso, captada por un espacio intermedio entre el exterior y el interior de la vivienda, como invernaderos adosados o galerías. Ambos son espacios acristalados, diseñados con el objetivo de captar el máximo de radiación solar.

La galería permite crear espacios integrados en la vivienda, en muchos casos de carácter polivalente, o como corredor. Ha sido una solución muy practicada en lugares donde el calor y la luz son necesarios y que a su vez no presentan veranos muy calurosos, como es el caso de Galicia (Neila González, 2004).

El aire caliente generado mediante efecto invernadero en estos espacios se distribuye por toda la casa mediante corrientes de convección.

IMÁGENES

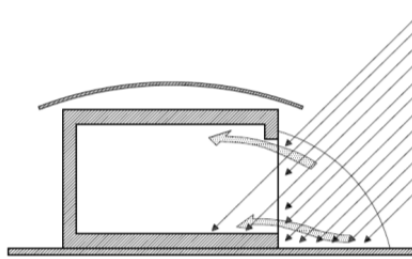


Fig. 8 –Captación mediante invernadero



Fig. 9- Avenida de la Marina en A Coruña

VENTAJAS

Se generan espacios polivalentes donde se puede tomar el sol, leer, jugar, cultivar plantas.

Se mejora notablemente el clima interior de la vivienda al introducir un espacio de transición entre el interior y el exterior.

LIMITACIONES

Puede producirse sobrecalentamiento.

Son espacios que sufren grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche, por lo que no son útiles para actividades que requieran un uso más estable.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.3. MURO TROMBE

OBJETIVOS

Ganancia térmica

DESCRIPCIÓN

El muro Trombe combina la captación directa, a través de superficies vidriadas, con la acumulación de la energía en un muro de alta inercia térmica. El muro dispone de aberturas practicadas en la parte superior e inferior para permitir que el aire calentado se distribuya en las estancias adyacentes.

El aire se calienta en el reducido espacio existente entre el muro de acumulación y el vidrio mediante efecto invernadero, y asciende, pasando al espacio adyacente calentándolo; a su vez, el aire frío entra por la abertura inferior, ocupando el espacio del aire caliente, que asciende de nuevo, generando un lazo convectivo.

El muro de acumulación debe tener un gran espesor, y alta densidad. Su superficie debe tener un tono oscuro para evitar pérdidas por reflexión, y absorber la máxima cantidad de energía térmica. Al cabo del tiempo, cuando el muro haya acumulado suficiente calor, comenzará a ceder energía térmica al espacio contiguo, calentándolo mediante radiación y convección.

IMÁGENES

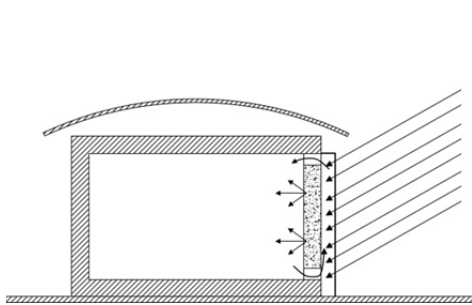


Fig. 10 -Captación indirecta con muro Trombe



Fig. 11- Muro Trombe

VENTAJAS

Combina la captación directa y la acumulación térmica aprovechando al máximo la orientación Sur. Reduce las diferencias térmicas entre el día y la noche.

LIMITACIONES

Limita la abertura de ventanales en la fachada Sur.

Puede producir sobrecalentamiento en verano.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.4. SISTEMA BARRA - CONSTANTINI

OBJETIVOS

Ganancia térmica

DESCRIPCIÓN

Es un sistema que se compone por una superficie vidriada para realizar captación solar directa, y un muro pintado en un color oscuro orientado al sur, al igual que en el muro Trombe, con la diferencia de que, en la cara exterior del muro se coloca una capa aislante. Entre vidrio y el muro se dispone una fina chapa metálica que absorbe radiación solar.

En la cámara solar, el aire absorbe el calor de la chapa metálica, generándose movimiento mediante efecto termosifón, el aire sube, y se desplaza horizontalmente por el techo a través de conductos, finalizando en la parte norte de la construcción. El aire calienta las estancias de la zona norte, baja, y atraviesa la edificación hasta llegar a la parte inferior de la pared colectora sur, donde se vuelve a calentar.

La climatización de las estancias proviene de la radiación de los muros interiores, que forman una segunda piel en la edificación, y cuando se considera necesario mediante aberturas en el techo, accediendo al interior de las estancias el aire caliente proveniente de los conductos.

IMÁGENES

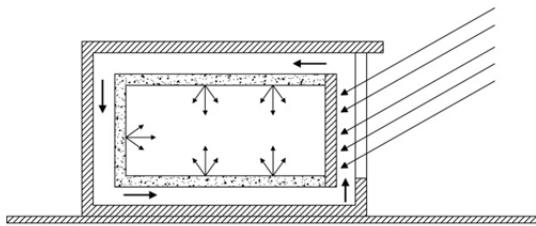


Fig. 12 –Sistema Barra - Constantini



Fig. 13- Edificación con sistema Barra- Constantini

VENTAJAS

Asegura una correcta distribución del calor en todos los espacios. Combina la captación directa y la acumulación térmica aprovechando al máximo la orientación Sur.

LIMITACIONES

Debido a la alta temperatura utilizada en su funcionamiento, mayor que en otros sistemas pasivos, el colector es objeto de mayores pérdidas térmicas

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.5. SISTEMA TERMOSIFÓN

OBJETIVOS

Ganancia térmica

DESCRIPCIÓN

Consta de un elemento captador de vidrio adosado al edificio y un sistema de almacenamiento de la energía. Una cama de grava suele ser el sistema de acumulación más común.

Según Mitjá et al. (1986, citado por Mendonça, 2005) el efecto termosifón se basa en la reducción de la densidad de un fluido cuando aumenta su temperatura. El aire al calentarse tiene tendencia a subir, siendo ocupado su lugar por aire más frío (se trata de un efecto que también se aprovecha en otros sistemas bioclimáticos como en el muro Trombe o el Barra-Constantini).

También se puede aplicar este sistema utilizando un invernadero adosado o integrado en la construcción, como se muestra en el esquema inferior. El efecto invernadero calienta el aire, que asciende y recorre todo el espacio habitable, cediendo su energía térmica a los muros de acumulación, que emiten calor por radiación cuando han acumulado suficiente energía.

IMÁGENES

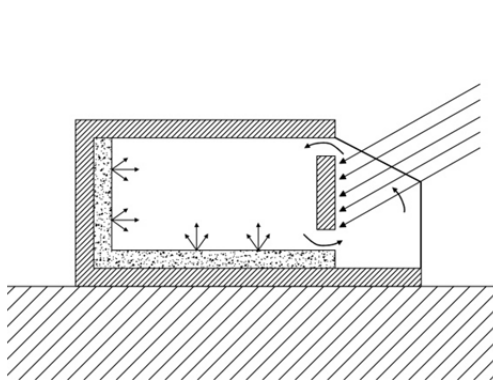


Fig. 14 –Sistema Termosifón con invernadero adosado

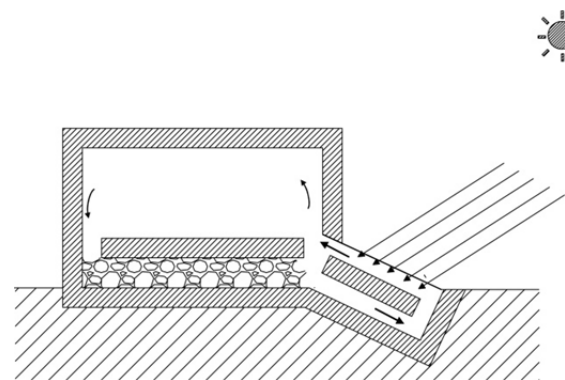


Fig. 15- Sistema termosifón con cama de grava

VENTAJAS

Asegura una mejor distribución del calor respecto a la captación directa.

LIMITACIONES

No puede ser utilizado en edificaciones de gran tamaño debido a que la dimensión que debería tener el sistema, y la dimensión de los conductos necesarios para los pisos superiores inviabilizan el sistema (Mendonça, 2005).

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.6. MUROS DE AGUA

OBJETIVOS

Ganancia térmica

DESCRIPCIÓN

Es una variación del muro masivo, donde el agua reemplaza al muro macizo. Se trata de un muro invernadero, similar al Trombe, compuesto por depósitos de agua que actúan como almacenamiento térmico. La energía se cede al espacio interior mediante radiación y convección. Entre estos depósitos se dejan huecos para facilitar los intercambios de calor con el interior de la construcción, aumentando el rendimiento del sistema.

En un muro de agua, hay que tener en cuenta que debido al elevado calor específico y a la conductibilidad del agua, que es además incrementada por los flujos convectivos, la transmisión del calor es rápida, al contrario que en un muro Trombe en el que existe un gran desfase temporal. Es aconsejable la existencia de un control en la distribución del calor, que puede ser aislar el muro durante el día, y retirar ese aislamiento por la noche cuando se necesite la transmisión del calor (Mitjá, 1986, citado por Mendonça, 2005).

IMÁGENES

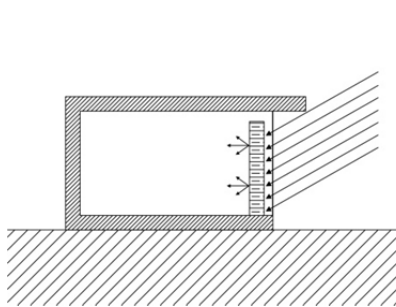


Fig. 16 –Esquema funcionamiento muro de agua



Fig. 17-Muro de agua



Fig. 18- Muro de agua

VENTAJAS

El agua tiene una capacidad de almacenamiento de energía térmica muy superior a la de otros materiales utilizados habitualmente para acumulación, como el ladrillo o el hormigón, debido a su elevado calor específico. Por lo que necesita un muro con un menor espesor (Mitjá, 1986, citado por Mendonça, 2005).

Un muro de agua se calienta más uniformemente utilizando toda su masa como almacenamiento, mientras que en muros sólidos el calor pasa lentamente de la superficie hacia el interior (Mazria, 1985).

LIMITACIONES

Se puede generar ruido al dilatarse el agua en las paredes de los contenedores. Peligro de derrame del agua depositada.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.7. CUBIERTA DE AGUA

OBJETIVOS

Ganancia térmica

DESCRIPCIÓN

La cubierta de agua o cubierta estanque está formada por un acumulador térmico consistente en depósitos o sacos plásticos con agua situados sobre un forjado de color oscuro, que debe ser buen conductor al calor. Un vidrio doble aumenta mucho el rendimiento de la cubierta estanque.

La masa de agua capta la radiación solar directa y la cede al espacio interior por conducción y con retardo. El sistema se puede invertir en verano para obtener refrigeración, disipando el calor desde los depósitos de agua hacia el cielo. Es recomendable utilizar aislamiento móvil, de noche en invierno, y de día en verano (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

Según Mazria (1985), en invierno la inclinación del sol llega con un ángulo desfavorable a la cubierta plana. Para incrementar la radiación solar en el estanque puede utilizarse un reflector, que puede ser el propio aislamiento móvil con una superficie reflectante (como se observa en el esquema). En verano, al contrario, la forma óptima para refrigerar es la cubierta plana, que queda de noche expuesta a la bóveda celeste.

IMÁGENES

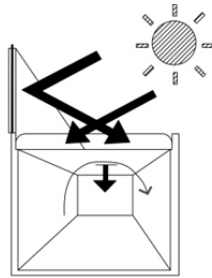


Fig. 19 –Captación indirecta con cubierta de agua



Fig. 20- Cubierta de agua con paneles aislantes

VENTAJAS

El agua tiene una capacidad de almacenamiento de energía térmica muy superior a la de otros materiales como el ladrillo o el hormigón debido a su elevado calor específico. (Mitjá, 1986, citado por Mendonça, 2005).

El agua se calienta más uniformemente usando toda su masa como almacenamiento, en cambio, en muros sólidos el calor pasa lentamente de la superficie al interior (Mazria, 1985).

LIMITACIONES

Peligro de derrame del agua depositada. Ángulo solar desfavorable en invierno.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.8. CAPTACIÓN INDIRECTA CON DEPÓSITO DE GRAVA

OBJETIVOS

Ganancia térmica

DESCRIPCIÓN

Es un sistema de captación indirecto por suelo que consiste en un elemento captador y acumulador de la energía solar, situado bajo el suelo del espacio interior que se quiere climatizar (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

La acumulación de la energía térmica se realiza mediante un depósito de piedras, que debe estar protegido de la humedad del terreno, y bien aislado. En la fachada sur se coloca una superficie vidriada que capta la radiación solar. Un lecho de grava, además de acumular el calor permite repartirlo fácilmente en todo el depósito por convección natural del aire.

La transmisión de calor hacia el espacio interior se realiza a través del suelo, por convección superficial y radiación de onda larga. Se puede mejorar el rendimiento del sistema si el aire calentado en el depósito se cede al interior mediante aberturas regulables (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

IMÁGENES

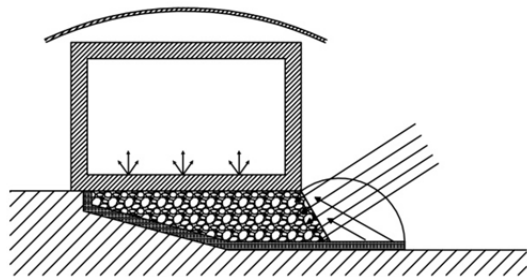


Fig. 21- Captación con depósito de grava inferior



Fig. 22- Grava

VENTAJAS

El calor proviene del suelo de manera que la parte inferior del cuerpo humano se mantiene siempre caliente, mientras que la cabeza no recibe directamente el calor.

Asegura una mejor distribución del calor respecto a la captación directa.

No ocupa la fachada sur como otros sistemas, como muro Trombe o muro de agua, sino que ocupa la parte inferior de la edificación.

LIMITACIONES

En Galicia los problemas de humedades con el terreno son frecuentes, se debe reforzar este punto para evitar problemas.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.9. BARRERAS DE VIENTO

OBJETIVOS

Ganancia térmica

DESCRIPCIÓN

Para diseñar una correcta protección debe conocerse la orientación de los vientos fríos dominantes en invierno y de las brisas frescas en verano. Normalmente los vientos desfavorables en invierno son del Norte o Noroeste. Por lo tanto una pantalla orientada al norte suele ser adecuada, mientras que por el contrario se debe dejar libre de barreras y obstáculos la orientación Sur, ya que aporta en general unas condiciones más benignas.

La acción de la vegetación frente al viento será muy efectiva siempre que esté formada por un denso arbolado, y se evite el paso de vientos entre los troncos. También se puede crear un terraplén que proteja los paramentos de la construcción más expuestos a los vientos.

Otra opción para frenar el efecto de los vientos es mediante muros, más efectivos en la reducción de la intensidad del viento respecto a la vegetación, aunque se aumentan las turbulencias y los remolinos de aire. Una opción efectiva es la combinación de un muro con vegetación, conocido como paredes Rudofsky (García Lasanta, 2004).

Es importante conocer si los vientos dominantes en verano vienen de la misma dirección respecto al invierno, o son diferentes para diseñar una solución correctamente.

IMÁGENES

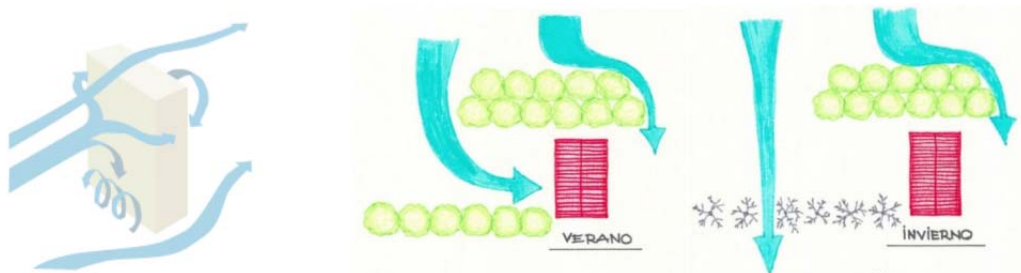


Fig. 23 -Efecto de barrera sobre un muro Fig. 24 y 25- Combinación de árboles perennes y caducifolios para canalizar los vientos

VENTAJAS

Minimiza las pérdidas de calor por convección y las infiltraciones de aire, generando mayor sensación de confort en el espacio interior y en el entorno exterior.

LIMITACIONES

Si no se diseña correctamente puede perjudicar las vistas del lugar o la acción de vientos favorables en épocas calurosas.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.10. AISLAMIENTO TÉRMICO

OBJETIVOS

Evitar pérdidas térmicas en invierno y ganancias en verano

DESCRIPCIÓN

El aislamiento de una edificación procura minimizar el intercambio térmico entre el interior y el exterior. A la hora de aislar un edificio se deben tener en cuenta las diferentes orientaciones, siendo recomendable reforzar en fachada Norte y cubierta (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

Los aislantes térmicos presentan valores de conductividad térmica reducidos. Los gases en reposo suelen ralentizar el traspaso térmico, por lo que muchos de los materiales aislantes son porosos o celulares, con aire u otro tipo de gas en su interior. Un buen aislamiento siempre debe evitar puentes térmicos, ya que a través de ellos existe un intercambio térmico interior- exterior no controlado, y perjudicial para el confort interior. (García Lasanta, 2004).

Una decisión determinante a la hora de aislar correctamente, es determinar si el aislante debe ir en posición exterior, intermedia o interior respecto al muro. Generalmente la mejor opción consiste en aislar por el exterior, aprovechando así la masa del muro como acumulador térmico a favor del espacio interior, que tendrá una temperatura más estable.

Si por el contrario se aísla por el interior, el espacio se calentará muy rápido, siempre que disponga de una fuente de calor, e igualmente se enfriará muy rápido cuando el aporte de calor cese. Puede resultar adecuado en algunos casos como rehabilitaciones en las que no se pueda aislar por el exterior, o casas de fin de semana que necesiten calentarse rápidamente.

IMÁGENES



Fig. 26 -Aislamiento de celulosa



Fig. 27- Aislamiento de lana de oveja

VENTAJAS

Aporta protección ante la fuga de calorías en invierno y las ganancias térmicas indeseadas en épocas calurosas, permitiendo una temperatura más estable en el espacio vividero.

LIMITACIONES

El sobrecoste y/o un mayor espesor de muro son los hándicaps principales a la hora de colocar un buen aislamiento en una construcción.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.11. POZO CANADIENSE

OBJETIVOS

Ganancia térmica y refrigeración

DESCRIPCIÓN

El pozo canadiense o provenzal es un sistema que permite climatizar el aire exterior que se desea usar para la ventilación del espacio interior de una edificación, y se obtiene mediante el aprovechamiento de la temperatura de la tierra. La elevada inercia térmica del terreno hace que se encuentre siempre a una temperatura estable y más favorable que la exterior.

La climatización se obtiene al hacer circular el aire a través de un conducto enterrado a una profundidad entre 1,5 y 2 metros. El diámetro de los tubos no debe ser muy ancho, para permitir un buen contacto entre el aire y el terreno. (Neila González, 2004)

En invierno, la temperatura del aire exterior es más baja que la del terreno, por lo que al pasar a lo largo del conducto enterrado recibirá calor de la tierra y entrará en el espacio interior a mayor temperatura. En verano, será el aire exterior el que aportará mayor temperatura, que cederá en parte al terreno, entrando en el espacio a climatizar más fresco.

Debido a que la modificación de la temperatura del aire no es muy elevada, en muchos casos será necesario enterrar más de un conducto para obtener el suficiente caudal de aire para la climatización del espacio interior. Según García Lasanta (2004), en Galicia se obtiene con este sistema, aire para ventilación con una temperatura que ronda los 15 °C.

IMÁGENES

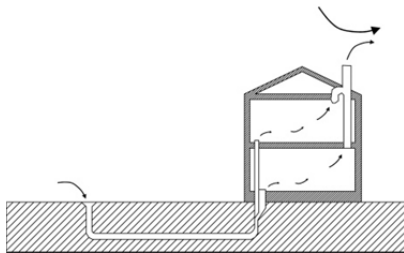


Fig. 28 -Edificio climatizado mediante conductos enterrados



Fig. 29 - Pozo canadiense

VENTAJAS

Presenta una relación efectividad/precio elevada. Puede suponer un gran ahorro energético.

LIMITACIONES

Necesidad de espacio donde poder enterrar los conductos, con la extensión adecuada.

El mayor inconveniente de este sistema es que la captación se detiene cuando entra aire por otras vías, como ventanas abiertas o infiltraciones de aire (García Lasanta,2004).

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.12. INMERSIÓN EN TIERRA

OBJETIVOS

Ganancia térmica y refrigeración

DESCRIPCIÓN

Es un sistema que permite aprovechar al máximo la elevada inercia térmica del terreno. Consiste en enterrar total o parcialmente la edificación de manera que el intercambio térmico se realice entre el espacio interior y el terreno, el cual se encuentra a una temperatura más fresca en verano, y más cálida en invierno, respecto a la temperatura exterior, y es prácticamente constante, ajena a los cambios bruscos de temperatura del ambiente exterior.

En las viviendas construidas sobre el terreno la mayor parte del gasto en calefacción se pierde hacia el exterior, bien a través de los muros, o bien a través del aire que se cuela en las rendijas. Por el contrario, en construcciones enterradas apenas hay pérdidas por infiltración y el calor pasa al terreno, donde se almacena (García Lasanta, 2004).

Según Serra Florensa & Coch Roura (1991) es un sistema adecuado en climas muy extremados. Consideran que los gruesos útiles para amortiguar oscilaciones de temperatura diarias son de 20-30 cm, mientras que para conseguir este efecto a lo largo de días sucesivos de diferente clima debe estar entre 0,60 y 1,50 m. Para los ciclos anuales, invierno- verano, los gruesos a considerar están situados entre los 6 y los 12 m., según el tipo de terreno.

IMÁGENES



Fig. 30 –Sistemas de inercia subterráneos

Fig. 31 - Vivienda enterrada

Fig. 32 - Vivienda enterrada

VENTAJAS

Una vivienda enterrada es más cálida en invierno y más fresca en verano. Puede suponer un gran ahorro energético.

Se reduce drásticamente el impacto visual de la obra. Se puede aprovechar la cubierta verde.

LIMITACIONES

Los principales problemas a la hora de diseñar una construcción bajo tierra son la ausencia de luz y una alta humedad relativa.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.13. CUBIERTA VEGETAL

OBJETIVOS

Ganancia térmica y refrigeración

DESCRIPCIÓN

La cubierta vegetal es una cubierta, generalmente plana, a la que se le añade sustrato vegetal y plantas. Funciona como un excelente aislante térmico y acústico debido a que, tanto el sustrato como las plantas retienen el aire en su interior y son buenos absorbentes acústicos.

Gracias a esta solución, se obtiene espacio útil ajardinado, que permite utilizar las cubiertas para el ocio, y devuelve a la naturaleza el espacio ocupado por la construcción. Se clasifican según el espesor del sustrato, el tipo de vegetación, y el mantenimiento que precisa. Pueden ser de dos tipos: extensivas o intensivas.

Según Neila González (2004) la cubierta extensiva o ecológica tiene una capa vegetal de poco grosor, siendo habitualmente menor de 10 cm. Se puebla con plantas autóctonas de bajo porte cuyo mantenimiento es nulo o escaso, debido a que el abastecimiento de agua y nutrientes se realiza a través de procesos naturales.

La cubierta intensiva o ajardinada tiene un sustrato mayor de 20 cm. poblado con plantas, árboles, y arbustos de mayor altura, y el mantenimiento típico de cualquier jardín.

IMÁGENES

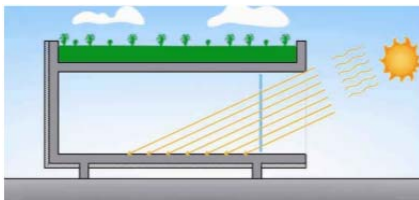


Fig. 33 -Cubierta vegetal



Fig. 34 - Cubierta vegetal



Fig. 35 - Cubierta vegetal en las ciudades

VENTAJAS

Ahorro energético. El sustrato y la vegetación actúan como aislantes y protegen el impermeabilizante.

Las plantas retienen el polvo y otras sustancias contaminantes propias de las ciudades, produciendo a su vez oxígeno. También se mejora el desagüe pluvial del edificio, debido a que las plantas retienen el agua de lluvia.

LIMITACIONES

En algunas ocasiones, el coste de instalación y mantenimiento de una cubierta vegetal es muy superior al de una cubierta normal. La cubierta puede tener mayores requisitos estructurales.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.14. ALTA MASA TÉRMICA

OBJETIVOS

Ganancia térmica y refrigeración

DESCRIPCIÓN

La propia masa térmica de una edificación también puede funcionar como sistema de acumulación térmica. La climatización de un espacio interior mediante muros masivos se basa en la inercia térmica de los materiales, acumulando y radiando el calor de una forma gradual por la simple diferencia de temperaturas, y por su tendencia natural a equilibrarse.

Según Granados Menéndez (2006) es un recurso muy utilizado en la arquitectura popular, en la que los materiales de cerramiento eran pesados y de gran espesor. Se trataba de construcciones que se caracterizan por su capacidad para almacenar calor, y por su gran inercia térmica, permitiendo una adaptación lenta a los cambios de temperatura, mediante la amortiguación y desfase de la onda térmica.

La inercia térmica es, por tanto, la dificultad que ofrece un cuerpo a cambiar su temperatura (Neila González, 2004), y está relacionada con la capacidad de acumulación, a mayor inercia térmica mayor es la capacidad de almacenamiento energético de una masa. Esa energía actúa como un amortiguador protegiendo de los cambios de temperatura en el exterior. Esto es clave en climas con oscilaciones térmicas diarias importantes.

La inercia térmica depende de la masa, la densidad, el calor específico y el coeficiente de conductividad térmica del material.

IMÁGENES

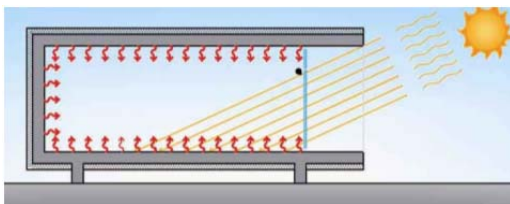


Fig. 36 - Inercia térmica del edificio



Fig. 37 - Muro de ladrillo adobe

VENTAJAS

Estabilidad térmica y ahorro energético.

LIMITACIONES

Los espacios con una envolvente de gran inercia térmica necesitan más tiempo para calentarse al principio, para alcanzar la temperatura de confort deseada, por lo que no es una solución adecuada para edificaciones de uso intermitente. En caso de un diseño poco adecuado pueden darse situaciones de sobrecalentamiento.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.15. ORIENTACIÓN NORTE-SUR

OBJETIVOS

Ganancia térmica e iluminación natural

DESCRIPCIÓN

Las edificaciones deben tener una forma alargada, en dirección al eje este-oeste. Las fachadas este y oeste deben ser las más reducidas, mientras que la norte y sur las que cuenten con mayor superficie.

Esto es debido a que en las latitudes medias, durante el invierno la fachada sur es la que recibe más horas de radiación solar de todas. Mientras que en verano, la situación cambia debido a la mayor altura que alcanza el sol, y las fachadas este y oeste reciben mayor radiación solar que la sur. Por ambos motivos, la mayor parte de los huecos debe situarse en la fachada sur ya que es la que más horas de sol recibe en invierno y después de la Norte, la que menos recibe en verano.

IMÁGENES

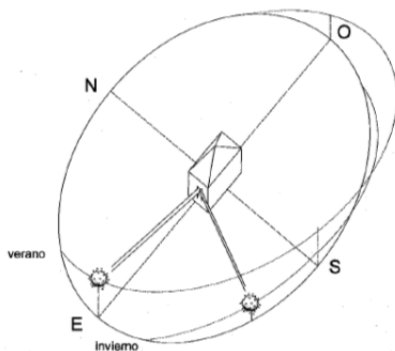


Fig. 38 –Trayectorias solares en invierno y en verano

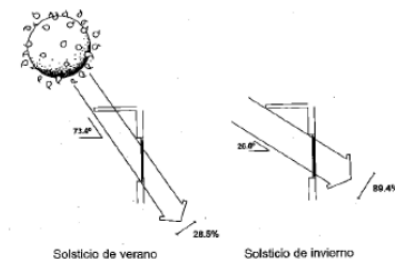


Fig. 39-Alturas solares en invierno y en

VENTAJAS

Un buen diseño con la fachada principal orientada al sur permite aprovechar al máximo la radiación solar.

La orientación sur es fácilmente protegible del exceso de radiación solar en verano mediante sistemas de sombreado, por el contrario las orientaciones este y oeste son complicadas de proteger debido al cambio de inclinación solar.

LIMITACIONES

Condiciona el libre diseño de la forma del edificio.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.16. DESHUMIDIFICACIÓN DEL AMBIENTE

OBJETIVOS

Reducción del porcentaje de humedad en el aire interior

DESCRIPCIÓN

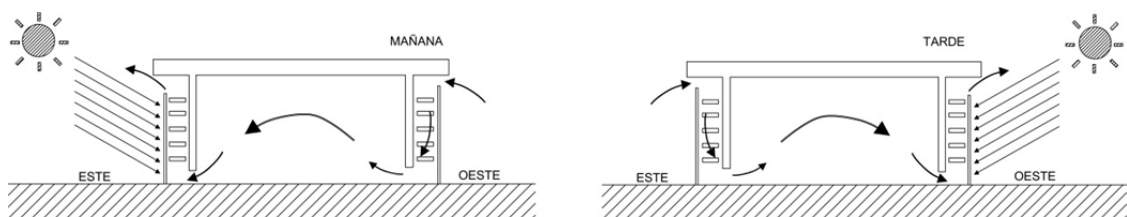
La presencia de porcentajes de humedad relativa excesivamente alta en el ambiente provoca una disminución en los niveles de confort. Según Neila González, en verano, pasar de 30 al 80% de humedad relativa supone incrementar la sensación de calor en 4°C.

Aumentar el nivel de humedad en el ambiente es sencillo, pero disminuirlo es complicado sin ayuda de sistemas mecánicos. Las sales absorbentes absorben el vapor de agua del ambiente y funcionan como deshumidificadores, secando el aire.

Neila González (2004) expone un prototipo de local en el que se incorpora una estrategia de desecación del ambiente. Consiste en bancadas de sales absorbentes situadas sobre mallas sobre las que pueda circular el aire de forma natural, y hacia las que pueda ceder parte de su humedad. El aire exterior se hace circular por estas bancadas antes de entrar al interior para reducir el porcentaje de humedad que contiene.

Cuando las sales absorbentes se saturan de agua se debe hacer pasar por ellas una corriente de aire caliente que las seque, para que vuelvan a su estado sólido. Ello se consigue haciendo que el aire exterior entre por unas nuevas bancadas, saliendo seco y caliente por las que se encuentran en estado líquido, secándolas y devolviéndolas a su estado sólido inicial.

IMÁGENES



Sistema de deshumedecimiento mediante bancadas con sales absorbentes: Fig. 40- mañana, Fig. 41- tarde

VENTAJAS

Aumenta el nivel de confort interior en climas húmedos. Disminuye la sensación de calor en verano, y de frío en invierno.

LIMITACIONES

Requieren un correcto diseño para que una vez que las sales se encuentran saturadas de agua se revierta el proceso a un estado sólido de forma autónoma.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.17. PROTECCIONES SOLARES – “BRISE-SOLEIL”

OBJETIVOS

Proteger los huecos acristalados de la radiación solar directa

DESCRIPCIÓN

Son sistemas que protegen los huecos de la radiación solar excesiva de las épocas calurosas.

Según Mendonça (2005), el diseño debe tener en cuenta las diferentes alturas y azimuts solares a lo largo del año, a través del análisis de las respectivas cartas solares. El sombreado puede ser el resultado de un adecuado diseño arquitectónico a través de la orientación de los vanos, de la posición relativa a otras construcciones, o de la propia volumetría y forma de la construcción.

También se pueden utilizar dispositivos añadidos exteriormente a la piel de la construcción. Según De Luxán García de Diego, Reymundo Iazard, Hernández Tejera y Bango Yanes (2011) los parasoles o “Brise-soleil” comprenden todos los dispositivos arquitectónicos, fijos o móviles, exteriores al plano de fachada y susceptibles de dar sombra a toda o parte de la misma.

Los aleros y voladizos son parasoles fijos que sobresalen en horizontal y protegen de la radiación solar y de la lluvia. Son muy efectivos cuando están dispuestos en fachadas orientadas al sur, debido a la adecuada inclinación de los rayos solares al sur en verano.

Las protecciones solares verticales deben ser móviles y orientables. En orientaciones este y oeste son más adecuadas las protecciones verticales, debido al ángulo de incidencia casi perpendicular al plano. En la orientación sur podrán ser verticales u horizontales. Otros parasoles combinan elementos verticales y horizontales formando una celosía.

IMÁGENES



Fig. 42 –Alero -acceso de sol en invierno y protección en verano. Fig. 43- Protección con lamas orientables

VENTAJAS

Son sistemas sencillos que protegen eficazmente del sobrecalentamiento en épocas de calor.

LIMITACIONES

Las protecciones solares fijas además de proteger durante el periodo sobrecalentado lo hacen a finales de invierno y principio de la primavera cuando no es deseable. (Cabeza Laínez,1997)

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.17. PROTECCIONES SOLARES

OBJETIVOS

Proteger los huecos acristalados de la radiación solar directa

DESCRIPCIÓN

Otro sistema utilizado para proteger los huecos acristalados de la radiación solar es la utilización de toldos, se trata de elementos enrollables que pueden ser verticales, horizontales o proyectados. Permiten recogerse totalmente dejando pasar la radiación si se desea. Tienen la ventaja de un bajo peso y coste.

Algunos sistemas además de proteger contra la radiación solar también protegen de la transmisión de calor, mejorando el aislamiento térmico. Según Neila González (2004) dentro de este grupo se encuentran sistemas exteriores como persianas y contraventanas e interiores como cortinajes o persianas venecianas.

Las persianas son uno de los sistemas más conocidos, son conjuntos de pequeñas lamas ligadas entre sí, que pueden ser móviles o practicables. Impiden la radiación solar, permiten ventilar y generan una iluminación controlada. Las lamas pueden ser horizontales o verticales.

La determinación de un tipo u otro de protección vendrá dado por la superficie y la orientación del acristalamiento. Es importante que los elementos sombreadores se encuentren situados en el exterior del vidrio para evitar que la radiación solar pase a través del vidrio y se genere efecto invernadero en el espacio interior. Los sistemas de sombreado aplicados en el interior son mucho menos eficaces.

IMÁGENES

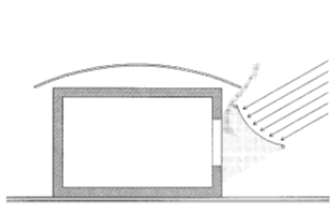


Fig. 44 –Toldo colocado para proteger una ventana



Fig. 45- Protección mediante un toldo



Fig. 46- Protección mediante contraventanas

VENTAJAS

Son sistemas sencillos que protegen eficazmente del sobrecalentamiento en épocas de calor.

Los sistemas móviles son versátiles, captando mejor la radiación.

LIMITACIONES

Al ser móviles se pueden utilizar de manera inadecuada, generando resultados indeseados.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.18. UMBRÁCULOS

OBJETIVOS

Protegen los huecos acristalados de la radiación solar directa y crean espacios sombreados

DESCRIPCIÓN

Son sistemas anexos a la edificación que generan un espacio sombreado, intermedio entre el interior y el exterior, que por norma general anteceden a algún hueco acristalado. En función de su tamaño y disposición pueden también proteger muro. Forman volúmenes en contacto con el edificio que generan gran impacto visual, constituyendo parte de la propia arquitectura.

Están formados por una estructura portante, que crea un espacio sombreado y permite la ventilación. En función de la forma y de la densidad de la estructura que forma el umbráculo la sombra proyectada será muy diferente.

Las pérgolas son umbráculos formados por una estructura ligera, no excesivamente cerrada. Además de generar un espacio intermedio sombreado permiten la ventilación y la entrada de luz tamizada al interior. Existe un amplio abanico de formas y diseños. El diseño de la estructura debe tener en cuenta las trayectorias solares (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

Otra opción es la de colocar vegetación sobre una estructura ligera, lo que permite que el sistema sombreado funcione en función de los ciclos térmicos y no los solares. Esto es una ventaja respecto a los sistemas fijos que no tienen la capacidad de adaptarse tan adecuadamente a las necesidades de cada momento. La vegetación de hoja caduca permite pasar el sol del invierno y no permite su paso en verano.

IMÁGENES



Fig. 47 -Espacio intermedio sombreado y ventilado. Fig. 48 -Umbráculo

Fig. 49 -Pérgola

VENTAJAS

Generan una zona sombreada, que puede ser utilizarse como espacio de ocio en épocas calurosas y protege los huecos acristalados de la captación indeseada de radiación solar.

LIMITACIONES

La estructura al ser fija no permite recogerse cuando se desee como en otros sistemas como en los toldos.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.19. PROTECCIÓN CON VEGETACIÓN

OBJETIVOS

Proteger los huecos acristalados de la radiación solar directa

DESCRIPCIÓN

El sombreado de la piel de la edificación puede ser realizado a través de elementos naturales, como vegetación que podrá ser de hoja caduca, y así permitir el paso de los rayos solares en invierno (Mendonça, 2005).

En verano por el contrario un árbol de hoja caduca protegerá de la radiación solar creando a la vez una zona de sombra.

En algunos casos, las protecciones solares fijas además de proteger durante el periodo sobrecalentado lo hacen a finales de invierno y principio de la primavera cuando no es deseable, por ello son más recomendables las protecciones móviles o cambiantes y de entre ellas la más efectiva suele ser la vegetal con plantas de hoja caduca (Cabeza Laínez, 1997).

Las recomendaciones serían árboles de hoja caduca para orientaciones E, SE, S, SO y O; emparrados horizontales de hoja caduca al Sur y cortinas vegetales o trepadoras a E, O y N. Se trata de un sistema que puede servir tanto para la protección de huecos como de cerramientos generando espacios sombreados (De Luxán García de Diego, Celis D'Amico, Da Casa Martín, Echeverría Valiente & De Villota Rocha, 1997).

IMÁGENES



Fig. 50 –Protección vegetal en verano e invierno



Fig. 51- Protección vegetal en una vivienda

VENTAJAS

Las barreras vegetales resultan en general más efectivas para frenar la radiación solar, en las diferentes orientaciones, que las barreras sólidas. En invierno funcionan además como barreras al viento, lluvia y otras inclemencias, protegiendo los muros antes las pérdidas de calor.

LIMITACIONES

Si se encuentra muy cercano a la edificación puede reducir la entrada de luz en el interior.

La protección queda restringida a construcciones con altura menor que la vegetación.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.20. CUBIERTA VENTILADA

OBJETIVOS

Refrigeración y estanqueidad en la construcción

DESCRIPCIÓN

La cubierta es el cerramiento que más radiación solar recibe a lo largo del día.

En épocas calurosas la sobreexposición a la radiación del sol convierte la cubierta en uno de los elementos más problemáticos de la edificación. En caso de que la construcción no disponga de un adecuado diseño, el recalentamiento de la cubierta puede afectar a la planta que se encuentra debajo de ella generando un aumento excesivo de la temperatura interior.

Una solución para evitar el sobrecalentamiento es recurrir a la ventilación. En este sistema la cubierta se compone de una parte exterior que absorbe el calor y una cubierta inferior aislada, separadas por una cámara de aire ventilada.

La cámara de aire debe encontrarse comunicada con el exterior, a través de aberturas de ventilación en paredes exteriores y cumbre. Las aberturas deben disponer protección contra la entrada de agua de lluvia, nieve y animales.

Según Neila González (2004) si la cámara está adecuadamente ventilada el calor procedente de la capa exterior de la cubierta no accede al interior sino que se expulsa antes de llegar a la cubierta inferior, mezclándose con el aire de la cámara, logrando en ella temperaturas similares a las del ambiente exterior.

IMÁGENES

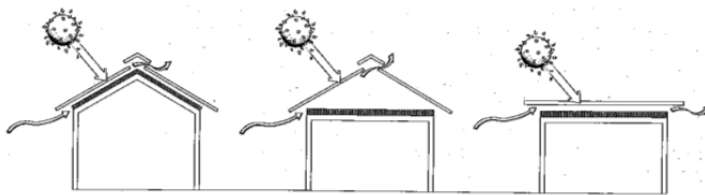


Fig. 52 - Tipos de cubierta ventilada

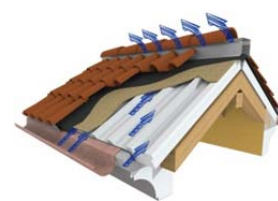


Fig. 53- Funcionamiento cubierta ventilada

VENTAJAS

Evita el sobrecalentamiento en la cubierta, uno de los elementos más conflictivos de la construcción desde un punto de vista térmico.

Evita la humedad (gracias a la cámara ventilada) y mejora la protección acústica de la cubierta.

LIMITACIONES

Aumento del espesor en la cubierta.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.21. FACHADA VENTILADA

OBJETIVOS

Refrigeración en verano y estanqueidad en la construcción

DESCRIPCIÓN

Típicas de la construcción en madera de países fríos y húmedos, las fachadas ventiladas son la respuesta tradicional al problema de entrada de agua a través de un cerramiento ligero. El cerramiento se divide en dos pieles independientes separadas por una cámara de aire ventilada. Ambas pieles tienen objetivos diferentes, la piel exterior es la que recibe el impacto de la lluvia y la interior es la piel resistente, estanca y aislada (Martín Chivelet & Fernández Solla, 2007).

Otra característica destacada de la fachada ventilada es la de favorecer la refrigeración de la construcción en verano, gracias a la ventilación de la cámara situada entre las dos pieles del cerramiento que elimina el calor absorbido por la piel exterior durante la radiación solar, evitando que el calor llegue a la piel interior del muro.

La hoja exterior de la fachada está formada por piezas delgadas de piedra, cerámica u otros materiales, fijadas a la hoja portante mediante anclajes metálicos. Entre estas piezas que conforman la piel exterior se dejan las juntas abiertas.

IMÁGENES

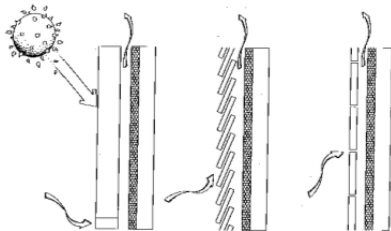
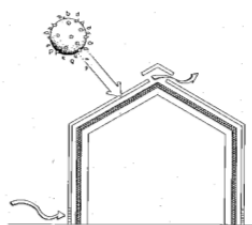


Fig. 54 –Muros ventilados



*Fig. 55 – La casa dentro de la casa
- Fachada y cubierta ventiladas*



Fig. 56 - Fachada ventilada

VENTAJAS

Ahorro energético tanto en invierno como en verano; Se reduce el riesgo de condensaciones intersticiales. Evita humedades; Mayor tolerancia a los movimientos de la edificación (Montero Fernández de Bovadilla, 2007).

LIMITACIONES

Coste económico elevado; Riesgo de desprendimientos; No aguantan impactos, requieren zócalos o protección física en el arranque (Montero Fernández de Bovadilla, 2007).

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.22. VENTILACIÓN CRUZADA

OBJETIVOS

Refrigeración y renovación del aire

DESCRIPCIÓN

Es una ventilación natural que se produce al abrir dos huecos situados en fachadas opuestas. Los huecos se deben orientar en el sentido del viento, para de esta manera aprovechar las brisas existentes. También puede crearse a través del movimiento de aire que genera la diferencia térmica entre dos fachadas opuestas que no reciben el sol simultáneamente (De Luxán García de Diego et al., 2011).

Según Neila González (2004) no es necesario que los huecos se encuentren en fachadas opuestas para generar una ventilación cruzada, sino simplemente fachadas distintas, expuestas a diferentes presiones de viento. Ya que son las diferencias de presión entre los huecos lo que genera la ventilación natural.

Si en fachadas opuestas, una se encuentra expuesta al viento se generarán presiones en ella mientras que por norma en la fachada opuesta se generarán depresiones, generando así una ventilación más efectiva. La eficacia del sistema se incrementa si además los huecos se encuentran a diferentes alturas, siendo lo ideal que la salida de ventilación se realice en la cubierta (Neila González, 2004).

IMÁGENES

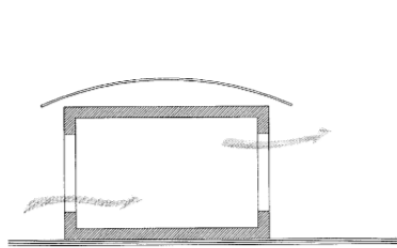


Fig. 57 – Sistema de ventilación cruzada



Fig. 58 – Ventilación cruzada

VENTAJAS

Permite renovar el aire viciado, evitando humedades y problemas de salud.

Sustituye el aire sobrecalentado por otro más fresco en verano.

LIMITACIONES

En edificaciones con varias viviendas exige un diseño más cuidado para que todas den a dos fachadas diferentes, en muchos casos la solución más sencilla es generar viviendas con aberturas a una sola fachada.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.23. VENTILACIÓN MEDIANTE RECALENTAMIENTO DE FACHADA O CUBIERTA

OBJETIVOS

Refrigeración y renovación del aire

DESCRIPCIÓN

Es una ventilación natural forzada debida al calentamiento que produce la radiación solar al actuar sobre un cerramiento, calentando a su vez el aire que se encuentra junto a él.

El aire caliente generado es aprovechado en invierno por dispositivos de calentamiento como muro Trombe y otros tipos de muros invernadero. En verano es posible aprovechar dispositivos como invernaderos, galerías y muros Trombe para recalentar el aire, forzando de manera natural la ventilación, aumentando así la velocidad del aire. Para que el sistema funcione en verano deberá cambiarse el régimen de aperturas de las rejillas de aireación (Neila González, 2004).

Es necesario proteger el sistema de la radiación solar directa en verano, ya que de lo contrario el muro se calentaría, transmitiendo el calor al espacio interior. Los dispositivos en cubierta son más eficaces que los de fachada, debido a que reciben más horas de radiación en verano. En el caso del recalentamiento de la cubierta, el funcionamiento de esta técnica no está unida a un uso operativo en invierno, ya que el aire caliente no bajará espontáneamente para distribuirse por el local (Neila González, 2004).

IMÁGENES

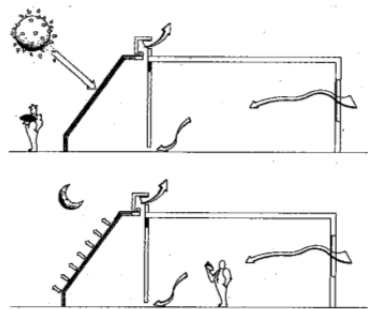


Fig. 59 –Invernadero como sistema de ventilación

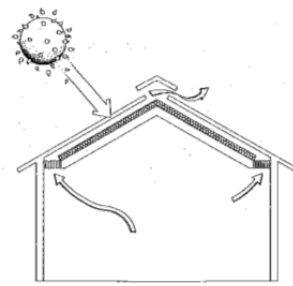


Fig. 60 – Ventilación mediante recalentamiento

VENTAJAS

Genera movimiento del aire en el interior, refrescando el ambiente. Aumenta el proceso natural de ventilación.

LIMITACIONES

Los sistemas invernadero pueden generar graves problemas de sobrecalentamiento en verano sino se protegen de la radiación solar y se evacúa el calor generado.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.24. CHIMENEA SOLAR

OBJETIVOS

Refrigeración y renovación del aire

DESCRIPCIÓN

Las chimeneas solares son un sistema de ventilación forzada natural, que funcionan como una chimenea de humos, pero eliminando aire caliente. Si la chimenea se encuentra correctamente situada el aire caliente que se acumula en el techo tendrá la tendencia a salir de forma natural por ella (Neila González, 2004).

Los rayos solares inciden sobre la superficie exterior de la chimenea, calentándola. Las paredes de la chimenea almacenan el calor recibido y lo transmiten al aire interior que se calienta, disminuyendo su densidad y ascendiendo a través del conducto. El efecto de succión del aire será mayor cuanto mayor sea la longitud del conducto y la incidencia solar.

Para lograr una efectividad mayor se puede pintar la chimenea de oscuro para elevar la absorción de calor o generar efecto invernadero colocando un vidrio y una cámara de aire.

La chimenea metálica tendrá la ventaja de que el efecto de succión comienza en poco tiempo. En un muro de fábrica grueso la capacidad de acumulación será mayor y permitirá mantener el efecto de succión por la noche, debido a que las paredes del conducto siguen calientes.

IMÁGENES

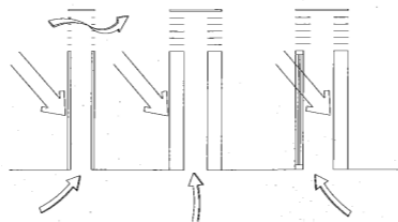


Fig. 61–Chimeneas solares (De izquierda a derecha: chimenea metálica, chimenea de obra y chimenea de obra con efecto invernadero)



Fig. 62 – Chimenea solar y ventilación natural

VENTAJAS

Aumenta el proceso natural de ventilación y reduce la dependencia de viento.

El rendimiento de este sistema aumenta a mayor radiación solar, es por tanto más eficiente en los momentos de mayor calor.

LIMITACIONES

Requiere un gran espacio para su instalación, ocupando parte de la fachada para su instalación.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.25. ASPIRACIÓN ESTÁTICA

OBJETIVOS

Refrigeración y renovación del aire

DESCRIPCIÓN

Es un sistema en el que se crea una ventilación natural forzada aprovechando el efecto Venturi. Este efecto se genera cuando el aire pasa a alta velocidad sobre la boca de una chimenea, lo que provoca de forma natural una aspiración del aire en el interior del dispositivo.

Debido a que estos sistemas favorecen la salida del aire interior deben combinarse con una entrada de aire en la parte inferior del circuito para un correcto funcionamiento. Son sistemas que se pueden aplicar en climas templados y cálidos (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

Una manera de mejorar el funcionamiento del sistema es colocando la boca de la chimenea en dirección opuesta a los vientos dominantes para evitar la entrada de aire en lugar de su salida. Otra opción es la utilización de sistemas de veleta que mantienen de manera constante la boca de la chimenea desorientada, venga de donde venga el viento (Neila González, 2004).

IMÁGENES

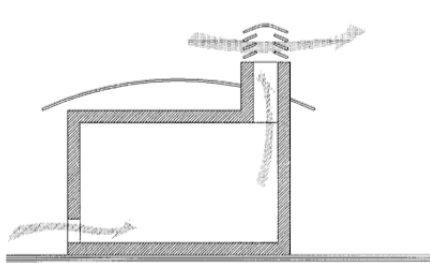


Fig. 63 – Sistema de aspiración estática Venturi



Fig. 64 –Ejemplo de aspiración estática mediante efecto

VENTAJAS

Genera movimiento del aire en el interior, refrescando el ambiente.

Aumenta el proceso natural de ventilación.

LIMITACIONES

Es un sistema que requiere de vientos constantes para su correcto funcionamiento, por lo que solo resulta eficaz en determinadas zonas.

Los caudales de extracción son muy variables, ya que dependen tanto de los tipos de dispositivos como de la intensidad del viento (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.26. CHIMENEA DE VIENTO

OBJETIVOS

Refrigeración y renovación del aire

DESCRIPCIÓN

Es un sistema de ventilación inducida de forma natural. Es un sistema menos frecuente que los de extracción, debido a que resulta mucho más complejo forzar la entrada de aire en un local que extraerlo. Para que resulte efectiva la chimenea debe tener suficiente altura y situar la boca a los vientos dominantes (Neila González, 2004).

El aire captado se conduce hasta la parte baja de la construcción mediante conductos. En zonas donde el viento es constante la chimenea solo tiene una boca, mientras que si existen vientos predominantes en varias direcciones se combinan múltiples bocas. Es un sistema adecuado para climas cálidos con vientos frecuentes (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

La existencia de dos bocas en la chimenea le permite utilizar una de las bocas para inducción de aire fresco del exterior y otra para la extracción del aire caliente.

IMÁGENES

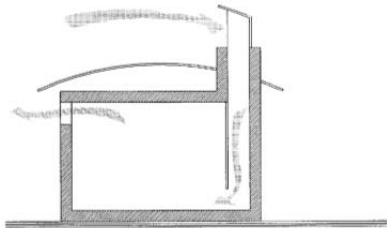


Fig. 65 – Sistema de entrada de aire por torre de viento Fig. 66 –Captador de viento en Dubai

VENTAJAS

Genera movimiento del aire en el interior, refrescando el ambiente. Permite combinar el sistema de extracción e inducción.

Son eficaces en lugares donde debido a la intensa radiación solar y a la escasez de vegetación el suelo acumula mucho calor y por lo tanto el aire a nivel del suelo está más caliente que por encima de las casas (García Lasanta, 2004).

LIMITACIONES

La ventilación que genera el sistema no es muy grande y solo es efectiva con vientos intensos (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

Según García Lasanta (2004) las torres de viento no son adecuadas para Galicia.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.27. PATIOS

OBJETIVOS

Refrigeración y renovación del aire

DESCRIPCIÓN

El patio ha sido de gran utilidad en la arquitectura tradicional de los climas áridos y genera ventilación incluso en épocas de calma. Es conveniente la existencia de vegetación y una fuente o estanque que humedezcan el ambiente (García Lasanta, 2004).

Su poder de refrigeración se basa en la radiación nocturna, que enfría las superficies y a su vez estas enfrían el aire del patio, que no se puede enfriar por radiación pero sí por conducción al ponerse en contacto con ellas. Tras enfriarse, el aire frío nocturno se almacena estratificándose en el patio, del que no se escapa por convección al ser pesado, cediendo así su frescor a las habitaciones que lo rodean (Neila González, 2004).

La efectividad aumenta si el patio se combina con sistemas de protección solar como vegetación o toldos (De Luxán García de Diego et al., 1997).

Según García Lasanta (2004) en Galicia la ventilación a través de un patio puede ser adecuada en zonas de clima más continental, como Ourense.

Los patios profundos y estrechos funcionan mejor en climas mediterráneos, y los más abiertos son adecuados en regiones situadas más al norte (Rojas, Galán Marín & Fernández Nieto, 2012).

IMÁGENES

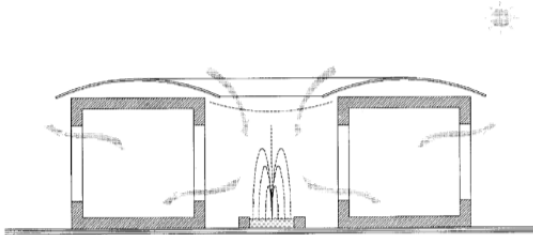


Fig. 67 – Sistema evaporativo en un patio



Fig. 68 – Patio mediterráneo, España

VENTAJAS

En climas cálidos y secos, el embalsamiento de aire fresco combinado con vegetación y fuentes permite refrescar y humedecer el espacio interior en verano.

Genera un espacio al aire libre íntimo, que favorece la ventilación del edificio.

LIMITACIONES

Exigen un correcto diseño, adecuado adaptado a la zona climática donde se encuentren.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.28. VEGETACIÓN (enfriamiento evaporativo)

OBJETIVOS

Refrigeración y humidificación

DESCRIPCIÓN

La vegetación es determinante en la transformación del clima, tanto a nivel mundial como local. Los pulmones verdes afectan a las condiciones ambientales globales, mientras que en la vegetación a una escala menor como jardines, el impacto se genera en el entorno próximo.

La capa vegetal interviene en la modificación de la temperatura de la zona por su condición de absorber la luz solar, por el efecto de sombra, y por la humedad proveniente de su transpiración, que modifica la temperatura del aire, corrigiendo las temperaturas medias y la oscilación entre máximas y mínimas (De Luxán García de Diego et al., 1997).

La evapotranspiración es el conjunto de pérdidas de agua en forma de vapor por la superficie del suelo (evaporación) y por la vegetación (transpiración), está influenciado por factores que dependen del tipo de suelo, de las condiciones climáticas y el tipo de vegetación. (De Luxán, García de Diego et al., 1997).

El uso de vegetación en el ambiente exterior cercano a la construcción contribuye a refrescar el ambiente interior, ya que las condiciones climáticas del exterior afectan a las interiores.

IMÁGENES

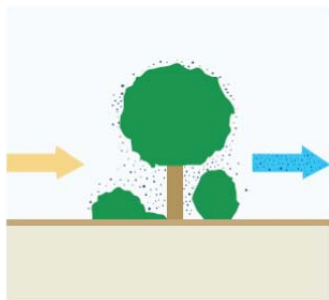


Fig. 69 – Vegetación frondosa



Fig. 70 – Vegetación en el espacio exterior

VENTAJAS

Refresca y humedece el ambiente exterior.

Proporciona belleza paisajística y control de la erosión.

LIMITACIONES

Puede limitar la entrada de radiación solar al interior de la edificación en invierno si la vegetación es perenne.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.29. MASAS DE AGUA (enfriamiento evaporativo)

OBJETIVOS

Refrigeración y humidificación

DESCRIPCIÓN

Es un sistema que refresca y humedece el ambiente a través la evaporación de agua. Según Neila González (2004), es un sistema con un grado de efectividad de enfriamiento muy elevado, para ello es necesario un ambiente seco y exponer el agua a una corriente de aire.

El efecto de refrigeración evaporativa se basa en el principio de que un líquido, al evaporarse, roba energía del aire con el que está en contacto. La evaporación del agua implica que el aire aumenta su contenido de vapor de agua (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

Los factores más determinantes en la evaporación del agua son la existencia de una buena superficie de contacto entre el agua y el aire, y el estado de agitación del agua. Una buena solución consiste en la instalación de fuentes o corrientes de agua que incrementen la turbulencia y la superficie de evaporación. Otro factor a considerar es el viento, que agiliza la evaporación (Mendonça, 2005).

La utilización de agua como estrategia para combatir el sobrecalentamiento y la escasa humedad se observa en la arquitectura tradicional andaluza y en el norte de África.

IMÁGENES

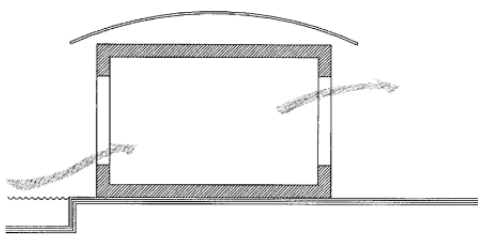


Fig. 71 – Tratamiento del aire por evaporación



Fig. 72 – Patio de los leones, La Alhambra

VENTAJAS

Refresca y humedece el ambiente. Proporciona belleza paisajística.

LIMITACIONES

García Lasanta (2004) comenta que en invierno Galicia recibe vientos del suroeste cargados de humedad, por ello no son adecuados los sistemas de ventilación que humidifican el aire.

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

3.2.30. VENTILACIÓN NOCTURNA

OBJETIVOS

Refrigeración y renovación del aire

DESCRIPCIÓN

Es una técnica ampliamente utilizada en muchos países calurosos, debido a que la noche es uno de los pocos momentos en los que la temperatura del aire es confortable. Este descenso de la temperatura durante la noche es más acentuado en climas cálidos secos, y en menor medida en los climas cálidos húmedos. (Neila González, 2004).

El sistema consiste en hacer circular aire fresco de la noche y las primeras horas del día. Este aire refresca los elementos de almacenamiento térmico de la construcción, que durante el día captan el calor del ambiente interior (Mitjá, 1986, citado por Mendonça, 2005).

Si la construcción es lo suficientemente masiva, en el interior de la construcción se conseguirá una temperatura por debajo de la media todo el día. El movimiento del aire es determinante para lograr que el sistema sea efectivo, este puede darse por causas naturales o forzado por el diseño de la construcción. (De Luxán García de Diego et al., 1997).

IMÁGENES

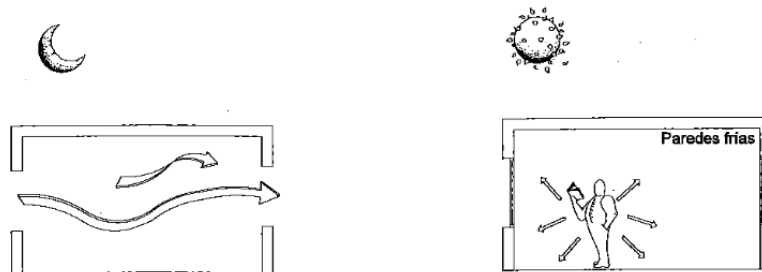


Fig. 73 y 74- Ventilación nocturna. Las paredes se enfrían en contacto con el aire frío de la noche, refrescando el espacio durante el día.

VENTAJAS

Aprovecha el aire fresco de la noche, refrescando el espacio y renovando el aire.

La construcción masiva sirve para acumular el calor en invierno y refrescar en verano.

LIMITACIONES

Debe existir un gran desfase de temperatura entre el día y la noche para que los resultados sean apreciables.

En caso de que la apertura de los huecos de ventilación sea manual, el usuario asume la responsabilidad del correcto funcionamiento del sistema.

3.3. Estudios de caso

3.3.1. SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CASO

Esta parte del trabajo se centra en identificar las técnicas bioclimáticas pasivas utilizadas con mayor frecuencia en la arquitectura bioclimática reciente en Galicia, por lo que el número de estudios de caso en este trabajo es relativamente elevado.

Debido a que se estudia una arquitectura adaptada al clima y entorno que le rodea, las construcciones seleccionadas deben cumplir los siguientes criterios:

- **Orientación adecuada al sol**

Las fachadas con mayor superficie de la construcción deben estar orientadas al sur y norte, para lograr un mayor aprovechamiento de la radiación solar.

Debido a que hay situaciones en las que existen condicionantes en el diseño que impiden esta orientación, como protección frente a vientos, obstrucciones a la radiación solar o a las vistas, se incluirán las construcciones con fachadas con mayor superficie orientada al suroeste o sureste en vez de sur, considerando que es también una orientación adecuada para la captación.

- **Aislamiento térmico eficiente**

La construcción bioclimática no solo debe ser capaz de captar la radiación solar en invierno, sino también de conservarla en su interior, para ello es esencial un buen aislamiento, que además de su grosor y características, evite la existencia de puentes térmicos.

Según estudios del Passive House Institute, en España se recomienda un valor de transmitancia térmica de la envolvente de $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. El Passive House Institute es una organización que promueve y controla el estándar Passivhaus, uno de los estándares más reconocidos para la creación de edificios de consumo energético casi nulo (nZEB).

En esta disertación, se destacan las obras seleccionadas con una transmitancia térmica de los cerramientos exteriores igual o menor a $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, aunque no es un requisito imprescindible para considerar que la obra presenta un buen aislamiento térmico. Esto es debido a que es un valor muy exigente, teniendo en cuenta que, en el documento relativo al ahorro de energía del código técnico español, se piden valores muy inferiores a los que recomienda este estándar.

- **Utilización de técnicas que busquen el máximo confort con el mínimo gasto energético**

Toda casa bioclimática debe ser confortable y sostenible energéticamente, utilizando las características del entorno a su favor. Esto se consigue mediante un buen diseño

arquitectónico, y la utilización de técnicas pasivas y activas sostenibles, rechazando en la medida de lo posible la utilización de sistemas de calefacción y refrigeración convencionales, ya que funcionan mediante el consumo de fuentes energéticas insostenibles.

Las construcciones seleccionadas deben permitir un adecuado aprovechamiento de la radiación solar, con el fin de no necesitar un aporte de calor mediante sistemas convencionales en los días fríos, o por lo menos conseguir reducir este aporte lo máximo posible; esto se consigue utilizando una o varias técnicas bioclimáticas de captación solar, una buena orientación del edificio y un correcto sistema de conservación de esta energía en el espacio interior.

Igualmente, las construcciones seleccionadas, deben contemplar sistemas que permitan la refrigeración y protección solar de ambiente interior en los días cálidos del año. Esto se consigue mediante sistemas que favorezcan la ventilación, la evaporación de agua en el ambiente, que utilicen la inercia térmica de los materiales, o protecciones solares que impidan en verano la radiación solar en el interior.

- **Construcción entre el año 2000 y 2015**

El trabajo se centra principalmente en estudiar los avances de la construcción contemporánea en materia de adaptación al clima para Galicia, por ello únicamente se escogen construcciones recientes.

Se considera como punto de partida el año 2000, se considera que es aproximadamente a partir de esta fecha que ha surgido en Galicia un retorno a la construcción adaptada al entorno, mediante una búsqueda consciente de proteger el medio ambiente, debido a la preocupación por la contaminación del planeta y el agotamiento de los combustibles fósiles.

Estas nuevas construcciones no encuentran ejemplos contemporáneos de referencia cercanos, lo que complica su desarrollo, aunque sí cuentan con numerosos ejemplos cercanos de arquitectura popular, donde el aprovechamiento de las condiciones del entorno era eficaz.

3.3.2. CONSTRUCCIONES ANALIZADAS EN GALICIA

Para conocer cuales son las técnicas bioclimáticas utilizadas con mayor frecuencia en Galicia, se investigan las técnicas que han sido aplicadas en diferentes obras de arquitectura, construidas en los últimos 15 años en esta región.

Estas construcciones se agrupan en tres grandes zonas: la zona litoral, la zona interior y zona de montaña. Esta división, es debida a lo expuesto por Romaní Barrientos (1994) en el Atlas climático de Galicia, donde se ha observado que son estos los tres grandes grupos, con características claramente diferenciadas entre sí.

Se debe tener en cuenta que existe un mayor número de obras diseñadas con estrategias bioclimáticas alrededor de las grandes ciudades, en zona de litoral, y un menor número en zonas de interior, y sobre todo en zonas de montaña, donde se han encontrado únicamente construcciones experimentales con fines investigativos.

Las construcciones analizadas son las siguientes:

- **Zona litoral**

- A. Vivienda en Coirós. A Coruña. 2007.
- B. Vivienda en Carral, A Coruña. 2011.
- C. Vivienda en Oleiros, A Coruña. 2006.
- D. Albergue Alvarella, Pontedeume, A Coruña. 2000.
- E. Centro Ágora, San Pedro de Visma, A Coruña. 2009-2012.
- F. Soneu, casa en Portonovo, Pontevedra. 2013.
- G. Videira, casa en Cangas, Pontevedra .2012.
- H. Vivienda Laranxeiro, Ponteareas .2014.
- I. Vivienda en Gondomar, Pontevedra. 2000.
- J. Vivienda en Sanxenxo, Pontevedra. 2002.
- K. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, Vigo. 2009.
- L. A Vieira, módulo experimental docente, A Coruña. 2012.
- M. Vivienda en Pontecaldelas, Pontevedra. (sin fecha).
- N. Bioalvo, centro de investigación, A Coruña. 2014.

- **Zona interior**

- Ñ. Vivienda en Framil, Ames, A Coruña. 2013.
- O. Casa Bewood en Santiago de Compostela .2012.
- P. Villa Ana, en Santiago de Compostela. 2012.

- Q. Vivienda en Ferreiriños, Teo, A Coruña .2011.
- R. Vivienda en Ames, A Coruña .2010.
- S. Vivienda en A Ceña de Olga, Lugo (sin fecha).
- T. Vivienda en O Incio, Lugo. 2009.
- U. Vivienda en Celanova, Ourense .2010.
- V Stella Feuga, edificio, Santiago de Compostela. 2001.

- **Zona de montaña**

- W. Vivienda experimental fundación Sotavento en Momán- Xermade, Lugo. 2000.
- X. Centro de educación ambiental As Corcerizas, San Mamede, Ourense. 2002.

En la imagen expuesta a continuación se observa un mapa de Galicia con la localización de los diferentes casos de estudio:

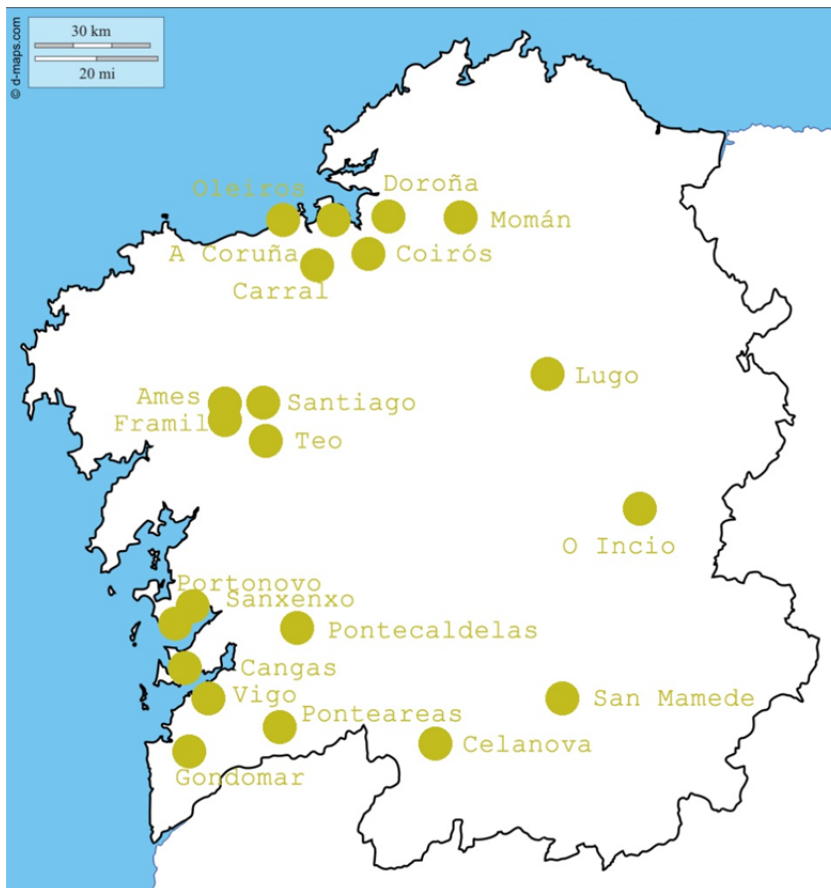


Imagen 75 : Mapa de Galicia donde se observa en tono amarillo la localización de cada uno de los casos de estudio.

En las siguientes páginas se describen los 25 casos de estudio analizados, agrupados según su localización, en tres grupos: zona litoral, interior o de montaña. En los anexos se pueden consultar las fotografías de los casos de estudio.

CASOS DE ESTUDIO EN ZONA LITORAL

1. VIVIENDA EN COIRÓS



Imagen 76: Vivienda unifamiliar en Coirós

Arquitecto:

Daniel Beiras y David Estany

Localidad:

Chás, ayuntamiento de Coirós
(A Coruña)

Año de construcción:

2007

Función:

Residencial

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La vivienda se emplaza en una parcela rectangular algo erguida en una suave colina sobre el núcleo de Coirós, con muy buen soleamiento y no demasiado expuesta al viento. La vivienda se sitúa de espaldas al acceso, delimitada por un muro de piedra que la protege del viento noreste, y acústicamente del ruido del tráfico; para volcarse hacia el sur con grandes aperturas de vidrio en paños transparentes y translúcidos, y una fachada envolvente de madera de alcipreste trasventilada.

Al sur, este, y oeste se sitúan las estancias principales de la vivienda y un gran corredor acristalado que actúa como intercambiador térmico radiando calor a través de sus paredes cerámicas a toda la vivienda. Al norte se sitúan las ventilaciones de los dormitorios y salón, y las estancias frías como el baño y el lavadero, desdoblados ambos en dos pequeños patios abiertos. El diseño se completa con un volumen anexo formando un garaje abierto, que perfila los accesos a la vivienda y el recorrido de entrada formando un pequeño patio con iluminación cenital y una cubierta en forma de visera que abren dos nuevas entradas de luz al salón-comedor, que es la pieza central de toda la casa.



Fig. 77: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Barrera protectora de vientos
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Cubierta ventilada
- Ventilación cruzada
- Patios

2. VIVIENDA EN CARRAL



Imagen 78: Vivienda unifamiliar en Carral, fachada sur

Arquitecto:

José Luis Ruiz Jainaga

Localidad:

Carral (A Coruña)

Año de construcción:

2011

Función:

Residencial

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Es una vivienda unifamiliar que se sitúa en el ayuntamiento de Carral, en un entorno natural. El arquitecto plantea la captación pasiva mediante dos sistemas diferentes: la captación directa a través de vanos acristalados verticales con vidrios dobles con cámara de aire, lunas de baja emisividad y alto factor solar; y la captación directa e indirecta a través del invernadero adosado que captan directamente energía en horas diurnas y permite también su acumulación en los muros masivos.

Además, el diseño busca obtener la suficiente iluminación natural para no tener que encender la luz ni siquiera en los días más nublados; y promueve las placas solares para conseguir calentar el agua. La construcción presenta un nivel de aislamiento superior a lo exigido por el CTE, considerando que es vital para el ahorro energético. También se utilizan materiales y espesores que garantizan una elevada inercia térmica interior.

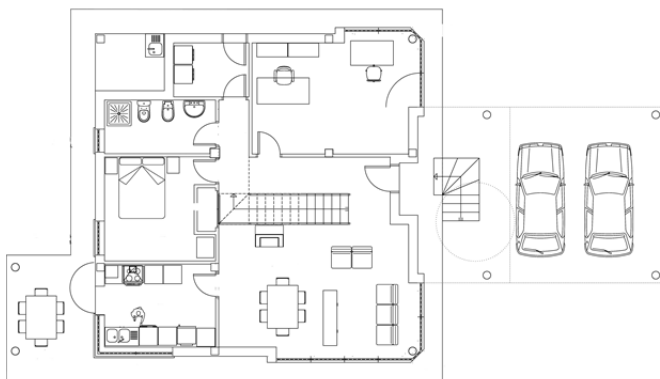


Fig. 79: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente sur
- Invernadero adosado
- Aislamiento con $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Cubierta ventilada
- Fachada ventilada
- Ventilación cruzada
- Paneles solares

3. VIVIENDA EN OLEIROS



Arquitecto:
José Luis Ruiz Jainaga

Localidad:
Oleiros (A Coruña)

Año de construcción:
2006

Función:
Residencial

Imagen 80: Vivienda unifamiliar en Oleiros

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La vivienda se sitúa en una zona suburbana del municipio de Oleiros, caracterizada por edificaciones residenciales de vivienda unifamiliar. La parcela tiene una suave pendiente bajando en dirección sur, que ha permitido una orientación casi perfecta desde el punto de vista bioclimático. La cubierta se proyecta ventilada para garantizar una temperatura confortable en verano en las habitaciones bajo cubierta.

El cerramiento exterior se ejecuta evitando totalmente los puentes térmicos. El aislamiento térmico pasa por delante de forjados y pilares. El aislamiento térmico es muy superior al habitualmente utilizado, se ha colocado poliestireno extruido de 80 mm. de espesor (cuando lo habitual son 30 mm.); además, la hoja interior del cerramiento está construida con bloque de termoarcilla. La tabiquería interior se realiza en ladrillo cerámico de mayor espesor y masa que el utilizado en divisiones interiores de viviendas habitualmente por dos motivos, que son: mayor aislamiento acústico entre habitaciones, y mayor inercia térmica que favorece el rendimiento energético global de la vivienda.

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Invernadero adosado
- Suelo acumulador de grava
- Elevado aislamiento térmico
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Cubierta ventilada
- Ventilación cruzada
- Paneles solares

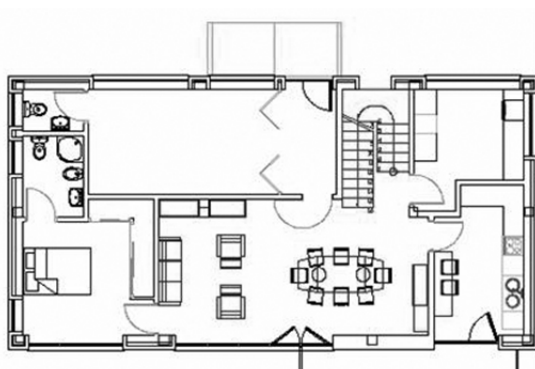


Fig. 81: Planta baja de la vivienda

4. ALBERGUE ECOTURÍSTICO ALVARELLA



Arquitecto:
Daniel Beiras y David Estany

Localidad:
Doroña, ayuntamiento de
Vilarmaior (A Coruña)

Año de construcción:
2000

Función:
Residencial turístico

Imagen 82: Albergue ecoturístico Alvarella

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

En las cercanías de las "fragas do Eume", uno de los parajes naturales más interesantes del norte gallego, se sitúa este albergue turístico. Se sitúa a medio camino entre el bosque y el paisaje del valle. El albergue no solo es un alojamiento, sino también un centro de aprendizaje en la cultura medioambiental. Incorpora soluciones constructivas bioclimáticas y energía solar como ejemplo de energía alternativa renovable.

La intervención tiene como pieza principal un edificio ideado para turismo de grupos. Los volúmenes se abren al sur creando espacios de convivencia para los talleres al aire libre, definen un espacio exterior común a las habitaciones, que es enfatizado por la prolongación de la cubierta en forma de pérgola de madera. En sección, el edificio forma un volumen sencillo, con una cubierta con un solo faldón de suave pendiente que remata en forma de visera a ambos lados. Se construye con muros de carga de termoarcilla. Los acabados interiores son todos naturales o tradicionales: lámina de linóleo, falsos techos de viruta de madera, y cal. Exteriormente: al sur revocos de cal, y al norte fachada ventilada formada por tableros de madera tratada.

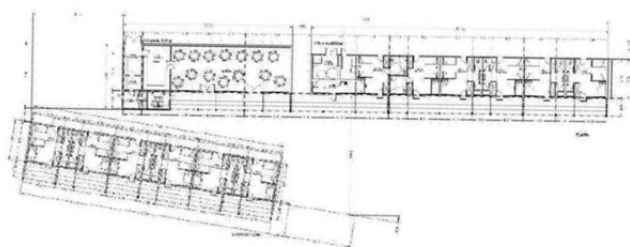


Fig. 83: Planta baja del albergue

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente sur
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Cubierta ventilada
- Ventilación cruzada
- Fachada ventilada
- Paneles solares

5. CENTRO CULTURAL ÁGORA



Arquitecto:

Begoña Fernández Shaw,
Liliana Obal y Luis Rojo

Localidad:

San Pedro de Visma (A Coruña)

Año de construcción:

2011

Función:

Centro cultural

Imagen 84: Centro cultural Ágora

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La integración de la construcción, por la escala y forma, así como su cubierta vegetal, es completa en el entorno de la ciudad que linda con los campos de pasturas.

Se realiza un máximo aprovechamiento de la luz natural, captada por las grandes superficies de cristal y reflejada por la pintura blanca en el interior. Dispone de estructura de madera en algunas zonas, hecho que consolida el uso de materiales naturales.

La ventilación mecánica dispone de recuperadores entálpicos. Se ha instalado un sistema centralizado de regulación y control de las instalaciones de climatización que monitoriza en tiempo real el comportamiento y consumo energético del edificio. El edificio tiene paneles solares térmicos con apoyo de un acumulador eléctrico, siguiendo las exigencias del Código Técnico de la Edificación.

Las cisternas de los inodoros son de doble descarga y los grifos tienen aireadores. La iluminación artificial es de bajo consumo, controlada por detectores de presencia y crepúsculo en algunas zonas. La cubierta vegetal tiene un sistema de riego automático.

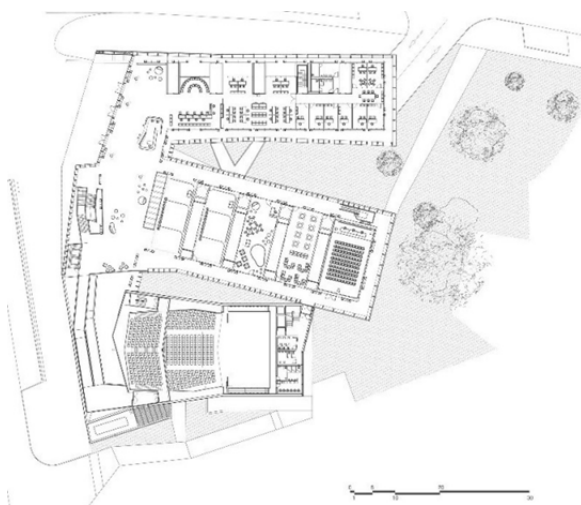


Fig. 85: Planta baja del centro

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Cubierta vegetal
- Protecciones solares
- Cubierta ventilada
- Ventilación cruzada
- Patios
- Paneles solares

6. VIVIENDA SONEU



Imagen 86: Vivienda unifamiliar en Portonovo

Arquitecto:
Mike Lehmhaus

Localidad:
Portonovo (Pontevedra)

Año de construcción:
2013

Función:
Residencial

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Es una vivienda unifamiliar de nueva construcción diseñada bajo el estándar passivhaus y criterios de bioconstrucción. Es una vivienda prácticamente independiente energéticamente en el conjunto anual. Los cerramientos de planta baja y alta están formados por dos "pieles", una exterior de piedra y de termoarcilla y otra interior independiente de construcción ligera, unidos puntualmente con varillas de acero para minimizar los puentes térmicos.

El diseño de la vivienda permite una adecuada ventilación natural cruzada. También se dispone de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor con bypass estival. En la admisión de aire se realiza un pre-tratamiento a través de un pozo canadiense (intercambiador tierra-aire) con lo que se reduce la necesidad de pos calentamiento o refrigeración. Con este sistema de ventilación se filtra el aire y se controlan los niveles interiores de humedad.

La cubierta es inclinada y a dos aguas, el arranque del alero se coloca a una cota baja para reducir la altura total y así minimizar el impacto visual de la vivienda en el entorno. Todo el faldón sur de la cubierta se cubre con captadores solares, dos térmicos para el ACS y quince emisivo.

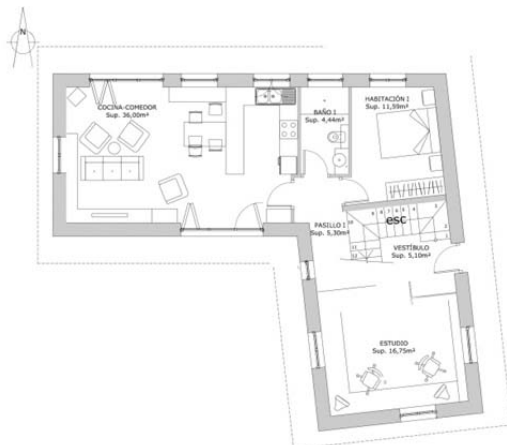


Fig. 87: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente sur
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Pozo canadiense
- Orientación norte-sur de la obra
- Protección con vegetación
- Cubierta ventilada
- Ventilación cruzada
- Paneles solares
- Caldera de biomasa

7. VIVIENDA VIDEIRA



Arquitecto:
Mike Lehmhaus

Localidad:
Cangas (Pontevedra)

Año de construcción:
2012

Función:
Residencial

Fig. 88: Vivienda unifamiliar en Cangas.

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Es una vivienda que se sitúa en el ayuntamiento de Cangas, compuesta por dos volúmenes, uno reformado y una ampliación. Los cerramientos son de dos tipos: de fábrica pesada convencional de ladrillo hueco doble y termoarcilla, con cámara de aire rellena de perlas de Neopor con un espesor de 16 cm. para el volumen de reformado; y de entramado ligero de madera con celulosa, con un espesor de 20 cm. para la ampliación. Ambos tienen una transmitancia térmica (U) de $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$. Los forjados son de madera laminada.

Las ventanas son de madera con acristalamiento triple de baja emisividad y borde caliente.

El diseño de la vivienda permite una adecuada ventilación natural cruzada. También se dispone de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor. En la admisión de aire se realiza un pre-tratamiento a través de un pozo canadiense (intercambiador tierra-aire), con lo que se reduce la necesidad de pos calentamiento o refrigeración.

La zona de cubierta ajardinada tiene vegetación extensiva, con un U de $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$.

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Pozo canadiense
- Cubierta vegetal
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protección con vegetación
- Cubierta ventilada
- Fachada ventilada
- Ventilación cruzada
- Paneles solares



Fig. 89: Planta baja de la vivienda

8. CASA LARANXEIRO



Fig.90: Vivienda unifamiliar Laranxeiro

Arquitecto:

Mike Lehmhaus

Localidad:

Ponteareas (Pontevedra)

Año de construcción:

2014

Función:

Residencial

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Vivienda unifamiliar de nueva construcción de bajo consumo energético y criterios de bioconstrucción. De forma rectangular, los espacios se distribuyen entre la planta baja y el bajo cubierta. Un "armario" de madera ocupa la totalidad de la fachada norte. Se busca que genere un bajo impacto ambiental, tanto con su diseño, soluciones constructivas y con los materiales, que son principalmente piedra, madera y termoarcilla. El consumo energético de la vivienda es muy bajo gracias a la eliminación de puentes térmicos, ventanas de altas prestaciones y elevada estanqueidad. La peculiaridad de este proyecto es el sistema de depuración natural de las aguas residuales que se producen en la vivienda a base de plantas filtrantes (fito-depuración).

En cuanto a los materiales utilizados: la cimentación se realiza con grandes bloques de granito y la estructura es de termoarcilla y madera tratada con aceite de linaza. Los revocos exteriores son de cal impermeable y los interiores de mortero de barro. Para el aislamiento se utiliza corcho triturado en paredes y suelo, en la cubierta celulosa insuflada. La carpintería es de triple acristalamiento bajo emisor, en madera de castaño. Se busca una ventilación cruzada en la vivienda. La admisión de aire se realiza por bocas de ventilación conectadas al exterior mediante tubos enterrados en los que realizan un pre-tratamiento reduciendo la necesidad de pos calentamiento o refrigeración.

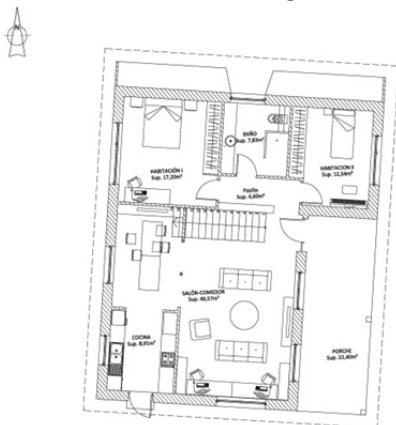


Fig. 91: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Pozo canadiense
- Elevada inercia térmica
- Cubierta ventilada
- Ventilación cruzada
- Paneles solares

9. VIVIENDA EN GONDOMAR



Arquitecto:

Irisarri Castro y Piñera Manso

Localidad:

Gondomar (Pontevedra)

Año de construcción:

2000

Función:

Residencial

Fig. 92: Vivienda unifamiliar en Gondomar

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Es una vivienda unifamiliar que se sitúa en el ayuntamiento de Gondomar. Uno de los objetivos del proyecto era eliminar los pasillos y las circulaciones; para conseguirlo, se han colocado las zonas complementarias de modo adyacente. Otro aspecto fundamental era que la vivienda fuera mutable estacionalmente; para ello son elementos claves el patio, que llega a transformarse en exterior por disolución de uno de sus límites, y una zona a modo de galería, climatizada con paneles de policarbonato y madera.

Los recintos primarios se construyen con gruesos muros enfoscados que incorporan tonos del lugar. En los recintos interiores las fachadas están ventiladas por medio de huecos con carpintería de madera de pino y la protección se refuerza con paneles correderos en las galerías, realizados en madera y policarbonato celular. Un suelo único de hormigón, realizado con la arena propia del lugar, se expande por todas las superficies de la vivienda y aparece en el exterior. En el patio central, grandes bandejas de hierro llenas de agua refrescan lentamente con vapor las cristalerías en verano, al tiempo que llenan de reflejos los techos y paredes del interior.

Los cambios de hábitos de los ocupantes al ritmo de las estaciones, mudará también la forma de habitar en esta casa: crecerá o se encerrará, se abrirá al mundo o lo mirará a través de un velo protector.



Fig. 93: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Captación solar a través de galería
- Elevada inercia térmica
- Fachada ventilada
- Ventilación cruzada
- Patios
- Enfriamiento evaporativo

10. VIVIENDA EN SANXENXO



Fig. 94: Vivienda unifamiliar en Sanxenxo

Arquitecto:

Irisarri Castro y Piñera Manso

Localidad:

Sanxenxo (Pontevedra)

Año de construcción:

2002

Función:

Residencial

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La parcela se encuentra en una ladera con pendiente al suroeste que se abre visualmente a la boca de la ría de Pontevedra. El proyecto ocupa un terreno pequeño y el programa es mínimo: constituir la vivienda temporal para una pareja y un niño.

Por la experiencia de otras obras realizadas por los arquitectos, y por los estudios realizados acerca de la respuesta de la fachada, se confía en una climatización natural, teniendo en cuenta que estamos en un clima templado. La fachada norte se compone de termoarcilla revestida con perlitescayola, capa aislante, poliestireno extruido de alta densidad y el forro de policarbonato. En las fachadas sur y poniente el policarbonato ondulado se trasdosa con policarbonato celular manteniendo una cámara ventilada, y se sustituye por vidrio en las partes practicables y que abren al interior al paisaje. Al norte y este la cámara de aire se deja ventilar lo imprescindible para que actúe de colchón térmico, mientras que al sur y oeste se consigue un potente efecto chimenea porque se encuentra totalmente ventilada en sentido ascendente. El efecto invernadero, una estudiada ventilación cruzada, el efecto chimenea y el cuidado a la vegetación autóctona de hoja caduca que completa un paisaje y un funcionamiento térmico, demuestra en esta zona de Galicia una sorprendente eficacia.

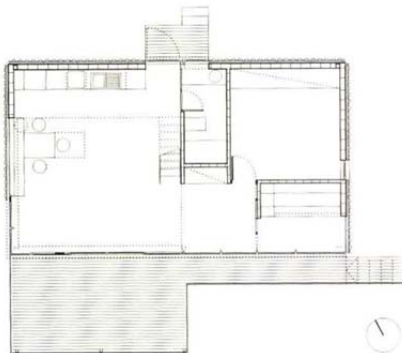


Fig. 95: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Captación solar a través de galería
- Protección con vegetación
- Fachada ventilada
- Ventilación cruzada
- Ventilación por recalentamiento de fachada

11. COAG VIGO



Arquitecto:
Irisarri Castro y Piñera Manso

Localidad:
Vigo

Año de construcción:
2009

Función:
Administrativa

Fig. 96: Edificio del Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia de Vigo

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El edificio alberga la sede del Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia en Vigo. La envolvente volumétrica máxima que marca la normativa, las alturas de los accesos y edificios contiguos, determinan una pieza tallada por el contexto. La piel exterior está compuesta por paneles de policarbonato translúcidos y paños de vidrio.

Respecto a los consumos de energía, además de la piel y el empleo de tecnologías nuevas, los arquitectos han empleado técnicas pasivas clásicas. La doble piel – con 80 cm. entre capas, permite recoger el calor del sol en invierno para calefacción, y ventilar el edificio eliminando el aire caliente en verano. El principio bioclimático está basado en la idea de la creación de un “sobre microclimático” es decir, una envolvente translúcida o transparente que alberga los bloques de programa internos. En este sobre se produce la generación de energía en invierno, y la diferencia de temperaturas hace en verano que las corrientes de aire desde la cámara al norte, junto con los huecos en cubierta, ventilen el edificio de modo autónomo.

La aplicación de nuevas tecnologías se materializa mediante la disposición, tanto en la fachada sur como en la cubierta – integradas en la piel- , de un campo solar de células fotovoltaicas semitransparentes para generar energía eléctrica.

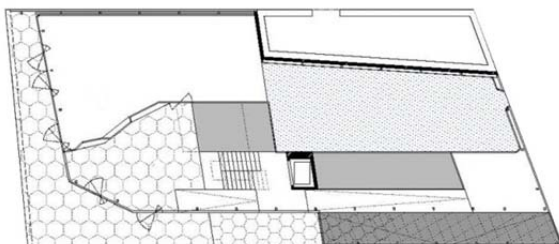


Fig. 97: Planta baja del COAG

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Captación solar a través de galería
- Sistema doble piel
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Ventilación-recalentamiento cerramientos
- Enfriamiento evaporativo masas de agua
- Células fotovoltaicas integradas en la piel

12. A VIEIRA, MÓDULO EXPERIMENTAL DOCENTE



Arquitecto:
Bioconstrucción Someso y
colaboradores

Localidad:
A Coruña

Año de construcción:
2012

Función:
Docente

Fig. 98: Módulo experimental

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Se trata de un edificio bioclimático realizado por el colectivo de profesores del centro Someso, en colaboración con otras entidades nacionales de ámbito autonómico, nacional e internacional.

Es una obra realizada bajo criterios de bioconstrucción, empleando materiales naturales. La estructura es de madera y las paredes han sido realizadas con balas paja, revocada con barro en el interior. Las propiedades térmicas y aislantes de los materiales, y su diseño permiten que el edificio funcione mediante criterios bioclimáticos. El edificio se calienta simplemente con mediante captación directa, y en verano no penetra en el interior gracias a las protecciones solares. La cubierta del edificio es vegetal.

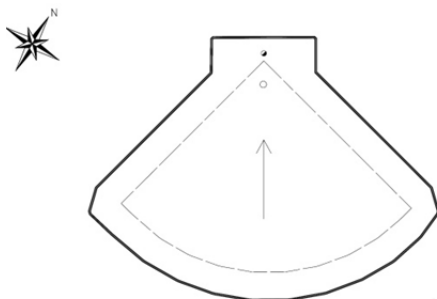


Fig. 99: Planta cubierta del módulo

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Suelo acumulador de grava
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Cubierta vegetal
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares

13. VIVIENDA EN PONTECALDELAS



Fig. 100: Vivienda unifamiliar en Pontecaldelas

Arquitecto:

Óscar Real Villapalos

Localidad:

Pontecaldelas (Pontevedra)

Año de construcción:

Sin fecha

Función:

Residencial

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Se trata de una ampliación y reforma de una construcción existente en Pontecaldelas, Pontevedra. La vivienda crece cara el sur, y los mayores huecos acristalados se abren cara el sur-este para aprovechar las buenas características de esta orientación, y además aprovechar las mejores vistas, por ello es en esa zona donde se sitúan el salón y el comedor.

El aspecto bioclimático fue fundamental, desde la elección de materiales los más ecológicos posibles, como la madera en cubierta y falsos techos, y piedra local en fachadas, hasta la generación de energía necesaria (cocina calefactora de biomasa para ACS y calefacción, apoyada por colectores solares para el verano).

El bienestar térmico se consigue con varias estrategias; la primera y fundamental por el propio conocimiento de la arquitectura tradicional, con muros gruesos para favorecer la inercia térmica, una buena orientación sur-este, que teniendo otra fachada al noroeste, facilita la ventilación cruzada por la diferencia térmica en las distintas zonas y la segunda, con un buen aislamiento para evitar las pérdidas; y la tercera con la generación del calor con sistemas que usa la biomasa.



Fig. 101: Planta de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Elevado aislamiento térmico
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Ventilación cruzada

14. EDIFICIO EXPERIMENTAL BIOALVO



Arquitecto:

Mike Lehmhaus

Localidad:

A Coruña

Año de construcción:

2014

Función:

Experimental

Fig. 102: Edificio experimental Bioalvo

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Con el objetivo de evaluar el comportamiento de los materiales con concha de mejillón en una obra real, se construye un edificio experimental en el Campus de Elviña de la Universidad de A Coruña.

En el edificio están presentes materiales con un cierto contenido de concha de mejillón. Como en el caso del hormigón para la cimentación, los morteros de revestimiento exterior e interior y los rellenos granulares en el cerramiento y la solera. Además, otros elementos del edificio se han construido siguiendo los principios de la bioconstrucción, como en la estructura de madera y la cubierta ajardinada.

El diseño del edificio y su orientación siguen los criterios de la arquitectura bioclimática, buscando aprovechar al máximo la radiación solar para disminuir todo lo posible el consumo de energía para calefacción.

Por otra parte, el dimensionado de los elementos de su envolvente térmica son tales que el edificio cumple con el estándar de casa pasiva (passivhaus). Este tipo de construcción trata de minimizar las pérdidas de calor a través de los cerramientos del edificio consiguiendo una gran eficiencia energética. Dispone de paneles solares en la cubierta.

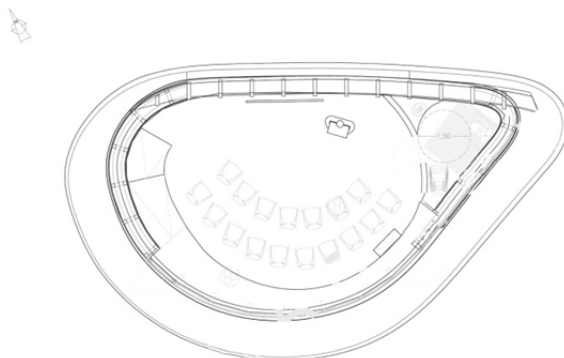


Fig. 103: Planta baja del edificio

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Cubierta vegetal
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Paneles solares

CASOS DE ESTUDIO EN ZONA DE INTERIOR

15. VIVIENDA EN FRAMIL



Arquitecto:

Oskar Ramos y Txema López

Localidad:

Framil, Ames (A Coruña)

Año de construcción:

2013

Función:

Residencial

Fig. 104: Vivienda unifamiliar en Framil

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Se trata de una casa de planta baja y semisótano, muy cerca de Santiago de Compostela, de unos 600 m² en la que se ha buscado la mayor transpirabilidad y eficiencia térmica posible. Antes del inicio de la obra se realizaron mediciones de campo de la radioactividad natural (emisiones de gas radón) y de la radiación electromagnética artificial para determinar que puntos de la finca eran los menos adecuados para ubicar zonas de descanso.

Con estos parámetros, junto al análisis del soleamiento, de las vistas, y con técnicas de diseño pasivo se ha desarrollado un proyecto bioclimático con la máxima calificación energética. La fachada es ventilada, y tiene un aislamiento de fibra de madera de 16 cm. de espesor. La cubierta plana es aislada también con fibra de 16 cm, cuya principal particularidad reside en que incorpora una capa de aireación entre el aislamiento y el soporte de la impermeabilización, haciéndola totalmente transpirable.

Para climatizar la vivienda se ha diseñado un sistema de geotermia, para calefacción y refrescamiento por suelo radiante. Se apoya este sistema con una chimenea de leña en el salón, y un sistema de renovación con recuperación de calor.

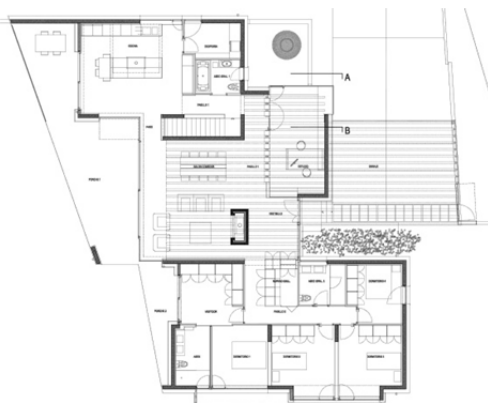


Fig. 105: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Cubierta ventilada
- Fachada ventilada
- Aspiración estática
- Captación de energía geotérmica

16. CASA BEWOOD



Arquitecto:

Oskar Ramos y Txema López

Localidad:

Santiago de Compostela

Año de construcción:

2012

Función:

Residencial

Fig. 106: Vivienda unifamiliar en Santiago de Compostela

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Se trata de una vivienda de 210 m². Su calificación energética A, con unas emisiones de 2,5 Kg. CO₂/m² y una demanda para calefacción de 2.400 kwh/año, se ha alcanzado gracias al diseño bioclimático y el refuerzo de la envolvente térmica. El simple hecho de habitar la casa, de vivir en ella, será suficiente para generar el calor necesario para alcanzar la temperatura de confort la mayor parte del año. Solo los días más fríos será necesaria la calefacción de biomasa instalada.

Las características constructivas de esta vivienda son las siguientes: estructura y cerramiento de madera maciza de 90 mm. de espesor que conforma un núcleo resistente y estanco elevado 40 cm. del suelo para garantizar su ventilación y disipar las emisiones de gas radón provenientes del suelo, aislamiento térmico de fibra de madera de 12 cm., acristalamientos bajo emisivos con gas argón, fachada ventilada de madera y cubierta ventilada de zinc.

La envolvente térmica multicapa de la construcción es transpirable y a la vez favorece el retardo térmico de manera similar a la inercia de un pesado muro de piedra. Se consigue así una casa fresca en verano y cálida en invierno.

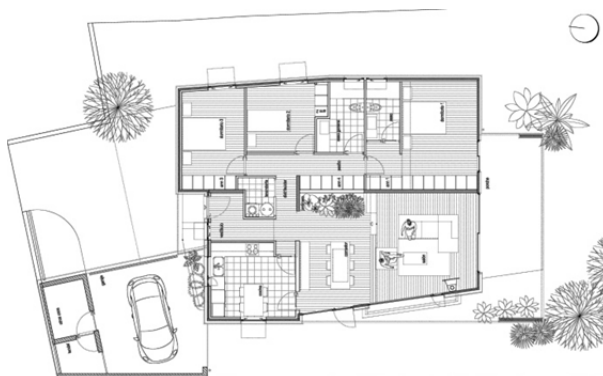


Fig. 107: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Cubierta ventilada
- Fachada ventilada
- Ventilación cruzada
- Calefacción por biomasa

17. VILLA ANA



Fig. 108: Vivienda unifamiliar Ana

Arquitecto:

Juan Iglesias Babío
Iván López Veiga

Localidad:

Santiago de Compostela

Año de construcción:

2012

Función:

Residencial

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

En el diseño de esta vivienda se han maximizado las energías renovables para cubrir las demandas energéticas, como la geotermia, los paneles solares térmicos y la refrigeración por forjado sanitario y pozos canadienses.

La doble piel de madera y el hormigón blanco favorecen la maximización del aislamiento y la ausencia de puentes térmicos.

Las ventanas de doble cámara de aire tienen rotura de puente térmico y se han instalado aleros de protección solar exterior. La vivienda dispone de patios interiores para favorecer la entrada de luz natural en todas las estancias. Las luminarias se han realizado con LED.

El sistema de ventilación híbrida con recuperación de calor está conectado a los pozos canadienses. Se ha realizado la instalación de un sistema de domótica de control.

Se realiza la recuperación de aguas grises y pluviales. La construcción apuesta por el uso de materiales regionales y certificados, como la madera FSC y PEFC.



Fig. 109: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Pozos canadienses
- Protecciones solares
- Umbráculos
- Ventilación cruzada
- Patios
- Enfriamiento evaporativo
- Captación de energía geotérmica
- Paneles solares

18. VIVIENDA EN TEO



Arquitecto:

Carlos Bóveda Casado

Localidad:

Ferreiriños, Teo (A Coruña)

Año de construcción:

2011

Función:

Residencial

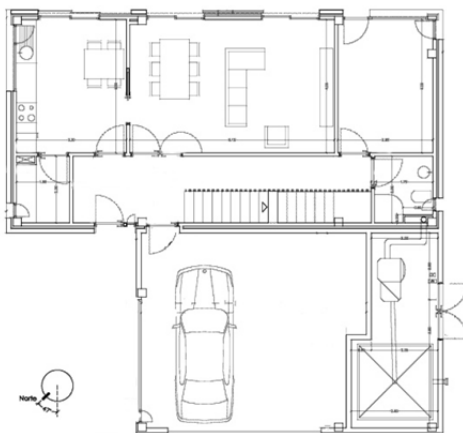
Imagen 110: Vivienda unifamiliar en Ferreiriños, Teo

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Es una vivienda unifamiliar ubicada en Teo. Se aprovecha el coste 0 que supone un correcto diseño de la envolvente térmica del edificio. Orientación al sur de los huecos para la mayor captación posible de radiación solar.

Se busca la mayor inercia térmica posible. Esto supone que se necesita una gran masa en el cerramiento y aislarla por el exterior, eliminando puentes térmicos.

En la situación de verano, la vivienda está pensada para la refrigeración natural mediante la ventilación cruzada de sus espacios. Para evitar el sobrecalentamiento en los meses estivales también se dispone de protecciones solares.



CARACTERÍSTICAS PASIVAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Barrera protectora de vientos
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Inercia térmica de los cerramientos
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Ventilación cruzada

Fig. 111: Planta baja de la vivienda

19. VIVIENDA EN AMES



Arquitecto:

Carlos Bóveda Casado
Domingo Alberto Miranda Pol

Localidad:

Lombao, Ames (A Coruña)

Año de construcción:

2010

Función:

Residencial

Fig. 112: Vivienda unifamiliar Lombao, Ames

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La vivienda se ubica en Santiago de Compostela, en el ayuntamiento de Ames, rodeado de viviendas de nueva creación. La vivienda se adapta a la topografía de la parcela, disponiendo de la sucesión de espacios desarrollados en el programa.

Respecto a las medidas pasivas de ahorro energético: se orientan los huecos al sur para la mayor captación posible de radiación solar. Se busca la mayor inercia térmica posible, por ello se usa un sistema de cerramiento de una sola hoja de termoarcilla de 19 cm. de espesor con 6 cm. de poliestireno por el exterior. Se eliminan puentes térmicos y se fomenta el ahorro energético pasivo, ya que la calefacción calentará los muros de la vivienda, y serán estos los que disipen este calor solo hacia el interior de la vivienda. En la situación de verano, la vivienda está pensada para la refrigeración natural mediante ventilación cruzada.

El 100% de la energía para la producción de A.C.S. y calefacción se obtiene por fuentes renovables. Es una caldera de biomasa forestal la que alimenta el sistema. Sus emisiones de CO₂ están consideradas como 0, ya que es el ciclo de la madera el que limpia la atmósfera.

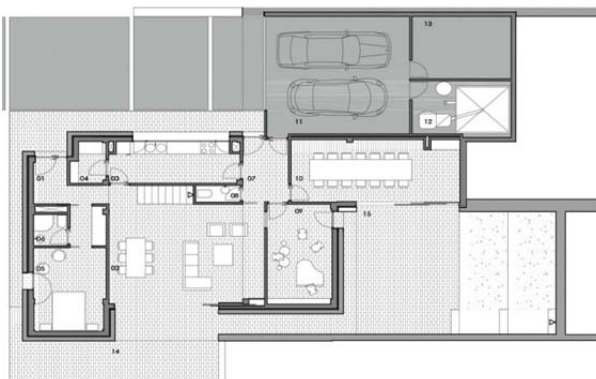


Fig. 113: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Barrera protectora de vientos
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Ventilación cruzada
- Caldera de biomasa

20. VIVIENDA EN ACEÑA DE OLGA



Arquitecto:

Marcos Failde Guerrero
Montserrat Miguel Prieto

Localidad:

A ceña de olga (Lugo)

Año de construcción:

Sin fecha

Función:

Residencial

Fig. 114: Vivienda unifamiliar en A ceña de olga

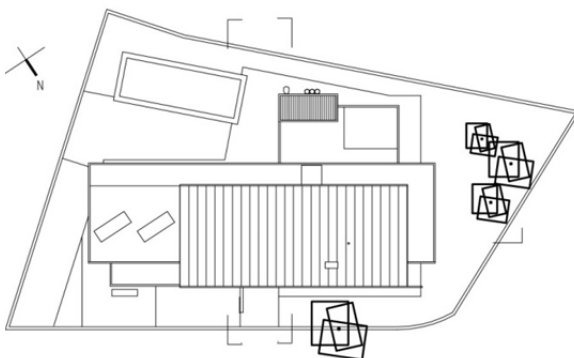
DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El proyecto no buscaba ser especialmente "bioclimático", tan sólo una buena eficiencia energética basada en los principios básicos que los autores intentan aplicar en todos sus proyectos en cuanto a orientaciones y prestaciones térmicas de los cerramientos y de las instalaciones.

En el proyecto se emplearon cerramientos de termoarcilla con aislamiento exterior y fachada trasventilada de piedra. La cubierta es ventilada de cobre en una parte, y plana con pavimento elevado en otra. Se ha puesto especial cuidado en aislar térmicamente por el exterior y procurar no interrumpir este aislamiento.

Se ha empleado una caldera de alta eficiencia energética y suelo radiante como sistema de calefacción y una chimenea especial con serpentín cerámico en el tiro que aprovecha mucho más el calor producido en la misma para acumularlo en estas piezas cerámicas y poder incorporarlo progresivamente al ambiente debido a la gran inercia térmica del sistema.

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS



- Ventanales mayoritariamente al sur
- Captación solar a través de galería
- Elevado aislamiento $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Cubierta ventilada
- Fachada ventilada
- Ventilación cruzada

Fig. 115: Planta de cubiertas de la vivienda

21. VIVIENDA EN O INCIO



Arquitecto:
Pablo Falcón Nóvoa
Localidad:
O Incio (Lugo)
Año de construcción:
2009
Función:
Residencial

Fig. 116: Vivienda unifamiliar en O Incio

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Dadas las peculiares características de la parcela y del entorno, la principal premisa del proyecto fue la integración de la vivienda. Por ello, la vivienda se fragmenta en una serie de volúmenes que encierran un espacio exterior que organiza la composición, de la misma forma que las viviendas en los asentamientos de la zona se estructuran en torno a un "rueiro". Con el mismo objetivo, parte de la casa se ubica debajo de una cubierta ajardinada que dialoga con la enorme pradería.

La realización de una construcción sostenible y eficiente desde el punto de vista energético fue otra de las premisas básicas del proyecto. Se realizó una instalación de energía geotérmica que proporciona calefacción y agua caliente. Respecto al saneamiento, se instala un completo sistema de depuración que permite utilizar el agua para riego. Los sistemas constructivos empleados se basan en muros de carga al norte, de 35 cm. de gran inercia térmica. Al sur, y bajo unos aleros protectores de losas de hormigón visto en vuelo y celosías fijas de madera, por las que crecerá la vegetación, se construye una fachada sinuosa, y ligera, con un entablado vertical de madera y vidrio, que introduce el paisaje de la vivienda. Las protecciones solares móviles (estores), y fijas (celosías de madera y vuelos) al sur, los espacios captadores que actúan como invernaderos, y el empleo de vidrios con tratamientos aislantes de baja emisividad son otras de las técnicas empleadas para minimizar el consumo energético.

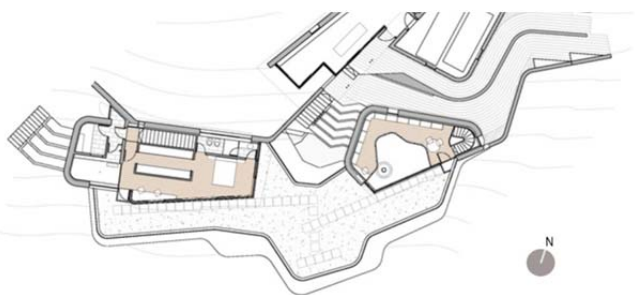


Fig. 117: Planta primera de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Captación solar a través de galería
- Inmersión parcial en tierra
- Cubierta vegetal
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Protección con vegetación
- Captación de energía geotérmica

22. VIVIENDA EN CELANOVA



Arquitecto:
Pablo Falcón Nóvoa
Localidad:
Celanova (Ourense)
Año de construcción:
2010
Función:
Residencial

Fig. 118: Vivienda unifamiliar en Celanova

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La principal premisa del proyecto fue la integración de la vivienda en un entorno con una gran belleza natural, en una parcela con un arbolado importante y unas rocas superficiales que la dotan de un carácter singular. Por ello, la vivienda se caracteriza por la fragmentación volumétrica y el empleo de geometrías orgánicas, que buscan la mayor adaptación al entorno y a la topografía existente, al tiempo que intentan evitar la visión frontal y global de la obra desde los distintos puntos de vista. Se emplean materiales propios de la zona, y que se encuentran básicamente en la propia parcela: la piedra de los afloramientos rocosos, la madera del arbolado existente y la cubierta ajardinada, que dialoga con el material de más presencia del entorno, la hierba que cubre la totalidad de la finca.

La realización de una construcción sostenible y eficiente desde el punto de vista energético fue otra de las premisas básicas del proyecto. Se proyecta una instalación de energía geotérmica que proporciona calefacción y agua caliente. Los sistemas constructivos empleados se basan en muros de carga al norte, de 35 cm. de gran inercia térmica. Al sur, y bajo unos aleros protectores de losas de hormigón visto en vuelo, se construye una fachada sinuosa, y ligera, con un entablado vertical de madera y vidrio, que introduce el paisaje en la vivienda. Los materiales empleados se eligen por su bajo impacto ecológico y aptitud desde el punto de vista de la bioconstrucción.

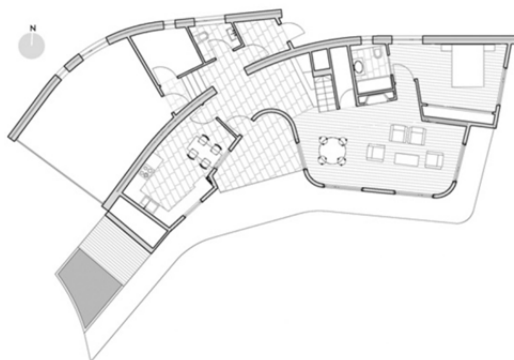


Fig. 119: Planta baja de la vivienda

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Cubierta vegetal
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Ventilación cruzada
- Captación de energía geotérmica

23. EDIFICIO STELLA FEUGA



Arquitecto:
Emilio Miguel Mitre
Antonio Hernando Ezquerra
Benigno Jáuregui Fernández
Localidad:
Santiago de Compostela
Año de construcción:
2001
Función:
Administrativa y educativa

Fig. 120: Edificio Stella Feuga, vista desde el sureste

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El Stella es la nueva sede de Feuga. Además de función administrativa, el edificio alberga una función educativa y como incubadora de empresas.

El Stella Feuga es un edificio diseñado para conseguir un elevado nivel de ahorro energético gracias a su diseño arquitectónico, constructivo, de instalaciones y de inteligencia. El diseño arquitectónico se realizó para capacitar al edificio para captar, o rechazar, acumular y conservar el calor o el frío, según convenga, en toda época del año. Aquí tiene importancia fundamental el tratamiento de la construcción según las distintas orientaciones y su asentamiento en terreno.

El edificio dispone de una extensa galería acristalada al sur, con el resto de fachadas graníticas ciegas o con pocas ventanas. Con ello se consigue que la fachada sur capte energía mientras que la fachada norte se encuentra bien aislada, ambas convergen para que la estructura y los paramentos interiores sean capaces de acumular frío o calor. Además, el diseño de la galería permite disipar el calor en verano.

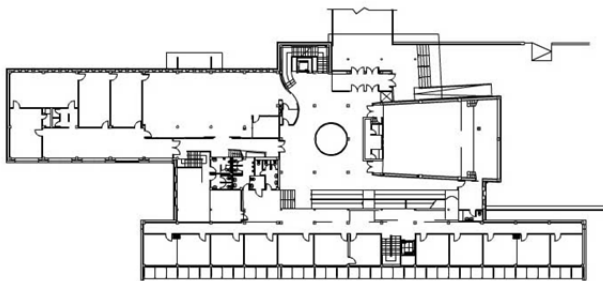


Fig. 121: Planta intermedia del edificio

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Captación a través de galería
- Elevado aislamiento térmico
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Umbráculos
- Ventilación cruzada
- Ventilación por recalentamiento
- Paneles solares

CASOS DE ESTUDIO EN ZONA DE MONTAÑA

24. VIVIENDA EXPERIMENTAL SOTAVENTO



Arquitecto:
Carlos Expósito Mora
Emilio Miguel Mitre
Localidad:
Momán- Xermade (Lugo)
Año de construcción:
2000
Función:
Experimental y educativa

Fig. 122: Vivienda experimental Sotavento

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La vivienda bioclimática demostrativa se emplaza en el Parque Eólico Experimental Sotavento. En el diseño, ubicación y adaptación al terreno se han tenido en cuenta los factores climatológicos: radiación solar, exposición a los vientos predominantes, temperaturas ambiente, precipitaciones, etc. y otros como la geomorfología del terreno, ciclo de vida de los materiales, construcciones adyacentes y proximidad a puntos de abastecimiento. Sin embargo, los criterios fundamentales sobre los que se asienta el diseño son: la sostenibilidad, el ahorro y la eficiencia energética. Para lograr este objetivo, en la vivienda se han implementado medidas pasivas y activas.

Entre las medidas pasivas adoptadas cabe citar: protección mediante parasoles y galería, empleo de muros Trombe, huecos con protección solar permanente en vidrios y variable en venecianas motorizadas, recogida de pluviales y sistemas de ahorro de agua. Entre las estrategias activas cabe citar: Paneles solares fotovoltaicos, minigenerador eólico, instalación solar térmica, caldera de biomasa, bomba de calor geotérmica, refrigerador evaporativo.



Fig. 123: Planta de la vivienda experimental

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Captación solar a través de galería
- Muro Trombe
- Barrera protectora de vientos
- Pozo canadiense
- Orientación norte-sur de la obra
- Protecciones solares
- Umbráculos
- Fachada ventilada
- Ventilación cruzada
- Ventilación por calentamiento de fachada
- Sistemas activos: Enfriamiento evaporativo, bomba de calor geotérmica, paneles solares, minigenerador eólico, caldera de biomasa.

25. CENTRO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL AS CORCERIZAS



Arquitecto:

Ana Recuna Carrasco
Ignacio Mendizábal Herrero

Localidad:

San Mamede (Ourense)

Año de construcción:

2002

Función:

Educativa y experimental

Fig. 124: Centro de educación ambiental As Corcerizas

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

As Corcerizas fue considerado desde su creación como un equipamiento pionero en Galicia, al ser una apuesta innovadora y vanguardista en la búsqueda práctica y tangible de una nueva cultura de sustentabilidad en la relación de la humanidad con su entorno.

El centro destaca por los sistemas activos que dispone, ya que es un centro totalmente independiente de la red eléctrica convencional, conformando lo que se conoce como una isla energética. Toda la producción proviene exclusivamente de energías renovables, demostrando la viabilidad y beneficios de la diversificación de las fuentes de producción local. El centro dispone de módulos solares fotovoltaicos, solares térmicos, un aerogenerador de pequeña potencia, una microturbina hidráulica combinada con un pequeño embalse preexistente y una caldera de biomasa.

Respecto a la bioconstrucción y sistemas pasivos, en el diseño y construcción del centro se aplicaron técnicas y criterios que incorporan sistemas productivos eficientes y ahorradores de energía; materiales saludables y respetuosos con el medio en todos los momentos de su ciclo de vida (producción, utilización, eliminación), elaborados en el territorio próximo y respetando los usos tradicionales.

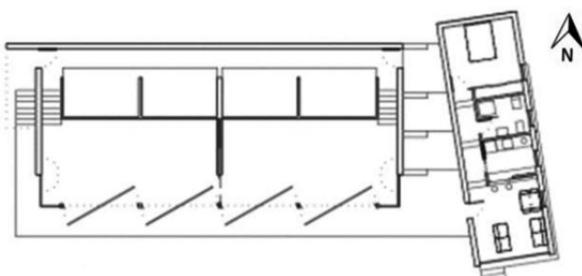


Fig. 125: Planta del aula

CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

- Ventanales mayoritariamente al sur
- Cubierta vegetal
- Elevada inercia térmica
- Orientación norte-sur de la obra
- Paneles solares
- Minigenerador eólico
- Captación de energía hidráulica
- Caldera de biomasa

4. ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO BIOCLIMATICO EN GALICIA

4.1. Dominios climáticos de Galicia

Para la selección de los dominios climáticos de Galicia se han estudiado tres fuentes de autores diferentes.

La primera división fue encontrada en un estudio de inversión energética en vivienda unifamiliar para Galicia, realizado en el año 1996 por Luaces Padilla, y publicado por el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de A Coruña.

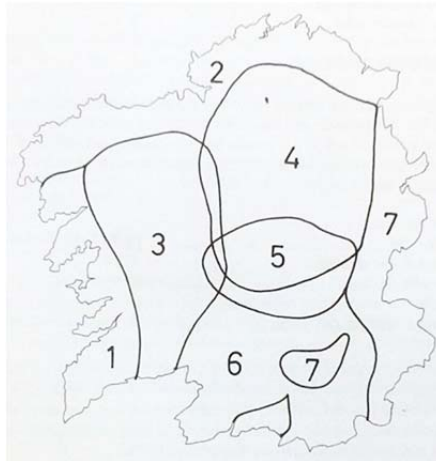


Fig. 126: Mapa de Galicia fragmentado en zonas climáticas según la propuesta de Luaces Padilla (1996) : 1. Atlántico Sur; 2. Atlántico Norte; 3. Transición; 4. Interior Norte; 5. Interior media; 6. Meridional; 7. Montaña

Otra propuesta para definir los dominios climáticos de la comunidad gallega, fue la realizada por Pérez Alberti en el año 1982 en el libro *Xeografía de Galicia: Tomo I*. Del mismo modo que en la propuesta anterior el mapa de Galicia se divide en siete dominios, en este caso con límites mucho más definidos que el anterior.

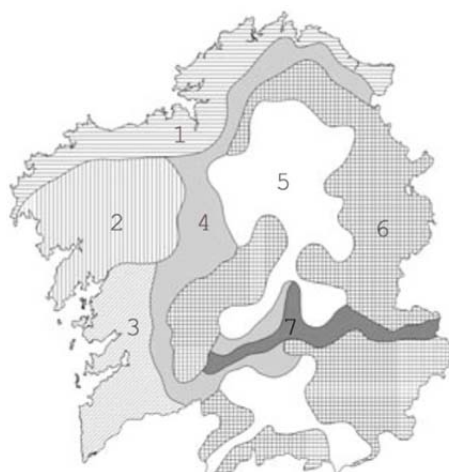


Fig. 127 : Mapa de Galicia fragmentado en zonas climáticas según la propuesta de Pérez Alberti (1982) : 1.Océanico húmedo; 2. Océanico hiperhúmedo; 3. Océanico húmedo con tendencia a la aridez estival; 4. Áreas de transición; 5. Océanico continental; 6. Océanico de montaña; 7. Océanico mediterráneo.

Una tercera propuesta es la realizada por Romaní Barrientos en el Atlas de Galicia, publicado por la editorial Nigra en el año 1994, en la que el autor fragmenta el territorio gallego en 9 partes, con unos límites bastante definidos.

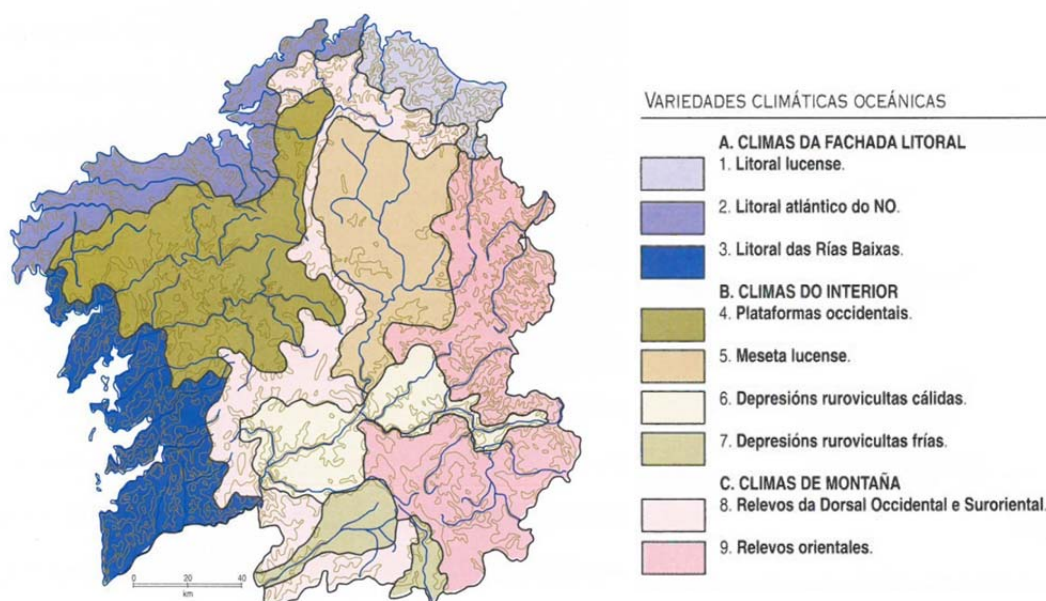


Fig. 128 : Mapa de Galicia fragmentado en zonas climáticas según la propuesta de Romaní Barrientos (1994)

De entre las tres propuestas analizadas se selecciona la expuesta por Romaní Barrientos, debido a que es la más completa y presenta zonas con unos límites muy claros y coherentes; ya que separa el litoral lucense, que presenta temperaturas frescas, del litoral atlántico del Noroeste, con un clima más suave, y la zona de la meseta Lucense de las depresiones orensanas frías, algo que no ocurre en las otras propuestas.

ZONAS CLIMÁTICAS DE GALICIA

En Galicia y siguiendo con lo expuesto por Romaní Barrientos (1994) existen una gran variedad de tipos de clima diferentes. El clima en toda Galicia es de tipo oceánico, con variedades que se pueden dividir en tres grandes grupos: La fachada litoral, el interior y la montaña.

La costa gallega se divide en tres zonas climáticas diferentes: la que encontramos en el litoral lucense, con temperaturas frescas y abrigo pluviométrico; el litoral atlántico del Noroeste con suavidad térmica y abrigo pluviométrico; y el litoral de las Rías Baixas, con fuerte pluviosidad y una mayor temperatura respecto a las anteriores.

En zonas de interior la oscilación térmica es mayor que en la costa y los inviernos más fríos debido a que no se tiene el efecto moderador térmico del mar. Las variedades de tiempo en el interior gallego se divide en: plataformas occidentales situadas en la zona interior noroeste con precipitaciones intensas y descenso térmico en relación a la costa; la meseta lucense que se caracteriza por un descenso de precipitaciones respecto al resto de zonas y se encuentra marcado por una ligera continentalidad térmica ; las depresiones rurovicultas cálidas con una fuerte degradación oceánica y las depresiones rurovicultas frías en las que la temperatura desciende por la altitud.

En los climas de montaña se distingue entre dos variedades climáticas: los relieves de la dorsal occidental y suroriental con una fuerte pluviosidad y temperaturas oceánicas, y los relieves orientales con fuerte humedad y temperaturas suboceánicas.

Como complemento a lo expuesto, en este apartado se exponen algunos mapas con datos climáticos para el territorio gallego. En el mapa que se expone a continuación se puede observar el nivel de precipitaciones anuales para Galicia.

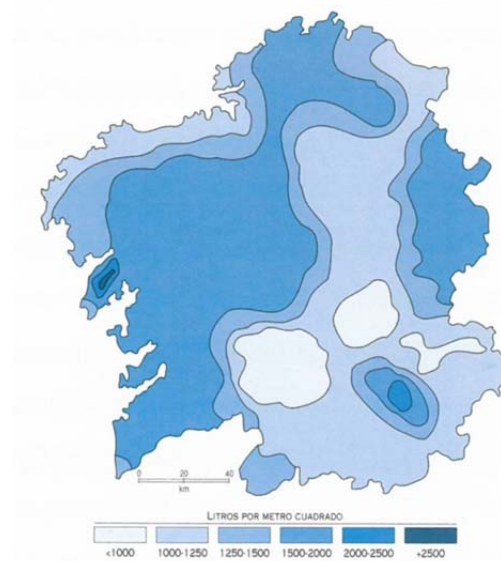


Fig. 129 : Mapa de precipitaciones anuales en el territorio gallego, elaborado por Romaní Barrientos (1994)

En los mapas de temperaturas medias para enero y julio, que se exponen a continuación, se observa una clara diferencia de temperaturas entre la franja litoral y el interior gallego.

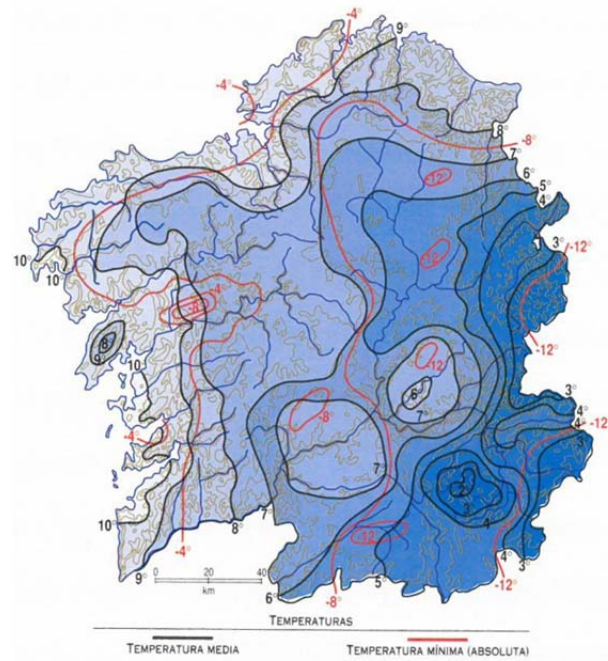


Fig. 130 : Mapa de temperaturas medias y mínimas en enero para Galicia, elaborado por Román Barrientos (1994).

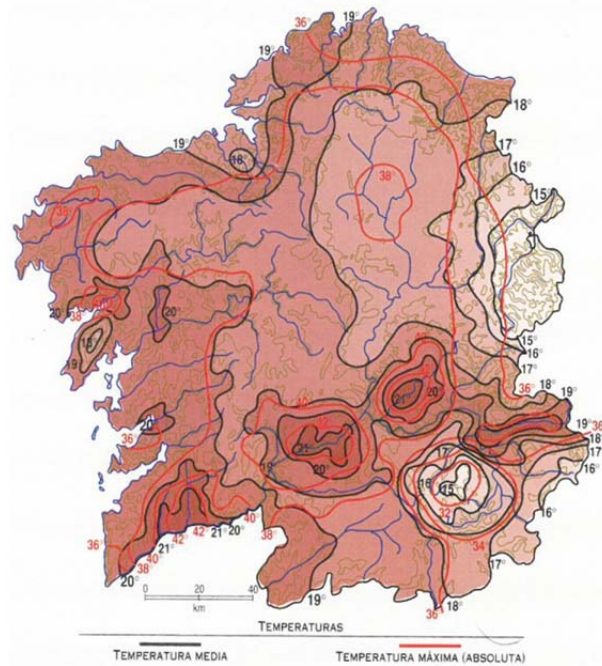


Fig. 131 : Mapa de temperaturas medias y máximas en julio para Galicia, elaborado por Román Barrientos (1994).

4.2. Herramientas de apoyo al diseño bioclimático

4.2.1. EL CONFORT Y LOS DIAGRAMAS PSICOMÉTRICOS

El ser humano precisa de una temperatura interior estable para el correcto funcionamiento del organismo y su salud. El equilibrio entre la temperatura del cuerpo y la del ambiente externo provoca la sensación de confort, por el contrario cuando surge la necesidad de elevar o disminuir la temperatura corporal se produce una sensación de molestia.

El intercambio con el exterior está controlado por tres factores: el metabolismo, que genera ganancias térmicas a través de la ingesta de alimentos y su combustión; el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente que le rodea, por conducción, convección y radiación, y las pérdidas por evaporación del agua de los pulmones o de la piel a través de la sudoración (Fernández García, 1994).

Las principales variables climáticas que actúan sobre el confort son la temperatura del aire, la humedad, el movimiento del aire y la radiación, siendo la acción de los cuatro parámetros simultánea. Otros factores que influyen en el confort térmico son el grado de actividad de una persona, la vestimenta, la edad, el sexo, la educación, la situación geográfica y la época del año.

Es deber de la arquitectura ofrecer condiciones térmicas internas compatibles con las necesidades de confort humanas protegiendo a sus moradores de las inclemencias del ambiente exterior.

Dada la complejidad de los parámetros que intervienen en el confort y el claro margen que existe a la hora de su definición, ya que se trata de un hecho estadístico, las condiciones de confort, en función de parámetros ambientales, se estudian con diagramas en los que se señalan zonas de bienestar de mayor o menor amplitud (Neila González, 2004).

En el diagrama se representan gráficamente varios parámetros climáticos, en función de los cuales se establece un área de bienestar o confort, que se encuentra definida por unos límites de temperatura, de humedad o de viento.

Los más utilizados son el de Olgyay y el de Givoni, el primero de los cuales cuantifica las correcciones de los parámetros bioclimáticos para lograr el confort y el de Givoni expone las modificaciones que la arquitectura puede producir en el clima y señala las características que deben tener las construcciones para alcanzar el confort interior (De Luxán García de Diego et al., 1997).

4.2.1.1. DIAGRAMA DE OLGYAY

Uno de los diagramas más conocidos es el realizado por los hermanos Olgyay, en el se integran dos factores de confort térmico, como son la temperatura y la humedad, como parámetros esenciales que afectan a la temperatura del cuerpo humano; y se añaden otros como la radiación, la velocidad del viento y la evaporación, los cuales se comportan indirectamente como medidas correctoras.

Es un gráfico que se centra en el medio ambiente exterior. Permite determinar las características climáticas de espacios abiertos, y es de gran utilidad para la elección del emplazamiento y orientación de los edificios (Fernández García, 1994).

En el gráfico, se define una amplia zona de confort pensada para una persona en reposo, a la sombra y con ropa ligera, y está delimitada por una humedad relativa entre 20 y 80% y por dos temperaturas. Dentro de esta zona, se considera que el cuerpo humano requiere un mínimo gasto de energía para equilibrar su temperatura con la del medio ambiente.

La zona de confort de verano se divide en dos franjas, la deseable y la factible. La de invierno se encuentra situada más abajo.

En la imagen de la página siguiente se muestra el diagrama de Givoni para una latitud de 40° y una altitud de 300 m. en condiciones de exterior. Si se desea utilizar la carta en otras regiones se deberá elevar el perímetro inferior de la zona de confort 0,5 °C por cada disminución en 4° de latitud, subiendo proporcionalmente el perímetro superior hasta una temperatura máxima de 30°C (De Luxán et al. 1997).

En esta carta, se observan las temperaturas medias mensuales máximas y mínimas de temperatura y humedad, representadas sobre el diagrama de Olgyay. Esto permite observar de manera sencilla las oscilaciones de temperatura y humedad diarias para una localidad concreta, que nos ayudará a conocer mejor las necesidades correctivas para cada momento.

También se pueden utilizar valores diarios o temperaturas medias mensuales, aunque estas últimas no permiten observar la oscilación diaria, por lo que es la opción menos recomendable.

Una vez representado el clima, se puede observar en que momentos se requiere ventilación, radiación o evaporación para alcanzar la zona de confort, permitiendo con esta cuantificación tener un instrumento bioclimático estimable (Neila González, 2004).

El área que indica la necesidad de radiación se expresa en Kcal/hora, se sitúa bajo la zona de confort y con ella se dibuja la línea de sombra a partir de la cual el bienestar se pierde debido al frío. El viento en m/s, se representa por unas líneas crecientes con la temperatura, y decrecientes con la humedad. (Fernández García, 1994).

La línea de insolación se encuentra en la parte superior del diagrama indica riesgo de desmayo o golpe de calor debido elevadas temperaturas y humedad.

Este gráfico, realizado en 1963, es utilizado en la actualidad en numerosos estudios, aunque su eficacia para evaluar condiciones interiores ha sido criticada debido a que no permite ajustar parámetros personales tenidos en cuenta en métodos más actuales como la actividad o el arropamiento.

Es una herramienta útil, por tanto, para estudiar las condiciones exteriores, y puede llegar a servir de orientación respecto a las condiciones que se deben aplicar en el interior.

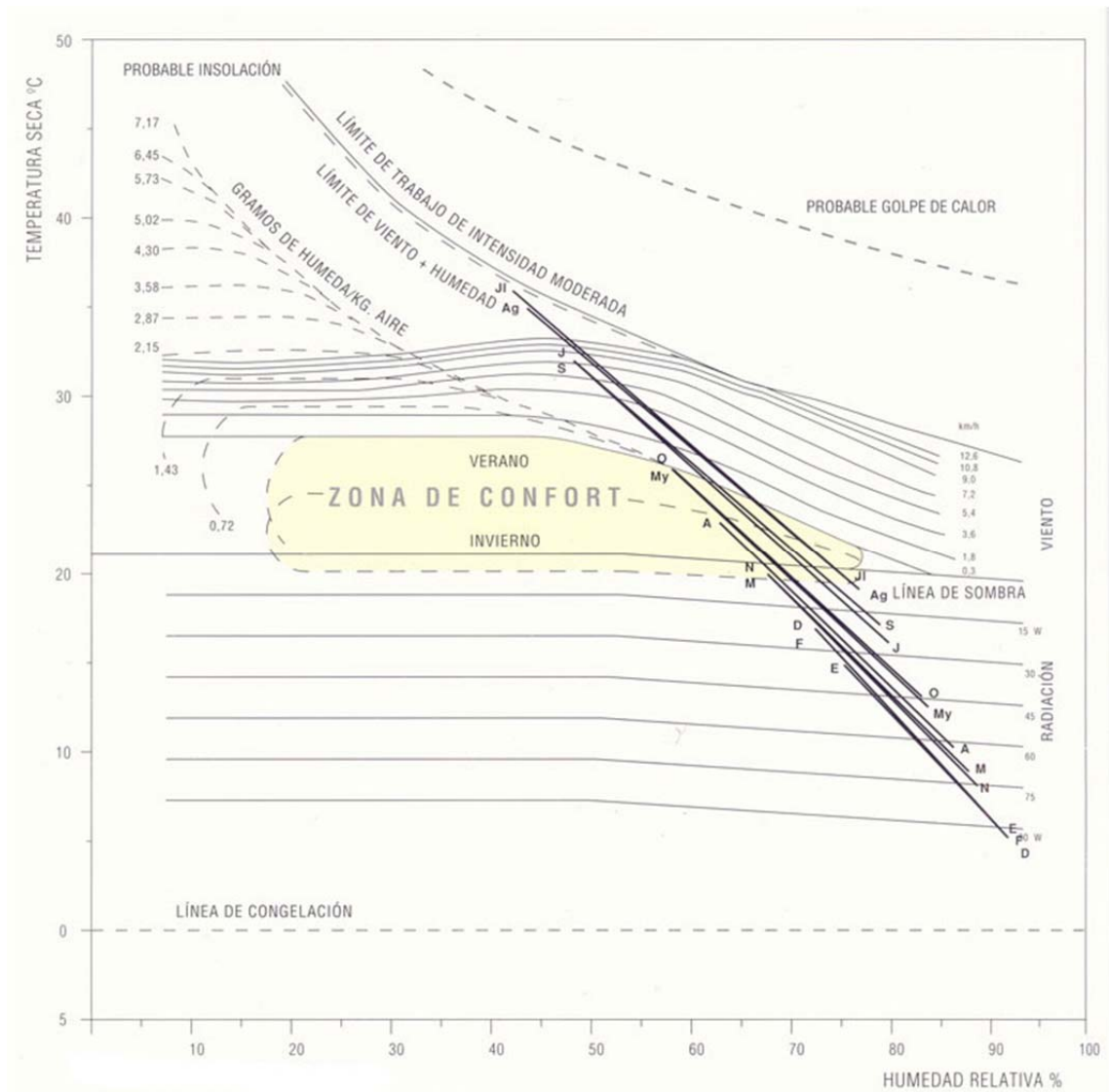


Fig. 132 : Diagrama de Olgay confeccionado para una latitud de 40°, sobre el que se han representado datos medios mensuales máximos y mínimos de temperatura y humedad para una localidad concreta.

4.2.1.2. DIAGRAMA DE GIVONI

A finales de los años 60, Baruch Givoni (1969) presentó significativas aportaciones fruto de su investigación, respecto a lo presentado hasta el momento, principalmente por Olgyay.

Givoni, realizó un análisis del confort, y un estudio para integrar éste en un diagrama psicrométrico. Se realizó también un estudio sobre la relación entre la zona de confort y las posibles estrategias pasivas – activas disponibles en caso que los datos higro-térmicos de la localidad se sitúen fuera de esta zona (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

El gráfico se presenta sobre la estructura de un diagrama psicrométrico. En él aparecen situadas un área de confort y varias estrategias que se deben aplicar cuando los datos climáticos se sitúen fuera del área deseada.

Tras analizar el clima del lugar investigado se concluyen una o varias estrategias a aplicar en el diseño arquitectónico con el objetivo de lograr un espacio interior confortable. Las necesidades a lo largo del año no son las mismas por lo que se proponen estrategias diferentes unas encaminadas a calentar el interior en invierno, y otras a refrigerarlo en verano.

En el diagrama de Givoni se contemplan las siguientes situaciones:

1. Zona de confort: Se da en los momentos en que la situación higrotérmica del espacio interior es adecuada para el equilibrio entre el organismo y el ambiente que le rodea. Se encuentra limitada entre los 21°C de temperatura seca mínima y los 26°C de máximas. Las humedades relativas se deben encontrar entre el 20% y el 75% (Neila González, 2004).
2. Zona de confort permisible: Givoni deja un margen de 1°C sobre los límites superior e inferior, como zona de confort permisible. La humedad relativa máxima se amplía hasta el 80%
3. Calefacción por ganancias internas: El confort se alcanza simplemente con el calor generado por los ocupantes, los aparatos eléctricos y la liberación de calor a través de la combustión. Este tipo de calefacción es posible cuando la temperatura del ambiente se encuentra entre los 13,5°C y los 20°C. Para que sea efectiva debe existir un uso continuado del espacio.
4. Calefacción solar pasiva: Cuando la temperatura se encuentra entre 7°C y 13,5°C se puede lograr el bienestar interno mediante el aprovechamiento pasivo de la energía solar. Para ello debe existir un correcto diseño de la edificación, enfocado a captar y acumular la energía proveniente del sol.
5. Calefacción solar activa: Se precisa acudir a soluciones activas de aprovechamiento de la energía solar entre los 1,5°C y los 7°C. Son sistemas que para captar y acumular la energía solar requieren de energía convencional, necesaria para la alimentación de bombas, ventiladores, motores, entre otros.
6. Humidificación: Abarca un área irregular, situada generalmente en niveles de humedad relativa menores al 30% y por debajo de 23°C. Debido a que se combinan bajos niveles de humedad y de temperatura, por lo que se debe combinar la

- humidificación con las estrategias de calefacción más adecuadas a cada caso. Es poco probable necesitar ésta estrategia en Galicia, ya que los niveles de humedad son usualmente elevados en toda la comunidad.
7. Calefacción convencional: Es necesaria, según Givoni, por debajo de 15°C, debido a que es un valor de temperatura demasiado bajo para elevarlo a la zona de confort mediante sistemas pasivos o activos. Será necesario por tanto acudir a sistemas de producción de calor convencionales como carbón, gasóleo, gas, electricidad, u otros.
 8. Protección solar: A partir de 20°C se considera necesaria para proteger de la radiación directa del sol sobre la piel del edificio, si el diseño es efectivo bloqueará la radiación excesiva de los meses estivales y permitirá el paso de la radiación en épocas frías. Como se ha comentado anteriormente en este trabajo estos elementos pueden ser estores, persianas, parasoles, celosías, umbráculos, vegetación, entre otros.
 9. Refrigeración por alta masa térmica: La propia masa térmica de una edificación también puede funcionar como sistema de refrigeración térmica. La climatización de un espacio interior mediante muros masivos se basa en la inercia térmica de los materiales, que acumulan y liberan el calor de una forma gradual por la simple diferencia de temperaturas y por su tendencia natural a equilibrarse. Comprende un área irregular en el diagrama, esta estrategia se considera efectiva mayoritariamente a partir de 27°C de temperatura hasta los 36°C, aunque a partir de 20°C ya puede ser necesaria si la humedad relativa es inferior al 20%.
 10. Enfriamiento por evaporación: Comprende un área irregular en el diagrama, se considera efectiva cuando existe una temperatura situada entre 20°C y 41°C combinada con bajos niveles de humedad. Su efectividad se basa en el hecho que el agua al evaporarse absorbe calor al ambiente que le rodea y al aumento de la humedad relativa. Para conseguir este efecto pueden utilizar masas de agua (fuentes, surtidores, estanques) o vegetación, entre otros. Crear un patio cerrado con una fuente o estanque es una solución muy efectiva y utilizada con mucha frecuencia.
 11. Refrigeración por alta masa térmica con ventilación nocturna: Es necesaria en casos de altas temperaturas que rondan entre los 36°C hasta los 44°C. Es una estrategia que se basa en aprovechar la bajada de las temperaturas en la noche abriendo los huecos de ventilación permitiendo la entrada de aire fresco que enfriará los muros masivos de la edificación. Este sistema es efectivo en lugares con una oscilación térmica marcada entre día y noche.
 12. Refrigeración por ventilación natural y mecánica: La ventilación permite renovar el aire interior cargado de humedad y aumenta su velocidad en el interior. Según Neila González (2004) cada vez que elevamos 0,2 m/s la velocidad del aire se reduce la sensación de calor en aproximadamente 1°C. Si la propia velocidad del aire en la zona es elevada se favorece la eficacia del sistema.
 13. Aire acondicionado: Abarca la zona de mayor temperatura y humedad del gráfico, en esta franja de perímetro irregular los sistemas pasivos de refrigeración no se consideran suficientes para alcanzar la zona de confort y hay que recurrir a equipos de aire acondicionado.

14. Deshumidificación convencional: Es necesaria cuando el grado de humedad relativa es superior al 80% y la temperatura supera los 20°C. Disminuir el porcentaje de humedad es complejo, una de las soluciones pasivas más frecuentes es la utilización de sales absorbentes.

En conclusión, este diagrama se encuentra enfocado a determinar las condiciones microclimáticas del interior de los edificios y permite evaluar las necesidades energéticas de calentamiento o ventilación necesarias para mantener unas condiciones adecuadas de confort (Fernández García, 1994).

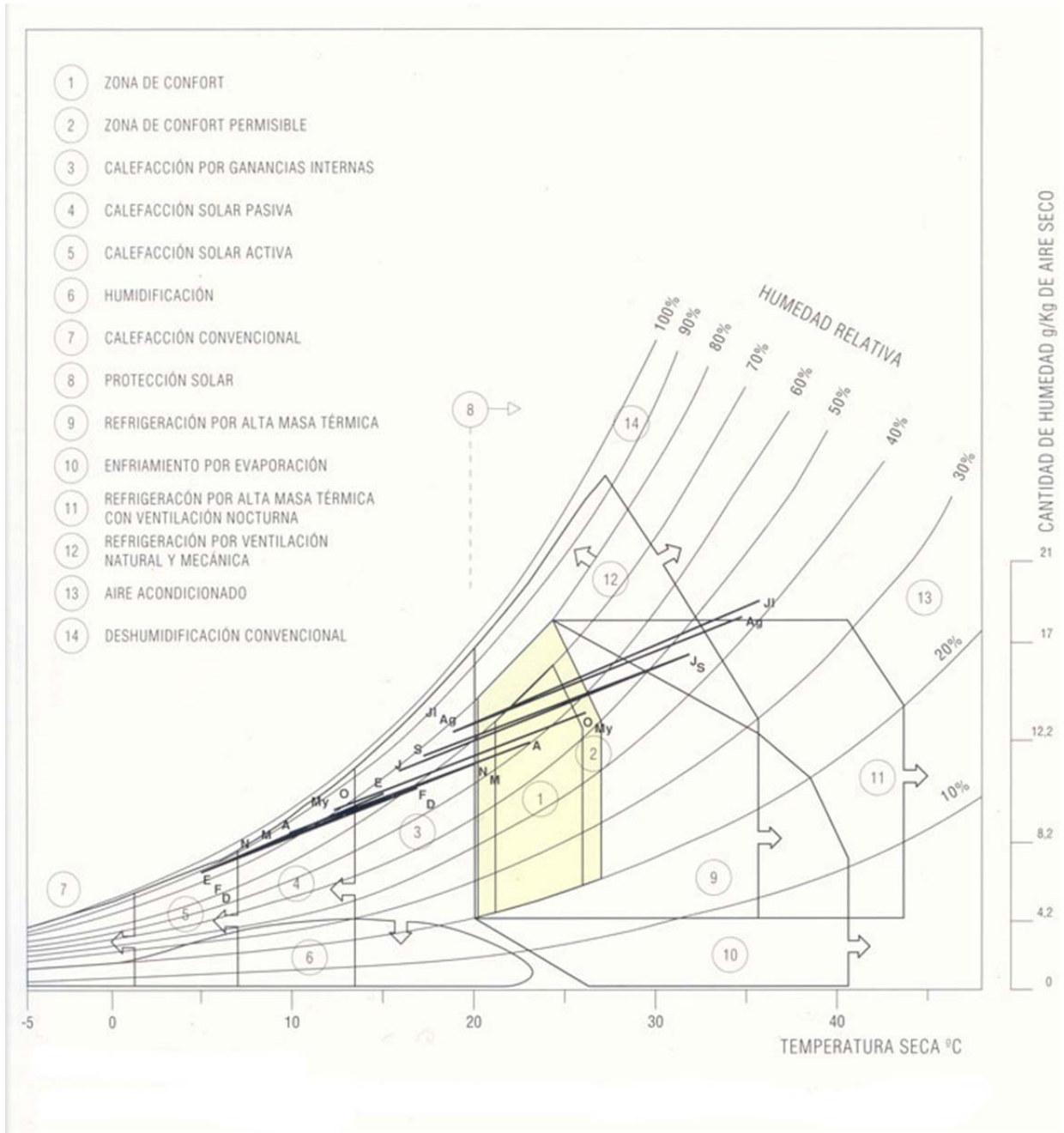


Fig. 133: Diagrama de Givoni confeccionado para una latitud de 40°, sobre el que se han representado datos medios mensuales máximos y mínimos de temperatura y humedad para una localidad concreta.

4.2.2. SOFTWARE DE APOYO AL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

4.2.2.1. ECOTECT

El programa Ecotect está enfocado a servir de apoyo al diseño pasivo y eficiente de los edificios. Es un software muy práctico para las primeras etapas del proceso de diseño, es bastante intuitivo, y presenta facilidades para importar y exportar archivos de modelos 3D de geometría compleja desde otros programas.

Uno de sus puntos fuertes es la herramienta Weather Tool, que permite analizar datos climáticos de cualquier lugar del mundo, y aplicarlos en la elaboración de diagramas bioclimáticos, planteando estrategias de diseño pasivo.

Además del análisis climático, otros puntos destacables en el programa son:

- La herramienta Solar Tool, que permite realizar un análisis del recorrido solar.
- Análisis de la incidencia solar sobre las superficies del edificio.
- Análisis de iluminación.
- Posibilidad exportación al programa de iluminación Radiance.
- Cálculos de sombreado.
- Simulación térmica y acústica.
- Posibilidad de exportar el archivo al programa de simulación Energy Plus.
- Permite realizar análisis del impacto ambiental de la construcción.

Este software no determina las estrategias pasivas que se deben utilizar para un caso concreto, pero sí ofrece información relevante para que el arquitecto pueda determinarlas por sí mismo.

En conclusión, Ecotect es un programa que ayuda en el proceso de toma de decisiones desde el origen del proyecto, y ofrece los datos necesarios para determinar las soluciones más eficientes y efectivas en una edificación.

4.2.3. SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE APOYO

Para el análisis de las estrategias arquitectónicas más adecuadas a las zonas climáticas gallegas, se han barajado las siguientes herramientas de apoyo: diagrama de Olgyay, diagrama de Givoni, software específico como Ecotect, Climate Consultant, Analysis Bio o Meteonorm.

Se ha decidido seleccionar un programa informático para tratar los datos climáticos de las localidades estudiadas y realizar el análisis de las estrategias recomendables a cada zona. Las razones son, mayor precisión de los resultados y rapidez en el tratamiento de los datos climáticos. Una mayor precisión en los resultados para cada localidad, debido al cálculo automático de la franja de confort en los diagramas, algo complicado de determinar manualmente debido a la falta de información y la disparidad de criterios; y mayor rapidez en el tratamiento de los datos climáticos, permitiendo observar de manera sencilla los datos climáticos por medias mensuales máximas y mínimas, y también por horas, generando así conclusiones más certeras.

De entre los tres programas analizados para realizar el análisis climático se descarta el Analysis Bio debido a que únicamente está pensado para trabajar con bases de datos climáticos de Brasil o Argentina.

Tanto el programa Ecotect, como el Climate Consultant, parecen buenas opciones en cuanto al tratamiento de los datos climáticos y el análisis de las estrategias más adecuadas. Finalmente se utiliza para el estudio la herramienta Weather Tool del programa Ecotect debido a que es un programa muy completo que permite analizar a fondo un proyecto arquitectónico bioclimático, es intuitivo y compatible con numerosos formatos de archivos climáticos.

Los resultados obtenidos con el análisis realizado con Weather Tool se complementarán con lo expuesto por Givoni en su diagrama, cuando se considere que ello puede enriquecer las conclusiones obtenidas.

Se utilizará también el programa Meteonorm para crear los ficheros climáticos de varias localidades estudiadas, necesarios para realizar el análisis climático con el software Ecotect.

4.2.4. ANÁLISIS DE DATOS CLIMÁTICOS CON WEATHER TOOL

La herramienta Weather Tool complementa el programa Ecotect, permitiendo visualizar, analizar y editar datos climáticos horarios. Tras introducir los datos climáticos de un lugar concreto se nos muestran varias opciones de análisis, entre las que destaca la posibilidad de elaborar diagramas psicométricos, de gran utilidad para determinar las estrategias pasivas más adecuadas y la zona de confort.

4.2.4.1. DIAGRAMAS PSICOMÉTRICOS

La Real Academia Española define psicometría como la “Medida de los fenómenos psíquicos”, como se ha comentado anteriormente, los diagramas psicométricos nos permiten reunir varios parámetros climáticos a la vez, lo que resulta de gran utilidad para investigar la sensación de bienestar de una manera holística, teniendo en cuenta varios parámetros importantes que pueden influir en ella.

Los diagramas en este trabajo se elaboran con la herramienta Weather Tool, en ellos se observan marcadas varias líneas correspondientes a los parámetros del aire y sobre ellos se establece la zona de confort y las diferentes estrategias recomendadas para un diseño adaptado al clima del lugar.

Los parámetros del aire son representados por varias líneas que forman la base en los diagramas. Estos parámetros son los siguientes:

1. Temperatura de bulbo seco
2. Temperatura de bulbo húmedo
3. Humedad absoluta
4. Humedad relativa
5. Presión de vapor
6. Volumen específico
7. Entalpía

Sobre la estructura del diagrama se sobreponen varias estrategias de diseño arquitectónico posibles enfocadas a obtener la sensación de bienestar cuando los datos climáticos del lugar no se encuadran en la zona de confort por sí mismos, las opciones que se presentan en el programa son las siguientes:

1. Zona de confort
2. Calefacción solar pasiva
3. Alta masa térmica
4. Alta masa térmica con ventilación nocturna
5. Ventilación natural
6. Refrigeración por evaporación directa
7. Refrigeración por evaporación indirecta
8. Sistemas activos de refrigeración

4.2.4.1.1. PARÁMETROS DEL AIRE

A continuación se describen los diferentes parámetros del aire que componen la base de los diagramas psicrométricos utilizados en esta investigación.

TEMPERATURA DE BULBO SECO

Es la temperatura del aire registrada en un termómetro ordinario y se mide en °C. Este parámetro es quizás el factor ambiental más importante, dada su estrecha relación con la sensación de confort térmico en el ser humano.

La temperatura seca se mide sin tener en cuenta factores ambientales como la radiación, la humedad o el movimiento del aire, los cuales afectan significativamente en a la sensación térmica.

También es importante destacar que los valores de temperatura necesarios para alcanzar el bienestar pueden variar en función de la actividad física de cada persona o el tipo de ropa que se lleve puesta.

Uno de los instrumentos más empleados para medir la temperatura de bulbo seco es el termómetro de mercurio, el cual consiste en un delgado tubo de vidrio con una base en forma de bulbo que contiene un depósito de este metal.

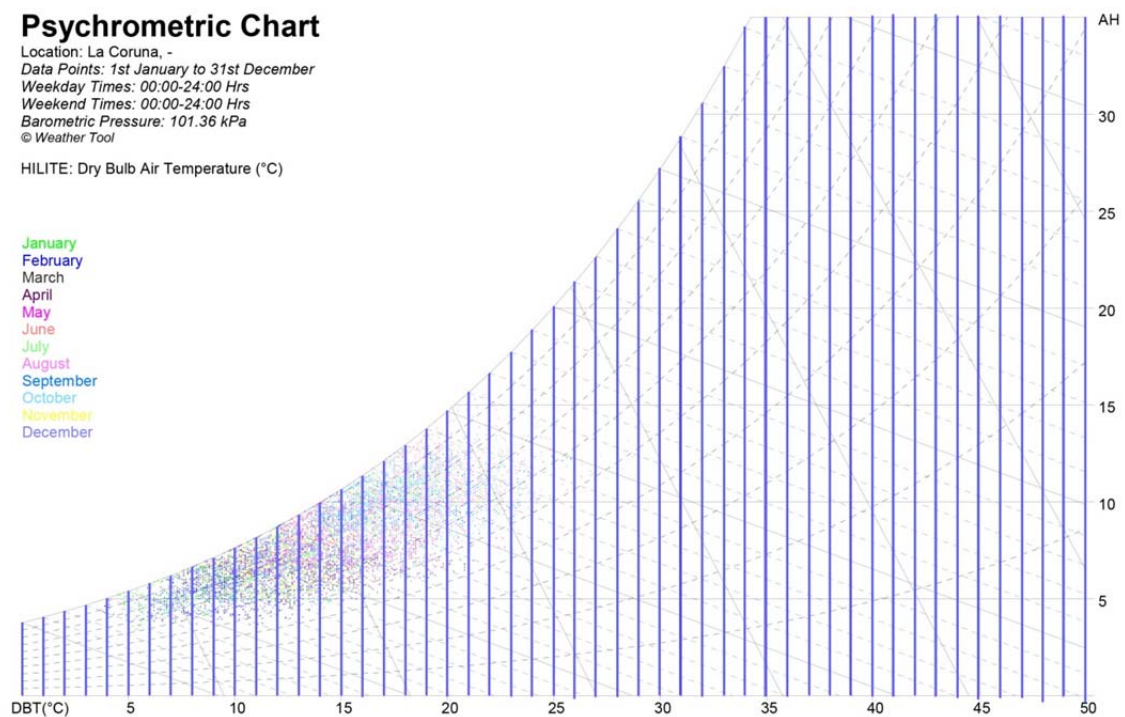


Fig.134- Diagrama Psicrométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color azul las líneas que marcan la temperatura de bulbo seco. Realizado a través del programa Ecotect.

TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO

Es un valor que toma en cuenta el efecto de la humedad ambiental y el correspondiente potencial de evaporación. Se mide en un termómetro con el bulbo rodeado de tela mojada y expuesto a aire en movimiento.

Los procesos de evaporación del agua generan absorción de calor, lo cual hace que el bulbo se enfríe progresivamente. Esto es debido a que el líquido necesita energía para evaporarse, que tomará del líquido remanente, que reducirá su temperatura.

Cuando el aire se encuentra por debajo del nivel de saturación (es inferior al 100% de humedad), la temperatura de bulbo húmedo será siempre menor a la temperatura de bulbo seco (si el aire está saturado ambas temperaturas serán iguales).

Por tanto, la temperatura de bulbo húmedo representa de modo indirecto la humedad ambiental, ya que cuanto menor es la humedad relativa del aire más fácil se evapora el agua y más intensos son los procesos de pérdida de calor.

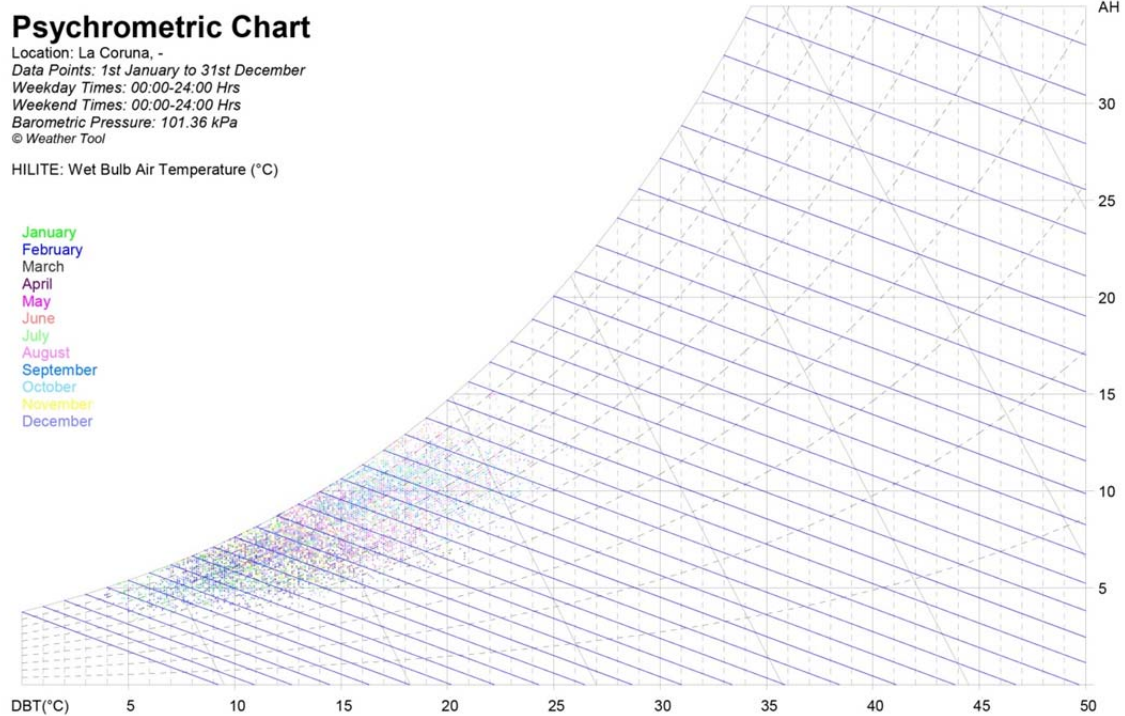


Fig. 135- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color azul las líneas que marcan la temperatura de bulbo húmedo. Realizado a través del programa Ecotect.

HUMEDAD ABSOLUTA

El aire húmedo está formado por una mezcla de aire seco y vapor de agua. Los valores de humedad absoluta se encuentran situados en el eje de las ordenadas del diagrama psicrométrico.

La humedad absoluta es la cantidad de agua que contiene una masa de aire. Se mide en gramos de agua/ Kg de aire seco.

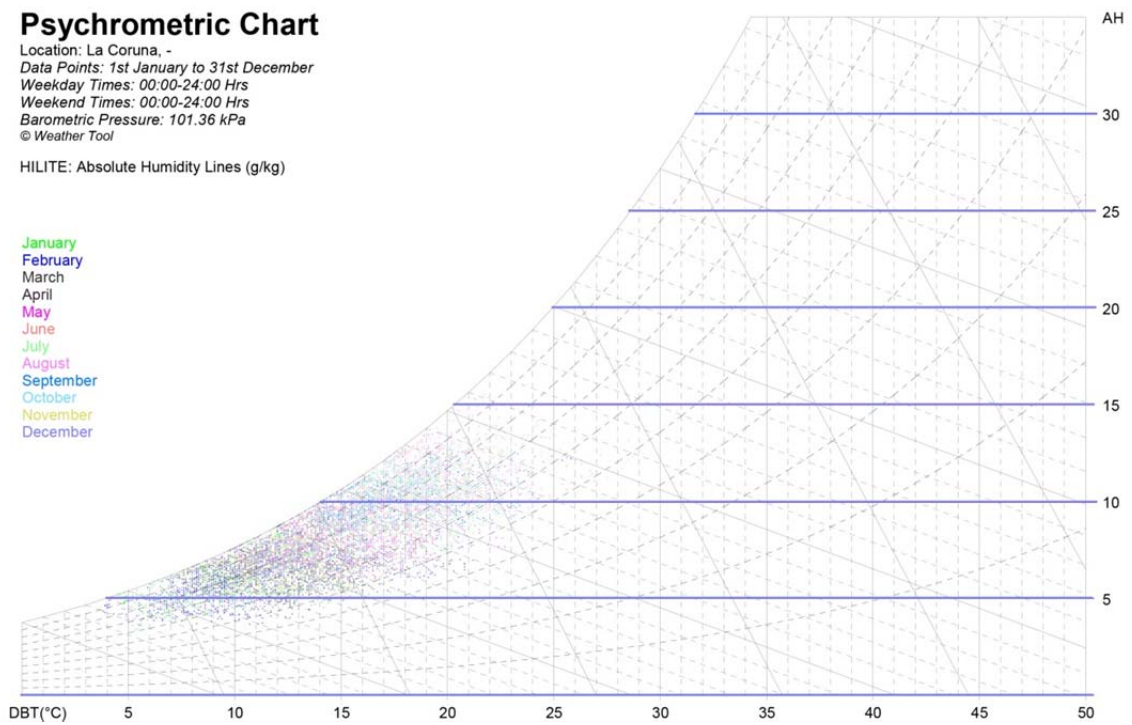


Fig. 136- Diagrama Psicrométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color azul las líneas que marcan la humedad absoluta. Realizado a través del programa Ecotect.

HUMEDAD RELATIVA

Expresa el porcentaje de vapor de agua que tiene el aire en relación al máximo que puede contener a su temperatura sin saturarse. Se mide en % (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

La humedad es un parámetro importante en el análisis ya que influye en gran medida en la sensación térmica. Este valor regula la evaporación, por lo que desempeña un papel importante con altas temperaturas, en los que la sudoración es uno de los mecanismos más importantes de enfriamiento.

Existen límites extremos que pueden ser negativos: Cuando la humedad en el aire es muy elevada por encima de 80% la sensación de calor se eleva, ya que se produce sudor pero no se evapora generando malestar, por el contrario si el nivel de humedad es muy baja por debajo del 20% se puede generar deshidratación y existe peligro de infección por la sequedad de las mucosas. (Fernández García, 1994).

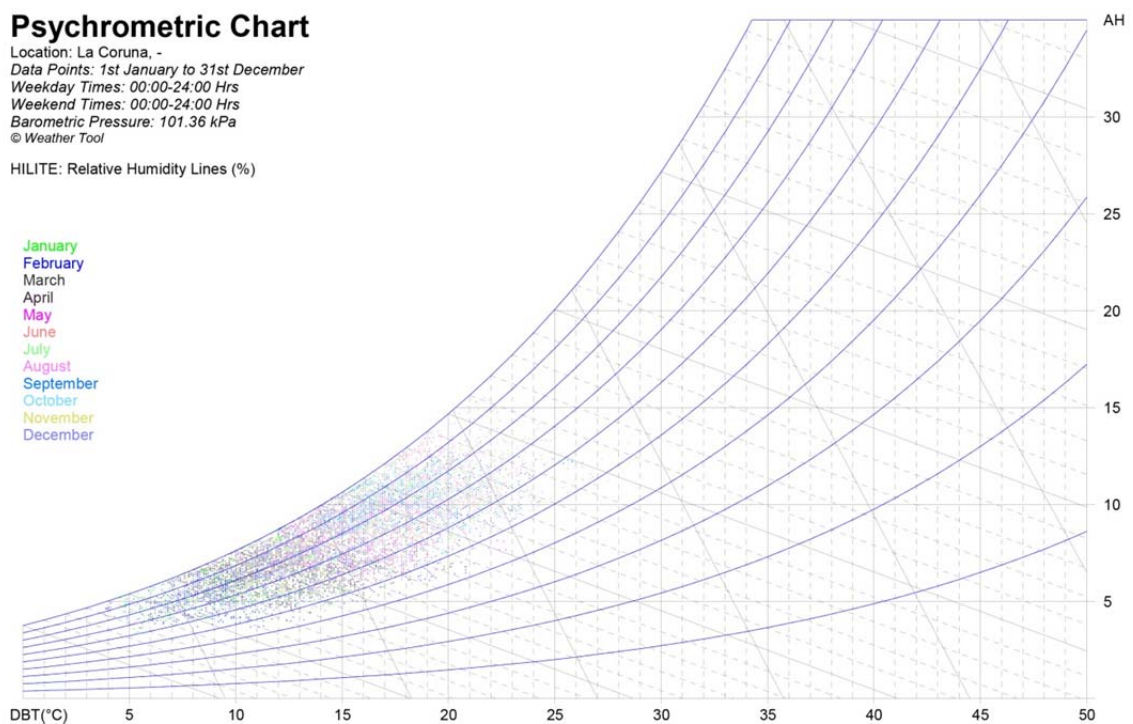


Fig. 137- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color azul las líneas que marcan la humedad relativa. Realizado a través del programa Ecotect.

PRESIÓN DE VAPOR

Los vapores y gases tienden a ocupar el mayor volumen posible, ejerciendo presión sobre las paredes de los recintos que los contienen.

El aumento de presión de vapor no es indefinido y hay un valor de presión para el cual por cada molécula que logra escapar del líquido regresa una de las gaseosas a él, por lo que se establece un equilibrio y la presión deja de subir. Esto se conoce como presión de vapor o de saturación.

Para cada valor de temperatura habrá un valor fijo de presión de vapor saturado para cada líquido. La presión de vapor saturado crece con el aumento de la temperatura.

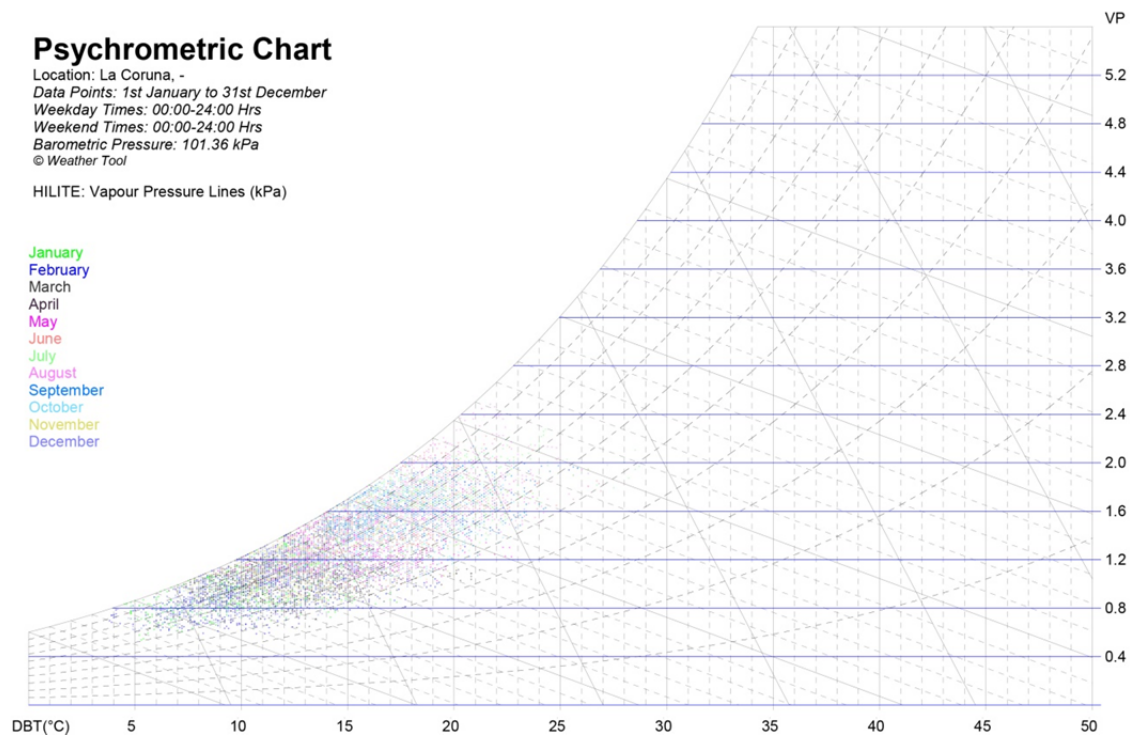


Fig. 138- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color azul las líneas que marcan la presión de vapor. Realizado a través del programa Ecotect.

VOLUMEN ESPECÍFICO

Volumen de aire correspondiente a un kg. de aire. El valor inverso da la densidad del aire para cada temperatura. Se mide en m^3/kg . de aire seco (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

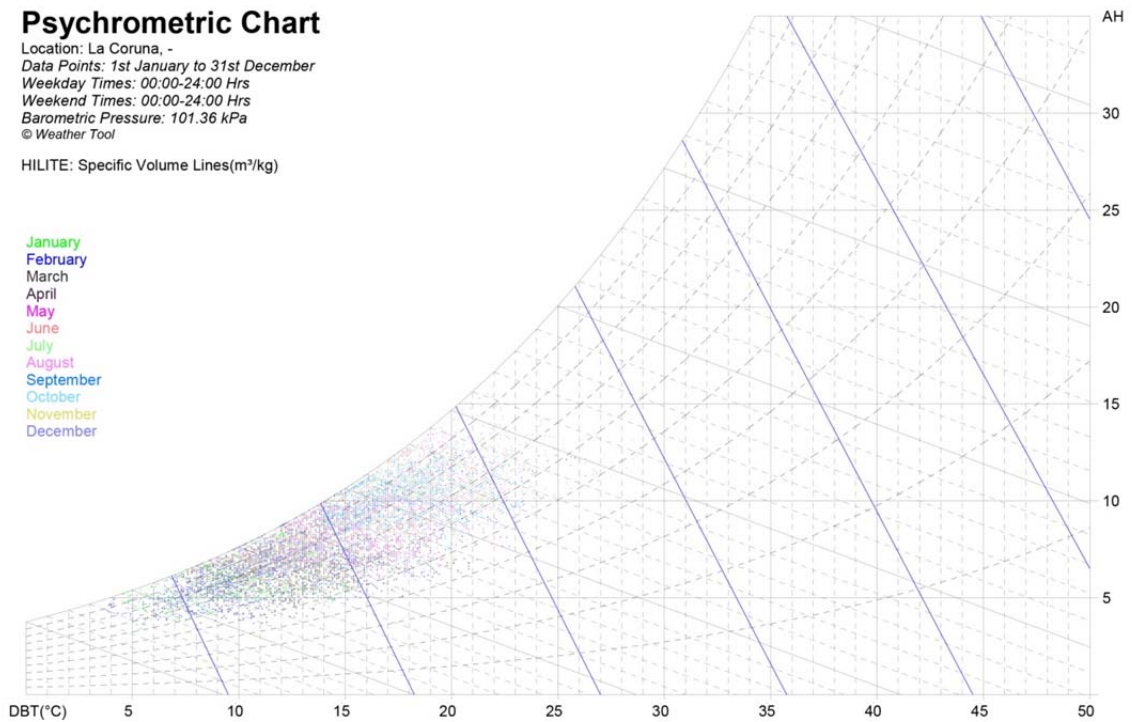


Fig. 139- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color azul las líneas que marcan el volumen específico. Realizado a través del programa Ecotect.

ENTALPÍA

Calor total o entalpía se refiere a la energía total que se utiliza para cambiar las condiciones del aire entre dos estados de temperatura seca y humedad específica. Se mide en kJ/kg de aire seco (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

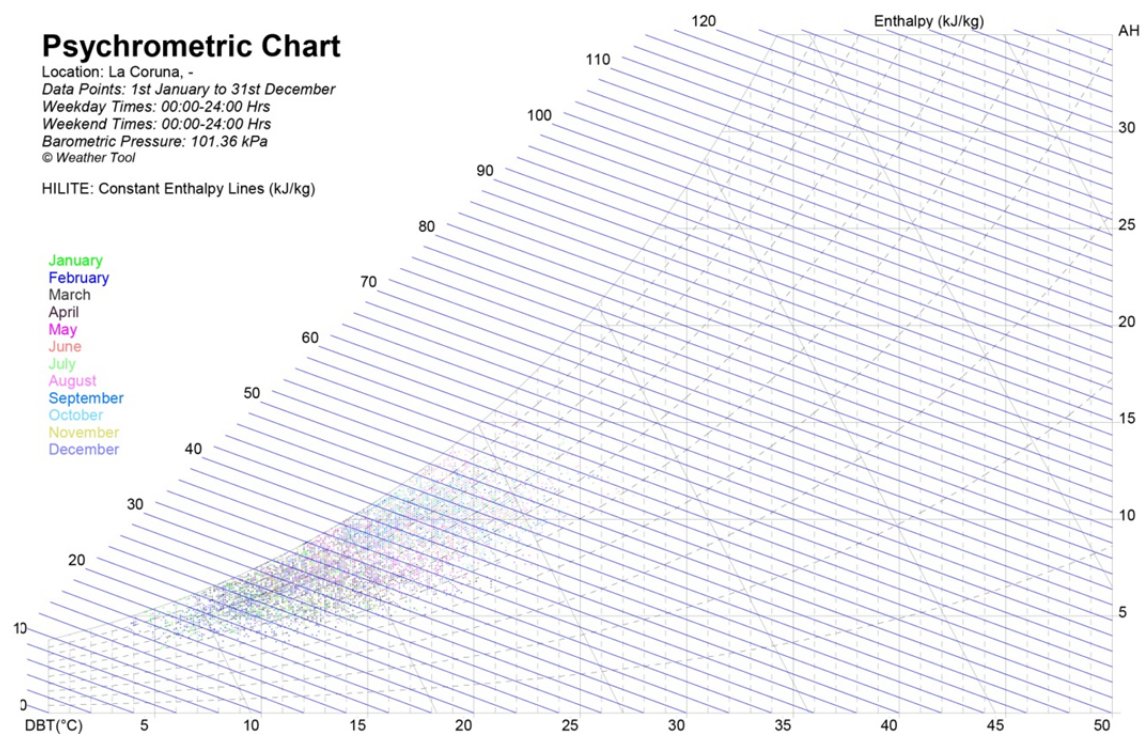


Fig. 140- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color azul las líneas que marcan la entalpía. Realizado a través del programa Ecotect.

4.2.4.1.2. ESTRATEGIAS ARQUITECTÓNICAS ADAPTADAS A LOS DATOS CLIMÁTICOS

A continuación se describen las diferentes estrategias que aparecen en los diagramas psicrométricos utilizados en esta investigación, como zonas delimitadas marcadas sobre las líneas que representan los parámetros del aire y que forman la base del diagrama utilizado.

El área delimitada para cada estrategia varía en función de la localidad estudiada, los diagramas que se muestran a continuación como ejemplos de las diferentes estrategias son para la ciudad de A Coruña:

1. ZONA DE CONFORT

El ser humano precisa de una temperatura interior constante para el correcto funcionamiento del organismo y su salud. El equilibrio entre la temperatura del cuerpo y la del ambiente externo provoca la sensación de confort, por el contrario cuando surge la necesidad de elevar o disminuir la temperatura corporal se produce una sensación de molestia.

En el gráfico se define la zona de confort, pensada para una persona en reposo, adecuado para oficinas, casas o escuelas. En el programa se permite modificar el nivel de actividad a un nivel mayor o inferior al utilizado. Dentro de esta zona se considera que el cuerpo humano requiere un mínimo gasto de energía para equilibrar su temperatura con la del medio ambiente.

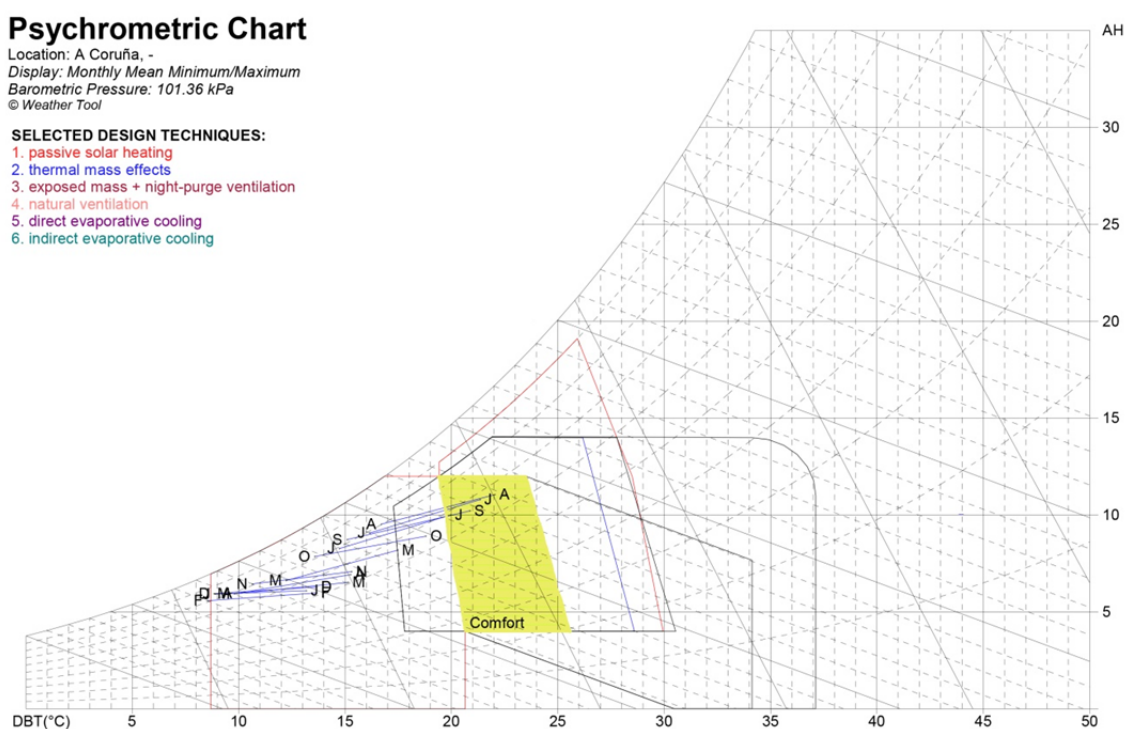


Fig. 141- Diagrama Psicrométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color la zona de confort. Realizado a través del programa Ecotect.

2. CALEFACCIÓN SOLAR PASIVA

Se obtiene gracias al aprovechamiento de la radiación solar directa para calentar un espacio en invierno. Las técnicas utilizadas para calentar el espacio interior de manera pasiva pueden ser de ganancia directa, indirecta o aislados.

Son sistemas de captación directa aquellos en los que la radiación procedente del sol atraviesa una superficie transparente a la radiación de onda corta, calentando el aire, suelo, techos y paredes interiores de la estancia que se desea climatizar.

La energía acumulada en los paramentos interiores se cede al ambiente con retardo en forma de onda larga, que no es capaz de atravesar el vidrio, quedando retenida en el interior de la estancia (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

En las técnicas de ganancia indirecta se utiliza un colector solar independiente y el calor es posteriormente transferido al interior con retardo.

Las ganancias solares directas pueden realizarse a través de vidrios, lucernarios o claraboyas, y las indirectas mediante muros o cubiertas de agua, muros Trombe, invernaderos adosados a la construcción, entre otros y las aisladas mediante sistemas termosifón o invernaderos. Estos sistemas de ganancia solar han sido ampliamente descritos anteriormente en este trabajo.

Psychrometric Chart

Location: A Coruña, -
Display: Monthly Mean Minimum/Maximum
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. exposed mass + night-purge ventilation
4. natural ventilation
5. direct evaporative cooling
6. indirect evaporative cooling

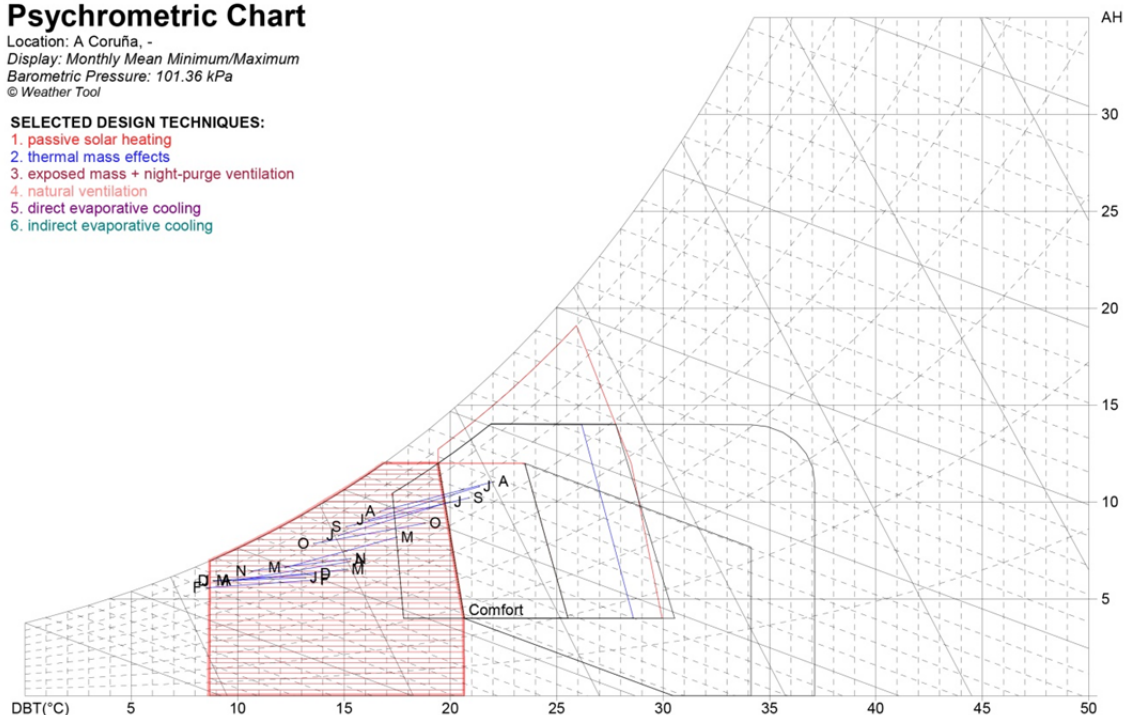


Fig. 142- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color el tramo en el que se recomienda la aplicación de calefacción solar pasiva en la edificación. Realizado a través del programa Ecotect.

3. ALTA MASA TÉRMICA

La propia masa térmica de una edificación también puede funcionar como sistema de acumulación térmica. La climatización de un espacio interior mediante muros masivos se basa en la inercia térmica de los materiales, acumulando y radiando el calor de una forma gradual por la simple diferencia de temperaturas y por su tendencia natural a equilibrarse.

Según Granados Menéndez (2006) es un recurso muy utilizado en la arquitectura popular, en la que los materiales de cerramiento eran pesados y de gran espesor. Se trataba de construcciones que se caracterizan por su capacidad para almacenar calor y por su gran inercia térmica, permitiendo una adaptación lenta a los cambios de temperatura, mediante la amortiguación y desfase de la onda térmica.

La inercia térmica es, por tanto, la dificultad que ofrece un cuerpo a cambiar su temperatura (Neila González, 2004) y está relacionada con la capacidad de acumulación, a mayor inercia térmica mayor es la capacidad de almacenamiento energético de una masa. Esa energía actúa como un amortiguador protegiendo de los cambios de temperatura en el exterior. Esto es clave en climas con oscilaciones térmicas diarias importantes.

Autores como Serra Florensa & Coch Roura (1995) consideran que el uso de muros masivos es muy efectivo para refrescar el ambiente interno en zonas de mucho calor, pero desaconsejan la inercia térmica en climas húmedos y fríos, sobretudo en edificaciones de uso intermitente.

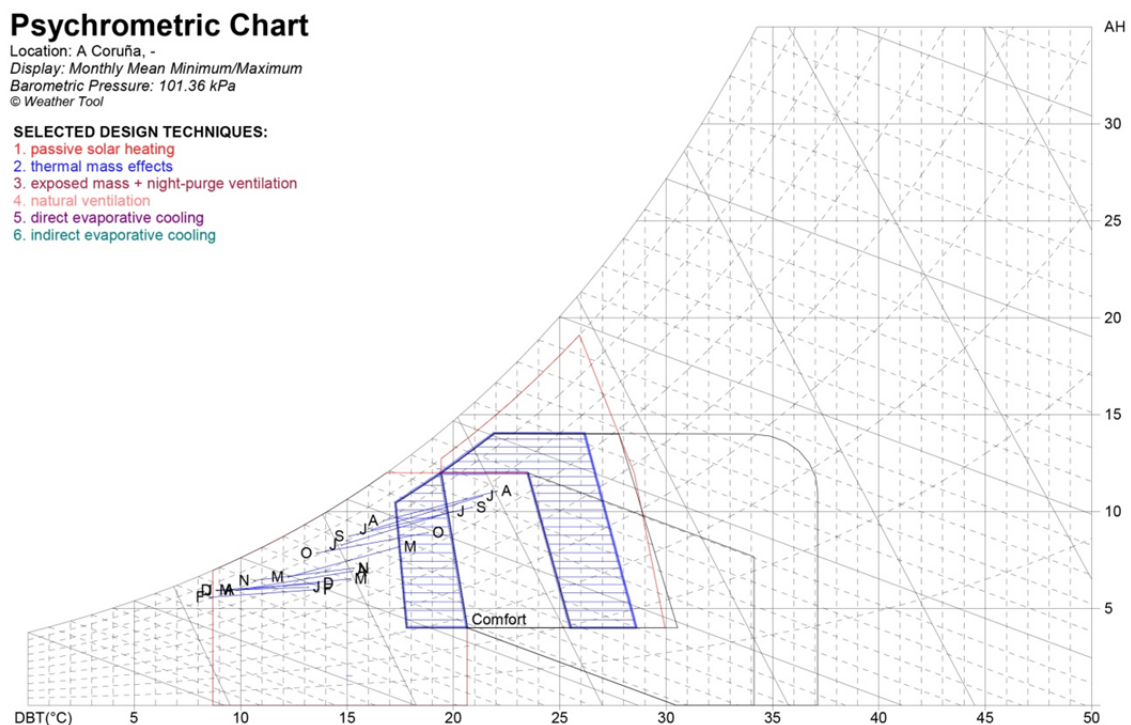


Fig. 143- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color el tramo en el que se recomienda la aplicación de alta masa térmica en la edificación. Realizado a través del programa Ecotect.

4. ALTA MASA TÉRMICA CON VENTILACIÓN NOCTURNA

Es una técnica ampliamente utilizada en muchos países calurosos, debido a que la noche es uno de los pocos momentos en los que la temperatura del aire es confortable. Este descenso de la temperatura durante la noche es más acentuado en climas cálidos secos y en menor medida en los climas cálidos húmedos. (Neila González, 2004).

El sistema consiste en hacer circular aire fresco de la noche y las primeras horas del día. Este aire refresca los elementos de almacenamiento térmico de la construcción, que durante el día captan el calor del ambiente interior (Mitjá, 1986, citado por De Mendonça, 2005).

Si la construcción es lo suficientemente masiva en el interior de la construcción se conseguirá una temperatura por debajo de la media todo el día. El movimiento del aire es determinante para lograr que el sistema sea efectivo, este puede darse por causas naturales o forzado por el diseño de la construcción. (De Luxán García de Diego et al., 1997).

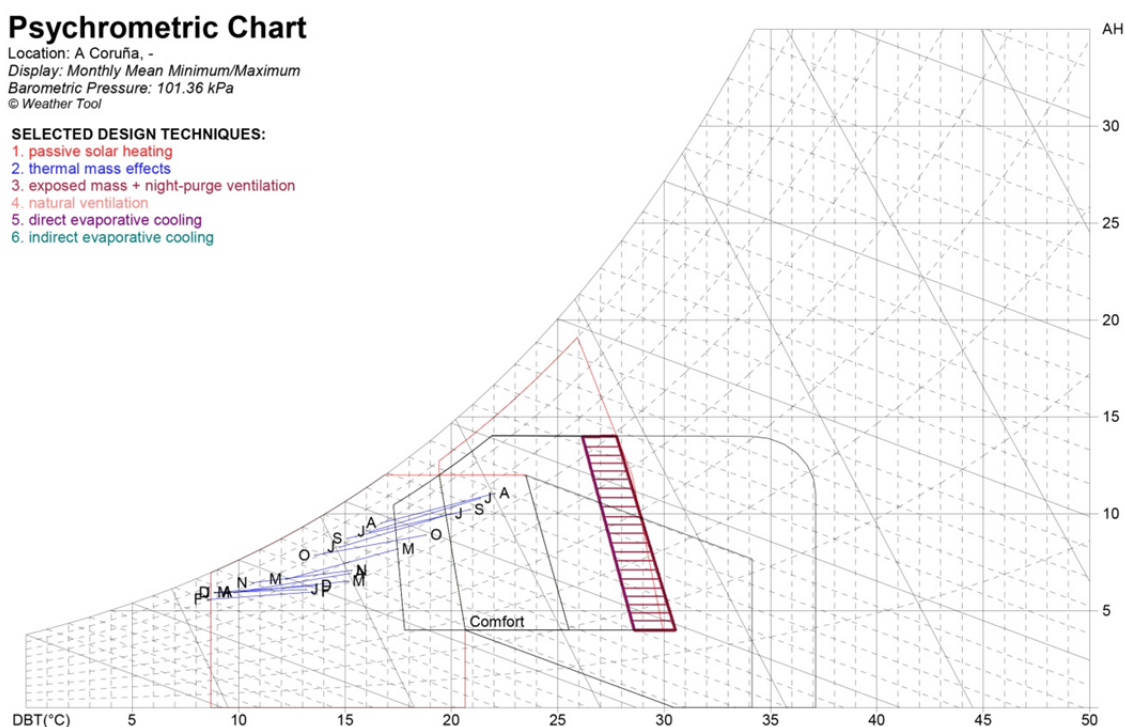


Fig. 144- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color el tramo en el que se recomienda la aplicación de ventilación nocturna en combinación con alta masa térmica en la edificación. Realizado a través del programa Ecotect.

5. VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural permite renovar el aire interior cargado de humedad y aumenta su velocidad en el interior.

Esta estrategia implica abrir los huecos de la edificación en los momentos de sobrecalentamiento del espacio para aprovechar las brisas, incluso cuando la temperatura de bulbo seco sea bastante alta. Se utiliza la evaporación del sudor para provocar una bajada de la temperatura corporal. La efectividad de la ventilación natural depende también de los niveles de humedad relativa en el ambiente.

Según Neila González (2004) cada vez que elevamos 0,2 m/s la velocidad del aire se reduce la sensación de calor en aproximadamente 1°C. Si la propia velocidad del aire en la zona es elevada se favorece la eficacia del sistema.

Además de la ventilación simple, existen varias técnicas que persiguen la refrigeración del espacio interior a través del movimiento de aire: Ventilación cruzada, chimenea solar, torre de viento, aspirador estático, entre otros. Estos sistemas de refrigeración por ventilación natural han sido ampliamente descritos anteriormente en este trabajo.

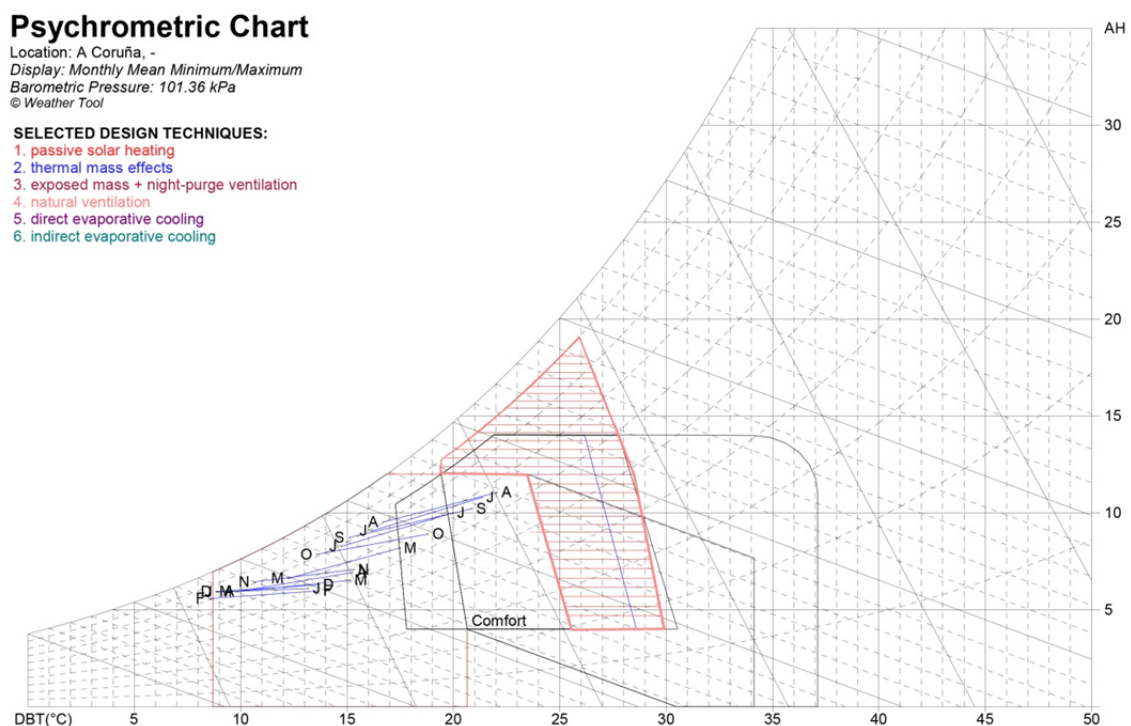


Fig. 145- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color el tramo en el que se recomienda la aplicación de ventilación natural en la edificación. Realizado a través del programa Ecotect.

6. REFRIGERACIÓN POR EVAPORACIÓN DIRECTA

Es un sistema que refresca y humedece el ambiente a través la evaporación de agua. El aire es conducido a través de una tela o gasa saturada de humedad. El aire caliente evapora parte de la humedad y la energía se pierde en forma de calor de vaporización. El aire refrigerado se conduce directamente al espacio.

El efecto de refrigeración evaporativa se basa en el principio de que un líquido al evaporarse roba energía del aire con el que está en contacto. La evaporación del agua implica que el aire aumenta su contenido de vapor de agua (Serra Florensa & Coch Roura, 1995).

Esta técnica no es puramente pasiva debido a que puede requerir del movimiento de un ventilador. Sin embargo el nivel de energía requerido es bajo comparado con el potencial de refrigeración, por ello se contempla en este software junto con otras estrategias exclusivamente pasivas.

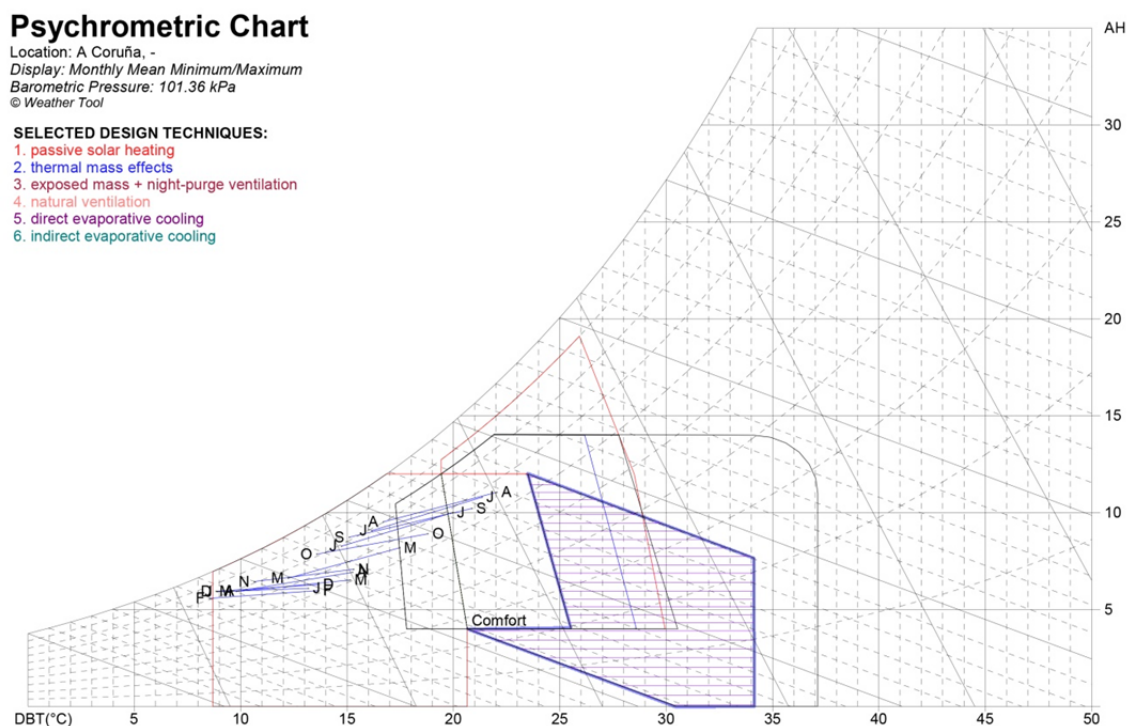


Fig. 146- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color el tramo en el que se recomienda la aplicación de sistemas de enfriamiento por evaporación directa en la edificación. Realizado a través del programa Ecotect.

7. REFRIGERACIÓN POR EVAPORACIÓN INDIRECTA

En este sistema el refrescamiento evaporativo ocurre de manera externa al espacio. El aire refrigerado interactúa con el aire suministrado a través de un intercambiador de calor. De este modo no hay adición de vapor en el aire del espacio, incluso cuando el aire refrigerado se acerque a la saturación.

Esta técnica igual que la evaporación directa no es puramente pasiva pero se contempla en este software junto con otras estrategias exclusivamente pasivas debido a un ratio favorable entre energía y refrigeración.

Psychrometric Chart

Location: A Coruña, -
Display: Monthly Mean Minimum/Maximum
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. exposed mass + night-purge ventilation
4. natural ventilation
5. direct evaporative cooling
6. indirect evaporative cooling

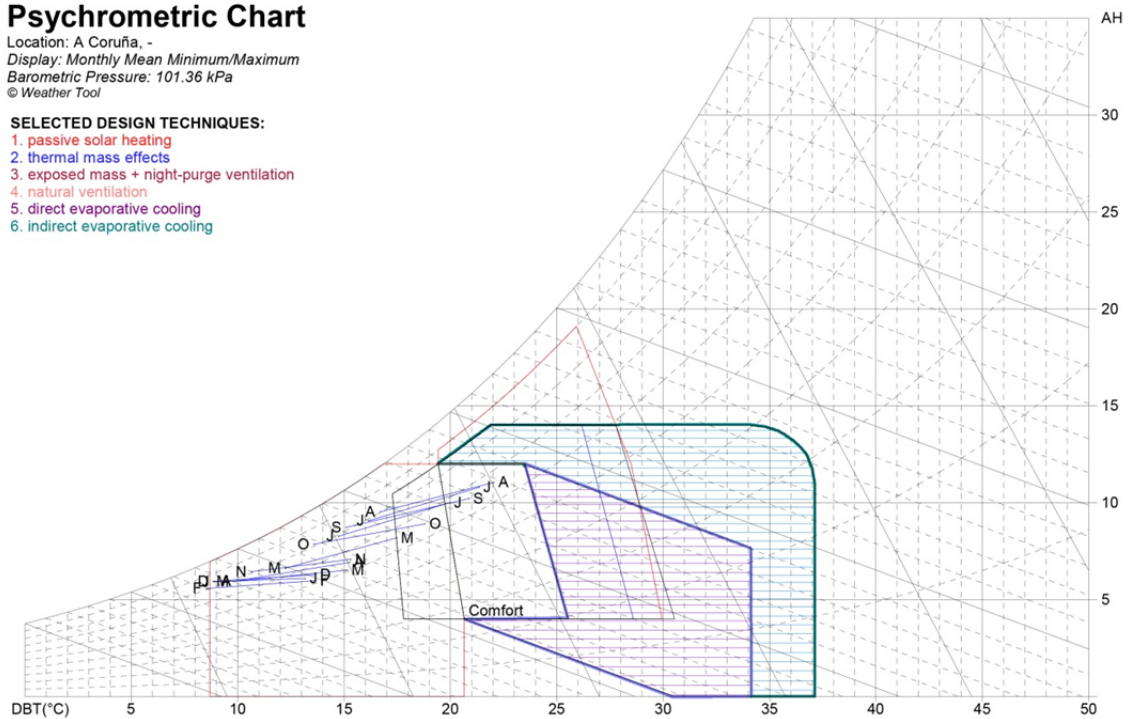


Fig. 147- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color verde el tramo en el que se recomienda la aplicación de sistemas de enfriamiento por evaporación indirecta en la edificación (En violeta se destaca el tramo de evaporación directa). Realizado a través del programa Ecotect.

8. SISTEMAS ACTIVOS DE REFRIGERACIÓN

En los casos que las temperaturas y el grado de humedad sean muy elevados y los sistemas pasivos de refrigeración no se consideren suficientes para alcanzar la zona de confort es necesario recurrir a sistemas activos para climatizar el espacio.

Estos sistemas requieren de energía convencional en mayor o menor medida para su funcionamiento.

En el diagrama mostrado en esta página se expone que la refrigeración activa se puede realizar a través de ventilación mecánica con presencia de aparatos impulsores del aire, con sistemas evaporativos como los anteriormente comentados, o con aparatos de aire acondicionado en los casos más extremos.

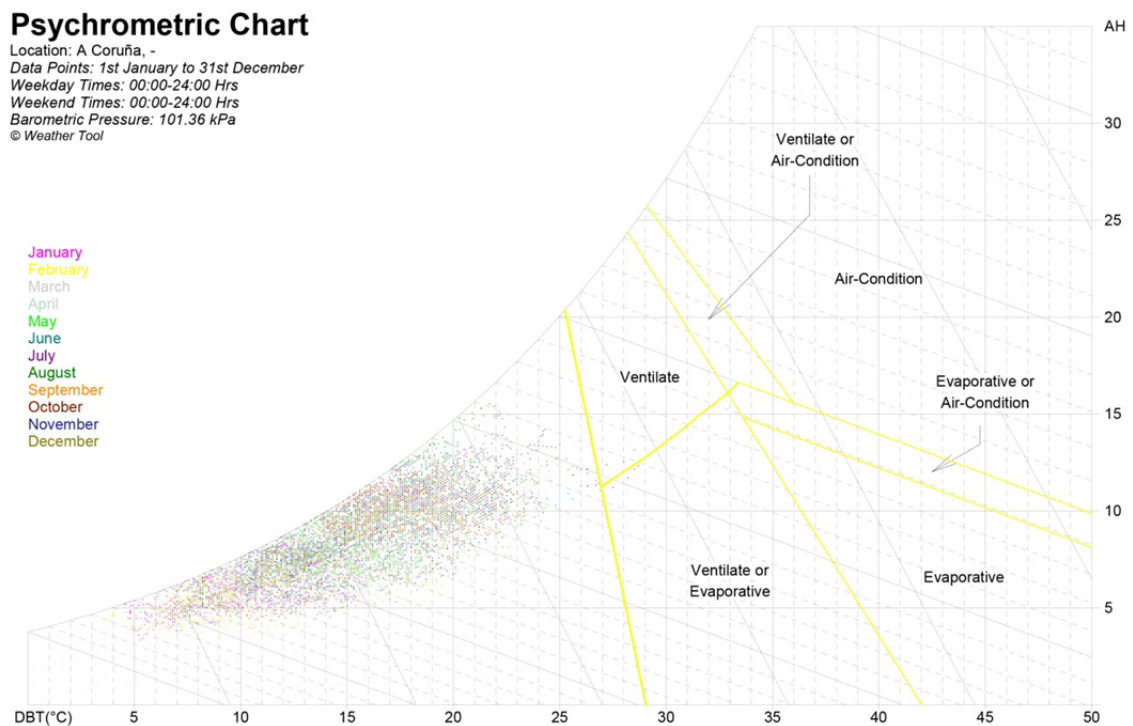


Fig. 148- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se resalta en color amarillo los límites en los que se recomienda sistemas activos de refrigeración en la edificación. Realizado a través del programa Ecotect.

4.3. Estrategias para el diseño bioclimático en las zonas climáticas gallegas

En las páginas siguientes, se muestran cada una de las localidades gallegas analizadas, agrupadas en función de las diferentes zonas climáticas. Se realiza un análisis climático de cada una de ellas, y se concluyen posteriormente las estrategias más adecuadas a cada localidad para lograr un diseño arquitectónico armónico con el clima de cada sitio.

En el mapa siguiente, se muestra la ubicación de cada una de las localidades investigadas. Se selecciona una ciudad por cada dominio climático, pudiendo ser más si en la misma zona hay varias ciudades representativas con un número de habitantes elevado.

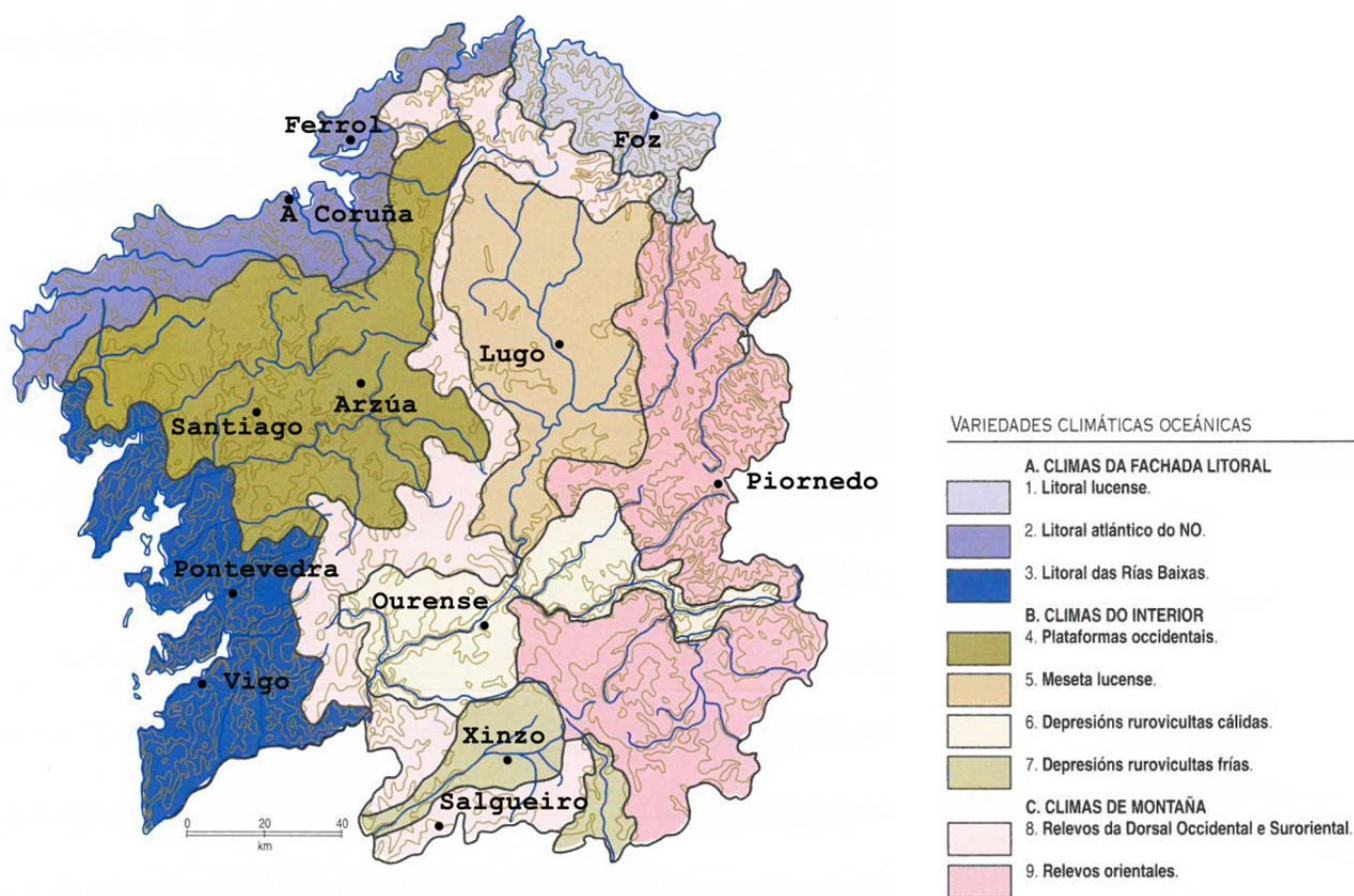


Fig. 149- Mapa de Galicia fragmentado en zonas climáticas, donde se observa la ubicación de todas las ciudades analizadas.

En las páginas siguientes, se realiza un análisis climático y estrategias recomendadas para el diseño arquitectónico bioclimático en cada una de las localidades mostradas en el mapa.

4.3.1. CLIMA OCEÁNICO DEL LITORAL LUCENSE

Ciudad representativa: FOZ

Siguiendo la zonificación climática elaborada por Romaní Barrientos (1994), la ciudad de Foz se encuentra situada en el dominio climático oceánico del litoral lucense.

Tras analizar el clima de la ciudad, se observan amplitudes térmicas diarias y anuales bastante reducidas, debido al efecto moderador del mar.

Los meses de diciembre, enero y febrero son los más fríos con temperaturas en torno a los 6°C de media de mínimas, y temperatura media de las máximas en torno a los 13°C. Les siguen noviembre y marzo, con medias mínimas que rondan los 8°C, y medias máximas en torno a los 15°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 10°C de medias mínimas y 18°C de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que se caracteriza por temperaturas suaves que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 14°C de medias mínimas y los 22°C de media de las máximas. La humedad es elevada a lo largo de todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 70-85% de humedad relativa.

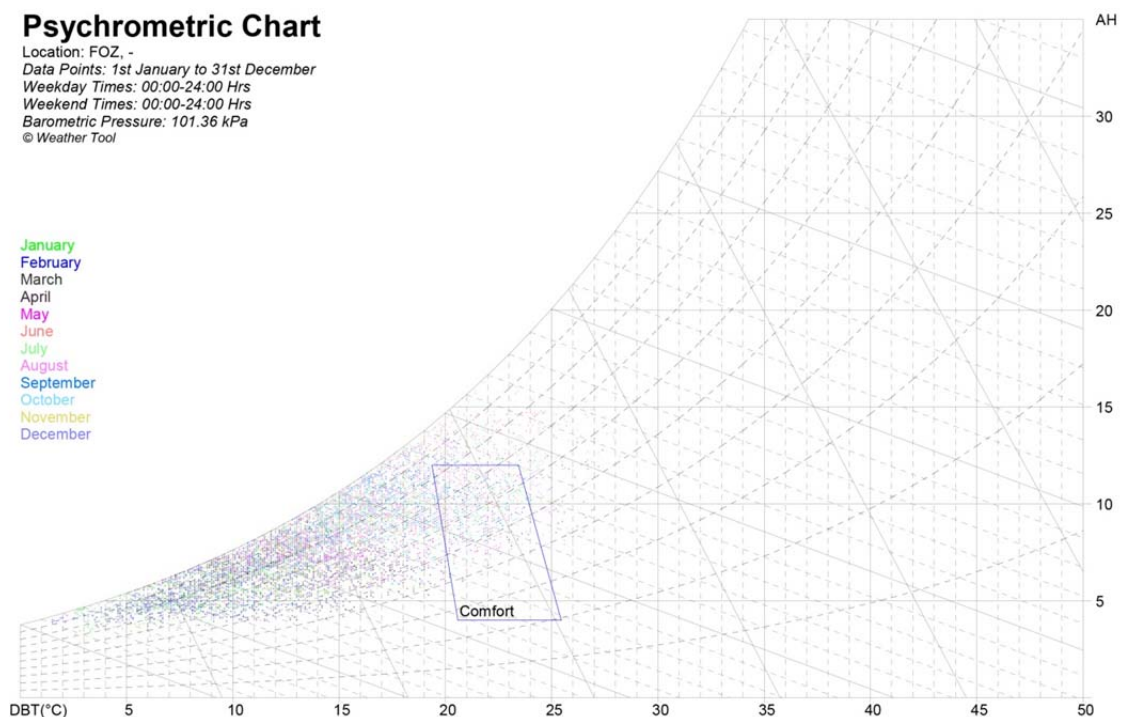


Fig. 150- Diagrama Psicométrico de la localidad de Foz, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Foz

Un dato importante para la determinación de las estrategias más adecuadas en la localidad de Foz, es que la gran mayoría de las horas del año presentan temperaturas inferiores a las marcadas en la zona de confort, por ello, las estrategias de diseño arquitectónico que se deben adoptar a esta ciudad deben enfocarse principalmente a calentar el espacio interior.

La ciudad de Foz presenta inviernos suaves y veranos templados, debido al efecto moderador del mar. Por ello la mayor parte de las horas frías del año el espacio interior se calentará simplemente con las propias ganancias internas que generan los ocupantes y máquinas, o bien mediante estrategias de calefacción solar pasiva.

La calefacción solar pasiva es la estrategia más efectiva para esta ciudad. La utilización de sistemas de calefacción basados en fuentes energéticas renovables también es necesaria para cubrir las horas puntuales más frías del año que no se pueden cubrir con sistemas pasivos.

La calefacción convencional no será necesaria gracias al clima suave de la ciudad, siempre que el diseño arquitectónico sea el adecuado para el clima y el entorno de la construcción. No obstante, en los casos que requiera el uso calefacción convencional, funcionará como un apoyo al sistema, solo utilizándose de manera puntual, con el consecuente ahorro energético.

En los días cálidos, gran parte de las horas se encuentran dentro de la zona de confort, principalmente durante los meses estivales.

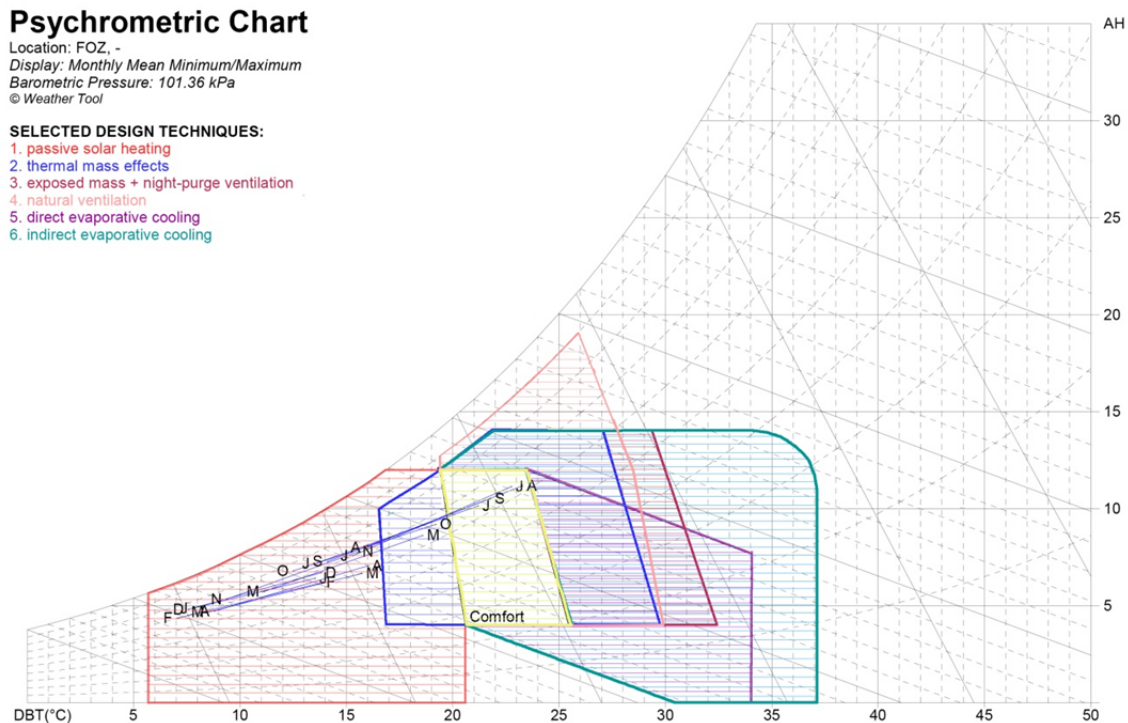


Fig. 151- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Foz, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización de alta masa térmica es adecuada, ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura y contribuyendo al ahorro energético. De todos modos debido a la baja oscilación térmica existente en la ciudad la efectividad no es tan elevada como en las localidades de interior, con cambios de temperatura que son, en general, mucho más marcados.

La necesidad de refrigerar el espacio interior solo ocurre en horas puntuales de máximo calor, y se resuelve de manera efectiva con sistemas de ventilación natural.

Los sistemas evaporativos también son efectivos para bajar la temperatura interior, aunque en menor medida. La alta masa térmica también contribuye a la refrigeración del espacio interior. La ventilación nocturna combinada con alta masa térmica es no es necesaria, debido a que las temperaturas no son demasiado elevadas en la ciudad.

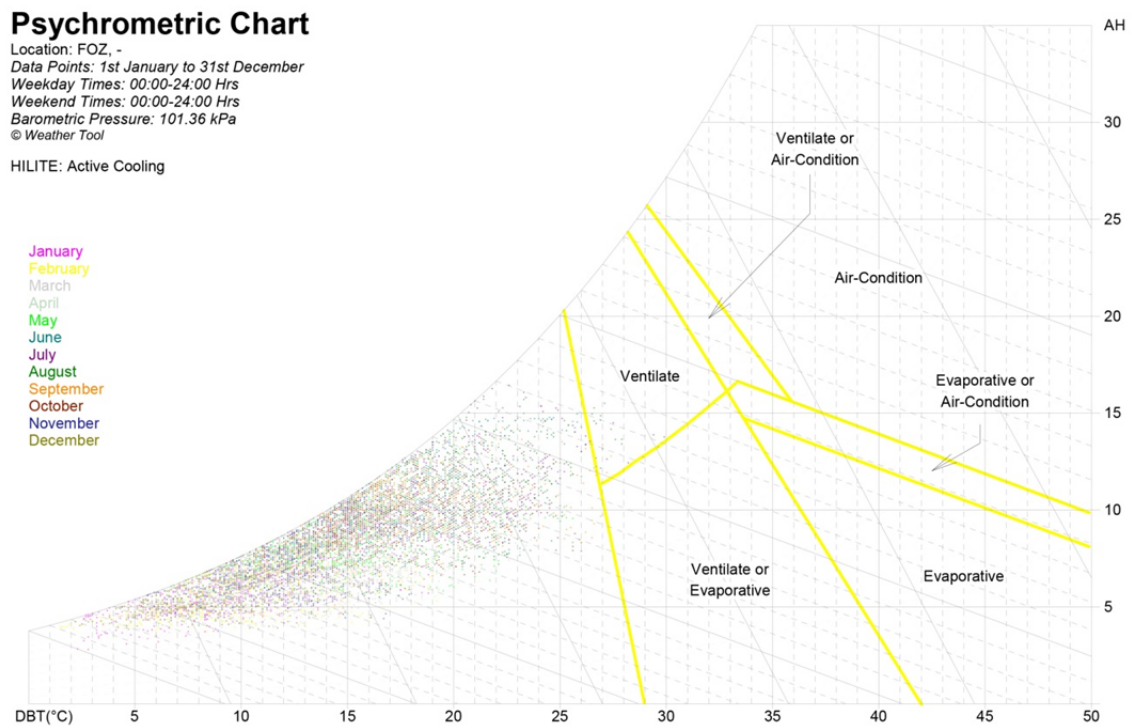


Fig. 152- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Foz, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

Los sistemas de refrigeración convencionales como ventilación mecánica o aire acondicionado no son necesarios dado el clima suave de la ciudad, como se muestra en el diagrama superior, pudiendo refrigerar el espacio con estrategias más sostenibles.

En conclusión, Foz es una localidad con temperaturas suaves, en la que, mediante sistemas de calefacción solar pasiva, y con el apoyo de fuentes energéticas renovables, se puede llegar a cubrir la totalidad de la demanda de calefacción a lo largo del año. Los sistemas de refrigeración tienen poco peso debido al reducido número de horas anuales en las que resultan efectivos, siendo la ventilación natural la estrategia más recomendada.

4.3.2. CLIMA OCEÁNICO DEL LITORAL ATLÁNTICO NOROESTE

Ciudad representativa: A CORUÑA

Según división climática propuesta por Romani Barrientos (1994), la ciudad de la Coruña se encuentra situada en un clima de tipo oceánico con variedad del litoral atlántico noroeste.

La oscilación térmica a lo largo del día es muy reducida gracias a la acción del océano que suaviza las temperaturas. También presenta inviernos suaves y veranos templados.

Los meses de diciembre, enero y febrero son los más fríos con temperaturas en torno a los 8°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 13°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 9°C y medias máximas en torno a los 15°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 12°C de medias mínimas y 17,5 de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que se caracteriza por temperaturas suaves que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 15°C de medias mínimas y los 21°C de media de las máximas. La humedad es alta todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 70- 90% de humedad relativa.

En Galicia, la zona de atlántico Norte es más sensible a los efectos de los vientos del norte y noroeste (Luaces Padilla, 1996).

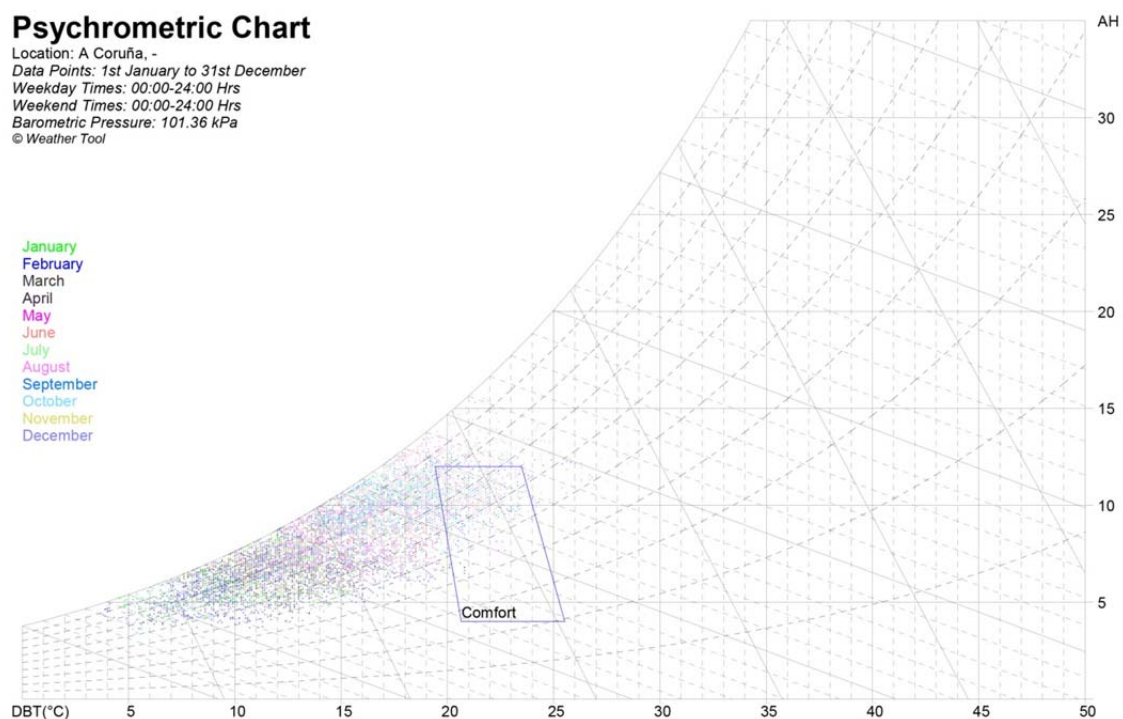


Fig. 153- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - A Coruña

El espacio interior de las viviendas se encuentra en zona de confort en muchas de las horas cálidas de verano, durante los meses de junio a septiembre.

Siguiendo lo expuesto en el diagrama de Givoni (página 100), entre los 13,5 y los 20°C aún no estando en zona de confort se consigue llegar a esta mediante el aumento de temperatura que se produce en una construcción por el mero hecho de vivir o trabajar en su interior (De Luxán García de Diego et al., 1997).

Esta calefacción por ganancias internas es efectiva en las horas de verano con temperaturas inferiores a 20° C, es decir, buena parte de junio, julio, agosto y septiembre. La mayor parte de los meses de octubre y mayo también se puede calentar el espacio interior mediante el calor que generan los ocupantes y las máquinas, salvo horas puntuales en los que para lograr el confort interior se requerirá de sistemas pasivos de calefacción.

Durante noviembre, marzo y abril las ganancias térmicas internas deben completarse con sistemas pasivos de calefacción para lograr una adecuada climatización.

Debido a que el clima de A Coruña presenta inviernos suaves gracias a la influencia marítima, se puede lograr el confort interior mediante técnicas pasivas de calefacción durante los meses de invierno: diciembre, enero y febrero.

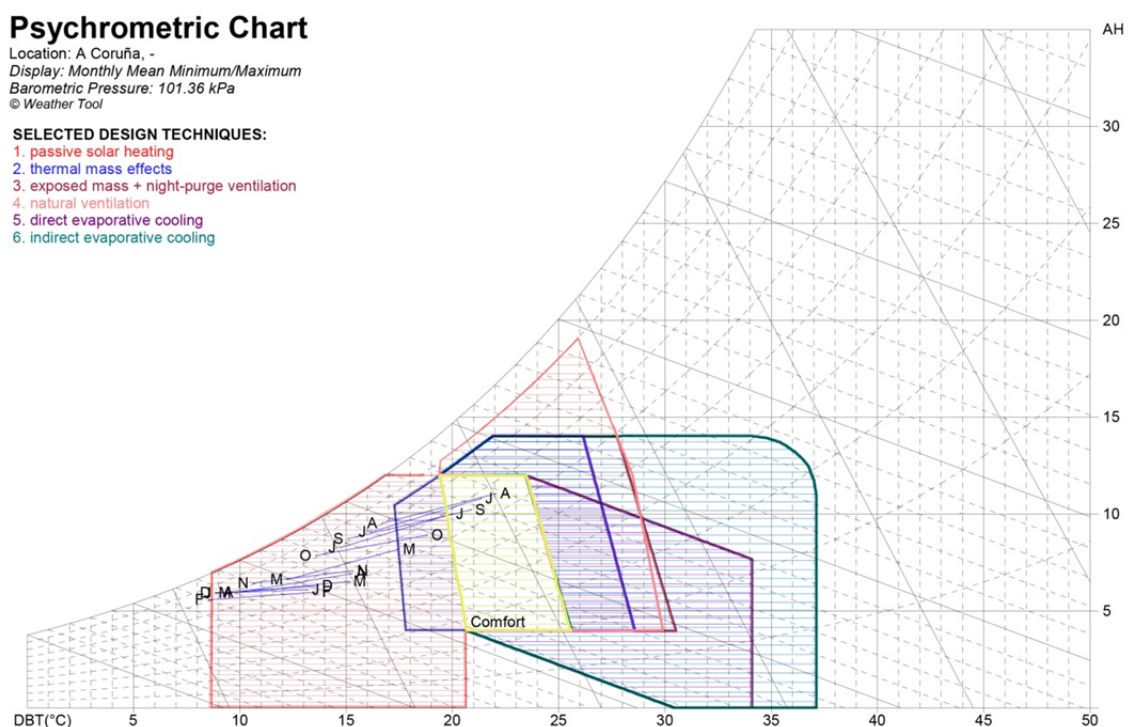


Fig. 154- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización de calefacción activa, basada en fuentes energéticas renovables, será necesaria de manera puntual en las horas más frías del año (diciembre, enero y febrero). No será necesaria la utilización de calefacción convencional en ningún momento gracias al clima suave de la ciudad.

La utilización de alta masa térmica es adecuada ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura y contribuyendo al ahorro energético. De todos modos debido a la baja oscilación térmica existente en la ciudad la efectividad no es tan elevada como en las localidades de interior, con cambios de temperatura que en general son mucho más bruscos.

La refrigeración mediante ventilación natural es necesaria de manera puntual, únicamente en las horas de máximo calor del año, ya que no se alcanzan temperaturas elevadas en ningún momento del año, siendo lo más habitual que las temperaturas no asciendan de los 25°C.

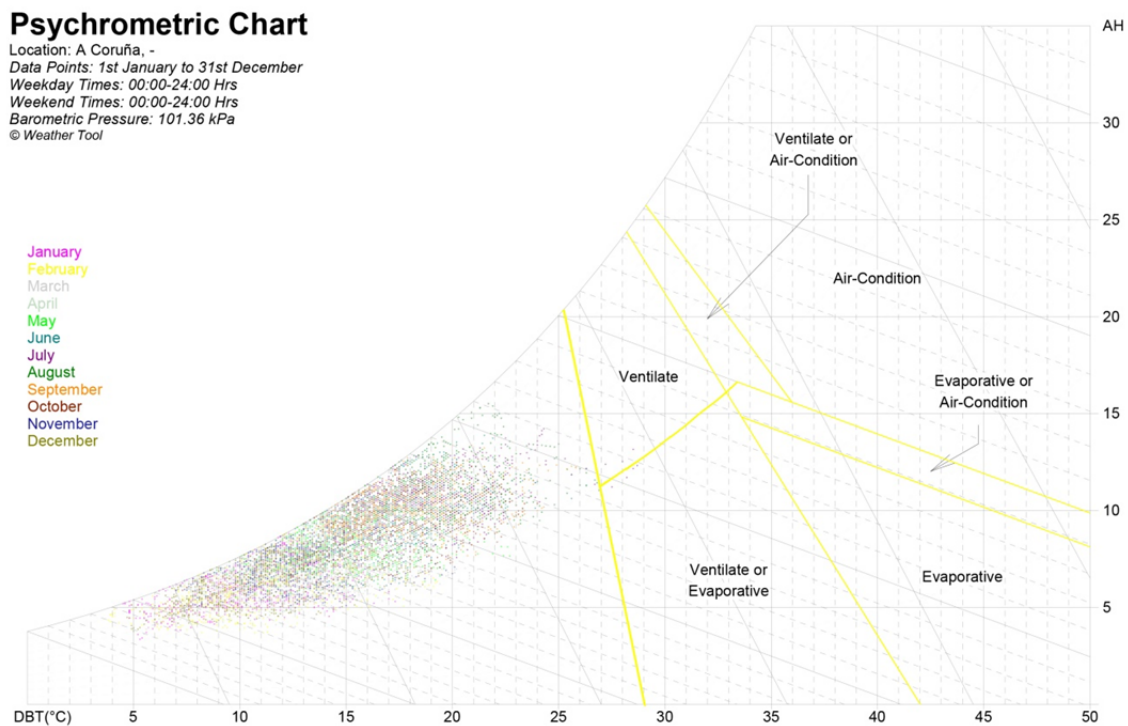


Fig. 155- Diagrama Psicométrico de la ciudad de A Coruña, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La ventilación mecánica o el aire acondicionado no son tampoco necesarios como se muestra en el diagrama superior.

Por lo tanto, las estrategias para la refrigeración del ambiente interior son, en general, poco efectivas para este clima, donde para lograr llegar a la zona de confort el peso principal recae sobre el uso de técnicas pasivas y activas de calefacción.

Ciudad representativa: FERROL

Según división climática propuesta por Romaní Barrientos (1994), la ciudad de Ferrol se encuentra situada en un clima de tipo oceánico con variedad del litoral atlántico noroeste.

Tras analizar el clima de la ciudad se observa una amplitud térmica diaria bastante reducida aunque por encima de la de A Coruña. Se puede decir de todas las ciudades gallegas analizadas en este trabajo estas dos son las que menor oscilación diaria presentan, junto con Foz, con diferencias que a menudo suponen solo 5°C entre máximas y mínimas diarias.

Los meses de diciembre, enero y febrero son los más fríos con temperaturas en torno a los 7,5°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 13,5°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 9°C y medias máximas en torno a los 15,5°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 11°C de medias mínimas y 18°C de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que se caracteriza por temperaturas suaves que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 15°C de medias mínimas y los 23°C de media de las máximas. La humedad es elevada a lo largo de todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 70-85% de humedad relativa.

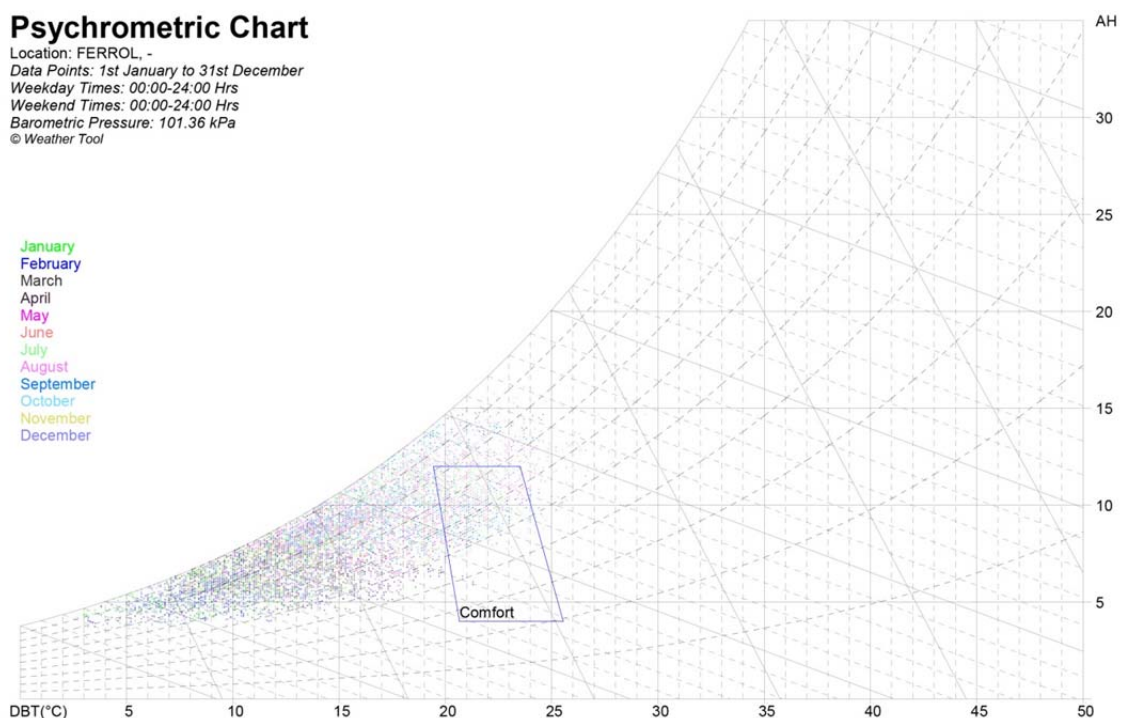


Fig .156- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Ferrol, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Ferrol

La estrategia principal que se debe adoptar para lograr un adecuado diseño arquitectónico adaptado al clima de Ferrol es la de dotar a la edificación de sistemas de calefacción pasiva, como se observa en el diagrama inferior.

Esto supone dotar la edificación de técnicas pasivas de calefacción como las detalladas en la primera parte de este trabajo (Galerías, Muros invernadero, suelos acumuladores de grava, entre otros) fomentando principalmente el aprovechamiento de la orientación sur, la gran aliada del diseño bioclimático debido a que es la fachada que recibe más horas de radiación en invierno y recibe menos en verano respecto a las orientaciones este y oeste, siendo además una radiación más fácilmente controlable con sistemas de protección solar.

Los sistemas de calefacción activa, basados en fuentes energéticas renovables, también serán necesarios en los momentos más fríos del año para mantener el confort interior de la edificación. La calefacción convencional no es necesaria debido al clima suave de la ciudad y se puede suprimir con un buen diseño arquitectónico que contemple las medidas pasivas y activas de aprovechamiento solar adecuadas.

Durante los meses estivales muchas de las horas se encuentran situadas en la zona de confort, y las que no se cubren fácilmente mediante ganancias térmicas internas, mediante el propio calor que desprenden los habitantes del espacio o las máquinas.

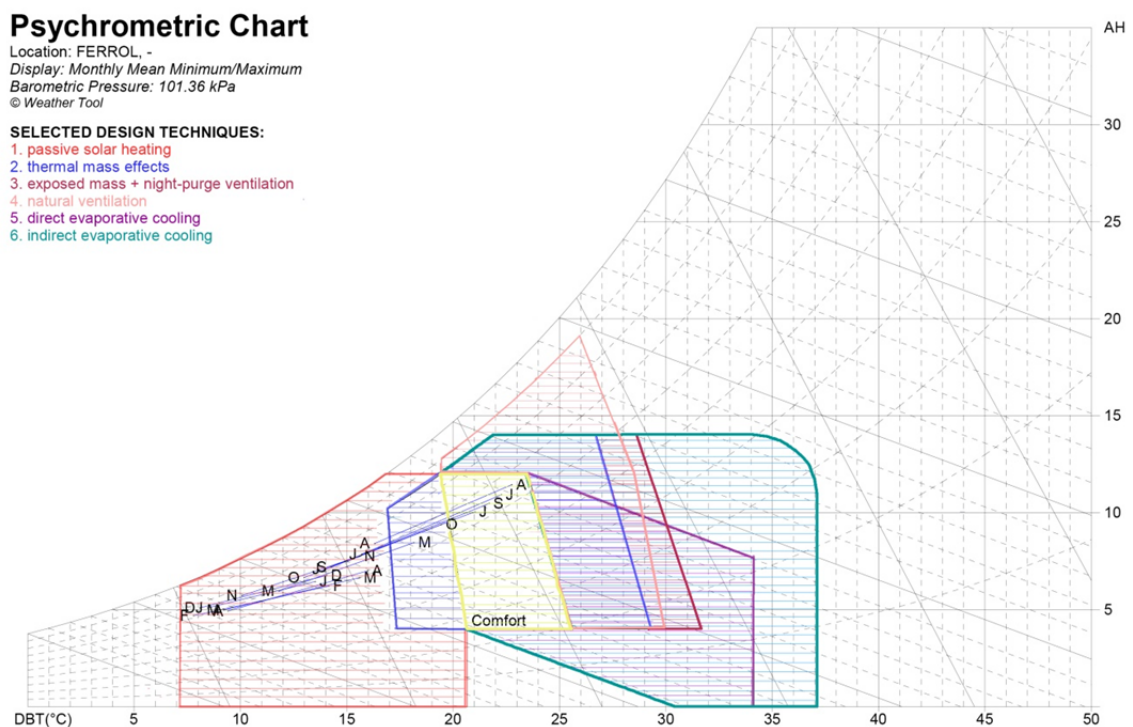


Fig. 157- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Ferrol, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización de alta masa térmica es adecuada para Ferrol, ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura y contribuyendo al ahorro energético. De todos modos debido a la baja oscilación térmica existente en la ciudad la efectividad no es tan elevada como en las localidades de interior, con cambios de temperatura que en general son mucho más bruscos.

Las estrategias de refrigeración no son demasiado efectivas en general para este clima, aunque en algunas horas cálidas de verano puede ser agradable disponer de sistemas de ventilación natural que refresquen el ambiente.

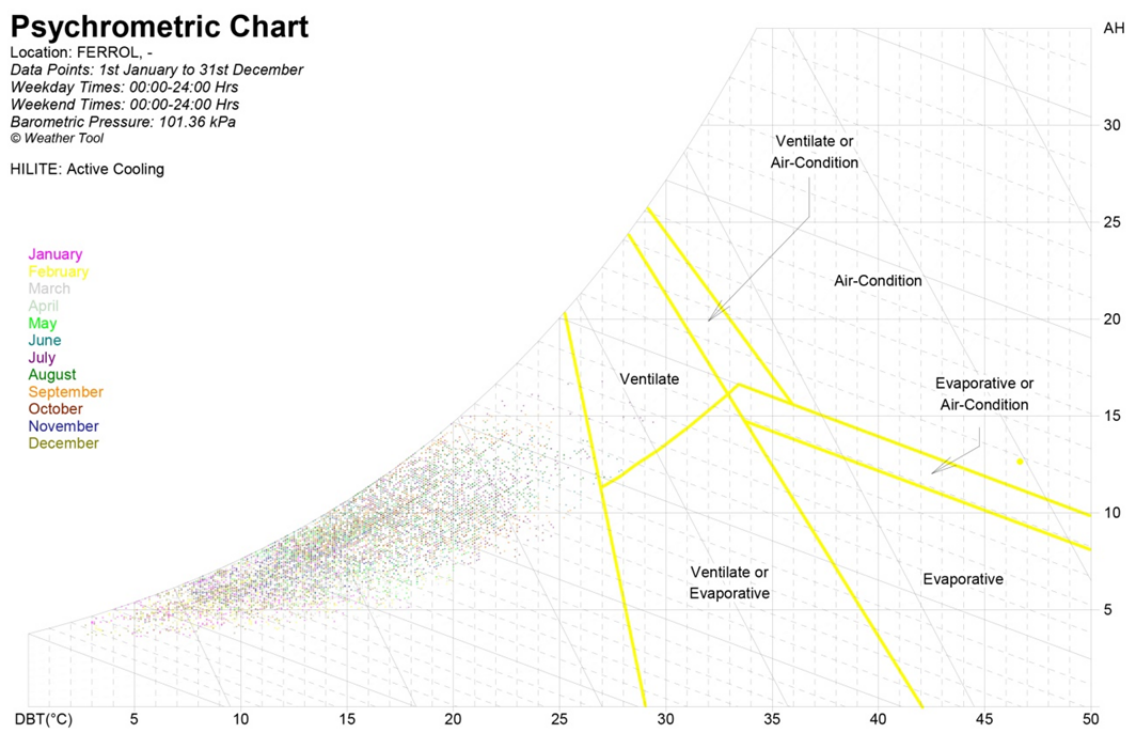


Fig. 158- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Ferrol, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

No se requieren de sistemas activos de refrigeración como se observa en el diagrama superior. No es necesario en absoluto disponer de aire acondicionado debido a que pocas horas al año se superan los 26°C en la ciudad.

En conclusión, es importante centrar el diseño arquitectónico hacia el aprovechamiento de la energía solar para calentar el espacio interno de las edificaciones, principalmente con sistemas solares pasivos. También se deben contemplar en el diseño arquitectónico técnicas activas sostenibles.

4.3.3. CLIMA OCEÁNICO LITORAL DE LAS RIAS BAIXAS

Ciudad representativa: VIGO

Según la división climática propuesta por Romani Barrientos (1994), la ciudad de Vigo se encuentra situada en el dominio climático oceánico litoral de las rías bajas.

La oscilación térmica a lo largo del día es reducida gracias a la acción del océano que suaviza las temperaturas. Presenta también inviernos suaves y veranos templados.

Los meses de diciembre, enero y febrero son los más fríos con temperaturas en torno a los 7°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 14°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 9°C y medias máximas en torno a los 16°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 11°C de medias mínimas y 19,5 de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 16°C de medias mínimas y los 23-26°C de media de las máximas. La humedad es alta todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 65-75% de humedad relativa.

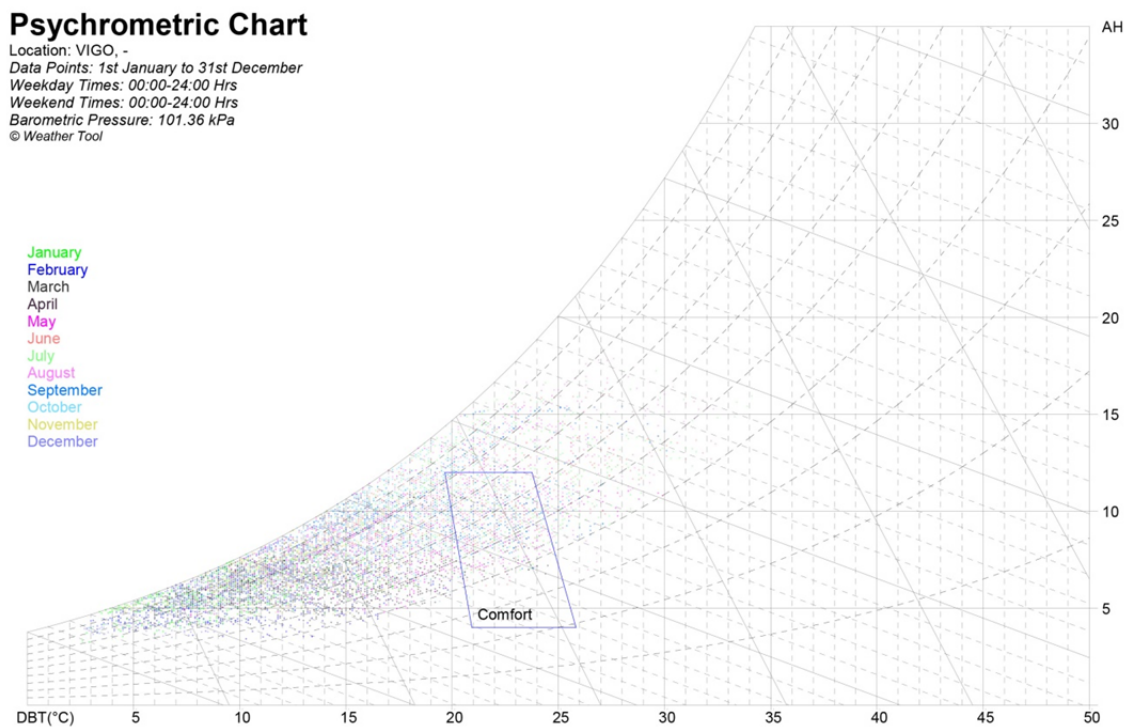


Fig. 159- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Vigo, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Vigo

El espacio interior de las viviendas se encuentra en zona de confort en muchas de las horas cálidas de verano, durante los meses de junio a septiembre.

Esta calefacción por ganancias internas es efectiva en las horas de verano con temperaturas inferiores a 20° C, es decir, buena parte de junio, julio, agosto y septiembre. La mayor parte de los meses de octubre y mayo también se puede calentar el espacio interior mediante el calor que generan los ocupantes y las máquinas, salvo horas puntuales en los que para lograr el confort interior se requerirá de sistemas pasivos de calefacción.

Durante noviembre, marzo y abril las ganancias térmicas internas deben completarse con sistemas pasivos de calefacción para lograr una adecuada climatización.

Debido a que el clima de Vigo presenta inviernos suaves gracias a la influencia marítima, se puede lograr el confort interior mediante técnicas pasivas de calefacción durante los meses de diciembre, enero y febrero.

La utilización de calefacción activa, obtenida de fuentes energéticas renovables, será necesaria de manera puntual en las horas más frías del año (diciembre, enero, febrero y marzo). No será necesaria la utilización de calefacción convencional en ningún momento gracias al clima suave de la ciudad.

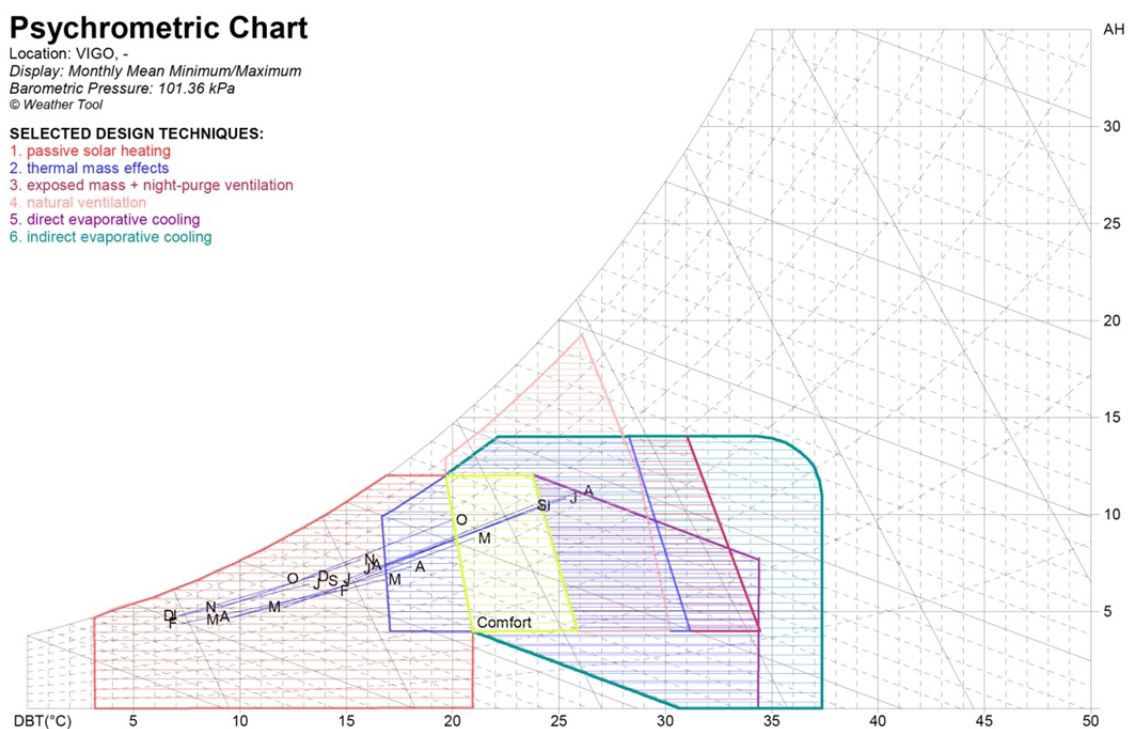


Fig. 160- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Vigo, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización de alta masa térmica en Vigo, es adecuada ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura y contribuyendo al ahorro energético. De todos modos debido a la baja oscilación térmica existente en la ciudad la efectividad no es tan elevada como en las localidades de interior, con cambios de temperatura que en general son mucho más bruscos.

La refrigeración mediante ventilación natural también es necesaria de manera puntual, únicamente en las horas de máximo calor del año. La refrigeración mediante evaporación sería efectiva únicamente en horas puntuales de máxima temperatura de los meses estivales.

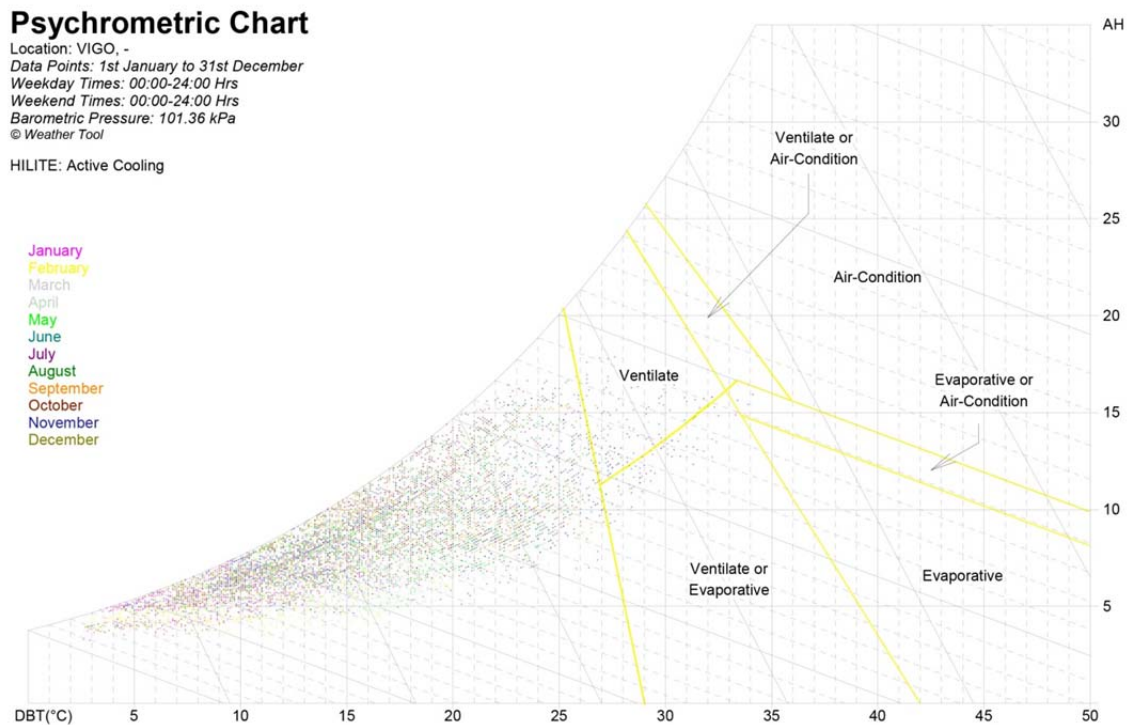


Fig. 161- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Vigo, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La ventilación mecánica o el aire acondicionado no son tampoco necesarios como se muestra en el diagrama superior.

Por lo tanto, las estrategias para la refrigeración del ambiente interior son más efectivas si lo comparamos con otras ciudades costeras del norte como A Coruña, pero igualmente son necesarias de manera puntual debido a las temperaturas suaves de la ciudad, que en rara ocasión ascienden de 30°C de máximas. Respecto a la calefacción, para lograr llegar a la zona de confort únicamente se requiere del uso de técnicas pasivas y activas de calefacción.

Como se ha comentado previamente, no será necesaria la utilización de calefacción convencional en ningún momento gracias al clima suave de la ciudad.

Ciudad representativa: PONTEVEDRA

Siguiendo la zonificación climática anteriormente expuesta, la ciudad de Pontevedra se encuentra situada en el dominio climático oceánico litoral de las rías baixas.

Tras analizar el clima de la ciudad se observa una amplitud térmica diaria reducida, aunque superior a la de otras ciudades costeras como A Coruña o Vigo.

Los meses de diciembre, enero y febrero son los más fríos con temperaturas en torno a los 6,5°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 13,5°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 8°C y medias máximas en torno a los 15,5°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 11°C de medias mínimas y 20°C de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que se caracteriza por temperaturas suaves que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 15,5°C de medias mínimas y los 24-27°C de media de las máximas. La humedad es alta todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 60-90% de humedad relativa.

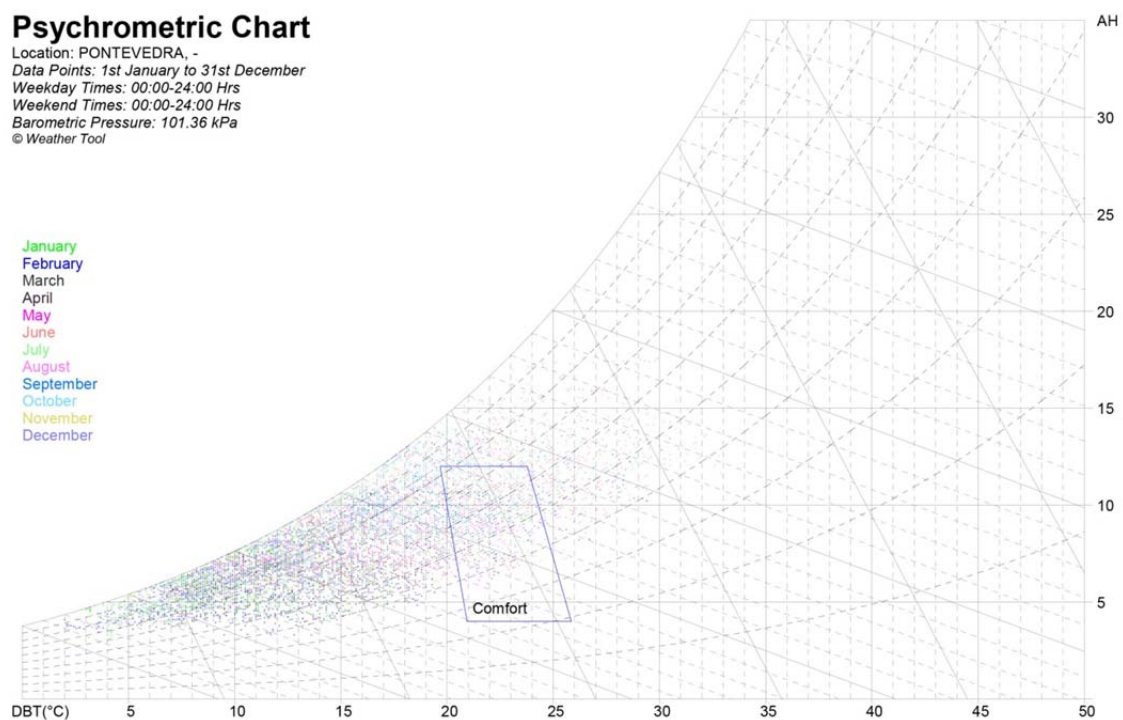


Fig. 162- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Pontevedra, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Pontevedra

Para lograr un espacio interior confortable en el clima de esta ciudad se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Los meses de verano son los más se acercan a la zona de bienestar. Buena parte de los meses de junio, julio, agosto y septiembre se encuentran dentro de la zona de confort, las horas que no se encuentran en zona de bienestar se calientan simplemente con las propias ganancias térmicas que producen las personas o las máquinas al habitar el espacio interior.

Los meses de mayo y octubre presentan muchas horas en las que se puede calentar el espacio interior simplemente con ganancias internas, pero se requerirán medidas pasivas de calefacción para asegurar el confort.

La utilización de sistemas pasivos de calefacción es suficiente para sentirse confortable todo el mes de noviembre, marzo y abril, con excepción de horas puntuales más frías que se necesitará calefacción solar activa.

Las medidas pasivas se deberán complementar con medidas activas sostenibles durante los meses más fríos, diciembre, enero y febrero. No será necesaria calefacción convencional en ningún momento gracias al clima benigno de la ciudad.

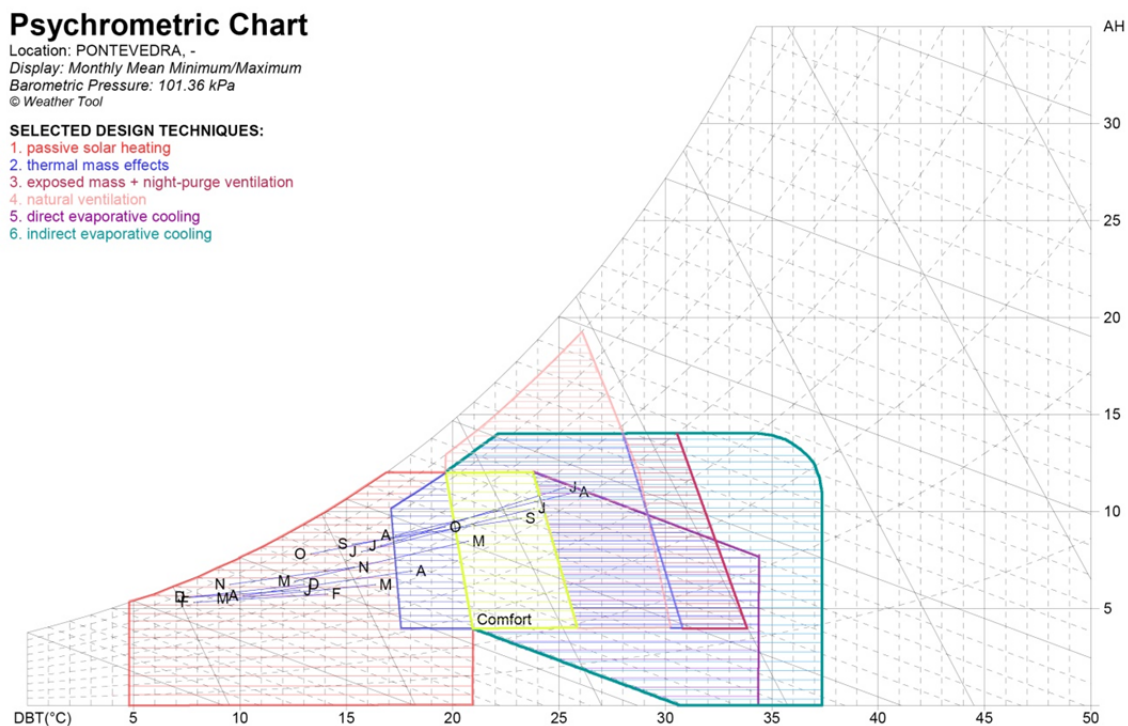


Fig. 163- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Pontevedra, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización de alta masa térmica es adecuada ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura y contribuyendo al ahorro energético. De todos modos debido a la baja oscilación térmica existente en la ciudad la efectividad no es tan elevada como en las localidades de interior, con cambios de temperatura que en general son mucho más bruscos.

La refrigeración mediante ventilación natural es necesaria en las horas de mayor calor del año. La refrigeración mediante evaporación igualmente sería efectiva únicamente en horas de máxima temperatura de los meses estivales.

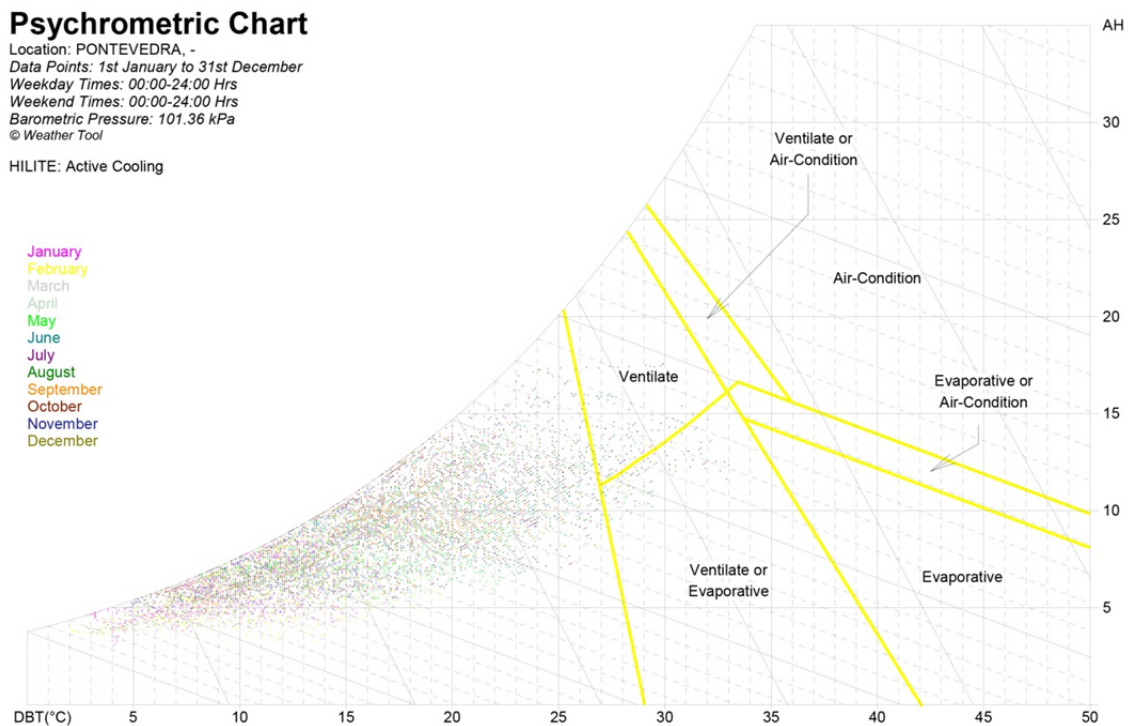


Imagen 164- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Pontevedra, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La ventilación mecánica o el aire acondicionado no son tampoco necesarios como se muestra en el diagrama superior.

En conclusión, En esta ciudad ganan más peso los sistemas de refrigeración respecto a otras ciudades analizadas anteriormente como A Coruña o Santiago, pero siguen siendo horas puntuales en las que se necesita bajar la temperatura, sin duda, los sistemas pasivos y activos de calefacción son los que van realmente a lograr crear un espacio confortable a lo largo del año en la ciudad de Pontevedra.

4.3.4. CLIMA OCEÁNICO PLATAFORMAS OCCIDENTALES

Ciudad representativa SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tras analizar el clima de la ciudad se observa una amplitud térmica diaria reducida aunque superior a la de ciudades costeras como A Coruña o Vigo. En invierno se alcanzan temperaturas negativas por debajo de los 0 grados centígrados.

Los meses de diciembre, enero y febrero son los más fríos con temperaturas en torno a los 4°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 12°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 6°C y medias máximas en torno a los 13,5°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 8°C de medias mínimas y 17,5°C de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que se caracteriza por temperaturas suaves que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 12,5°C de medias mínimas y los 22-25°C de media de las máximas. La humedad es alta todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 75-95% de humedad relativa.

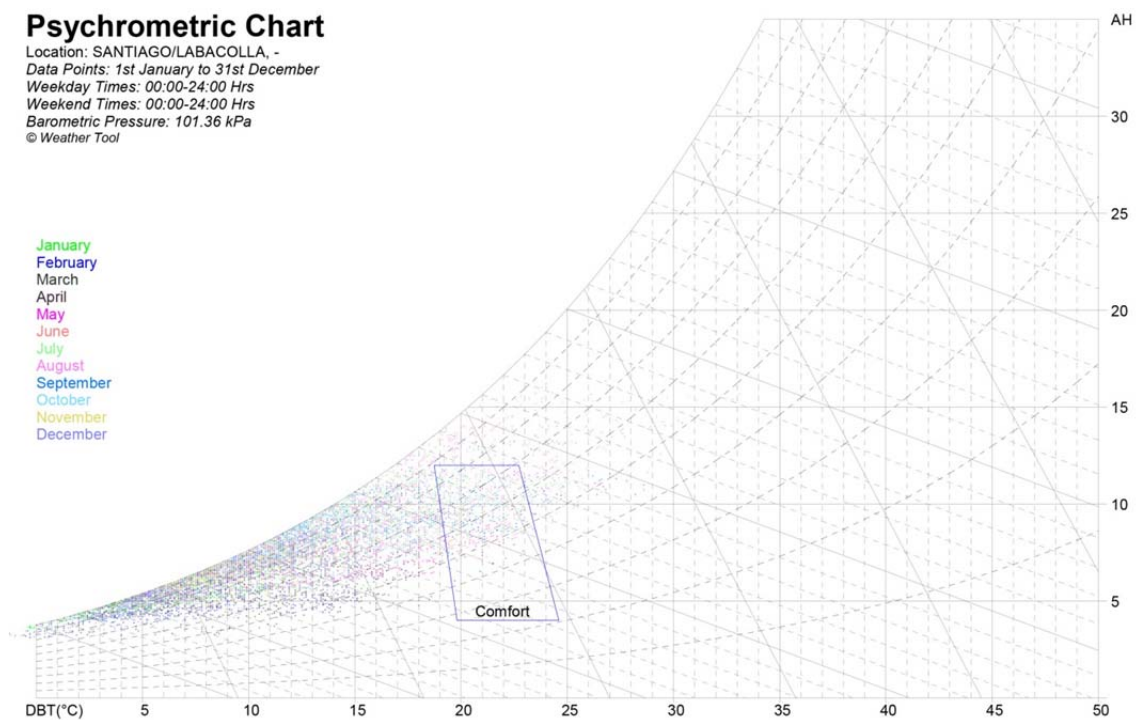


Fig. 165- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Santiago de Compostela, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Santiago de Compostela

Los días cálidos de verano son los más agradables en la ciudad. Buena parte de los meses de junio, julio, agosto y septiembre se encuentran dentro de la zona de confort, o bien se calientan con las propias ganancias térmicas que producen las personas o las máquinas al habitar el espacio interior.

Los meses de mayo y octubre presentan muchas horas en las que se puede calentar el espacio interior simplemente con ganancias internas, pero se requerirán medidas pasivas de calefacción para asegurar el confort. En las horas puntuales más frías de estos meses también se podrá requerir de calefacción solar activa.

La utilización de medidas pasivas de calefacción es suficiente para sentirse confortable todo el mes de noviembre, marzo y abril. En horas puntuales más frías se necesitará recurrir a sistemas activos de calefacción, basados en fuentes renovables.

Las medidas pasivas se deberán complementar con las medidas activas durante los meses más fríos, diciembre, enero y febrero. El uso de calefacción convencional como apoyo al sistema sostenible de calefacción puede llegar a ser adecuado cuando las temperaturas bajen por debajo de 0°C, pero se puede llegar a evitar mediante un buen diseño arquitectónico que contemple los sistemas pasivos y activos adecuados.

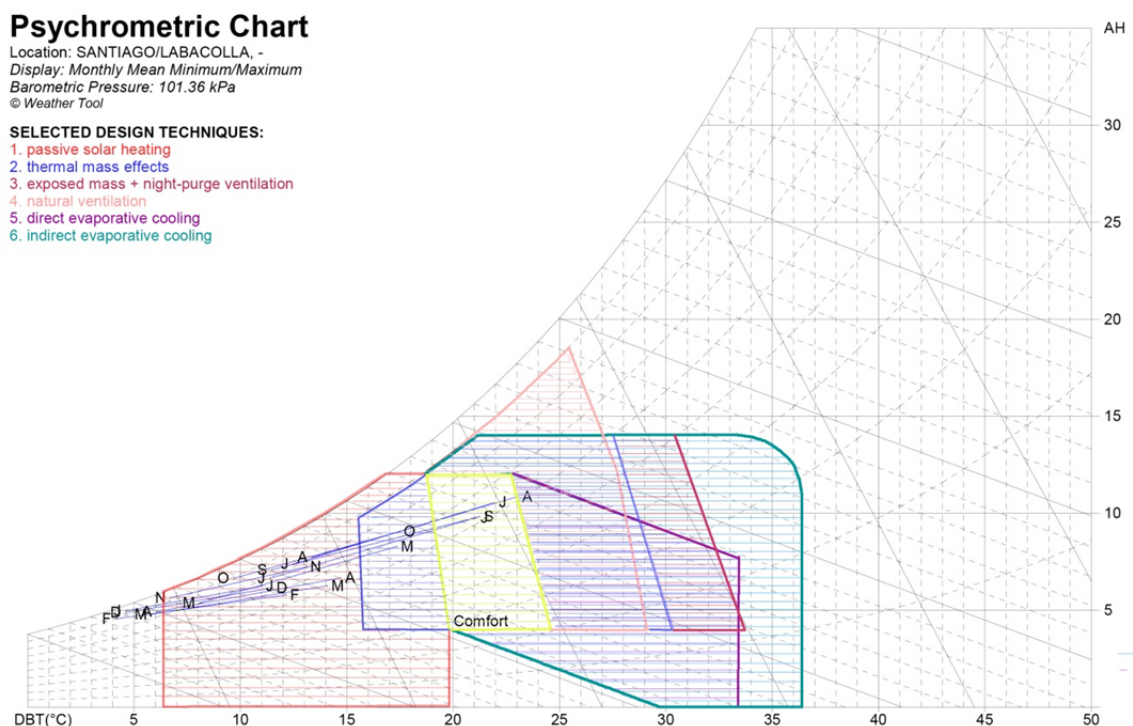


Fig. 166: Diagrama Psicométrico de la ciudad de Santiago de Compostela, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización de alta masa térmica es recomendable para la ciudad, ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura y contribuyendo al ahorro energético.

La refrigeración mediante ventilación natural es necesaria de manera puntual, únicamente en las horas de máximo calor del año. La refrigeración mediante evaporación igualmente sería efectiva únicamente en horas puntuales de máxima temperatura de los meses estivales.

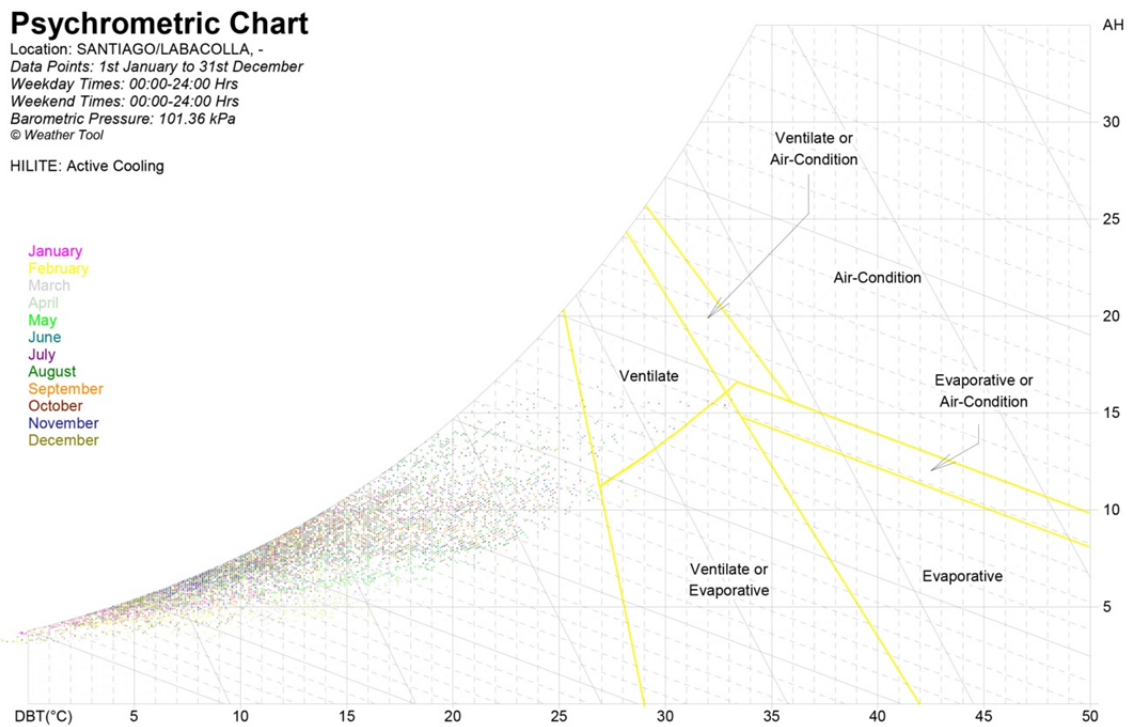


Fig. 167- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Santiago de Compostela, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La ventilación mecánica o el aire acondicionado no son tampoco necesarios como se muestra en el diagrama superior.

Por lo tanto, las estrategias para la refrigeración del ambiente interior son en general poco efectivas para este clima, donde para lograr un espacio interior confortable únicamente se precisa el uso de técnicas pasivas y activas de calefacción. La utilización de calefacción convencional de manera puntual en las horas más frías del año puede llegar a ser adecuada, aunque no imprescindible.

Ciudad representativa: ARZÚA

Esta ciudad se encuentra situada en una zona climática oceánica con variedad propia de las plataformas occidentales, según lo expuesto por Romaní Barrientos (1994).

La localidad de Arzúa se encuentra en el interior gallego, alejada de la costa, su oscilación térmica anual y diaria es elevada, aunque inferior a la de otras ciudades como Piorno en Ancares o Ourense.

En invierno esta oscilación térmica entre día y noche es mucho más reducida, cosa que ocurre en todas las ciudades analizadas.

En invierno, los meses de diciembre, enero y febrero son los que presentan temperaturas más bajas en torno a los 3°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 11°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 4,5°C y medias máximas en torno a los 13°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 7°C de medias mínimas y 18°C de máximas.

En verano las temperaturas máximas se disparan en la ciudad. Los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 11-13°C de medias mínimas y los 21-25°C de media de las máximas. La humedad es elevada a lo largo de todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 70-90% de humedad relativa.

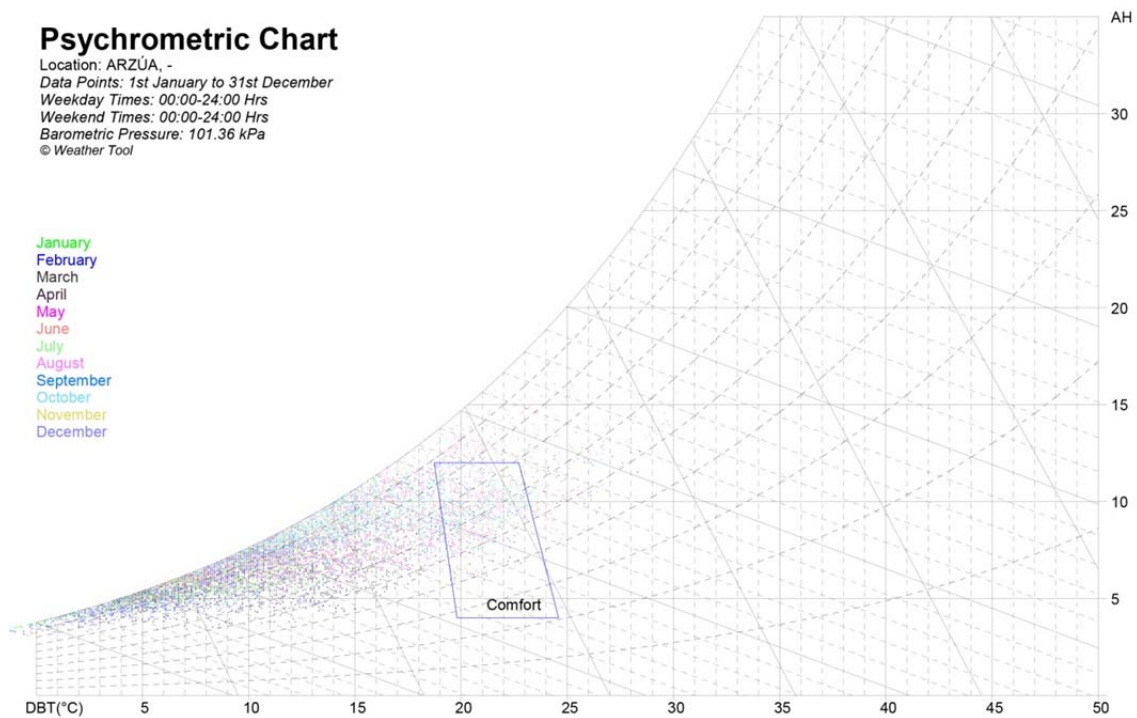


Fig. 168- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Arzúa, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Arzúa

Las estrategias principales a adoptar en la ciudad se deben enfocar a calentar el espacio interno debido a que Arzúa presenta inviernos fríos con horas que bajan de los 0°C .

Para ello se requerirá la utilización de técnicas solares pasivas de calefacción, que en los meses más fríos deberá complementarse con soluciones activas basadas en fuentes energéticas sostenibles.

El uso de calefacción convencional puede llegar a ser adecuada en horas puntuales muy frías, aunque su uso se puede evitar con un buen diseño bioclimático que contemple las medidas, y los sistemas pasivos y activos necesarios.

En muchas de las horas de verano el clima se encuadra dentro de la zona de bienestar, y muchas otras se encuentran en una zona de ganancias internas, en las que se puede calentar el espacio con el calor liberado por las personas que ocupan el espacio o los electrodomésticos. Las horas más frías necesitarán de calefacción solar pasiva, por el contrario las más cálidas necesitarán de medidas de refrigeración.

La utilización de alta masa térmica es recomendable para la ciudad de Arzúa, ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura y contribuyendo al ahorro energético.

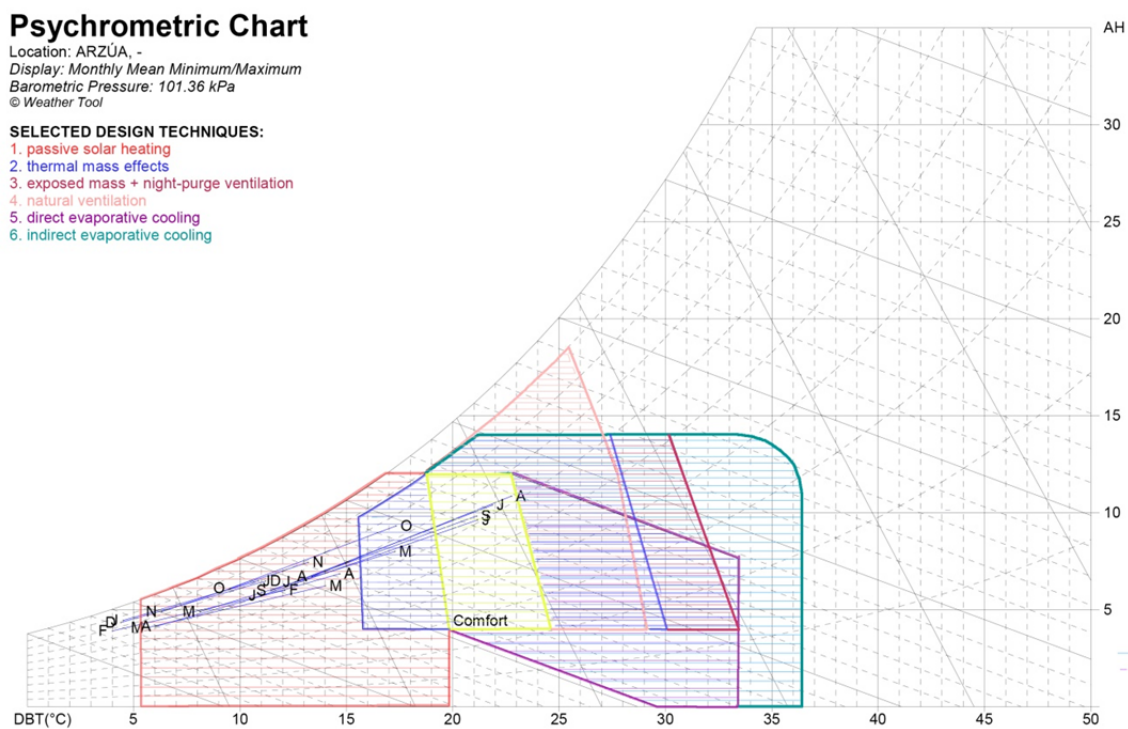


Fig. 169- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Arzúa, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

Respecto a la refrigeración, la ventilación natural es una opción interesante en este clima, debido a que presenta una elevada eficacia en relación al coste y a la baja complejidad de implantación de esta estrategia. Las horas que se necesita refrigeración en la ciudad de Arzúa no son demasiadas por lo que recurrir a sistemas más complejos no se considera necesario.

La refrigeración por evaporación resulta un poco menos efectiva que la ventilación en la ciudad debido a los altos niveles de humedad.

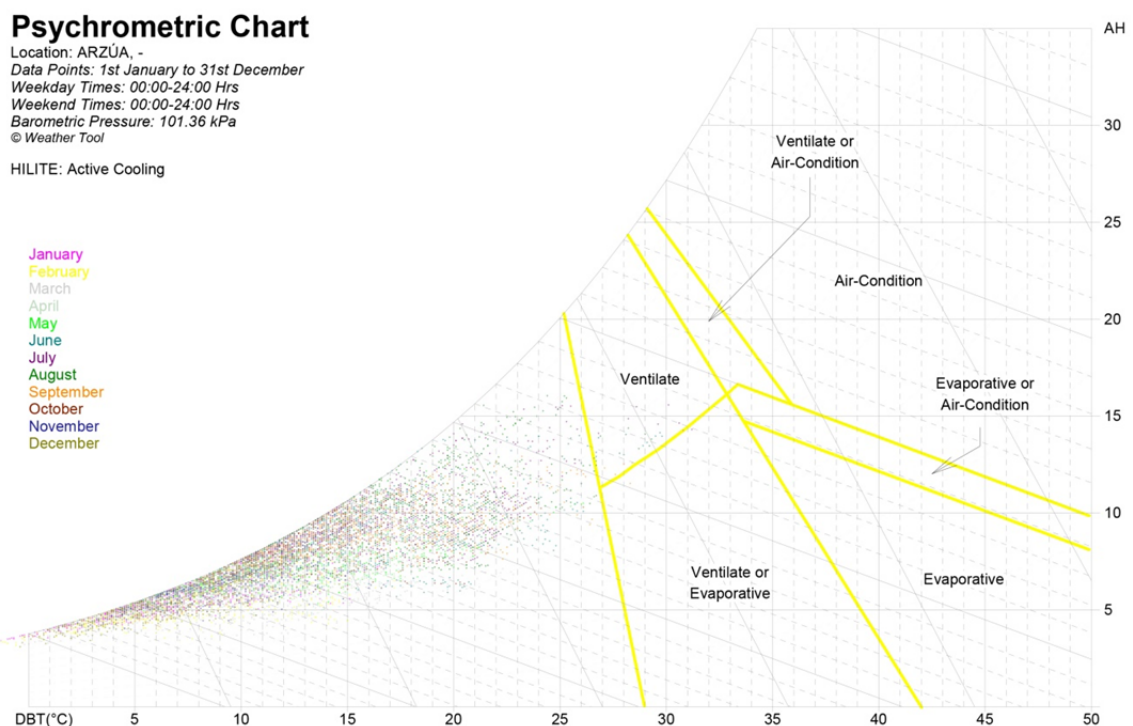


Fig. 170- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Arzúa, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La refrigeración mecánica y el aire acondicionado no son efectivos para este clima como se observa en el diagrama superior.

En conclusión, para lograr un espacio interior confortable en Arzúa se debe recurrir principalmente al apoyo de sistemas de calefacción sostenibles. Puntualmente se puede llegar a recurrir al apoyo de calefacción convencional, aunque no es imprescindible para alcanzar el confort. Son pocas las horas en las que se necesita la refrigeración del espacio, siendo la ventilación natural la estrategia más adecuada debido a los altos niveles de humedad existentes en la ciudad.

4.3.5. CLIMA OCEÁNICO DE LA MESETA LUCENSE

Ciudad representativa: LUGO

Siguiendo la zonificación climática anteriormente expuesta la ciudad de Lugo se encuentra situada en el dominio climático oceánico de la meseta lucense.

La oscilación térmica diaria es superior a la de las ciudades costeras analizadas y con un clima más frío, debido a que la cercanía al mar suaviza las temperaturas. La ciudad de Lugo se encuentra en el interior gallego, alejada de la costa.

En invierno, los meses de diciembre, enero y febrero son los que presentan temperaturas más bajas en torno a los 2,5°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 11°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 4°C y medias máximas en torno a los 14°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 6°C de medias mínimas y 17°C de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que se caracteriza por temperaturas suaves que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 11,5°C de medias mínimas y los 22-25°C de media de las máximas. La humedad es elevada a lo largo de todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 70-85% de humedad relativa.

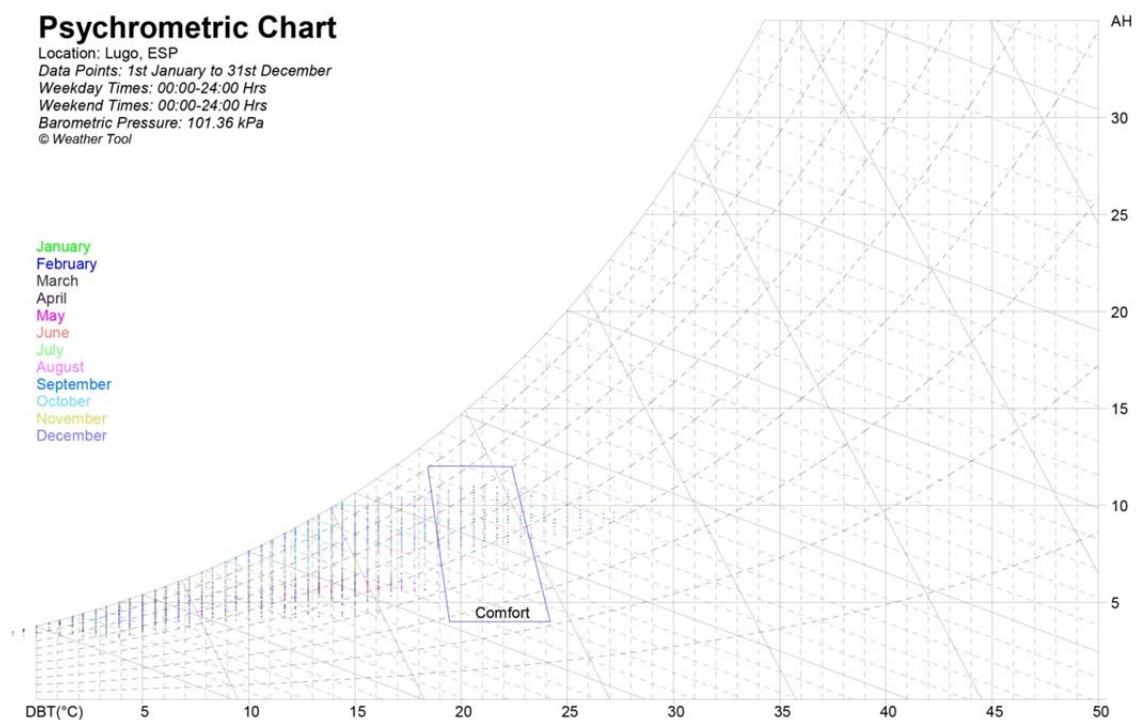


Fig. 171- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Lugo, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Lugo

Debido al clima frío de la ciudad, en la que se alcanzan temperaturas mínimas muy bajas en los meses de invierno, las estrategias que ganan más peso a la hora de lograr un adecuado diseño arquitectónico adaptado al clima de Lugo deben enfocarse hacia calentar el espacio interno.

Esto supone dotar la edificación de técnicas pasivas de calefacción como las detalladas en la primera parte del trabajo, pero también debe disponer en igual medida de sistemas activos, basados en energías renovables, que serán necesarios en muchas de las horas frías del año.

Estos sistemas de calefacción basados en fuentes sostenibles, pueden llegar a combinarse con sistemas convencionales para las horas más frías del año, ya que en invierno, las temperaturas bajan de los 0°C, aunque siempre se puede evitar su uso mediante un buen diseño y los sistemas sostenibles adecuados.

Durante los meses estivales muchas de las horas se encuentran en zona de confort, y muchas de las que no se cubren mediante ganancias térmicas internas, mediante el propio calor que desprenden los habitantes del espacio o las máquinas. De todos modos, las mínimas, incluso en estos meses, pueden requerir de algún aporte de calefacción pasiva en horas frías puntuales, debido a la oscilación térmica diaria que es mayor que en ciudades costeras.

La utilización de alta masa térmica es recomendable para la ciudad de Lugo, ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura y contribuyendo al ahorro energético.

Psychrometric Chart

Location: Lugo, ESP
Display: Monthly Mean Minimum/Maximum
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. exposed mass + night-purge ventilation
4. natural ventilation
5. direct evaporative cooling
6. indirect evaporative cooling

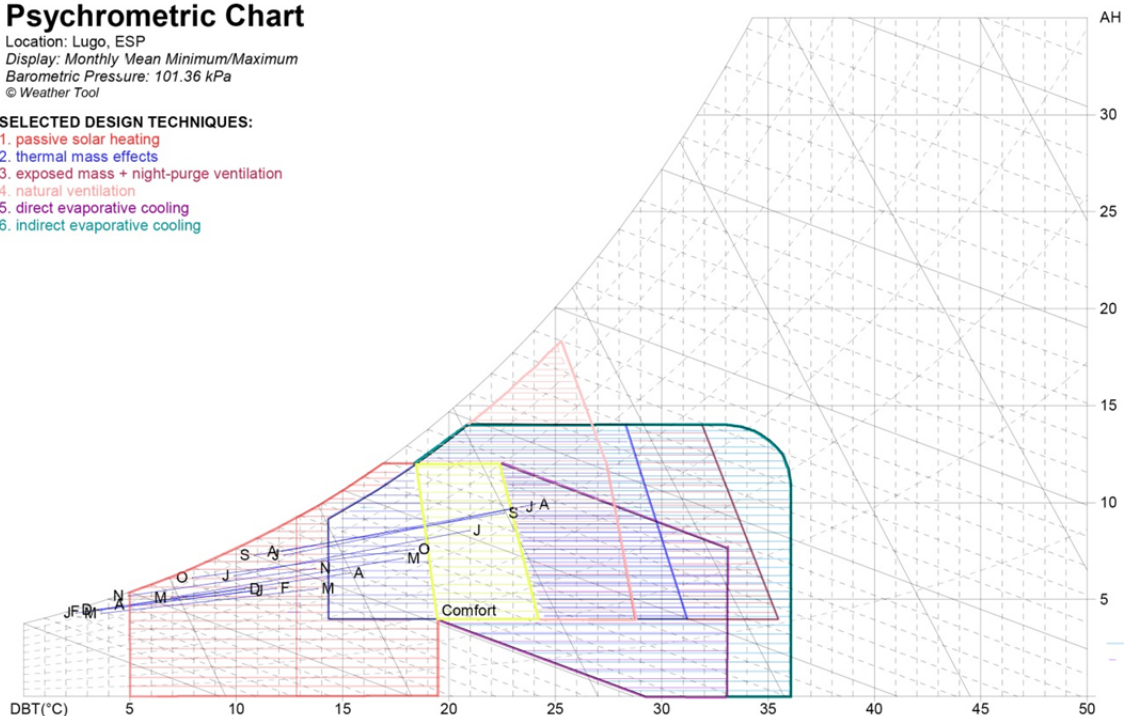


Fig. 172- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Lugo, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

Respecto a la refrigeración, la ventilación natural es efectiva en las horas de mayor calor del año. La refrigeración mediante evaporación igualmente sería efectiva únicamente en horas de máxima temperatura de los meses estivales.

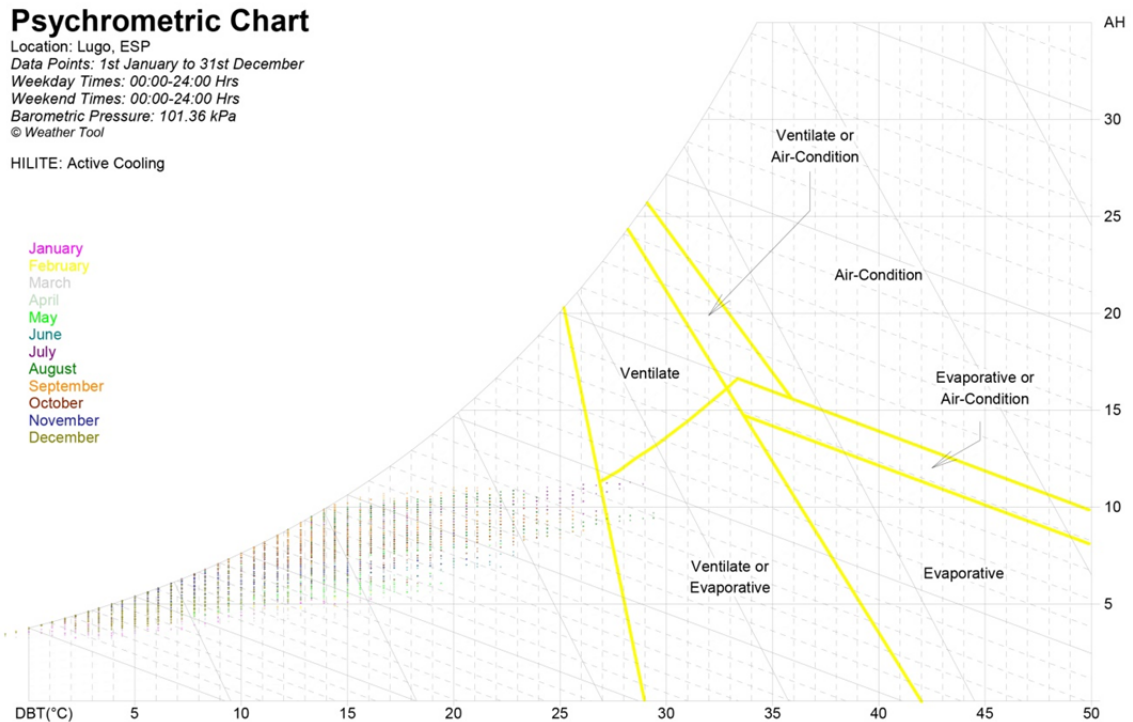


Fig. 173- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Lugo, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La ventilación mecánica o el aire acondicionado no son necesarios como se muestra en el diagrama superior.

Por tanto se concluye que en esta ciudad ganan mucho más peso los sistemas de refrigeración respecto a las ciudades costeras analizadas, los sistemas pasivos y activos son necesarios para conseguir un espacio confortable. Puede llegar a ser adecuado, aunque no imprescindible, contemplar en el proyecto arquitectónico la existencia de sistemas de calefacción convencional como apoyo a los demás sistemas de calefacción debido a las bajas temperaturas.

Los sistemas de refrigeración son necesarios de manera puntual pero adquieren poco peso en el diseño, y se pueden resolver con sistemas sencillos como la ventilación natural.

4.3.6. CLIMA OCEÁNICO EN DEPRESIONES RUROVICULTAS CÁLIDAS

Ciudad representativa: OURENSE

Ourense se encuentra situada en el dominio climático oceánico con variedad propia de las depresiones rurovicultas cálidas, según lo expuesto por Romaní Barrientos (1994).

La ciudad de ourense en encuentra en el interior gallego alejada de la costa, su oscilación térmica anual y diaria muy elevada, con valores más cercanos a localidades de interior como Xinzo, Piornedo o Lugo y alejado de los climas suaves de las ciudades costeras analizadas anteriormente como A Coruña, Pontevedra o Vigo.

En invierno esta oscilación térmica entre día y noche es más reducida, cosa que ocurre en todas las ciudades analizadas, aún así en comparación es de las más elevadas.

En invierno, los meses de diciembre, enero y febrero son los que presentan temperaturas más bajas en torno a los 4,5°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 14°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 6°C y medias máximas en torno a los 17°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 8,5°C de medias mínimas y 21°C de máximas.

En verano las temperaturas máximas se disparan en la ciudad. Los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 15°C de medias mínimas y los 27-30°C de media de las máximas. La humedad es elevada a lo largo de todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 60-85% de humedad relativa.

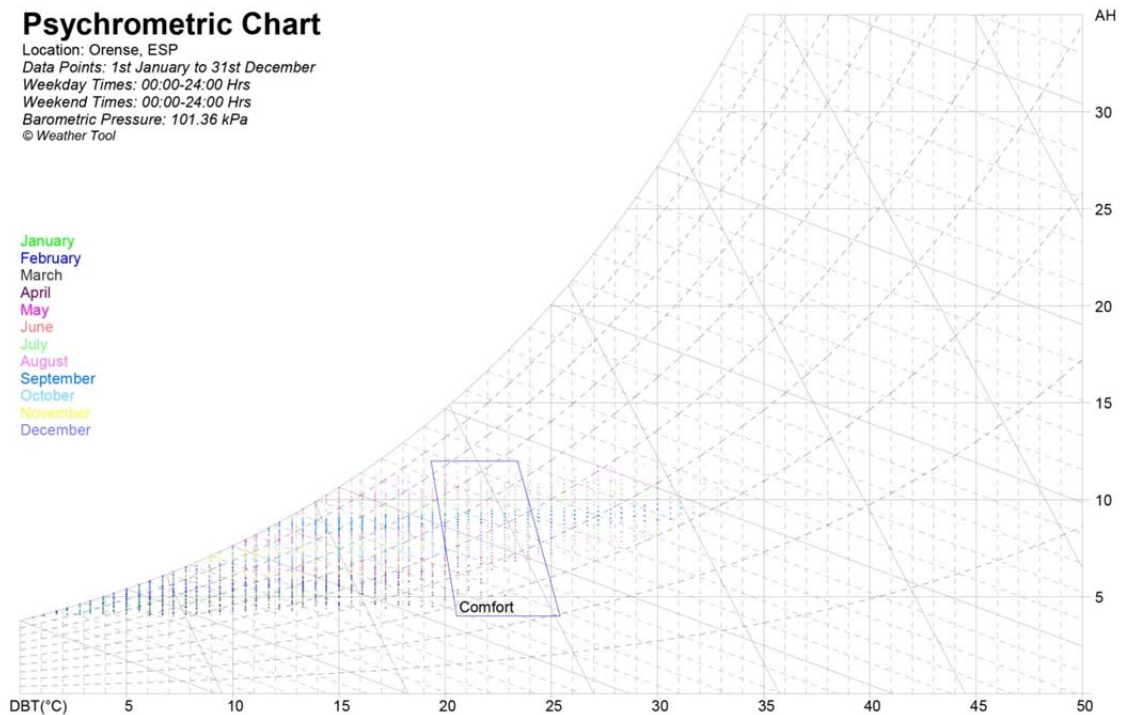


Fig. 174- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Ourense, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Ourense

En la ciudad de Ourense se alcanzan temperaturas muy elevadas en los meses de verano, algo que no ocurre en el resto de ciudades analizadas, con excepción de Xinzo de Limia (situada también en la provincia de Ourense) aunque no se llegan a alcanzar temperaturas tan elevadas como las de Ourense.

Las estrategias que se deben utilizar en esta ciudad deben contemplar medidas de calefacción y refrigeración que responda a la elevada amplitud térmica existente entre verano e invierno en la ciudad.

Las estrategias enfocadas a calentar el espacio interno son pese a todo la prioridad, y se deben contemplar medidas pasivas y activas de calefacción, basadas en fuentes sostenibles, que respondan a las bajas temperaturas invernales.

Durante los meses estivales muchas de las horas se encuentran situadas en la zona de confort, y muchas de las que no se cubren fácilmente mediante ganancias térmicas internas, mediante el propio calor que desprenden los habitantes del espacio o las máquinas. De todos modos las mínimas incluso en estos meses pueden requerir de algún aporte de calefacción pasiva en horas frías puntuales, debido a la oscilación térmica diaria que es mayor que en ciudades costeras.

Psychrometric Chart

Location: Ourense, ESP
Display: Monthly Mean Minimum/Maximum
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. exposed mass + night-purge ventilation
4. natural ventilation
5. direct evaporative cooling
6. indirect evaporative cooling

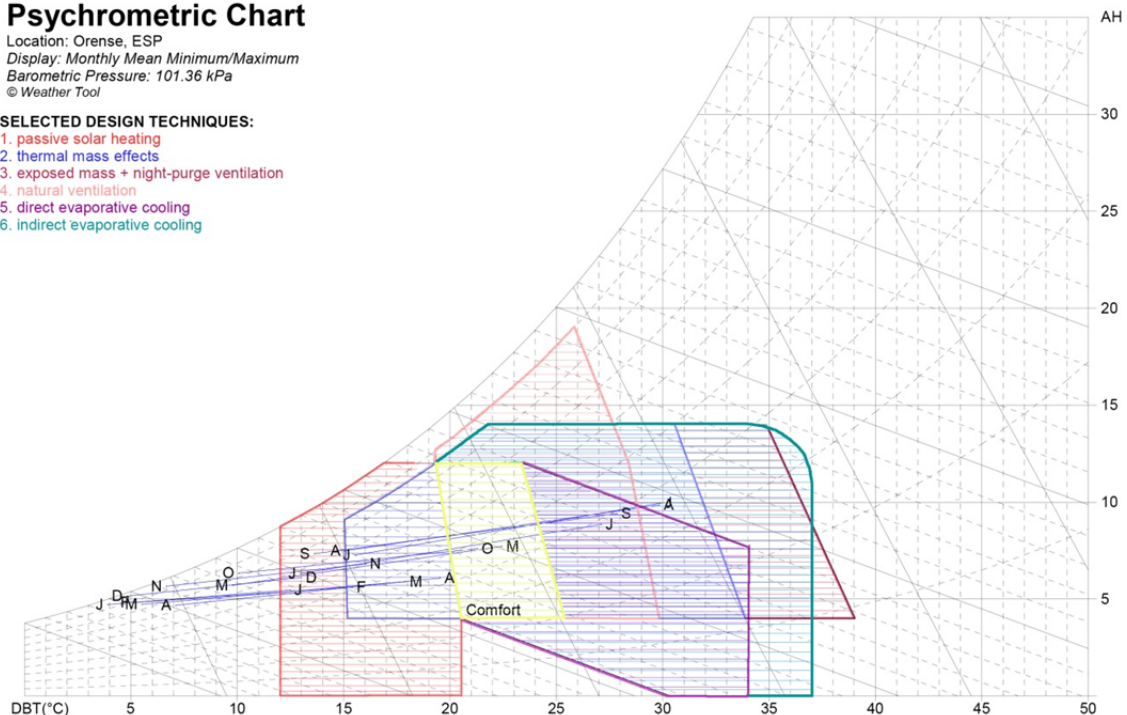


Fig. 175- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Ourense, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización de alta masa térmica es muy recomendable, ya que ayuda a tener una temperatura estable en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura existentes en la ciudad, contribuyendo al ahorro energético y al confort.

La refrigeración del espacio interior en los meses de verano es importante en esta ciudad, principalmente en julio y agosto donde los termómetros se disparan y presentan medias en torno a los 30°C. Es importante contemplar sistemas de ventilación natural. La refrigeración evaporativa puede ser otra buena opción.

La ventilación nocturna combinada con estos muros masivos es adecuada, aunque solo afectaría a horas puntuales de máximo calor, de todos esta estrategia de ser necesaria puntualmente resultaría muy eficaz debido a la elevada oscilación térmica día- noche.

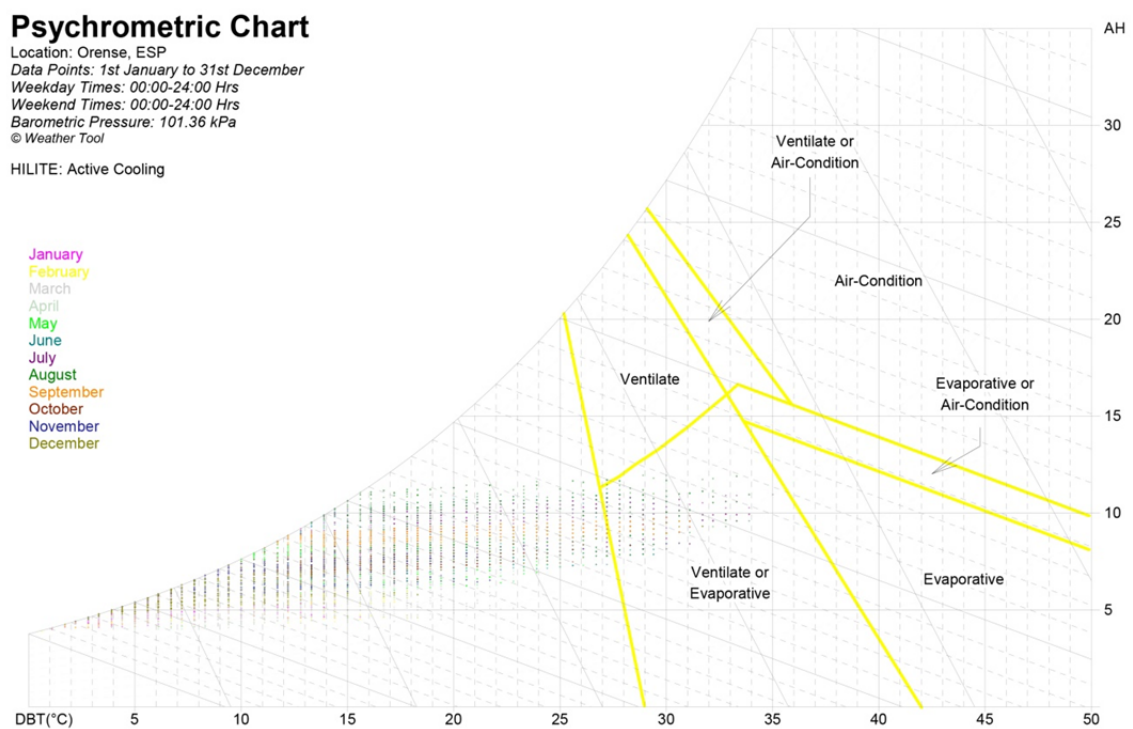


Fig. 176- Diagrama Psicométrico de Ourense, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

Los sistemas de ventilación mecánica resultarían efectivos pero si se busca una construcción bioclimática se debe recurrir a los sistemas comentados anteriormente. El aire acondicionado no es necesario, se puede resolver el sobrecalentamiento con medidas más sostenibles.

En conclusión, Ourense es una ciudad donde se debe disponer de medidas de calefacción y refrigeración eficaces que resuelvan la elevada amplitud térmica. Tanto los extremos de frío como de calor permiten ser resueltos con sistemas pasivos y activos sostenibles, con excepción de horas puntuales frías en las que se puede llegar a recurrir a sistemas convencionales de calefacción, aunque no es imprescindible para alcanzar el confort interior.

Es por tanto una ciudad donde se puede obtener muy buenos resultados de ahorro energético y confort mediante un buen diseño bioclimático.

4.3.7. CLIMA OCEÁNICO EN DEPRESIONES RUROVICULTAS FRÍAS

Ciudad representativa: XINZO DE LIMIA

La ciudad de Xinzo se caracteriza por ocupar una gran depresión tectónica recorrida de este a oeste por el río Limia. Destaca por tener una topografía llana y poco accidentada. Por su situación geográfica y su altitud, el clima de Xinzo presenta características oceánicas y mediterráneas, con tendencia a la continentalización, que se manifiesta en una elevada amplitud térmica.

La ciudad de Xinzo se encuentra situada en el interior gallego, alejada de la costa. El clima es frío y se alcanzan temperaturas por debajo de 0°C.

En invierno, los meses de diciembre, enero y febrero son los que presentan temperaturas más bajas en torno a los 2°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 9,5°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 4°C y medias máximas en torno a los 13°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 8°C de medias mínimas y 18°C de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que se caracteriza por temperaturas suaves que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 12°C de medias mínimas y los 23-28°C de media de las máximas. La humedad es elevada a lo largo de todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 70-95% de humedad relativa.

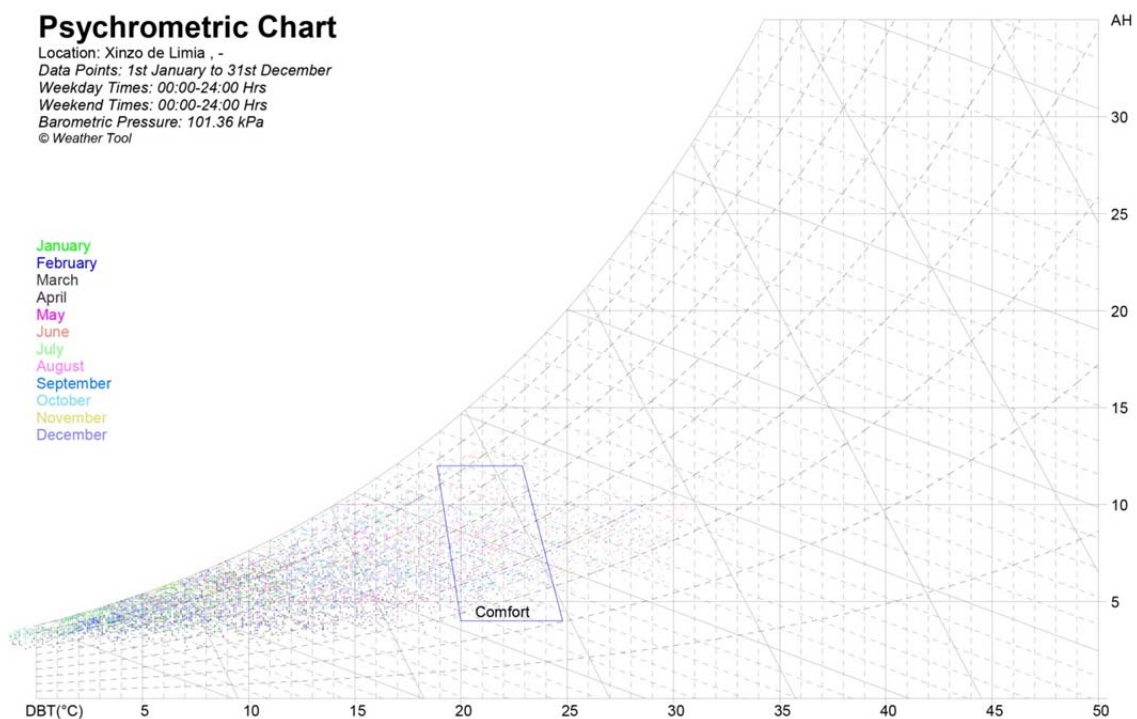


Fig. 177- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Xinzo de Limia, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Xinzo de Limia

Las estrategias que se deben utilizar en esta ciudad son similares a las recomendadas para la ciudad de Lugo, esto es debido al clima similar de ambas de carácter continental, con inviernos fríos cuyos termómetros marcan temperaturas inferiores a 0°C con frecuencia. Ambas ciudades tienen oscilaciones térmicas diarias marcadas sobre todo en los meses estivales y también presentan bastante contraste en las oscilaciones anuales entre verano e invierno.

Debido al clima frío de la ciudad las estrategias que ganan más peso a la hora de lograr un adecuado diseño adaptado al clima de Xinzo deben enfocarse hacia calentar el espacio.

Igual que en la ciudad de Lugo las estrategias prioritarias para lograr un diseño arquitectónico que genere espacios internos confortables son la utilización de medidas pasivas y activas de calefacción que se basen en fuentes energéticas renovables. Junto a estas estrategias puede existir un sistema de calefacción convencional que sirva de apoyo en los días que las bajas temperaturas lo requieran.

Durante los meses estivales muchas de las horas se encuentran situadas en la zona de confort, y muchas de las que no se encuentran en esta zona se cubren fácilmente mediante ganancias térmicas internas, mediante el propio calor que desprenden los habitantes del espacio o las máquinas. De todos modos las mínimas incluso en estos meses pueden requerir de algún aporte de calefacción pasiva en horas frías puntuales, debido a la oscilación térmica diaria que es mayor que en ciudades costeras.

Psychrometric Chart

Location: Xinzo de Limia , -
Display: Monthly Mean Minimum/Maximum
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. exposed mass + night-purge ventilation
4. natural ventilation
5. direct evaporative cooling
6. indirect evaporative cooling

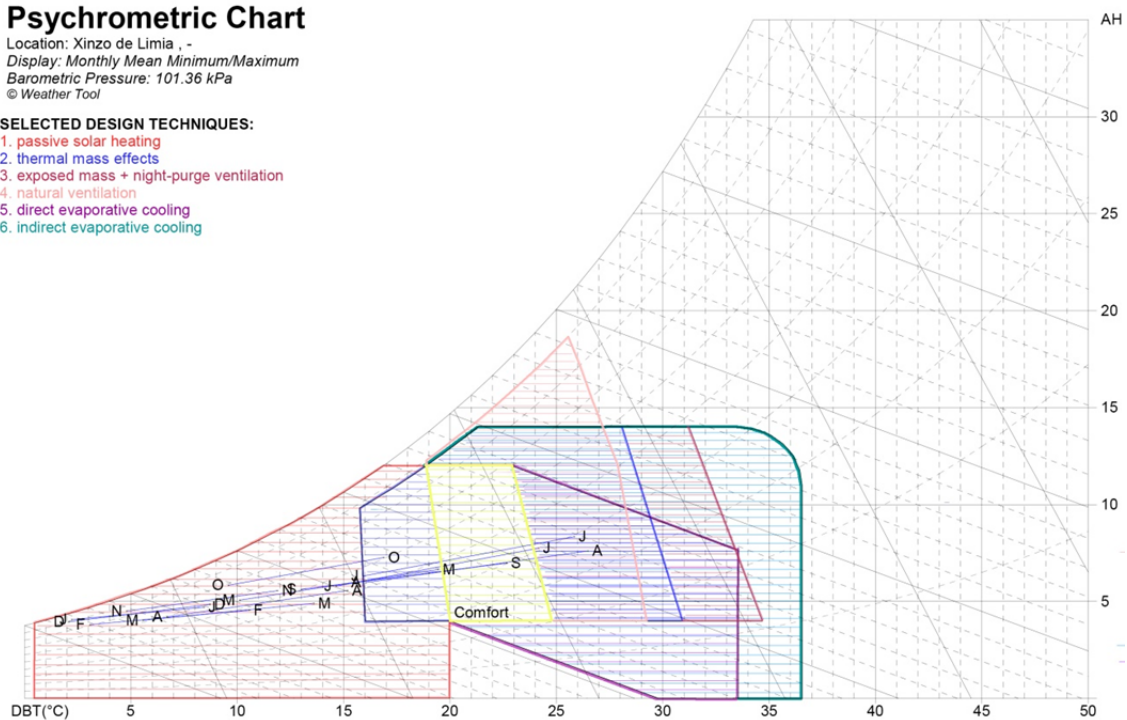


Fig. 178- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Xinzo, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización de alta masa térmica es muy recomendable para la ciudad de Xinzo, ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura existentes en la ciudad, contribuyendo de esta manera al ahorro energético y a un mayor confort.

Respecto a la refrigeración, la ventilación natural cobra importancia en los meses estivales, principalmente en julio y agosto en los que las temperaturas suben notablemente.

La ventilación nocturna enfocada a refrescar la alta masa térmica es adecuada, aunque son pocas las horas en las que resulta efectivo.

La refrigeración por evaporación directa es efectiva en las horas de mayor calor.

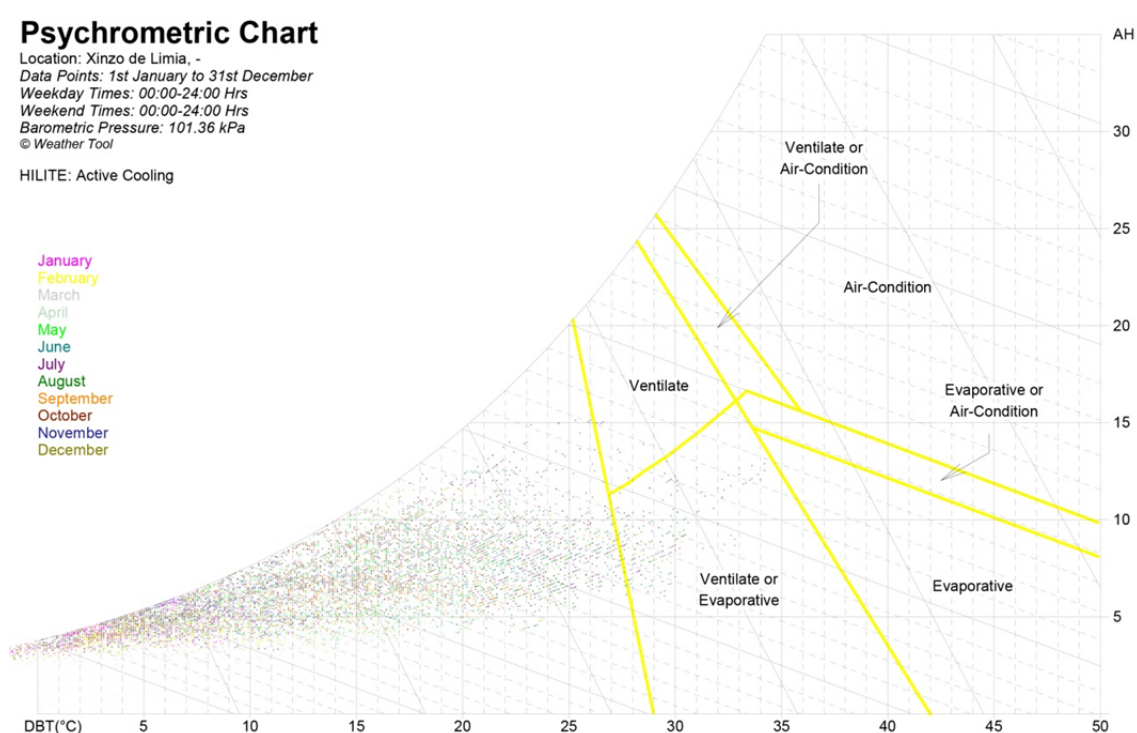


Fig. 179- Diagrama Psicométrico de la ciudad de Xinzo de Limia, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La ventilación mecánica puede resultar efectiva únicamente en horas puntuales de máximo calor del año. El aire acondicionado no es necesario en ningún momento, siendo posible refrigerar el espacio con medidas más sostenibles.

En conclusión, Xinzo es una ciudad con elevada oscilación térmica en la que es necesario implantar tanto medidas de calefacción como de refrigeración. Aún así las horas en las que se necesita refrigeración son muy pocas en comparación, y el peso de las estrategias debe recaer sobre medidas pasivas y activas de calefacción, que pueden ser complementadas con sistemas convencionales.

4.3.8. CLIMA OCEÁNICO EN RELIEVES DE LA DORSAL OCCIDENTAL Y SURORIENTAL

Ciudad representativa: O XURÉS – SALGUEIRO

La localidad de Salgueiro se encuentra a 1.050 metros de altitud en plena sierra de O Xurés, en la provincia de Ourense. Siguiendo la zonificación climática elaborada por Román Barrientos (1994), la localidad de Salgueiro se encuentra en la zona climática oceánica de los relieves de la dorsal occidental y suroriental.

Tras analizar el clima de la ciudad se observan amplitudes térmicas diarias elevadas en verano y moderadas en invierno, al igual que el resto de ciudades de interior. Las oscilaciones anuales son especialmente elevadas, con fuertes contrastes de temperatura entre invierno y verano.

Los meses de diciembre, enero y febrero son los más fríos con temperaturas en torno a los 0°C de media de mínimas y temperatura media de las máximas en torno a los 7°C. Les siguen noviembre y marzo con medias mínimas que rondan los 3°C y medias máximas en torno a los 10,5°C. Abril, mayo y octubre presentan alrededor de 6,5°C de medias mínimas y 16°C de máximas.

Los meses más calurosos se corresponden con la época de verano, que se caracteriza por temperaturas suaves que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre rondan los 13°C de medias mínimas y los 23,5°C de media de las máximas.

La humedad es elevada a lo largo de todo el año, con medias mensuales que rondan valores del 60-90% de humedad relativa. La humedad baja especialmente en los meses estivales.

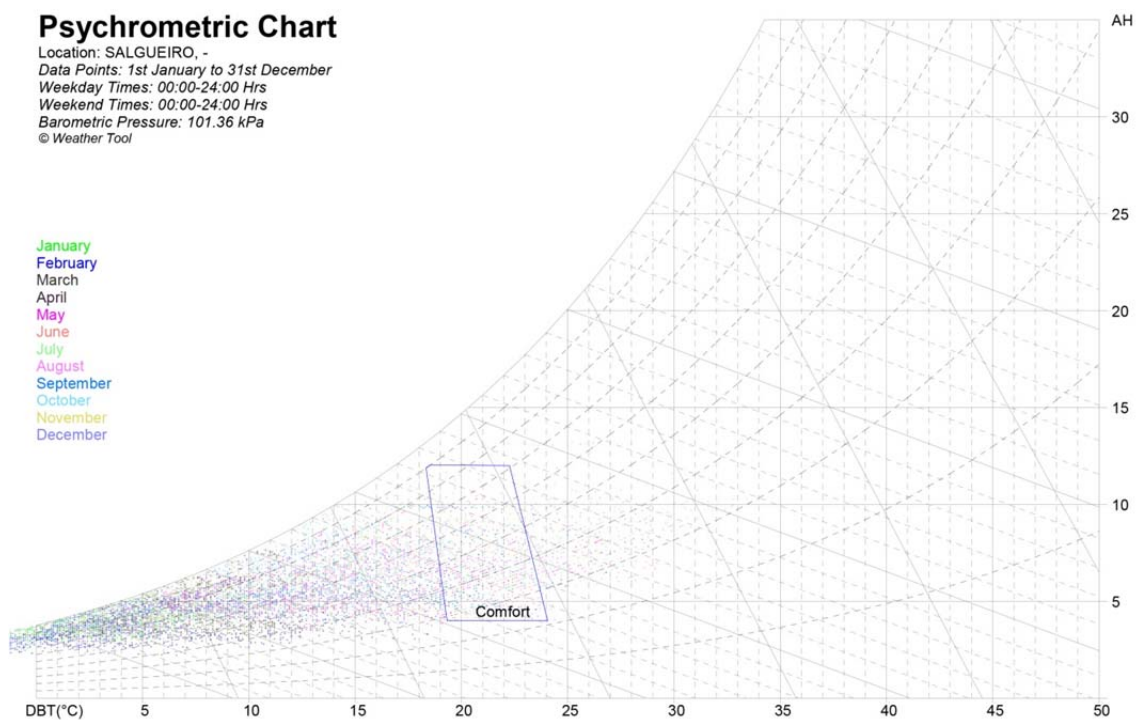


Fig. 180- Diagrama Psicométrico de la localidad de Salgueiro, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Salgueiro

En esta localidad la gran mayoría de las horas del año presentan temperaturas inferiores a las marcadas en la zona de confort, con temperaturas muy frías por debajo de los 0°C, por ello, las estrategias de diseño arquitectónico que se deben adoptar a esta ciudad deben enfocarse principalmente en calentar el espacio interior.

Los sistemas de calefacción pasiva son importantes, al igual que en las demás ciudades analizadas, pero en esta ciudad las temperaturas son especialmente bajas al encontrarse en plena sierra, con lo que el peso de los sistemas activos de calefacción debe ser elevado.

Se pueden contemplar en el diseño arquitectónico sistemas de calefacción convencional para alcanzar la zona de confort en invierno, en caso de que los sistemas activos y pasivos no sean suficientes, aunque esto se puede evitar siempre que exista un buen diseño bioclimático y los sistemas adecuados.

En los días cálidos, gran parte de las horas se encuentran dentro de la zona de confort, principalmente durante los meses estivales.

La utilización de alta masa térmica es recomendable en Salgueiro, ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura existentes en la localidad, contribuyendo así al ahorro energético y al confort interior.

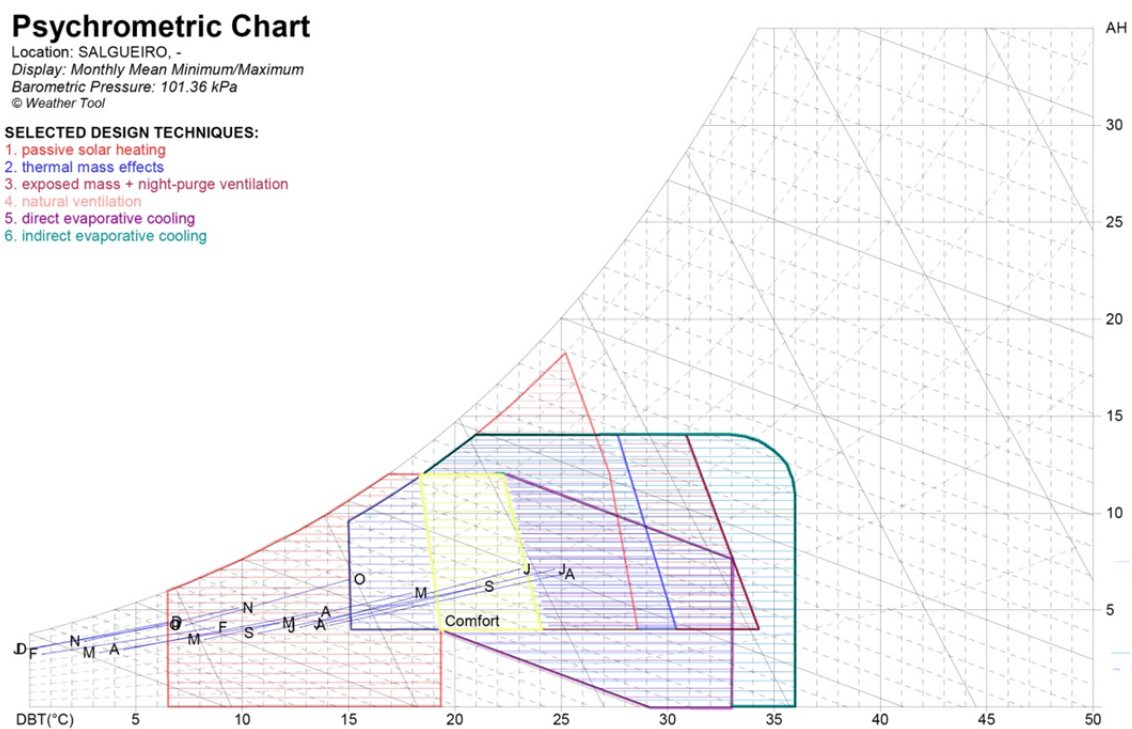


Fig. 181- Diagrama Psicométrico de la localidad de Salgueiro, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La estrategia de refrigeración más adecuada en este clima es la evaporación directa, ya que la humedad relativa baja de manera notable en los meses estivales en esta localidad. La ventilación natural es igualmente una buena opción en este clima.

Una elevada masa térmica puede contribuir a la refrigeración del espacio interior de manera notable. La ventilación nocturna combinada con alta masa térmica es no es necesaria, debido a que son muy poca las horas en las que resultaría efectivo.

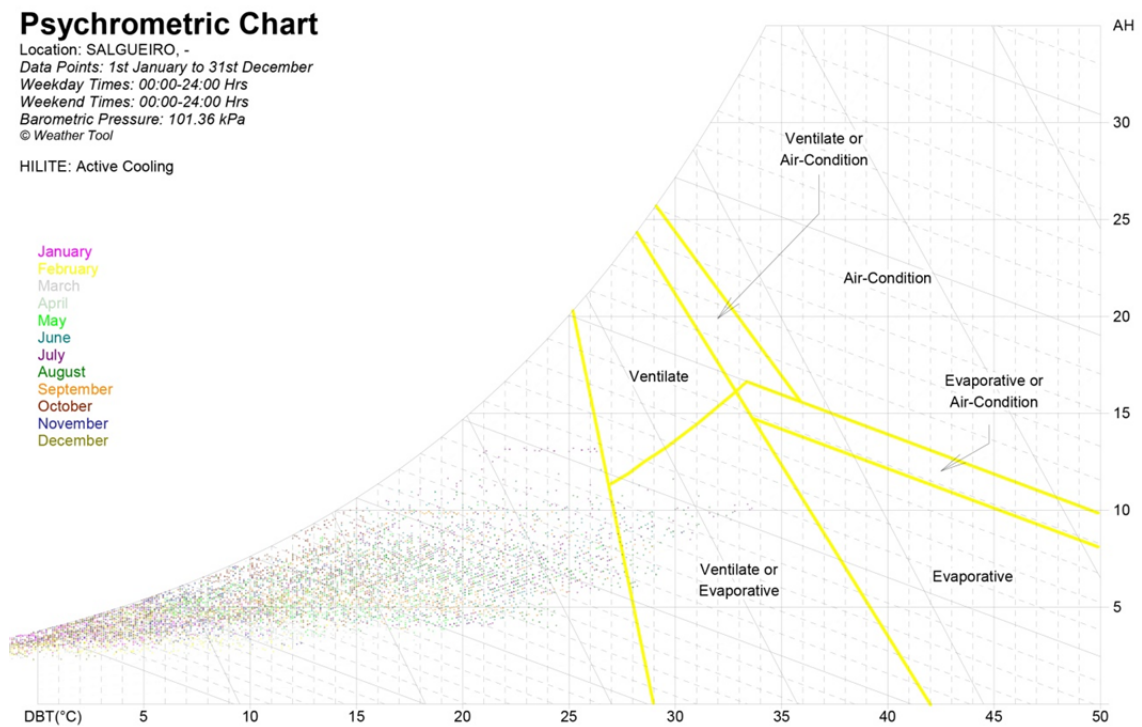


Fig. 182- Diagrama Psicométrico de la localidad de Salgueiro, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

Los sistemas de refrigeración convencionales como ventilación mecánica o aire acondicionado no son necesarios en el clima de la ciudad, como se muestra en el diagrama superior, pudiendo refrigerar el espacio con estrategias más sostenibles.

En conclusión, Salgueiro es una localidad con temperaturas muy frías en invierno y cálidas en verano. Las estrategias de calefacción son esenciales para este clima, tanto sistemas de aprovechamiento solar pasivos como activos sostenibles deben estar contemplados en el diseño arquitectónico. La calefacción convencional puede ser un complemento adecuado para los días más fríos, aunque no imprescindible.

Las estrategias de refrigeración son recomendables en los meses de verano. La ventilación natural o refrigeración evaporativa son buenas opciones.

4.3.9. CLIMA OCEÁNICO EN RELIEVES ORIENTALES

Ciudad representativa: OS ANCARES- PIORNEDO

Ancares es una sierra que se alza entre la provincia gallega de Lugo, León y Asturias. Se ha elegido para el estudio la localidad Lucense de Piornedo, situada en plena sierra y donde se encuentran las pallozas más representativas de los Ancares.

Es una localidad donde se sufre un frío intenso en invierno, con temperaturas medias mínimas negativas a lo largo de todo el invierno, es la única localidad de las investigadas que presentan temperaturas medias por debajo de 0°C.

Los meses más fríos, diciembre, enero y febrero, presentan temperaturas medias mínimas negativas, en torno a -2°C, con máximas que rondan los 6°C. Durante los meses de noviembre y marzo las temperaturas mínimas medias ya ascienden ligeramente en torno a 1,5°C con máximas medias de 14°C.

En los meses de abril, mayo y octubre las temperaturas aumentan con medias mínimas en torno a 6,5°C y máximas de 14,5°C. Ya en los meses de verano en junio, julio, agosto y septiembre, las temperaturas son mucho más confortables con medias que se sitúan en unos 12°C de mínimas y con máximas medias en torno a los 17°C.

La humedad relativa es elevada principalmente en invierno alcanzando medias mensuales de 90%, en verano la humedad baja notablemente con medias mensuales que llegan a bajar hasta el 60%.

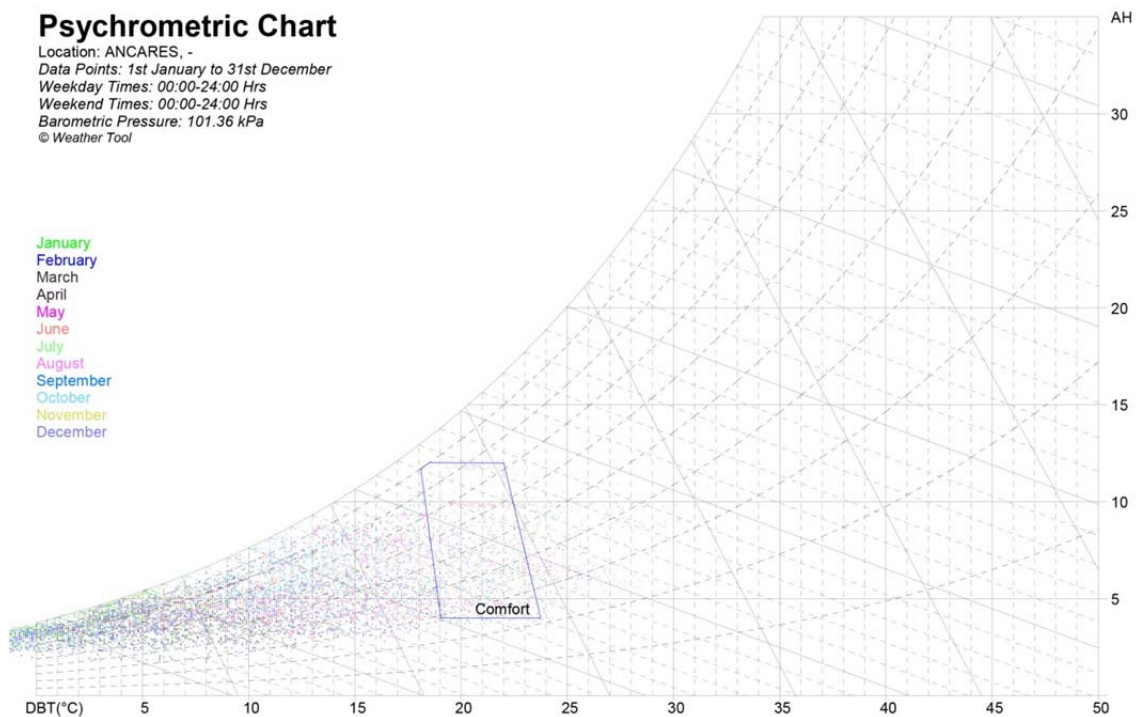


Fig. 183- Diagrama Psicométrico de la localidad de Piornedo. Ancares, donde se muestran los datos climáticos por horas. Realizado a través del programa Ecotect.

Estrategias para el diseño bioclimático - Piornedo - Ancares

Piornedo es una localidad de montaña a unos 1200 m. de altitud, la nieve es un elemento presente a lo largo del invierno. La amplitud térmica a lo largo del año es muy elevada, con fuertes cambios de temperatura entre verano e invierno. Las oscilaciones diarias son marcadas en verano, en cambio en invierno son reducidas.

Debido al frío extremo que se vive en la localidad las estrategias deben enfocarse hacia medidas de calefacción del ambiente interno. Para lograr un diseño bioclimático se deben priorizar las medidas pasivas y activas sostenibles, que aprovechen los recursos energéticos del entorno. En esta localidad las temperaturas son demasiado bajas, por lo que contemplar sistemas convencionales de calefacción puede ser adecuado como apoyo en muchas horas de invierno, no obstante no es imprescindible su uso para alcanzar el confort.

En los meses estivales hay muchas horas que se encuentran en zona de confort o que se calientan simplemente con las ganancias térmicas internas provenientes del calor que desprenden los propios ocupantes del espacio y las máquinas. Aun así, en horas puntuales más frescas se podrán necesitar sistemas pasivos de calefacción.

La utilización de alta masa térmica es recomendable para la localidad de Piornedo, ya que ayuda a tener una temperatura constante en el interior de las construcciones, evitando los cambios bruscos de temperatura existentes en la ciudad, contribuyendo de este modo al ahorro energético.

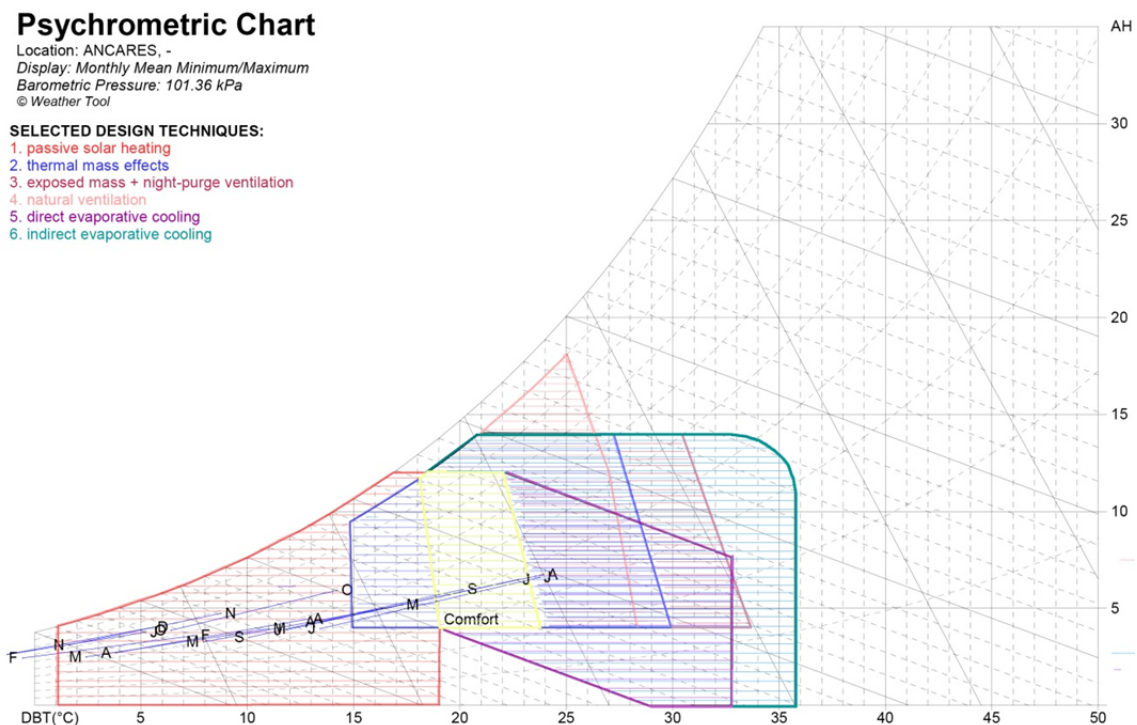


Fig. 184- Diagrama Psicométrico de la localidad de Piornedo-Ancares, donde se muestran los datos climáticos por meses y las estrategias recomendadas para el clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

Los sistemas de refrigeración son poco efectivos en esta localidad, donde solo se necesitan en horas puntuales de verano. Pensar algún sistema de ventilación natural para esas horas puntuales sería adecuado, debido a una elevada eficacia en relación al coste y a la baja complejidad de implantación de esta estrategia.

La refrigeración a través de evaporación no resulta necesario debido a que como se ha comentado anteriormente las horas que resulta efectiva son pocas.

La ventilación nocturna de estos muros masivos se considera del todo innecesario, siendo una estrategia útil para localidades con temperaturas más elevadas.

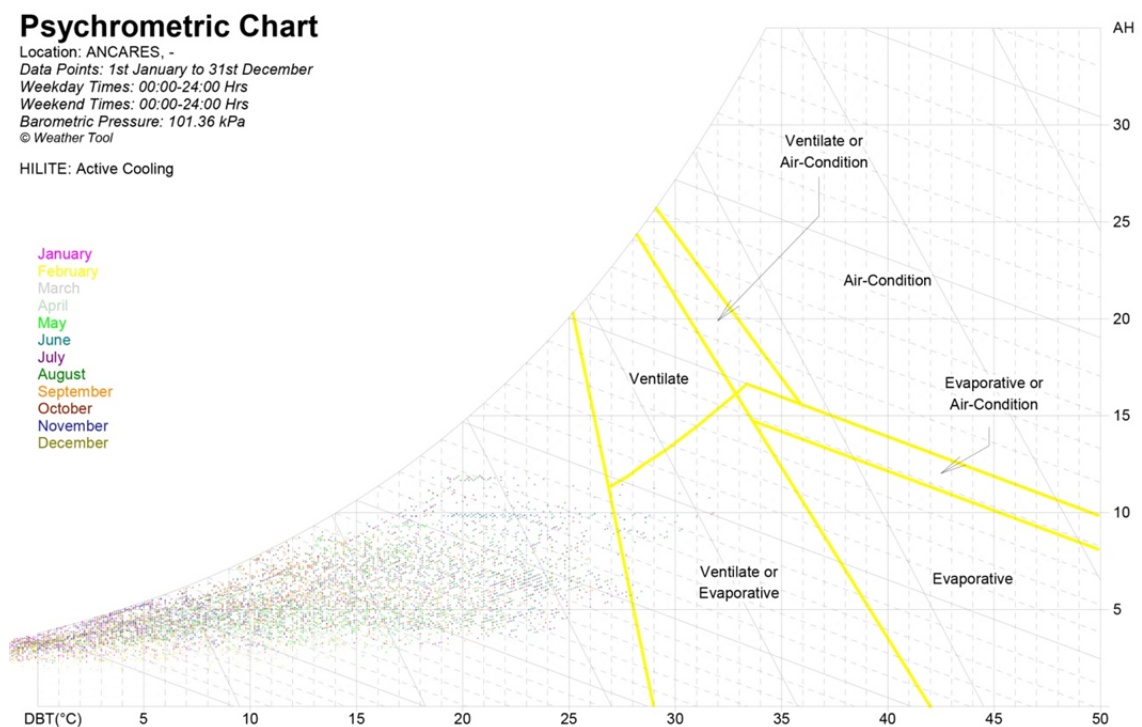


Fig. 185- Diagrama Psicométrico de la localidad de Piornedo – Ancares, donde se muestran los datos climáticos por horas y las estrategias activas de refrigeración adecuadas al clima de la ciudad. Realizado a través del programa Ecotect.

La utilización ventilación mecánica no es necesaria como se observa en el diagrama superior. La utilización de aire acondicionado no es necesario en absoluto para este clima.

En conclusión, para lograr situarse en la zona de confort en Piornedo se requiere un potente despliegue de estrategias de calefacción que aseguren la temperatura en invierno. La calefacción convencional puede ser un apoyo para este clima, aunque no es imprescindible para alcanzar el confort interior.

La refrigeración queda completamente relegada a un segundo plano debido a la dureza del clima en invierno. De todos modos puede ser útil en momentos puntuales de verano.

5. CONCLUSIONES

En este último capítulo se presentan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, que se dividen de acuerdo con los dos objetivos planteados.

En la primera parte del capítulo, relativa al objetivo I, se exponen las técnicas bioclimáticas que han sido aplicadas con mayor frecuencia en las edificaciones gallegas investigadas, y se analizan los motivos de su mayor utilización.

En una segunda parte de las conclusiones se expone el grado de recomendación de cada una de las estrategias bioclimáticas analizadas, en función de las diferentes zonas climáticas de Galicia, representadas por varias ciudades de referencia.

Al final del capítulo se realiza una correlación de los resultados obtenidos, relativos al primer y segundo objetivo.

5.1. Conclusiones objetivo I

En el cuadro expuesto a continuación se muestran los 25 casos de estudio representados de la A a la X (ver listado de obras páginas 66-67), y las técnicas bioclimáticas utilizadas en cada uno de ellos marcadas con una X, para poder observar de una manera global las técnicas que más se están utilizando en Galicia.

Por un lado, se observan zonas donde se concentran un gran número de cruces, y por otro, zonas que casi no se encuentran marcadas. En las páginas siguientes se exponen las técnicas más utilizadas, en función de lo observado en cada una de las edificaciones estudiadas, y se analizan las razones que han determinado su mayor utilización.

		CASOS DE ESTUDIO																									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Ñ	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
T É C N I C A S B I O C L I M Á T I C A S P A S I V A S	Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Galería-Invernadero adosado			X	X					X	X	X			X						X	X		X	X		
	Muro Trombe																									X	
	Sistema Barra –Constantini											X															
	Sistema termosifón																										
	Muros de agua																										
	Cubiertas de agua																										
	Suelo acumulador de grava				X								X														
	Barrera protectora de vientos	X																		X	X					X	
	Aislamiento térmico elevado ($U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)			X		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Pozo canadiense						X	X	X										X								X
	Inmersión en tierra																						X				
	Cubierta vegetal				X		X						X		X								X	X			X
	Inercia térmica elevada		X	X	X			X	X	X				X		X			X	X	X	X	X	X	X		X
	Orientación norte-sur la obra	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Deshumidificación ambiente				X								X			X	X										
	Protecciones solares		X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Umbráculos																		X						X	X	
	Protección con vegetación						X	X		X													X				
	Cubierta ventilada	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X					X					
	Fachada ventilada			X				X		X	X					X	X					X					X
	Ventilación cruzada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X				X	X	X	X	X		X	X	X	X
	Chimenea solar																										
	Aspiración estática															X											
	Chimenea de viento																										
Patios	X			X					X									X									
Ventilación -recalentamiento de fachada/cubierta		X								X	X													X	X		
Enfriamiento evap.Vegetación									X	X							X					X	X			X	
Enfriamiento evap.- agua									X	X							X									X	

LAS TÉCNICAS UTILIZADAS EN GALICIA

Las técnicas bioclimáticas pasivas, utilizadas con mayor frecuencia en la comunidad gallega, son:

- **Captación directa:** las obras disponen de la mayor parte de los huecos orientados al sur, para aprovechar las ventajas que esta orientación ofrece. La predilección en la utilización de esta técnica de aprovechamiento solar por los profesionales sobre otras, es debido, a que solo se necesita un buen diseño arquitectónico para su aplicación, sin representar ningún coste adicional, consiguiendo una relación entre efectividad y coste muy elevada. Por otro lado, es una técnica que exige un nivel de conocimientos menor. Además, se encuentra con facilidad mano de obra cualificada para su aplicación y los imprevistos en su funcionamiento son también menores.
- **Aislamiento térmico con $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$:** la mitad de las construcciones analizadas tienen un aislamiento muy elevado, al nivel que exigen estándares de evaluación de edificios de consumo casi nulo como Passivhaus. Aunque si se aumenta el coste de la obra, al poner mayor cantidad de aislamiento, los constructores saben que un edificio bien aislado y con pocos puentes térmicos es esencial para minimizar pérdidas y por tanto que el edificio sea eficiente energéticamente. Es, igualmente, una técnica que exige unos conocimientos y un nivel de riesgo de mal funcionamiento reducido, en comparación con otras técnicas menos utilizadas, y se encuentra fácilmente mano de obra cualificada para su instalación.
- **Inercia térmica de los cerramientos:** la mayor parte de las obras presentan cerramientos con una elevada inercia térmica, se trata de elementos con un gran espesor y con dificultad para cambiar su temperatura. Su utilización frecuente es debido a que protegen el espacio interior de las oscilaciones térmicas del exterior, estabilizando la temperatura interna. Una elevada inercia térmica reduce el gasto energético de la construcción.
- **Orientación norte- sur de la obra:** es importante para lograr un buen diseño bioclimático que la obra disponga de una gran superficie de fachada orientada al sur, debido a que amplía sus posibilidades de captación solar en invierno, y permite una mayor protección solar en verano. Las obras que buscan un diseño bioclimático suelen utilizar las orientaciones norte y sur para las fachadas de mayor superficie del edificio, que en los casos que no se cumple suele ser debido a que existe algún condicionante que lo impide como malas vistas, menor privacidad u obstrucciones a la captación solar en la orientación sur. Además no supone ningún coste, ni requiere de mayores conocimientos por parte del proyectista.
- **Protecciones solares,** la utilización de aleros, celosías, toldos, persianas u otros tipos de protectores solares son muy frecuentes en las obras analizadas, ya que, bien diseñados, protegen eficazmente de la incidencia solar sobre los huecos y cerramientos en los momentos que esta radiación sea excesiva. Además, los aleros tienen la ventaja que, colocados en la orientación sur, permiten el acceso de radiación en invierno debido a la

menor inclinación del sol ,y la limitan en verano debido el sol cuando está más alto. El coste de instalación no suele ser elevado, y su aplicación suele ser sencilla.

- **Cubierta ventilada:** se utiliza en la mayor parte de las construcciones analizadas. La cubierta es el cerramiento que recibe más horas de sol; por ello, en verano con frecuencia surgen problemas de sobrecalentamiento en las habitaciones bajo cubierta. Realizar una cubierta ventilada es la combinación perfecta a un buen aislamiento, ya que protege los espacios internos del sobrecalentamiento en verano; mejorando, además, el comportamiento térmico de la cubierta en invierno, al interrumpir la ventilación en la cámara, estos motivos son la razón de su popularidad.
- **Ventilación cruzada,** una buena ventilación permite renovar el aire viciado, reducir los niveles de humedad en el interior, y es una técnica efectiva de refrigeración en verano. Su aplicación es sencilla si se dispone de huecos en dos fachadas con orientaciones diferentes, no supone ningún sobrecoste en la construcción, únicamente un buen diseño, y su efectividad para disminuir la sensación térmica en verano es elevada.

-**Galería- invernadero adosado,** ambas son técnicas muy conocidas y se pueden observar en varios casos de estudio. Los motivos de su utilización son los siguientes: Son técnicas conocidas, la galería se ha utilizado en muchas de las construcciones tradicionales gallegas, sobre todo en las ciudades de A Coruña y Ferrol; en ambas técnicas se dispone de personal cualificado para su aplicación, y no se requieren conocimientos demasiado específicos por parte del arquitecto; dispuesto al sur, tanto la galería como el invernadero permiten una captación solar eficaz en invierno, generando además un espacio agradable donde disfrutar del sol los fríos días de invierno.

- **La fachada ventilada** funciona como una capa protectora que evita que la radiación solar llegue al muro interno; el calor es evacuado gracias a una cámara ventilada existente tras el cerramiento exterior. En invierno, por el contrario, la cámara funciona como un colchón protector que evita el paso del frío al interior, debido a un menor movimiento del aire en ella. Un factor determinante en su mayor aplicación en los casos de estudio, es que esta técnica se ha utilizado con frecuencia en los últimos años, con lo que existe mano de obra cualificada para su instalación, y ejemplos cercanos para comprobar su eficacia.

Otras técnicas bastante utilizadas, aunque con una frecuencia menor son:

- **Barrera protectora de vientos:** Un muro artificial, una barrera verde, o un montículo son medidas efectivas para evitar el paso de los fríos vientos dominantes, que normalmente en invierno vienen del norte o noroeste. La barrera evita que los vientos lleguen a la edificación y se generen pérdidas térmicas. Es una técnica sencilla y eficaz cuando existen fuertes vientos.

- **Pozo canadiense:** Es una técnica con una utilización mayor a lo esperado inicialmente, en la que se aprovecha la temperatura del terreno, más estable, con una temperatura mayor en invierno respecto a la temperatura del aire exterior, y más fría en verano.

-**Cubierta vegetal:** La tierra es un buen aislante que protege la cubierta de los cambios bruscos de temperatura. Las claves en su utilización son las siguientes: es una técnica bastante utilizada en los últimos años con ejemplos próximos; es fácil encontrar profesionales cualificados para instalarla; Amplia las zonas verdes de la construcción.

- **Protección con vegetación:** La vegetación es un buen protector solar, y a través de especies caducifolias se puede proteger los muros en verano, y dejar pasar el sol en invierno.

-**Patios:** además de su utilidad en el diseño bioclimático, un patio ofrece un espacio interior protegido, más íntimo, y que permite la entrada de luz en espacios interiores. Por ello, no se puede concluir que los arquitectos hayan utilizado esta técnica únicamente por considerarla más adecuada para el diseño bioclimático de la construcción.

- **Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta:** Es una ventilación natural forzada, debida al calentamiento que produce la radiación solar al actuar sobre un cerramiento, calentando a su vez el aire que se encuentra junto a él, permitiendo así aumentar la velocidad de circulación del aire, que asciende al calentarse. Es una técnica que requiere sobretodo de un buen diseño, y no supone un elevado coste si se dispone de otras técnicas, como galerías o muros Trombe, ya que aprovecha la superficie vidriada de estas para forzar la ventilación.

-**Enfriamiento evaporativo por agua,** el agua al evaporarse reduce la temperatura del ambiente. Es una técnica bastante conocida, y utilizada desde antaño, sobre todo en zonas cálidas y secas, por lo que existe mucha información sobre ella.

Existen pocas obras de entre las analizadas que apliquen el muro Trombe, el sistema Barra-Constantini, suelo acumulador de grava, inmersión de la construcción en tierra, o que utilicen la aspiración estática. Por último, ninguna de las obras analizadas ha aplicado el sistema termosifón, muros o cubiertas de agua, chimeneas solares, ni torres de viento.

Esta reducida o nula aplicación puede ser debido a que no son técnicas adecuadas para el clima de Galicia, o bien, una falta de ejemplos cercanos con los que comprobar su eficacia, conocimiento insuficiente acerca de la técnica por parte del proyectista, escasez de mano de obra cualificada, y/o una relación entre coste y efectividad menos favorable que en otros sistemas.

En conclusión, se observa que los arquitectos prefieren utilizar técnicas conocidas, que no requieren de conocimientos demasiado específicos, e implican una menor posibilidad de imprevistos respecto a su efectividad. Además, son técnicas en las que se encuentra fácilmente mano de obra cualificada para su aplicación, y que no suelen incrementar el precio de la obra, y cuando lo hacen, la efectividad está asegurada, como en el caso del aislamiento.

Con la información obtenida acerca de las diferentes obras analizadas se observan también otras conclusiones:

- Se observa en los casos de estudio que la mayor parte de las construcciones analizadas son viviendas unifamiliares, rodeadas por una parcela propia, y alejadas de centros urbanos. Esto es debido, en parte, a que en el centro de las ciudades, algunas de las técnicas bioclimáticas son de difícil aplicación, donde no todas las casas pueden estar orientadas hacia el sur, debido a la escasez de terreno, las obstrucciones solares, entre otros factores.

El motivo de que la mayor parte de los casos de estudio sean viviendas unifamiliares es, en parte, motivado a la escasez de constructores que realicen promociones bioclimáticas en Galicia de dimensiones mayores, debido a una mayor inversión inicial, falta de concienciación, y a que esta visión de la arquitectura está muy poco implantada en la sociedad gallega, con lo que también existen pocos clientes que la demanden. Por tanto, el aún reducido número de personas concienciadas sobre esta necesidad de cambio en la arquitectura, desemboca en promotores particulares que toman la iniciativa de construir su propia vivienda.

- Pese a todo, se observa que existe un claro avance en este campo a través de las construcciones analizadas, siendo solo 8 los casos de estudio realizados entre el año 2000 y el año 2008, siendo, por el contrario, 15 los casos de estudio realizados a partir del año 2009 hasta el 2015. Esto es muy importante, ya que un avance en este campo implica menor gasto energético, y con ello menor contaminación, consiguiendo, además, una mayor calidad de vida.
- Otro dato relevante, es que se observa un mayor número de obras en la zona de litoral, frente a la zona interior y montaña. Esto es debido, seguramente, a un mayor número de habitantes en las localidades de la zona litoral.
- Respecto a las barreras que los arquitectos se encuentran a la hora de realizar arquitectura bioclimática en Galicia, los encuestados destacan las siguientes: Barreras económicas, al incrementarse el coste en algunas soluciones constructivas, como el refuerzo térmico o la cubierta ventilada; Barreras constructivas, como la reticencia de los constructores tradicionales a cambiar sus técnicas constructivas habituales; Otra limitación que se comenta, es la negativa de algunos técnicos municipales a autorizar soluciones innovadoras. No obstante, la mitad de los arquitectos encuestados comentan no encontrar ninguna barrera a la hora de realizar obras bioclimáticas.

Es muy importante estar concienciados en este campo y seguir avanzando, ya que mediante un buen diseño bioclimático se reduce el gasto energético de manera drástica, y es algo que necesitamos si queremos tener un buen futuro. Además, el coste inicial puede ser el mismo que el de una construcción convencional con un buen diseño bioclimático, consiguiendo un importante ahorro energético; aunque considerando que merece la pena realizar una inversión inicial un poco mayor, ya que los resultados son mejores y se amortizan con facilidad.

5.2. Conclusiones objetivo II

ANÁLISIS DEL CLIMA EN LAS CIUDADES GALLEGAS

Tras analizar las diferentes ciudades gallegas, se observan claras diferencias entre el clima de las ciudades situadas en la costa, las de interior y las de montaña.

Esto es debido a que las características higrotérmicas del ambiente están estrechamente relacionadas con la influencia oceánica. El mar aporta suavidad térmica, y limita las oscilaciones térmicas diurnas y estacionales.

En las ciudades costeras analizadas como Vigo, Pontevedra, A Coruña o Ferrol las oscilaciones de temperaturas diarias y anuales, como se puede observar en los diagramas, son bastante reducidas. Esto quiere decir que las diferencias entre temperaturas máximas y mínimas diarias, y entre estaciones son pequeñas.

La amplitud térmica aumenta progresivamente a medida que nos vamos alejando de la fachada litoral hacia el interior gallego, hasta alcanzar oscilaciones muy elevadas. Es importante remarcar que en los meses fríos se observa una amplitud reducida también en ciudades de interior y de montaña, aunque ligeramente superiores a las de la costa.

Ejemplos de ciudades analizadas con una oscilación térmica elevada son Lugo, Xinzo de Limia, Piornedo (Ancares) y Ourense, todas ellas se encuentran alejadas de la influencia marítima. En todas estas ciudades se encuentran diferencias térmicas entre estaciones muy marcadas.

Las ciudades con influencias marítimas presentan inviernos con temperaturas suaves y veranos moderados. El clima de las ciudades de interior por el contrario es más extremo, con temperaturas muy bajas en invierno, que bajan de los 0°C. Los veranos en el interior son, en general, más calurosos que en la costa, en ciudades como Ourense o Xinzo las temperaturas se disparan y rondan las máximas más elevadas de Galicia.

En Piornedo, localidad situada en los Ancares, los veranos son más moderados y los inviernos más fríos que otras ciudades de interior, con temperaturas medias negativas en los meses más fríos, algo que no ocurre en ninguna otra ciudad analizada. Para comprender las diferencias en este clima hay que considerar que esta localidad se encuentra situada en plena montaña a 1200 metros de altitud, ya que la altitud es otro factor determinante en la temperatura de un lugar.

La humedad relativa en Galicia es muy elevada, con muchas horas en las que se alcanza valores del 100% de humedad. En las ciudades analizadas, la humedad relativa se encuentra en torno al 40-100%.

Galicia es una de las regiones más lluviosas de la fachada atlántica europea debido a su disposición frente a los vientos dominantes del oeste. Gran parte de la región tiene una pluviosidad de 2000-2500 litros por metro cuadrado.

ESTRATEGIAS RECOMENDADAS

Las siguientes recomendaciones de diseño son resultado del análisis de los datos climáticos por horas, y medias mensuales máximas y mínimas de cada localidad. Estos datos son aplicados sobre herramientas de apoyo específicas para el análisis del confort higrotérmico, con el fin de establecer estrategias arquitectónicas que permitan alcanzar el bienestar en el ambiente interior de las edificaciones.

Las herramientas utilizadas para el análisis higrotérmico y elaboración de estrategias son el software Ecotect-Weather Tool y el diagrama de Givoni. El software Meteonorm se ha utilizado para obtener los datos climáticos por horas de varias de las localidades analizadas, para introducirlos posteriormente en el programa Weather Tool.

A la hora de elaborar una lista de estrategias se han utilizado las expuestas en el software Ecotect- Weather Tool, ampliando algunas más con las expuestas en el diagrama de Givoni, como aprovechamiento solar activo y calefacción convencional, que también se consideran estrategias relevantes.

Cada estrategia contempla a su vez la utilización de numerosas técnicas, esto se ampliará en las conclusiones generales, donde se relacionan los resultados de ambos objetivos.

Las estrategias ofrecen directrices generales de cual es la dirección que se debe tomar en el diseño arquitectónico para un lugar concreto, lo que es útil en las primeras etapas de un proyecto bioclimático. Es decir, las estrategias sirven de apoyo al diseñador para decidir las técnicas más adecuadas en términos de confort y ahorro energético en una obra concreta.

De acuerdo con el cruce de estos datos, se presenta a continuación la relación de las estrategias que se analizarán en cada una de las zonas climáticas, a través de las ciudades de referencia.

1. Calefacción solar pasiva
2. Calefacción activa sostenible
3. Calefacción convencional
4. Refrigeración por alta masa térmica
5. Refrigeración por alta masa térmica con ventilación nocturna
6. Refrigeración por ventilación natural
7. Refrigeración por evaporación directa
8. Refrigeración por evaporación indirecta
9. Sistemas convencionales de refrigeración

		CIUDADES ANALIZADAS											
		Foz	A Coruña	Ferrol	Vigo	Pontevedra	Santiago	Arzúa	Lugo	Ourense	Xinzo	Salgueiro	Piornedo
ESTRATEGIAS	Calefacción solar pasiva												
	Calefacción activa sostenible												
	Calefacción convencional												
	Elevada masa térmica												
	Alta masa tca. con vent. nocturna												
	Refrigeración por ventilación natural												
	Refrigeración por evap. directa												
	Refrigeración por evap. indirecta												
	Refrigeración convencional												

	Muy recomendable
	Recomendable
	Adecuado
	Poco recomendable
	Nada recomendable

CLIMAS	Océánico del litoral lucense	Foz
	Océánico del litoral atlántico NO	A Coruña y Ferrol
	Océánico de las rías baixas	Vigo y Pontevedra
	Océánico plataformas occidentales	Santiago y Arzúa
	Océánico de la meseta lucense	Lugo
	Océánico depresiones rurovicultas cálidas	Ourense
	Océánico depresiones rurovicultas frías	Xinzo de Limia
	O. relieves dorsal occidental y suroriental	O Xurés- Salgueiro
Océánico en relieves orientales	Ancares- Piornedo	

Fig. 186- Cuadro resumen de estrategias recomendadas para cada una de las ciudades gallegas incorporadas al estudio.

En el cuadro, se observan las estrategias más adecuadas para un correcto diseño arquitectónico en varias ciudades gallegas desde un punto de vista bioclimático, es decir, de adaptación al clima que rodea la construcción. Estas ciudades analizadas representan las diferentes zonas climáticas existentes.

Las estrategias recomendadas en el cuadro son específicas para una localidad, pero se considera que estas recomendaciones pueden servir de referencia para la zona climática donde se encuentra localizada, al tener rasgos climáticos similares. En el cuadro inferior a la derecha se relacionan los dominios climáticos con las correspondientes ciudades representativas que se han analizado en este trabajo.

Lo primero que se observa tras el análisis de las ciudades gallegas, es que los sistemas de calefacción ganan mucho más peso que los de refrigeración, debido a que la gran mayoría de las horas del año se encuadran dentro de valores de temperatura por debajo de la temperatura mínima para alcanzar el confort.

En todas las ciudades analizadas es necesaria la introducción de **calefacción solar pasiva**, con ella se cubren la mayor parte de las horas que requieren calefacción del año, con lo que es una estrategia imprescindible si se busca realizar arquitectura adaptada al clima gallego.

Esta estrategia se debe estudiar con mucho detenimiento en el proceso de diseño arquitectónico bioclimático, ya que al englobar técnicas puramente pasivas, para que funcione con éxito requiere de un buen diseño y profesionales en este campo que, tras obtener la información adecuada, sepan que técnicas pasivas son las más efectivas en cada caso concreto.

La **calefacción activa sostenible**, basada en fuentes renovables, también es necesaria en todas las ciudades analizadas, aunque el número de horas que se requiere es menor que en la calefacción pasiva, es imprescindible contar con el apoyo de esta estrategia en el caso que las temperaturas bajen demasiado. Es, además, una solución que evita el uso de estrategias menos sostenibles, como la calefacción convencional. Esta estrategia aprovecha los recursos naturales del entorno cercano a la construcción para obtener la energía, pero necesita de un pequeño aporte de energía convencional para su funcionamiento.

La **calefacción convencional** puede ser adecuada en las ciudades de interior como Arzúa, Lugo, Xinzo de Limia, Santiago, Piornedo o Ourense, ya que como se comentó anteriormente, las temperaturas mínimas en invierno son mucho más bajas al no disponer del efecto moderador del mar.

En las ciudades costeras como Vigo, Pontevedra, A Coruña o Ferrol la dependencia de calefacción convencional es mínima, pudiendo incluso prescindir de su apoyo, utilizando únicamente medidas pasivas y activas solares para calentar el espacio interior.

Aunque la calefacción convencional no es una estrategia bioclimática, puede ser adecuada cuando las temperaturas se acercan a los 0°C o son negativas. En este trabajo se ha establecido como límite para la aceptación de calefacción convencional las temperaturas por debajo de 1,5°C, dato que se ha seleccionado del diagrama de Givoni.

La producción de calor se genera a través del consumo de energía procedente de fuentes convencionales como carbón, gasóleo, gas, electricidad obtenida de fuentes insostenibles, entre otros.

En el programa Ecotect – weather tool, se calcula la **zona de confort** más adecuada al clima de cada ciudad, aunque en todos los casos esta zona comprende un área muy similar. Esta área está delimitada por un polígono irregular con una temperatura mínima que ronda los 20°C y máxima en torno a 25°C., y una humedad absoluta con valores mínimos de 4g/Kg y máximos de 12 g/Kg.

La alta masa térmica es una estrategia que funciona especialmente bien en climas con oscilaciones térmicas elevadas, ya que disminuye estas diferencias térmicas, generando una temperatura interior constante a lo largo de todo el día, cercana a la media entre máximas y mínimas.

Se recomienda especialmente esta estrategia en ciudades como Ourense o Xinzo de Limia, con una amplitud térmica muy elevada en verano, y de este modo se ayudaría a paliar las fuertes temperaturas de verano. En el resto de las ciudades analizadas tendría un efecto positivo aunque en ciudades costeras como A Coruña o Ferrol la efectividad sería menor, ya que las oscilaciones son de por sí reducidas por el efecto del mar.

Esta recomendación es general, siendo poco recomendable la utilización de elevada masa térmica en lugares de uso intermitente, como casas de fin de semana.

La utilización de **ventilación nocturna combinada con muros de elevada masa térmica** es poco efectivo en general, debido a que en no se suelen alcanzar temperaturas demasiado elevadas en Galicia. Las ciudades de Orense y Xinzo de Limia son una excepción, en las que sí sería adecuada esta estrategia, aunque únicamente en días puntuales de máximo calor en los que la masa térmica haya acumulado demasiado calor durante el día, y sea recomendable refrescarla por la noche. En estas ciudades, la estrategia es bastante efectiva, debido a las grandes diferencias de temperatura entre día y noche existentes en ambas ciudades en verano.

La refrigeración mediante **ventilación natural** es adecuada en todas las ciudades analizadas, es una estrategia sencilla y muy efectiva, que además ayuda a reducir el nivel de humedad del ambiente interior y renueva el aire viciado. Los sistemas de ventilación natural se recomiendan especialmente en las ciudades donde se alcanzan las temperaturas más elevadas, como Vigo, Pontevedra, Ourense y Xinzo.

La refrigeración por evaporación directa es recomendable en las localidades más cálidas en verano, que como se ha comentado son Vigo, Pontevedra, Ourense, Xinzo, y también en Piornedo- Ancares, donde la humedad relativa desciende notablemente en verano.

En la estrategia de **refrigeración por evaporación indirecta** el refrescamiento evaporativo ocurre de manera externa al espacio. No hay adición de vapor en el aire debido a que el aire refrigerado interactúa con el aire suministrado a través de un intercambiador de calor. Es efectivo cuando se desea refrescar el ambiente sin que la humedad ambiental se eleve.

La evaporación indirecta se recomienda en las localidades de Vigo, Pontevedra y Ourense. En A Coruña, Ferrol, Santiago, Arzúa y Xinzo la efectividad es menor, aunque adecuada. En Lugo y Piornedo- Ancares es poco efectiva.

La **refrigeración convencional** es poco efectiva en todas las localidades investigadas, debido a que en Galicia no se alcanzan por norma temperaturas demasiado elevadas, por lo que se debe recurrir a un buen diseño arquitectónico que incluya sistemas de refrigeración pasivos, mucho más sostenibles.

LAS ESTRATEGIAS DE LA ZONA LITORAL, INTERIOR Y MONTAÑA EN GALICIA

Si se observa el cuadro de estrategias anteriormente expuesto, se observa una clara diferencia entre los climas de las ciudades costeras, las de interior y las de montaña.

En las ciudades costeras, la necesidad de calefacción convencional es menor que en zonas de interior o montaña, pudiendo llegar a prescindir de ella o a reducir su uso a momentos puntuales, a través de un buen diseño arquitectónico que se adapte al clima local. En zonas de interior y de montaña, se puede ser adecuada su utilización en los días más fríos del año para lograr alcanzar el confort en el espacio interior, aunque no es imprescindible.

Las oscilaciones térmicas diarias y anuales son menores en la costa, ya que el efecto marítimo las reduce, por lo que el efecto de estabilizador térmico que produce la alta masa térmica es menos efectivo en las ciudades situadas en el litoral.

En las regiones de interior hay una bajada marcada del porcentaje de humedad relativa en el ambiente durante los meses más cálidos, en las ciudades de costa, en cambio, esta humedad se mantiene más constante a lo largo de todo el año, y por ello, los sistemas de evaporación directa son menos efectivos que en el interior.

Los sistemas de evaporación indirecta son más adecuados en las ciudades costeras debido a que esta estrategia es recomendada en niveles de humedad más elevados.

Las estrategias arquitectónicas que se deben adoptar en las ciudades de interior y de montaña son similares debido a que ambos grupos de localidades están sometidos a temperaturas frías en invierno, oscilaciones térmicas elevadas anuales y diarias, y niveles anuales de humedad menos estables.

Lo que más diferencia ambas zonas es la bajada de temperaturas existente en zonas de montaña, mucho mayor que en el resto de localidades de interior, con temperaturas medias mensuales por debajo de los 0 grados en los meses fríos, lo cual implica una mayor dependencia de sistemas de calefacción convencional.

5.3. Correlación de los resultados del trabajo

Observando las técnicas utilizadas en las edificaciones analizadas, se puede observar si están siguiendo las estrategias recomendadas en la segunda parte del trabajo. Cada estrategia puede englobar varias técnicas posibles.

La calefacción solar pasiva es altamente recomendada en todas las ciudades gallegas analizadas. Para lograr una **calefacción solar pasiva** en una edificación se pueden utilizar las siguientes técnicas bioclimáticas, las cuales han sido analizadas en la primera parte del trabajo: Captación directa (ventanales mayoritariamente al sur), Galería, invernadero adosado, muro Trombe, sistema Barra- Constantini, sistema Termosifón, suelo acumulador de grava, y Muros o cubiertas de agua.

En todas las edificaciones estudiadas se observa una búsqueda de calefacción pasiva a través de la apertura de las construcciones hacia el sur, aunque las técnicas que se aplican son poco innovadoras. Se utilizan las técnicas más sencillas, conocidas, y que requieren una menor inversión inicial. Se puede concluir, que sí se está aplicando esta estrategia, aunque sería conveniente una mayor exploración de las técnicas menos utilizadas.

Respecto a la **calefacción activa sostenible**, se considera una estrategia altamente recomendable en todas las ciudades analizadas. Se observa que varias de las construcciones estudiadas complementan la calefacción solar pasiva con la activa. Esta calefacción activa es obtenida a través de fuentes renovables (principalmente solar, geotérmica, y biomasa en las obras analizadas). Es eficaz cuando las temperaturas bajan, y no es posible calentar el espacio con medidas únicamente pasivas.

Es importante destacar como ejemplo de aplicación de esta estrategia, el centro ambiental de As Corcerizas y la vivienda en Lombao (Ames), cuya calefacción depende exclusivamente de técnicas pasivas y energías renovables. En la mayor parte de las obras se observa la implantación de sistemas activos sostenibles, aunque para la climatización se recurre también al apoyo de sistemas convencionales, que funcionan a base de combustibles, o grandes cantidades de energía eléctrica. Debido a la elevada capacidad de conservación de energía que presentan los casos de estudio, combinado con los sistemas pasivos y activos sostenibles implantados, se puede concluir que el gasto energético a través de fuentes insostenibles se ha reducido de manera drástica en estas obras. De todos modos, se puede avanzar más en este campo, y se considera que esta estrategia se está aplicando aunque, en general, menos de lo recomendado.

Otra de las estrategias analizadas que se pueden relacionar con la primera parte del trabajo es la **elevada masa térmica**, que se considera adecuada para todas las ciudades

analizadas, aunque con mayor o menor grado de efectividad. Se observa que la mayor parte de las construcciones analizadas tienen muros gruesos, con elevada inercia térmica, con lo que se está cumpliendo, en la mayoría de las obras, con esta estrategia.

La **refrigeración por evaporación** se considera, en general, adecuada para refrigerar el ambiente interior en la mayor parte de ciudades analizadas, aunque presenta una efectividad menor para el clima gallego que la ventilación natural. La técnica de refrigeración evaporativa es utilizada en algunas de las obras analizadas, aunque en una medida muy inferior respecto a la ventilación, debido a que requiere en general de un coste, mantenimiento, y complejidad superior.

Respecto a la utilización de **ventilación natural** para refrigerar el espacio interno, se pueden utilizar las siguientes técnicas bioclimáticas, las cuales han sido analizadas en la primera parte del trabajo: cubierta ventilada, fachada ventilada, ventilación simple y cruzada, chimenea solar, aspiración estática, ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta, y torre de viento.

La ventilación natural está recomendada para todas las ciudades analizadas, sobre todo en las que se alcanzan unas temperaturas elevadas en verano, si observamos los resultados de la primera parte del trabajo, casi todas las obras tienen sistemas de refrigeración por ventilación cruzada, entre otras técnicas. Se concluye, por tanto, que también se está aplicando adecuadamente esta estrategia.

En conclusión, las estrategias bioclimáticas recomendadas para Galicia se corresponden, en líneas generales, con las adoptadas por los autores de las edificaciones estudiadas, aunque sería recomendable una mayor exploración de algunas de las técnicas, ya que actualmente en la mayor parte de los casos se aplican las técnicas más conocidas, y que requieren una inversión inicial menor.

BIBLIOGRAFÍA

Albarello, L., Saint-Georges, P., Digneffe, F., Hiernaux, J.P., Maroy, C., Ruquoy, D. (1997). *Práticas e Métodos de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Ed. Gradiva.

Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto ed.

Cabeza Laínez, J. M. (1997). Diseño de arquitectura bioclimática: el nuevo método de simulación ambiental. In M. De Luxán García de Diego, F. Celis D'Amico, F. Da Casa Martín, E. Echeverría Valiente, & I. De Villota Rocha, *Arquitectura y Clima en Andalucía Manual de Diseño* (pp. 33-37). Sevilla: Junta de Andalucía.

Camous, R., & Watson, D. (1986). *El hábitat bioclimático: De la concepción a la construcción*. Barcelona: Gustavo Gili.

Cofaigh, E. (2007). *Un vitruvio ecológico: Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.

Corbal Caballé, M. (2013). *Indicadores y criterios de la arquitectura sostenible en Galicia* (Dissertação de Mestrado, Escola Superior Gallaecia, Vila Nova de Cerveira, Portugal).

Correia, M., Mecca, S., & Dispasquale, L. (Eds.) (2014). *Versus: heritage for tomorrow*. Florencia: Firenze university press.

De Garrido Talavera, L. (2014). *Arquitectura bioclimática extrema*. Barcelona: Monsa.

De Luxán García de Diego, M., Celis D'Amico, F., Da Casa Martín, F., Echeverría Valiente, E., & De Villota Rocha, I. (1997). *Arquitectura y Clima en Andalucía: Manual de Diseño*. Sevilla: Junta de Andalucía.

De Luxán García de Diego, M., & Reymundo Iazard, A. (2011). *Manual de Diseño Bioclimático para Canarias: Parte II*. ITC, Instituto tecnológico de Canarias.

De Llano Cabado, P. (1996). *Arquitectura popular en Galicia: Razón y construcción. A Coruña*: Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia.

Mendonça, P. (2005). *Habitar sob uma segunda pele: Estratégias para a redução do Impacto Ambiental de construções Solares passivas em climas temperados* (Tesis de doctoramiento, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal).

Fathy, H. (1986). *Natural energy and vernacular architecture*. United States of América: Chicago press.

Fernández García, F. (1994). Clima y confortabilidad humana: aspectos metodológicos. *Serie Geográfica*, 4, 109-125. Extraído de: www.divulgameteo.es.

Florentino, R. (2002). *Uma arquitectura sobre região: cultura arquitectónica na Galiza contemporânea*. (Dissertação de mestrado, facultade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal).

Frota, A., & Schiffer, S. (2001). *Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo*. São Paulo : Studio Nobel.

García Lasanta, D. (2004). *Arquitectura bioclimática: viviendas bioclimáticas en Galicia*. Coruña: Instituto de formación profesional Someso.

Ghiglione, R., & Matalon, B. (1997). *O Inquérito: Teoria e prática*. Oeiras: Celta editora.

Gil, A. (1995). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Editora Atlas.

Givoni, B. (1969). *Man, climate, and architecture*. New York: Elsevier

Azevedo, B. (Ed.) (2009). *Energias renováveis*. Lisboa: Atelier Nunes e Pã.

González González, J. A. (1997). *Arquitectura bioclimática*. Vigo: Colegio oficial de arquitectos de Galicia.

Granados Menendez, H. (2006). *Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo: eficiencia energética*. Madrid: Consejo de los Colegios de Arquitectos de España.

Groat, L., & Wang, D. (2002). *Architectural Research Methods*. Canada: John Wiley & Sons.

Izard, J. L., & Guyot, A. (1983). *Arquitectura bioclimática*. México D.F.: Gustavo Gili.

López de Asiaín, J. (1997). Arquitectura, energía y medio ambiente: la casa y la ciudad del futuro. In M. De Luxán García de Diego, F. Celis D'Amico, F. Da Casa Martín, E. Echeverría Valiente, & I. De Villota Rocha, *Arquitectura y Clima en Andalucía Manual de Diseño* (pp. 15-20). Sevilla: Junta de Andalucía.

López de Asiaín, J. (2001). *Arquitectura, ciudad y medioambiente*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Luaces Padilla, W. (1996). *Estudio de inversión energética en vivienda unifamiliar: Galicia 1996*. La Coruña: COAATIE.

Martín Chivelet, N., & Fernández Solla, I. (2007). *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura: criterios de diseño y aplicaciones*. Barcelona: Editorial Reverte.

Martínez Cortizas, A., Pérez Alberti, A., Castillo Rodríguez, F., Valcárcel Díaz, M., & Blanco Chao, R. *Atlas Climático de Galicia*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.

Mazria, E. (1979). *The passive solar energy book*. EUA: Rodale press.

Fernández de Bovadilla, E. (2007). *Manual Básico: Fachadas ventiladas y aplacados: Requisitos constructivos y estanqueidad*. Murcia: Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Transporte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Morillón Gálvez, D. (2000). *Metodología para el diseño bioclimático*. México: ANES.

Neila González, J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Leria.

Neila González, J. (2009). *Arquitectura bioclimática y construcción sostenible*. Pamplona: DAPP.

Neila González, J. (2015). *Miradas bioclimáticas a la arquitectura popular del mundo*. Madrid: García-Maroto.

Olgay, V. (1963). *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. EUA: Princeton university press.

Paniagua Brea, J. M. (2011). *Catálogo de obras y edificaciones sostenibles en Galicia*. A Coruña: Colegio oficial de arquitectos de Galicia.

Quiñoy Peña, D. (2015). *Adecuación energética de la tipología edificatoria vernácula más representativa de Galicia*. (Tesis de doctoramiento, Universidad de A Coruña, A Coruña).

Requena Ruiz, I. (2011). *Arquitectura adaptada al clima en el movimiento moderno: Le Corbusier 1930-1960*. (Tesis de doctoramiento, Universidad de Alicante, Escuela politécnica superior, Alicante).

Roaf, S., Fuentes, M., & Thomas, S. (2001). *Ecohouse: A design Guide*. Oxford: Architectural Press.

Rodríguez Guitián, M., & Ramil - Rego, P. (2007). *Clasificaciones climáticas aplicadas a Galicia: Revisión desde una perspectiva biogeográfica*. Lugo: IBADER Instituto de Biodiversidad Agraria y Desenvolvemento Rural.

Rojas, J. M., Galán Marín, C., & Fernández Nieto, E. (2012, julio 10). Parametric study of thermodynamics in the mediterranean courtyard as a tool for the design of eco-efficient buildings. Extraído de www.mdpi.com/journal/energies

Romaní Barrientos, R. (1994). *Atlas Galicia*. Vigo: Editorial Nigra.

Serra Florensa, R. (1989). *Clima, lugar y arquitectura: manual de diseño bioclimático*. Madrid: Secretaría General Técnica del CIEMAT.

Serra Florensa, R. (1996). Prefacio a la edición española. In V. Olgyay, *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism* (pp. 6-9). EUA: Princeton university press.

Serra Florensa, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Gustavo Gili.

Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Ediciones UPC.

Solanas Cànovas, T. (2008). *Vivienda y sostenibilidad en España (V.2)*. Barcelona: Gustavo Gili.

Steadman, P. (1978). *Energía medio ambiente y edificación*. Madrid: Blume.

Szokolay, S. (1984). *Passive and low energy design for thermal and visual comfort*. EUA: Pergamon Press.

Wassouf, M. (2014). *Passivhaus, de la casa pasiva al estándar : la arquitectura pasiva en climas cálidos*. Barcelona: Gustavo Gili.

Yeang, K. (1995) *Designing With Nature: The Ecological Basis for Architectural Design*. EUA: Mcgraw-Hill.

Yin, R. (1984). *Investigación sobre estudio de casos: Diseño y método* (2ªed). Londres: Sage Publications.

ÍNDICE DE IMÁGENES

Fig. 1. Portada. Fuente: elaboración propia.

Fig. 2. Mapa de Galicia donde se relacionan las zonas climáticas con los diferentes tipos de arquitectura popular, (p. 27). Fuente: de la autora, confeccionado en base al mapa realizado en 1994 por Romani Barrientos.

Fig. 3,4 y 5. Métodos de transmisión de calor, (p. 28-29). Fuente: Alan Chapman (1990).

Fig 6. Esquema de captación directa por ventanas y lucernarios, (p.33). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.299.

Fig. 7. Ventanales, captación directa, (p. 33). Fuente: <http://www.tamiluz.es>

Fig.8. Esquema de captación mediante invernadero, (p. 34). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.300.

Fig. 9. Galerías en avenida de la Marina, A Coruña, (p.34). Fuente: <http://www.elmundo.es>

Fig. 10. Esquema de captación indirecta con muro Trombe, (p. 35). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.301.

Fig. 11. Muro Trombe, (p.35). Fuente: <http://www.enraiza.es/>

Fig. 12. Esquema de funcionamiento del sistema Barra- Constantini, (p.36). Fuente: de la autora, basado en el esquema de Sue Roaf (2001) p. 153.

Fig. 13. Edificación con sistema Barra- Constantini, (p.36). Fuente: <http://www.Archilepore.it/>

Fig. 14. Sistema termosifón con invernadero adosado, (p. 37). Fuente : de la autora, basado en el esquema de Sue Roaf (2001) p. 153.

Fig. 15. Sistema termosifón con cama de grava, (p.37). Fuente : de la autora, basado en el esquema de Sue Roaf (2001) p. 153.

Fig. 16. Esquema de funcionamiento muro de agua, (p.38). Fuente : de la autora, basado en el esquema de Sue Roaf (2001) p. 153.

Fig. 17. Muro de agua, (p.38). Fuente: <https://www.thenaturalhome.com/>

Fig. 18. Muro de agua, (p.38). Fuente: Edward Mazria (1979), p. 154.

Fig. 19. Esquema de captación indirecta con cubierta de agua, en climas templados, (p. 39). Fuente: de la autora, en base al esquema realizado por Edward Mazria (1979), p. 192.

Fig. 20. Cubierta de agua con paneles aislantes, (p.39). Fuente: Edward Mazria (1979), p. 198.

Fig.21. Captación con depósito de grava inferior, (p.40). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.304.

Fig. 22. Grava, (p.40). Fuente: <http://rafazaragoza.com/>

Fig. 23. Efecto de barrera sobre un muro, (p.41). Fuente: Margarita de Luxán y Araceli Reymundo (2011), p.256.

Fig. 24 y 25. Esquema de combinación de árboles perennes y caducifolios para canalizar los vientos, (p.41). Fuente: Dolores García Lasanta (2004), p.173.

Fig. 26. Aislamiento de celulosa, (p.42). Fuente: <http://www.asyteksoluciones.es/>

Fig. 27. Aislamiento de lana de oveja, (p.42). Fuente: <http://img.archiexpo.com/>

Fig.28. Edificio climatizado mediante conductos enterrados, (p.43). De la autora (2015).

Fig. 29. Conductos de pozo canadiense al descubierto, (p.43). Fuente: <http://www.solarweb.net/>

Fig. 30. Sistemas de inercia subterráneos, (p.44). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.307.

Fig. 31. Vivienda enterrada en Vals, (p.44). Fuente: <http://www.urbanarbolismo.es/>

Fig. 32. Vivienda enterrada, (p.44). Fuente: <http://www.urbanarbolismo.es/>

Fig. 33. Esquema de cubierta vegetal, (p.45). Fuente: de la autora, en base al diseño de Luis de Garrido (2014), p. 19.

Fig. 34. Vivienda con cubierta vegetal, (p.45). Fuente:<http://imágenes.fincaraiz.com.co/>

Fig.35. Cubierta vegetal en las ciudades, (p.45). Fuente: <http://www.agrohuerto.com/>

Fig. 36. Inercia térmica, (p.46). Fuente: de la autora, en base al diseño de Luis de Garrido (2014), p. 16.

Fig. 37. Muro de ladrillo adobe, (p.46). Fuente: <http://www.1.bp.blogspot.com/>

Fig.38. Trayectoras solares en invierno y en verano, (p. 47). Fuente: Javier Neila (2004), p. 277.

Fig. 39. Alturas solares en invierno y en verano,(p.47). Fuente: Javier Neila (2004), p. 276.

Fig. 40 y 41. Sistema de deshumedecimiento mediante bancadas con sales absorbentes, (p. 48). Situación de mañana y de tarde. Fuente: Javier Neila (2004), p. 304.

Fig. 42. Alero -acceso de sol en invierno y protección en verano, (p.49). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.323

Fig.43. Protección solar con lamas orientables, (p.49). Fuente: <http://img.archiexpo.com/>

Fig. 44. Toldo colocado para proteger una ventana, (p. 50). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), P.324.

Fig.45. Protección solar mediante un toldo, (p.50). Fuente: <http://www.visioninteriorista.com/>

Fig.46. Protección solar mediante contraventanas, (p.50). Fuente: <http://www.tamiluz.es/>

Fig.47. Espacio intermedio sombreado y ventilado. Pérgola, (p. 51). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.322.

Fig. 48. Umbráculo, (p.51). Fuente: <http://www.ojodigital.com/>

Fig. 49. Pérgola, (p.51). Fuente: <http://img.archiexpo.com/>

Fig. 50. Protección vegetal en verano e invierno, (p.52). Fuente: <http://www.ext.colostate.edu/>

Fig. 51. Vivienda con protección vegetal, (p.52). Fuente: <http://www.mas.es/>

Fig. 52. Tipos de cubierta ventilada, (p.53). Fuente: Javier Neila (2004), p. 295.

Fig. 53. Funcionamiento cubierta ventilada, (p.53). Fuente: <http://cdn1.contentair.com/>

Fig. 54. Muros ventilados, (p. 54). Fuente: Javier Neila (2004), p. 301.

Fig. 55. La casa dentro de la casa. Fachada y cubierta ventiladas, (p.54). Fuente: Javier Neila (2004), p. 301.

Fig. 56. Fachada ventilada, (p. 54). Fuente: <http://reformark.com/>

Fig. 57. Sistema de ventilación cruzada (p. 55). Fuente: Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.311.

Fig. 58. Ventilación cruzada, (p. 55). Fuente: <https://agilcat.files.wordpress.com>

Fig. 59. Invernadero funcionando como sistema de ventilación, (p.56). Fuente: Javier Neila (2004), p. 315.

Fig. 60. Ventilación mediante recalentamiento de la cubierta, (p.56). Fuente: Javier Neila (2004), p. 316.

Fig. 61. Chimeneas solares, (p.57). Fuente: Javier Neila (2004), p. 316.

Fig.62.Chimenea solar y ventilación natural, (p.57). Fuente: <http://www.certificadosenergeticos.com/>

Fig. 63. Sistema de aspiración estática, (p.58). Fuente: : Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.314.

Fig.64. Ejemplo de aspiración estática mediante efecto venturi, (p.58). Fuente: <http://www.atosdin.es/>

Fig. 65. Sistema de entrada de aire por torre de viento, (p.59). Fuente: : Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.315.

Fig.66. Captador de viento en Dubai. Emiratos Árabes, (p.59). Fuente: <https://upload.wikimedia.org/>

Fig. 67. Sistema evaporativo en un patio, (p.60). Fuente: : Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.318.

Fig. 68. Patio mediterráneo, España, (p. 60). <http://www.tendencias21.net/>

Fig.69.Humidificación por vegetación frondosa, (p.61). Fuente: M.de Luxán, A.Reymundo, J.Hernández y C. Bango. (2011), p.369.

Fig. 70. Vegetación en el espacio exterior, (p.61). <https://agilcat.files.wordpress.com/>

Fig. 71. Tratamiento del aire por evaporación, (p. 62). Fuente: : Rafael Serra y Helena Coch (1995), p.316.

Fig. 72. Patio de los leones, La Alhambra, (p.62). Fuente: <http://viajerosblog.com/>

Fig. 73 y 74. Ventilación nocturna, (p.63). Fuente: Javier Neila (2004), p. 332.

Fig. 75. Mapa de Galicia donde se observa la localización de cada uno de los casos de estudio, (p.67). Fuente: De la autora.

Fig. 76-77. Vivienda en Coirós - planta baja, (p.68). Fuente: Daniel Beiras y David Estany, autores del proyecto.

Fig. 78-79. Vivienda en Carral- planta baja, (p.69). Fuente: Jose Luís Ruiz Jainaga, autor del proyecto.

Fig. 80-81. Vivienda en Oleiros- planta baja, (p.70). Fuente: Jose Luís Ruiz Jainaga, autor del proyecto.

Fig. 82-83. Albergue ecoturístico Alvarella – planta baja, (p.71). Fuente: Daniel Beiras y David Estany, autores del proyecto.

Fig. 84-85. Centro cultural Ágora – planta baja, (p.72). Fuente: Luis Rojo de Castro y Begoña Fernandez Shaw, autores del proyecto.

Fig. 86-87. Vivienda Soneu- planta baja, (p.73). Fuente: Mike Lehmhaus, autor del proyecto.

Fig. 88-89. Vivienda Videira- planta baja, (p.74). Fuente. Mike Lehmhaus, autor del proyecto.

Fig. 90-91. Vivienda Laranxeiro- planta baja, (p.75). Fuente. Mike Lehmhaus, autor del proyecto.

Fig. 92-93. Vivienda en Gondomar- planta baja, (p.76). Fuente. Jesús Irisarri y Guadalupe Piñera, autores del proyecto.

Fig. 94-95. Vivienda en Sanxenxo- planta baja, (p. 77). Fuente. Jesús Irisarri y Guadalupe Piñera, autores del proyecto.

Fig. 96-97. Sede del Colegio de Arquitectos de Galicia en Vigo – planta baja, (p.78). Fuente. Jesús Irisarri y Guadalupe Piñera, autores del proyecto.

Fig. 98-99. A Vieira, módulo experimental docente- planta cubierta, (p.79). Fuente: Juan Bello.

Fig. 100-101. Vivienda en Pontecaldelas – planta baja, (p.80). Fuente: Óscar Real Villapalos, autor.

Fig. 102-103. Bioalvo, edificio experimental – planta baja, (p.81). Fuente: Mike Lehmhaus, autor.

Fig. 104-105. Vivienda en Framil- planta baja, (p.82). Fuente: Oskar Ramos y Txema López, autores del proyecto.

Fig. 106-107. Casa Bewood Santiago – planta baja, (p.83). Fuente: Oskar Ramos y Txema López, autores del proyecto.

Fig. 108-109. Villa Ana – planta baja, (p.84). Fuente: Juan Iglesias Babío e Iván López Veiga.

Fig. 110-111. Vivienda en Ferreiriños, Teo – planta baja, (p.85). Fuente: Carlos Bóveda, autor del proyecto.

Fig. 112-113. Vivienda en Ames – planta baja, (p.86). Fuente: Carlos Bóveda Casado y Domingo Alberto Miranda Pol, autores del proyecto.

Fig.114-115. Vivienda en Aceña de Olga- planta cubiertas, (p.87). Fuente: Marcos Failde Guerrero y Montserrat Miguel Prieto, autores del proyecto.

Fig. 116-117. Vivienda en O Incio- planta primera, (p.88). Fuente: Pablo Falcón Novoa, autor del proyecto.

Fig. 118-119. Vivienda en Celanova- planta baja, (p.89). Fuente: Pablo Falcón Novoa, autor del proyecto.

Fig. 120-121. Edificio Stella Feuga – planta intermedia, (p.90). Fuente: [http:// www.alia-es.com/](http://www.alia-es.com/)

Fig. 122-123. Vivienda experimental Sotavento- planta baja, (p.91). Fuente: Carlos Expósito Mora y Emilio Miguel Mitre, autores del proyecto.

Fig. 124-125. Centro de educación ambiental As Corcerizas- planta del aula, (p.92). Fuente: Ana Recuna Carrasco e Ignacio Mendizábal Herrero, autores del proyecto.

Fig. 126. Mapa de Galicia fragmentado en zonas climáticas, (p.93) . Fuente: Luaces Padilla (1996), p. 15.

Fig. 127. Mapa de Galicia fragmentado en zonas climáticas, (p.94). Fuente: Pérez Alberti (1982).

Fig. 128. Mapa de Galicia fragmentado en zonas climáticas, (p.94) . Fuente: Romaní Barrientos (1994).

Fig. 129. Mapa de precipitaciones anuales en el territorio gallego, (p.95). Fuente: Romaní Barrientos (1994).

Fig. 130. Mapa de temperaturas medias y mínimas en enero para Galicia, (p.96). Fuente: Romaní Barrientos (1994).

Fig. 131. Mapa de temperaturas medias y máximas en julio para Galicia, (p.96). Fuente: Romaní Barrientos (1994).

Fig. 132. Ejemplo de diagrama de Olgay, (p.99). Fuente: De Luxán García de Diego, Celis D'Amico. , Da Casa Martín, Echeverría Valiente, De Villota Rocha (1997), p.98.

Fig. 133. Ejemplo de diagrama de Givoni, (p.102). Fuente: De Luxán García de Diego, Celis D'Amico. , Da Casa Martín, Echeverría Valiente, De Villota Rocha (1997), p.99.

Fig. 134. Diagrama psicométrico-Temperatura de bulbo seco, (p.106). Fuente: Software Ecotect.

Fig. 135. Diagrama psicométrico-temperatura de bulbo húmedo, (p.107). Fuente: Software Ecotect.

Fig. 136. Diagrama psicométrico-humedad absoluta, (p.108). Fuente: Software Ecotect.

Fig. 137. Diagrama psicométrico-humedad relativa, (p.109). Fuente: Software Ecotect.

Fig. 138. Diagrama psicométrico-presión de vapor, (p.110). Fuente: Software Ecotect.

Fig. 139. Diagrama psicométrico-volumen específico, (p.111). Fuente: Software Ecotect.

Fig. 140. Diagrama psicométrico-entalpía, (p.112). Fuente: Software Ecotect.

Fig. 141. Diagrama psicométrico-zona de confort, (p.113). Fuente: Elaboración propia, basada en software Ecotect.

Fig. 142. Diagrama psicométrico-calefacción solar pasiva, (p.114). Fuente: Elaboración propia, basada en software Ecotect.

Fig. 143. Diagrama psicométrico-alta masa térmica, (p.115). Fuente: Elaboración propia, basada en software Ecotect.

Fig. 144. Diagrama psicométrico-alta masa térmica con ventilación nocturna, (p.116). Fuente: Elaboración propia, basada en software Ecotect.

Fig. 145. Diagrama psicométrico-ventilación natural, (p.117). Fuente: Elaboración propia, basada en software Ecotect.

Fig. 146. Diagrama psicométrico-refrigeración por evaporación directa, (p.118). Fuente: Elaboración propia, basada en software Ecotect.

Fig. 147. Diagrama psicométrico-refrigeración por evaporación indirecta, (p.119). Fuente: Elaboración propia, basada en software Ecotect.

Fig. 148. Diagrama psicométrico-sistemas activos de refrigeración, (p.120). Fuente: Elaboración propia, a través del software Ecotect.

Fig. 149. Mapa de Galicia fragmentado en zonas climáticas, donde se observa la ubicación de todas las ciudades analizadas, (p.121). Fuente: de la autora, confeccionado en base al mapa realizado en 1994 por Romaní Barrientos.

Fig. 150, 151, 152. Diagramas Psicométricos de la localidad de Foz, (p.122-124). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 153,154, 155. Diagramas Psicométricos de la localidad de A Coruña, (p.125-127). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 156,157, 158. Diagramas Psicométricos de la localidad de Ferrol, (p. 128- 130). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 159,160, 161. Diagramas Psicométricos de la localidad de Vigo, (131- 133). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 162,163, 164. Diagramas Psicométricos de la localidad de Pontevedra, (134-136). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 165, 166, 167. Diagramas Psicométricos de la localidad de Santiago, (p.137-139). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 168, 169, 170. Diagramas Psicométricos de la localidad de Arzúa, (p. 140-142). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 171, 172, 173. Diagramas Psicométricos de la localidad de Lugo, (p.143-145). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 174, 175, 176. Diagramas Psicométricos de la localidad de Ourense, (p.146-148). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 177, 178, 179. Diagramas Psicométricos de la localidad de Xinzo, (149-151). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 180, 181, 182. Diagramas Psicométricos de la localidad de Salgueiro, (152-154). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 183, 184, 185. Diagramas Psicométricos de la localidad de Piornedo, (p. 155-157). Fuente: de la autora, a través del software Ecotect.

Fig. 186. Cuadro resumen de estrategias recomendadas para cada una de las ciudades gallegas incorporadas al estudio, (p. 167). Fuente: de la autora.

Fig. 187-194. Vivienda en Coirós, (p. 206). Fuente: Daniel Beiras y David Estany, autores del proyecto.

Fig. 195-202. Vivienda en Carral, (p. 207). Fuente: Jose Luís Ruiz Jainaga, autor del proyecto.

Fig. 203-212. Vivienda en Oleiros, (p. 208). Fuente: Jose Luís Ruiz Jainaga, autor del proyecto.

Fig. 213- 220. Albergue ecoturístico Alvarella, (p. 209). Fuente: Daniel Beiras y David Estany, autores del proyecto.

Fig. 221-228. Centro cultural Ágora, (p. 210). Fuente: Luis Rojo de Castro y Begoña Fernandez Shaw, autores del proyecto.

Fig. 229-235. Vivienda Soneu, (p. 211). Fuente: Mike Lehmhaus, autor del proyecto.

Fig. 236-242. Vivienda Videira, (p. 212). Fuente. Mike Lehmhaus, autor del proyecto.

Fig. 243-248. Vivienda Laranxeiro, (p. 213). Fuente. Mike Lehmhaus, autor del proyecto.

Fig. 249-254. Vivienda en Gondomar, (p. 214). Fuente. Jesús Irisarri y Guadalupe Piñera, autores del proyecto.

Fig. 255-262. Vivienda en Sanxenxo, (p. 215). Fuente. Jesús Irisarri y Guadalupe Piñera, autores del proyecto.

Fig. 263,264, 266,268. Sede del Colegio de Arquitectos de Galicia en Vigo, (p. 216). Fuente. Jesús Irisarri y Guadalupe Piñera, autores del proyecto.

Fig. 265, 267. Sede del Colegio de Arquitectos de Galicia en Vigo, (p. 216). Fuente: propias de la autora.

Fig. 269-276. A Vieira, módulo experimental, (p. 217). Fuente: Juan Bello.

Fig. 277-283. Vivienda en Pontecaldelas, Pontevedra, (p. 218). Fuente: Óscar Real Villapalos.

Fig. 284- 291. Bioalvo, edificio experimental, (p. 219). Fuente: Mike Lehmhaus, autor del proyecto.

Fig. 292-298. Vivienda en Framil, (p. 220). Fuente: Oskar Ramos y Txema López, autores del proyecto.

Fig. 299-306. Casa Bewood Santiago, (p. 221). Fuente: Oskar Ramos y Txema López, autores del proyecto.

Fig. 307-312. Villa Ana, (p. 222). Fuente: Juan Iglesias Babío e Iván López Veiga.

Fig. 313-318. Vivienda Ferreiriños, Teo, (p. 223). Fuente: Carlos Bóveda, autor del proyecto.

Fig. 319-323. Vivienda en Ames, (p. 224). Fuente: Carlos Bóveda Casado y Domingo Alberto Miranda Pol, autores del proyecto.

Fig.324-328. Vivienda en Aceña de Olga, (p. 225). Fuente: Marcos Failde Guerrero y Montserrat Miguel Prieto, autores del proyecto.

Fig. 329-336. Vivienda en O Incio, (p. 226). Fuente: Pablo Falcón Novoa, autor del proyecto.

Fig. 337-344. Vivienda en Celanova, (p. 227). Fuente: Pablo Falcón Novoa, autor del proyecto.

Fig.345-352. Edificio Stella Feuga, (p. 228). Fuente: <http://www.alia-es.com/>

Fig. 353-361. Vivienda experimental Sotavento, (p. 229). Fuente: Carlos Expósito Mora y Emilio Miguel Mitre, autores del proyecto.

Fig. 362-367. Centro de educación ambiental As Corcerizas, (p. 230). Fuente: Ana Recuna Carrasco e Ignacio Mendizábal Herrero, autores del proyecto.

ANEXOS

DISERTACIÓN CIENTÍFICA SOBRE "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN GALICIA"

CUESTIONARIO

El presente cuestionario forma parte de una investigación que trata sobre la arquitectura bioclimática en Galicia. Está incluida dentro de un trabajo académico de final de carrera.

El objetivo del cuestionario es identificar las técnicas bioclimáticas que se están utilizando en Galicia. Su contribución es esencial para el desenvolvimiento de esta investigación, debido a su conocimiento y experiencia en el área de estudio.

Nombre DANIEL BEIRAS / DAVID ESTANY (OFICINA GALEGA)

- ¿En cuáles de sus obras realizadas en Galicia ha conseguido mejores resultados en cuanto a la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática?

Uso de la construcción /Localización de la obra/año construcción

- ALBERGUE ECOTURÍSTICO DA ALVARELLA / DOROÑA. CONCELLO DE VILARMAIOR (A CORUÑA) / 2000
- VIVENDA BIOCLIMÁTICA / CHÁS. CONCELLO DE COIRÓS (A CORUÑA) / 2007
- VIVENDA BIOCLIMÁTICA /URB. AUGAS MANSAS. CULLEREDO (A CORUÑA) /2010

- Marque con una X cuales de las siguientes técnicas bioclimáticas han sido utilizadas en las obras nombradas en los puntos anteriores A, B y C :

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS	A	B	C
Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	x	x	x
Galería- Invernadero adosado			
Muro Trombe			
Sistema Barra –Constantini			
Sistema termosifón			
Muros de agua			
Cubiertas de agua			
Suelo acumulador de grava			
Barrera protectora de vientos		x	
Aislamiento térmico $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$			
Pozo canadiense			
Inmersión en tierra			
Cubierta vegetal			
Inercia térmica de los cerramientos	x		x
Orientación norte-sur de la obra	x	x	
Deshumidificación del ambiente			
Protecciones solares	x		
Umbráculos			
Protección con vegetación			
Cubierta ventilada	x	x	x

Fachada ventilada			
Ventilación cruzada	x	x	x
Chimenea solar			
Aspiración estática			x
Chimenea de viento			
Patios		x	
Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta	x		
Vegetación (enfriamiento evaporativo)			
Masas de agua (enfriamiento evaporativo)			
Otros (especificar cuáles):			
Forxado sanitario	x	x	
Muros de carga de termoaxila	x	x	
Paneis solares térmicos	x	x	x
Paneis solares fotovoltaicos	x		
Bomba eléctrica de calor			x
Chan radiante de auga	x	x	x
Xeotermia		x	

3. ¿Se ha encontrado barreras (económicas, constructivas, climáticas ...) a la hora de aplicar alguna de estas técnicas en Galicia? En caso afirmativo especifique cuales

Si

Barreiras económicas para utilización da xeotermia

Barreiras construtivas ao inicio na utilización de fábricas de carga armadas de termoaxila

Este cuestionario podrá ser presentado anexo a mi trabajo. ¿Le gustaría mantener su identidad anónima?

Non

Muchas Gracias por su colaboración,

Atentamente,

Katia Pena Gayo
 Curso Arquitectura y Urbanismo
 Escola Superior Gallaecia, Portugal
 Tlf. 685 14 27 93 Email: katiapenagayo@hotmail.com

DISERTACIÓN CIENTÍFICA SOBRE "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN GALICIA"

CUESTIONARIO

El presente cuestionario forma parte de una investigación que trata sobre la arquitectura bioclimática en Galicia. Está incluida dentro de un trabajo académico de final de carrera.

El objetivo del cuestionario es identificar las técnicas bioclimáticas que se están utilizando en Galicia. Su contribución es esencial para el desenvolvimiento de esta investigación, debido a su conocimiento y experiencia en el área de estudio.

Nombre JOSÉ LUIS RUIZ JAINAGA

- ¿En cuáles de sus obras realizadas en Galicia ha conseguido mejores resultados en cuanto a la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática?

Uso de la construcción /Localización de la obra/año construcción

- VIVIENDA UNIFAMILIAR EN CARRAL/ A CORUÑA/ ULT. REF. 2011
- VIVIENDA UNIFAMILIAR/ OLEIROS-A CORUÑA/ 2006
- VIVIENDA UNIFAMILIAR/ OZA – A CORUÑA/ 2011

- Marque con una X cuales de las siguientes técnicas bioclimáticas han sido utilizadas en las obras nombradas en los puntos anteriores A, B y C :

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS	A	B	C
Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	X	X	X
Galería- Invernadero adosado	X	X	
Muro Trombe			
Sistema Barra –Constantini			
Sistema termosifón			
Muros de agua			
Cubiertas de agua			
Suelo acumulador de grava		X	
Barrera protectora de vientos			
Aislamiento térmico $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	X		
Pozo canadiense			
Inmersión en tierra			
Cubierta vegetal			
Inercia térmica de los cerramientos	X	X	
Orientación norte-sur de la obra	X	X	X
Deshumidificación del ambiente			
Protecciones solares	X	X	X
Umbráculos			
Protección con vegetación			
Cubierta ventilada	X	X	X
Fachada ventilada	X		

Ventilación cruzada	X	X	X
Chimenea solar			
Aspiración estática			
Chimenea de viento			
Patios			X
Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta			
Vegetación (enfriamiento evaporativo)			
Masas de agua (enfriamiento evaporativo)			
Otros (especificar cuáles)			

3. ¿Se ha encontrado barreras (económicas, constructivas, climáticas ...) a la hora de aplicar alguna de estas técnicas en Galicia? En caso afirmativo especifique cuales

NO

Este cuestionario podrá ser presentado anexo a mi trabajo. ¿Le gustaría mantener su identidad anónima?

NO

Muchas Gracias por su colaboración,

Atentamente,

Katia Pena Gayo
Curso Arquitectura y Urbanismo
Escola Superior Gallaecia, Portugal
Tlf. 685 14 27 93 Email: katiapenagayo@hotmail.com

DISERTACIÓN CIENTÍFICA SOBRE "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN GALICIA"

CUESTIONARIO

El presente cuestionario forma parte de una investigación que trata sobre la arquitectura bioclimática en Galicia. Está incluida dentro de un trabajo académico de final de carrera.

El objetivo del cuestionario es identificar las técnicas bioclimáticas que se están utilizando en Galicia. Su contribución es esencial para el desenvolvimiento de esta investigación, debido a su conocimiento y experiencia en el área de estudio.

Nombre Anónimo

- ¿En cuáles de sus obras realizadas en Galicia ha conseguido mejores resultados en cuanto a la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática?

Uso de la construcción /Localización de la obra/año construcción

A) Centro Agora/ A Coruña/2009-2012

B)

C)

- Marque con una X cuales de las siguientes técnicas bioclimáticas han sido utilizadas en las obras nombradas en los puntos anteriores A, B y C :

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS	A	B	C
Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	X		
Galería- Invernadero adosado			
Muro Trombe			
Sistema Barra –Constantini			
Sistema termosifón			
Muros de agua			
Cubiertas de agua			
Suelo acumulador de grava			
Barrera protectora de vientos			
Aislamiento térmico $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	X		
Pozo canadiense			
Inmersión en tierra			
Cubierta vegetal	X		
Inercia térmica de los cerramientos			
Orientación norte-sur de la obra			
Deshumidificación del ambiente	X		
Protecciones solares	X		
Umbráculos			
Protección con vegetación			
Cubierta ventilada	X		
Fachada ventilada			

Ventilación cruzada	X		
Chimenea solar			
Aspiración estática			
Chimenea de viento			
Patios	X		
Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta			
Vegetación (enfriamiento evaporativo)			
Masas de agua (enfriamiento evaporativo)			
Otros (especificar cuáles)			

3. ¿Se ha encontrado barreras (económicas, constructivas, climáticas ...) a la hora de aplicar alguna de estas técnicas en Galicia? En caso afirmativo especifique cuales

No

Este cuestionario podrá ser presentado anexo a mi trabajo. ¿Le gustaría mantener su identidad anónima?

Si

Muchas Gracias por su colaboración,

Atentamente,

Katia Pena Gayo
Curso Arquitectura y Urbanismo
Escola Superior Gallaecia, Portugal
Tlf. 685 14 27 93 Email: katiapenagayo@hotmail.com

DISERTACIÓN CIENTÍFICA SOBRE "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN GALICIA"

CUESTIONARIO

El presente cuestionario forma parte de una investigación que trata sobre la arquitectura bioclimática en Galicia. Está incluida dentro de un trabajo académico de final de carrera.

El objetivo del cuestionario es identificar las técnicas bioclimáticas que se están utilizando en Galicia. Su contribución es esencial para el desenvolvimiento de esta investigación, debido a su conocimiento y experiencia en el área de estudio.

Nombre Casadobe

- ¿En cuáles de sus obras realizadas en Galicia ha conseguido mejores resultados en cuanto a la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática?

Uso de la construcción /Localización de la obra/año construcción

- Unifamiliar Videira, Cangas, 2012
- Unifamiliar Soneu, Portonovo 2013
- Unifamiliar Laranxeiro, Ponteareas 2014

- Marque con una X cuales de las siguientes técnicas bioclimáticas han sido utilizadas en las obras nombradas en los puntos anteriores A, B y C :

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS	A	B	C
Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	X	X	
Galería- Invernadero adosado			
Muro Trombe			
Sistema Barra –Constantini			
Sistema termosifón			X
Muros de agua			
Cubiertas de agua			
Suelo acumulador de grava			
Barrera protectora de vientos			
Aislamiento térmico $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	X	X	X
Pozo canadiense	X	X	X
Inmersión en tierra			
Cubierta vegetal	X		
Inercia térmica de los cerramientos	X		X
Orientación norte-sur de la obra	X	X	
Deshumidificación del ambiente			
Protecciones solares			
Umbráculos			
Protección con vegetación	X	X	
Cubierta ventilada	X	X	X
Fachada ventilada	X		

Ventilación cruzada	X	X	X
Chimenea solar			
Aspiración estática			
Chimenea de viento			
Patios			
Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta			
Vegetación (enfriamiento evaporativo)			
Masas de agua (enfriamiento evaporativo)			
Otros (especificar cuáles)			

3. ¿Se ha encontrado barreras (económicas, constructivas, climáticas ...) a la hora de aplicar alguna de estas técnicas en Galicia? En caso afirmativo especifique cuales

Este cuestionario podrá ser presentado anexo a mi trabajo. ¿Le gustaría mantener su identidad anónima?

Muchas Gracias por su colaboración,

Atentamente,

Katia Pena Gayo
Curso Arquitectura y Urbanismo
Escola Superior Gallaecia, Portugal
Tlf. 685 14 27 93 Email: katiapenagayo@hotmail.com

DISERTACIÓN CIENTÍFICA SOBRE "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN GALICIA"

CUESTIONARIO

El presente cuestionario forma parte de una investigación que trata sobre la arquitectura bioclimática en Galicia. Está incluida dentro de un trabajo académico de final de carrera.

El objetivo del cuestionario es identificar las técnicas bioclimáticas que se están utilizando en Galicia. Su contribución es esencial para el desenvolvimiento de esta investigación, debido a su conocimiento y experiencia en el área de estudio.

Nombre Oskar R. Ramos

- ¿En cuáles de sus obras realizadas en Galicia ha conseguido mejores resultados en cuanto a la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática?

Uso de la construcción /Localización de la obra/año construcción

- Vivienda/ Santiago de Compostela/2012
- Vivienda/ Ames/ 2013
-

- Marque con una X cuales de las siguientes técnicas bioclimáticas han sido utilizadas en las obras nombradas en los puntos anteriores A, B y C :

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS	A	B	C
Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	x	x	
Galería- Invernadero adosado			
Muro Trombe			
Sistema Barra –Constantini			
Sistema termosifón			
Muros de agua			
Cubiertas de agua			
Suelo acumulador de grava			
Barrera protectora de vientos			
Aislamiento térmico $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	x	x	
Pozo canadiense			
Inmersión en tierra			
Cubierta vegetal			
Inercia térmica de los cerramientos		x	
Orientación norte-sur de la obra	x	x	
Deshumidificación del ambiente	x	x	
Protecciones solares	x	x	
Umbráculos			
Protección con vegetación			

Cubierta ventilada	x	x	
Fachada ventilada	x	x	
Ventilación cruzada	x		
Chimenea solar			
Aspiración estática		x	
Chimenea de viento			
Patios			
Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta			
Vegetación (enfriamiento evaporativo)			
Masas de agua (enfriamiento evaporativo)			
Otros (especificar cuáles) Me gusta incluir la TRANSPIRACIÓN de la envolvente como una técnica bioclimática, aunque no suele ser habitual. Si hablamos de BIO, es decir, de vida, no podemos excluir la transpiración.	x	x	

3. ¿Se ha encontrado barreras (económicas, constructivas, climáticas ...) a la hora de aplicar alguna de estas técnicas en Galicia? En caso afirmativo especifique cuales

No, más allá de un incremento del coste del 15% en algunas soluciones constructivas, como el refuerzo térmico o la cubierta ventilada.

Este cuestionario podrá ser presentado anexo a mi trabajo. ¿Le gustaría mantener su identidad anónima?

Puede usar mi nombre

Muchas Gracias por su colaboración,

Atentamente,

Katia Pena Gayo
Curso Arquitectura y Urbanismo
Escola Superior Gallaecia, Portugal
Tlf. 685 14 27 93 Email: katiapenagayo@hotmail.com

DISERTACIÓN CIENTÍFICA SOBRE "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN GALICIA"

CUESTIONARIO

El presente cuestionario forma parte de una investigación que trata sobre la arquitectura bioclimática en Galicia. Está incluida dentro de un trabajo académico de final de carrera.

El objetivo del cuestionario es identificar las técnicas bioclimáticas que se están utilizando en Galicia. Su contribución es esencial para el desenvolvimiento de esta investigación, debido a su conocimiento y experiencia en el área de estudio.

Nombre Carlos Bóveda Casado.....

- ¿En cuáles de sus obras realizadas en Galicia ha conseguido mejores resultados en cuanto a la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática?

Uso de la construcción /Localización de la obra/año construcción

- Vivienda unifamiliar / Lombao, Concello de Ames/2010
- Vivienda unifamiliar / Ferreiriño, Concello de Teo/2011
-

- Marque con una X cuales de las siguientes técnicas bioclimáticas han sido utilizadas en las obras nombradas en los puntos anteriores A y B :

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS	A	B
Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	X	X
Galería- Invernadero adosado		
Muro Trombe		
Sistema Barra -Constantini		
Sistema termosifón		
Muros de agua		
Cubiertas de agua		
Suelo acumulador de grava		
Barrera protectora de vientos	X	X
Aislamiento térmico $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	X	X
Pozo canadiense		
Inmersión en tierra		
Cubierta vegetal		
Inercia térmica de los cerramientos	X	X
Orientación norte-sur de la obra	X	X
Deshumidificación del ambiente		
Protecciones solares	X	X
Umbráculos		

Protección con vegetación		
Cubierta ventilada		
Fachada ventilada		
Ventilación cruzada	X	X
Chimenea solar		
Aspiración estática		
Chimenea de viento		
Patios		
Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta		
Vegetación (enfriamiento evaporativo)		
Masas de agua (enfriamiento evaporativo)		
Otros (especificar cuáles)		

3. ¿Se ha encontrado barreras (económicas, constructivas, climáticas ...) a la hora de aplicar alguna de estas técnicas en Galicia? En caso afirmativo especifique cuales

El mayor inconveniente es la reticencia de los constructores tradicionales a cambiar sus técnicas constructivas habituales.

Es un gran inconveniente también la negativa sistemática de algunos técnicos municipales a autorizar soluciones innovadoras.

Este cuestionario podrá ser presentado anexo a mi trabajo. ¿Le gustaría mantener su identidad anónima?No

Muchas Gracias por su colaboración,

Atentamente,

Katia Pena Gayo
Curso Arquitectura y Urbanismo
Escola Superior Gallaecia, Portugal
Tlf. 685 14 27 93 Email: katiapenagayo@hotmail.com

DISERTACIÓN CIENTÍFICA SOBRE "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN GALICIA"

CUESTIONARIO

El presente cuestionario forma parte de una investigación que trata sobre la arquitectura bioclimática en Galicia. Está incluida dentro de un trabajo académico de final de carrera.

El objetivo del cuestionario es identificar las técnicas bioclimáticas que se están utilizando en Galicia. Su contribución es esencial para el desenvolvimiento de esta investigación, debido a su conocimiento y experiencia en el área de estudio.

Nombre Marcos Failde Guerrero

- ¿En cuáles de sus obras realizadas en Galicia ha conseguido mejores resultados en cuanto a la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática?

Uso de la construcción /Localización de la obra/año construcción

- A) Vivienda unifamiliar en A Ceña de Olga, Lugo
 B)
 C)

- Marque con una X cuales de las siguientes técnicas bioclimáticas han sido utilizadas en las obras nombradas en los puntos anteriores A, B y C :

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS	A	B	C
Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	X		
Galería- Invernadero adosado	X		
Muro Trombe			
Sistema Barra –Constantini			
Sistema termosifón			
Muros de agua			
Cubiertas de agua			
Suelo acumulador de grava			
Barrera protectora de vientos			
Aislamiento térmico $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	X		
Pozo canadiense			
Inmersión en tierra			
Cubierta vegetal			
Inercia térmica de los cerramientos	X		
Orientación norte-sur de la obra	X		
Deshumidificación del ambiente			
Protecciones solares			
Umbráculos			
Protección con vegetación			
Cubierta ventilada	X		
Fachada ventilada	X		

Ventilación cruzada	X		
Chimenea solar			
Aspiración estática			
Chimenea de viento			
Patios			
Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta			
Vegetación (enfriamiento evaporativo)			
Masas de agua (enfriamiento evaporativo)			
Otros (especificar cuáles)			

3. ¿Se ha encontrado barreras (económicas, constructivas, climáticas ...) a la hora de aplicar alguna de estas técnicas en Galicia? En caso afirmativo especifique cuales
- El proyecto no buscaba ser especialmente "bioclimático", tan sólo una buena eficiencia energética basada en los principios básicos que intentamos aplicar en todos los proyectos en cuanto a orientaciones y prestaciones térmicas de los cerramientos y de las instalaciones.
- En el proyecto se emplearon cerramientos de termoarcilla con aislamiento exterior y fachada trasventilada de piedra y cubierta ventilada de cobre en una parte y plana con pavimento elevado en otra. Se ha puesto especial cuidado en aislar térmicamente por el exterior y procurar no interrumpir este aislamiento.
- Se ha empleado una caldera de alta eficiencia energética y suelo radiante como sistema de calefacción y una chimenea especial con un serpentín cerámico en el tiro que aprovecha mucho más el calor producido en la misma para acumularlo en estas piezas cerámicas y poder incorporarlo progresivamente al ambiente debido a la gran inercia térmica del sistema. Estas especificaciones constructivas, unidas a la elección de material de acabado tanto de la fachada como de la cubierta (piedra caliza blanca hidrofugada en fachadas y cobre en cubierta) tienen un coste económico alto, con lo que la inversión inicial se incrementa.

Este cuestionario podrá ser presentado anexo a mi trabajo. ¿Le gustaría mantener su identidad anónima?

Puedes presentarlo de manera anónima o con mis datos....como prefieras.

Muchas Gracias por su colaboración,

Atentamente,

Katia Pena Gayo
 Curso Arquitectura y Urbanismo
 Escola Superior Gallaecia, Portugal
 Tlf. 685 14 27 93 Email: katiapenagayo@hotmail.com

DISERTACIÓN CIENTÍFICA SOBRE "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN GALICIA"

CUESTIONARIO

El presente cuestionario forma parte de una investigación que trata sobre la arquitectura bioclimática en Galicia. Está incluida dentro de un trabajo académico de final de carrera.

El objetivo del cuestionario es identificar las técnicas bioclimáticas que se están utilizando en Galicia. Su contribución es esencial para el desenvolvimiento de esta investigación, debido a su conocimiento y experiencia en el área de estudio.

Nombre Bioconstrucción Someso y colaboradores (Coord. Juan Bello)

1. ¿En cuáles de sus obras realizadas en Galicia ha conseguido mejores resultados en cuanto a la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática?

Uso de la construcción /Localización de la obra/año construcción

- A) Módulo bioclimát. experimental docente "A Vieira"/A Coruña/ 2012
 B)
 C)

2. Marque con una X cuales de las siguientes técnicas bioclimáticas han sido utilizadas en las obras nombradas en los puntos anteriores A, B y C :

TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS	A	B	C
Captación directa (Ventanales mayoritariamente al sur)	X		
Galería- Invernadero adosado			
Muro Trombe			
Sistema Barra –Constantini			
Sistema termosifón			
Muros de agua			
Cubiertas de agua			
Suelo acumulador de grava	X		
Barrera protectora de vientos			
Aislamiento térmico $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	X		
Pozo canadiense			
Inmersión en tierra			
Cubierta vegetal	X		
Inercia térmica de los cerramientos			
Orientación norte-sur de la obra	X		
Deshumidificación del ambiente	X		
Protecciones solares	X		
Umbráculos			
Protección con vegetación			
Cubierta ventilada			
Fachada ventilada			

Ventilación cruzada			
Chimenea solar			
Aspiración estática			
Chimenea de viento			
Patios			
Ventilación por recalentamiento de fachada o cubierta			
Vegetación (enfriamiento evaporativo)			
Masas de agua (enfriamiento evaporativo)			
Otros (especificar cuáles) Solera para acumulación térmica a base de concha de mejillón	X		

3. ¿Se ha encontrado barreras (económicas, constructivas, climáticas ...) a la hora de aplicar alguna de estas técnicas en Galicia? En caso afirmativo especifique cuales
Se trata de un ejercicio práctico de construcción bioclimática realizado con criterios de bioconstrucción para contar con un recurso didáctico de primera mano en el CIP Someso de A Coruña destinado a la formación.

Ha sido realizado por el colectivo de profesores que integran "Bioconstrucción Someso" en colaboración con diversas entidades de ámbito autonómico, nacional e internacional en el desarrollo de las siguientes actividades:

Proyecto de Innovación en la formación profesional 2011

Recursos didácticos para la construcción bioclimática

Actividad formativa internacional 2011-12

ECOLOGICAL BUILDING WITH STRAWBALES IN VOCATIONAL TRAINING

Proxecto de innovación tecnolóxica 2014

SOLUCIÓNS ENERXÉTICAS E DE CLIMATIZACIÓN NATURAL NA BIOCONSTRUCCIÓN

Con fondos procedentes de: Ministerio de Educación Cultura y Deporte.

Consellería de educación de la Xunta de Galicia. Fondo social europeo.

Este cuestionario podrá ser presentado anexo a mi trabajo. ¿Le gustaría mantener su identidad anónima?

Consideramos muy importante el reconocimiento de su valor como recurso didáctico en la formación profesional y por tanto su mención en el trabajo.

Muchas Gracias por su colaboración,

Atentamente,

Katia Pena Gayo

Curso Arquitectura y Urbanismo

Escola Superior Gallaecia, Portugal

Tlf. 685 14 27 93 Email: katiapenagayo@hotmail.com

4.4. Fotografías de los casos de estudio

A. Vivienda bioclimática en Coirós. A Coruña. 2009.



Fig. 187: Fachada sur



Fig. 188: Fachada este



Fig. 189: Perspectiva general de la vivienda



Fig. 190: Vista interior



Fig. 191: Patio



Fig. 192: Espacio interior

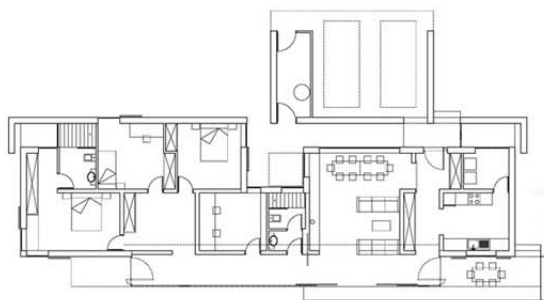


Fig. 193: Planta baja

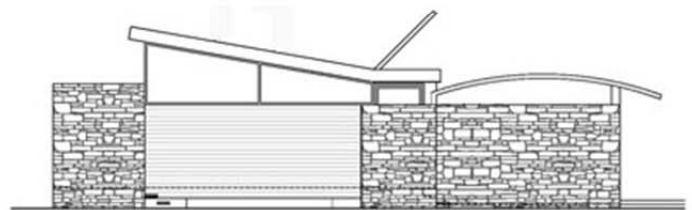


Fig. 194: Alzado este de la vivienda

B. Vivienda bioclimática en Carral, A Coruña. 2011.



Fig. 195y 196: Fachada sur antes última reforma



Fig. 197: Reforma colocación de fachada ventilada



Fig. 200: Fachada sur fachada de pizarra



Fig. 198 Vista de perfilera de aluminio y aislamiento de poliestireno extruido de 50 mm. de espesor.



Fig. 199: Aislamiento de espuma de poliuretano para evitar puentes térmicos.

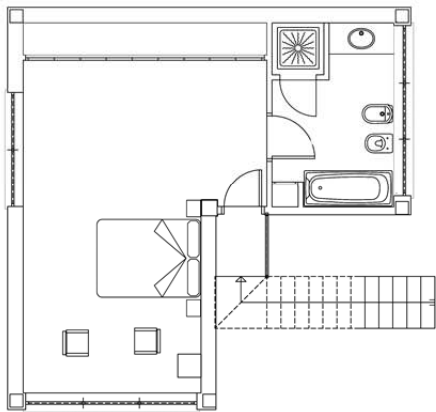


Fig. 201: Planta alta

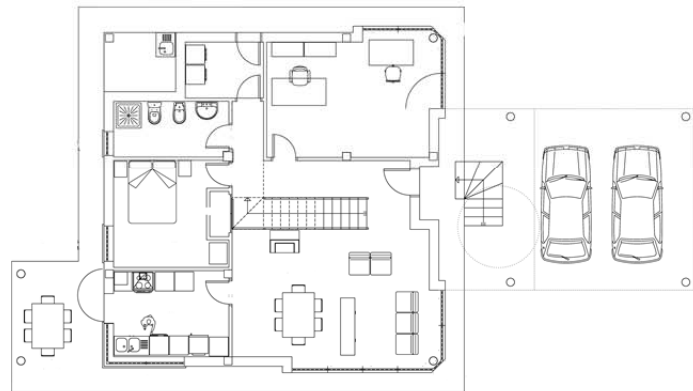


Fig. 202: Planta baja

C. Vivienda bioclimática en Oleiros, A Coruña. 2006.



Fig. 203: Fachada sur



Fig. 204: Vista fachada sur



Fig. 205: Vista interior del invernadero



Fig. 206: Vista interior del invernadero



Fig. 207: Vista superior del invernadero



Fig. 208: Vista interior

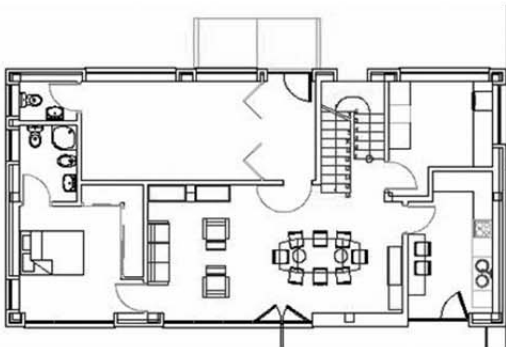


Fig. 209: Planta baja de la vivienda

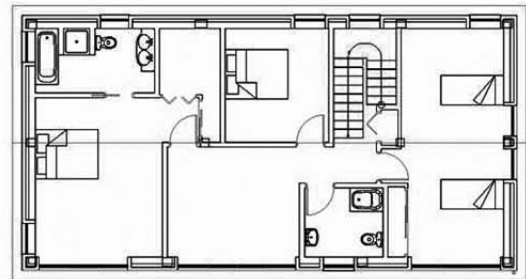


Fig. 210: Planta primera de la vivienda



Fig. 211: Alzado sur



Fig. 212: Alzado norte

D. Albergue de ecoturismo Alvarella, Pontedeume, A Coruña. 2000.



Fig. 213: Fachada sur



Fig. 214: Perspectiva general



Fig. 215: Pérgola en fachada sur



Fig. 216: Perspectiva general



Fig. 217: Cocina solar- educación ambiental a niños



Fig. 218: Parte posterior – fachada norte



Fig. 219: Fachada sur

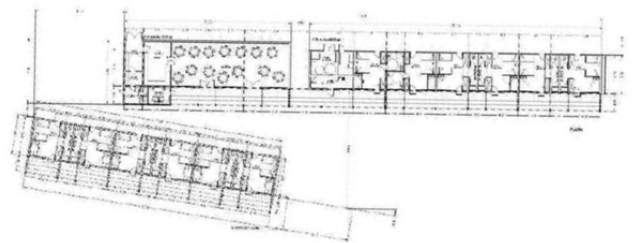


Fig. 220: Planta del albergue

E. Centro Ágora, San Pedro de Visma. A Coruña. 2012



Fig. 221: Detalle cubierta vegetal



Fig. 222: Vista interior

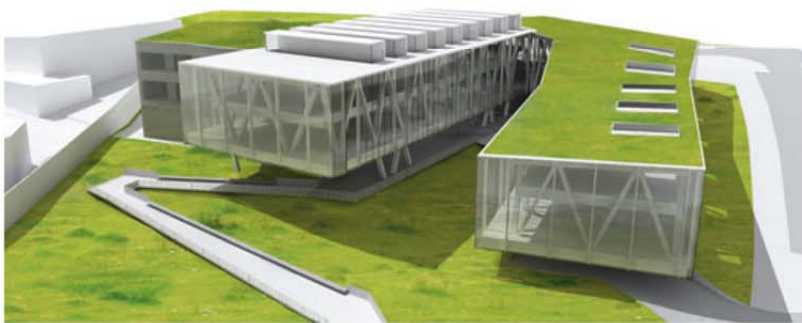


Fig. 223: Perspectiva general del edificio



Fig. 224: Detalle ilucernario



Fig. 225: Vista interior



Fig. 226: Detalle interior

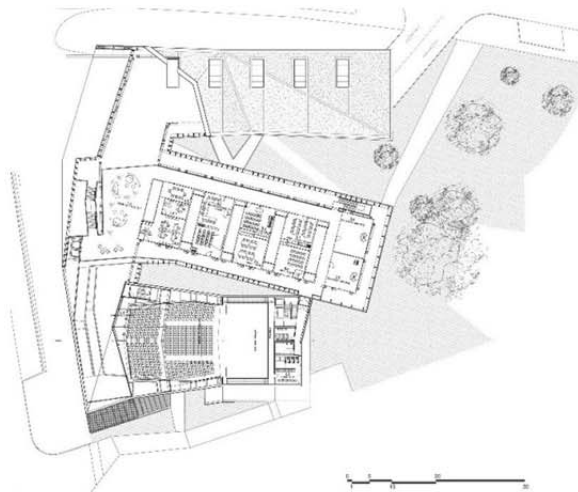


Fig. 227: Planta baja

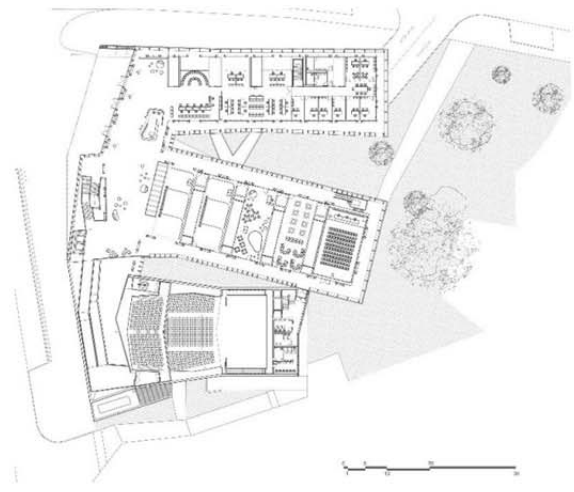


Fig. 228: Planta primera

F. Soneu, casa pasiva en Portonovo, Pontevedra. 2013.



Fig. 229: Fachada sur

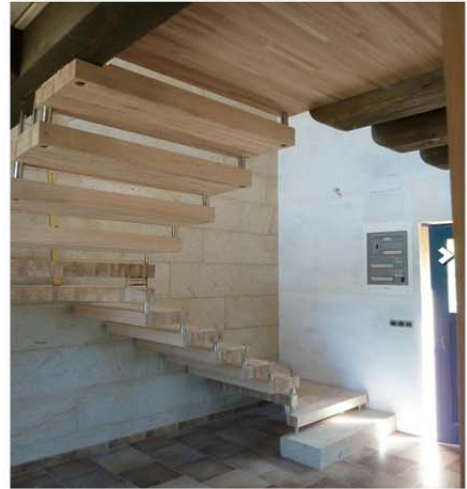


Fig. 230: Vista interior



Fig. 231: Perspectiva de la fachada norte

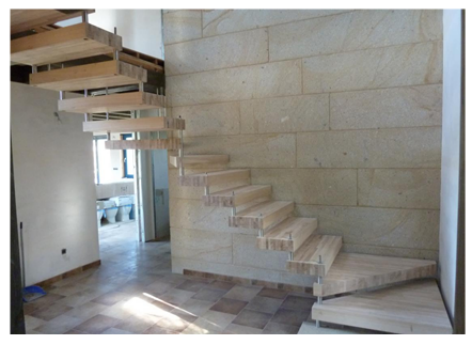


Fig. 232: Vista interior



Fig. 233: Perspectiva de la vivienda

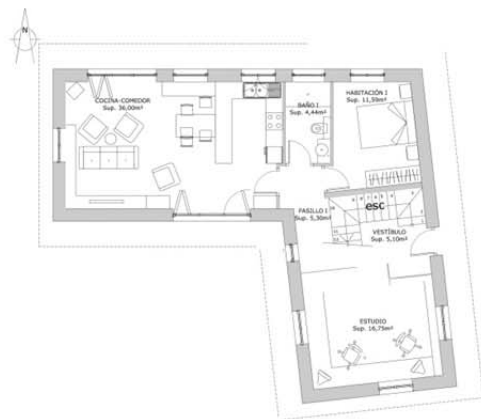


Fig. 234: Planta baja vivienda

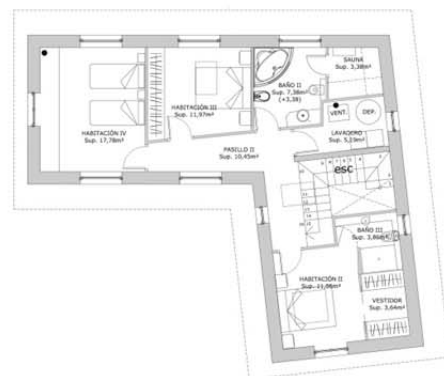


Fig. 235: Planta alta vivienda

G. Videira, casa pasiva en Cangas, Pontevedra .2012.



Fig. 236: Fachada sur



Fig. 237: Vista interior



Fig. 238: Fachada norte



Fig. 239: Cubierta vegetal

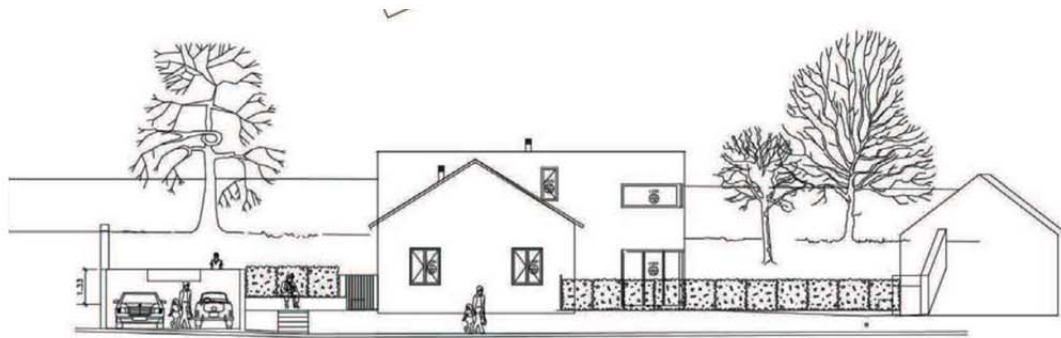


Fig. 240: Alzado suroeste



Fig. 241: Planta baja de la vivienda

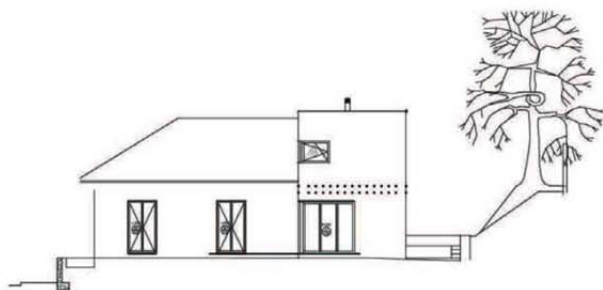


Fig. 242: Alzado sureste

H. Vivienda Laranxeiro, Ponteareas .2014.



Fig. 243: Fachada sureste



Fig. 244: Perspectiva de la vivienda



Fig. 245: Vista interior



Fig. 246: Fachada noroeste en madera

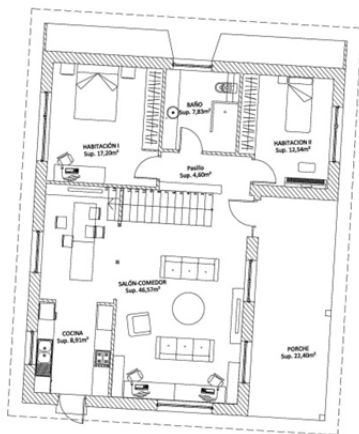


Fig. 247: Planta alta de la vivienda

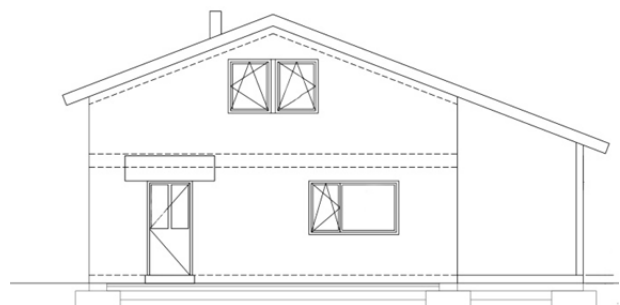


Fig. 248: Alzado sur

I. Vivienda pasiva en Gondomar, Pontevedra. 2000.



Fig. 249: Fachada sur de la vivienda



Fig. 250: Fachada este



Fig. 251: Patio interior



Fig. 252: Vista interior



Fig. 253: Vista interior

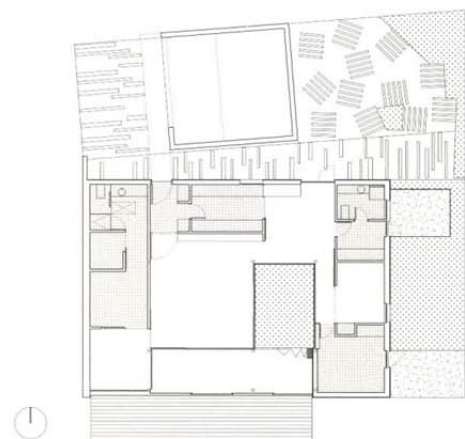


Fig. 254: Planta de la vivienda

J. Vivienda pasiva en Sanxenxo, Pontevedra. 2002.



Fig. 255: Perspectiva de la vivienda Fig. 256: Ligera elevación de la obra sobre el terreno Fig. 257: Detalle de la fachada



Fig. 258: Fachada este

Fig. 259: Vista fachada sur

Fig. 260: Vista interior

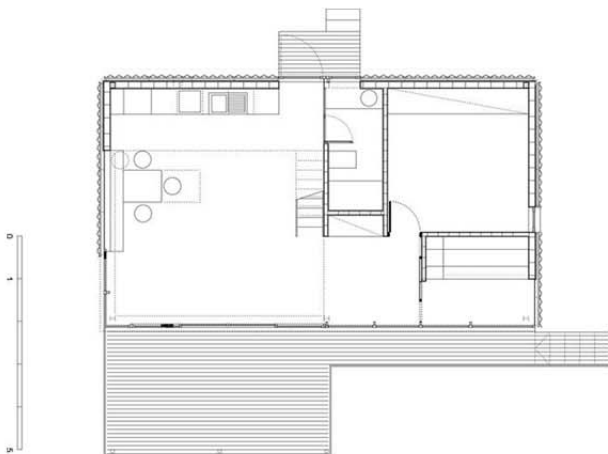


Fig. 261: Planta baja de la vivienda

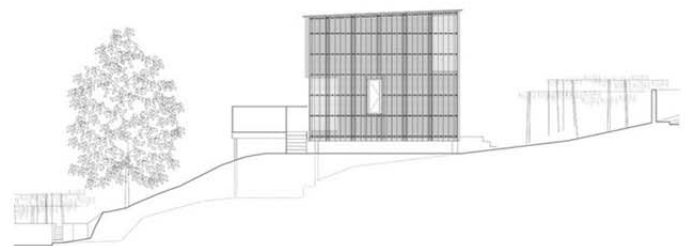


Fig. 262: Alzado este de la vivienda

IPD
vivienda en San Xosé
escala: 1/100

K. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, Vigo. 2009.



Fig. 263: Fachada sur



Fig. 264: Vista interior



Fig. 265: perspectiva de las fachadas sur y oeste

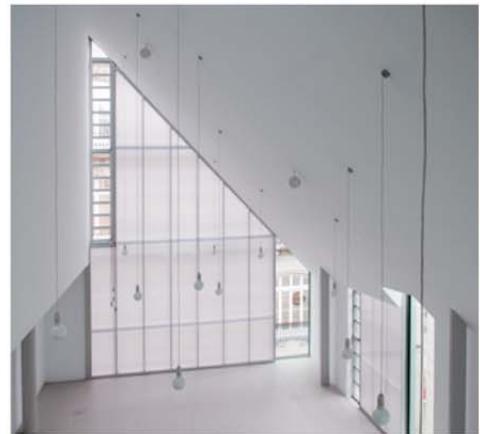


Fig. 266: Vista interior



Fig. 267: Detalle zona de acceso

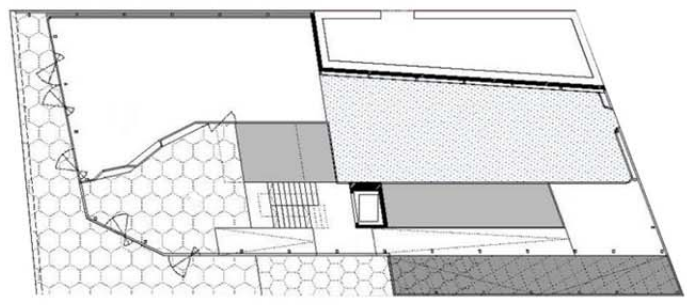


Fig. 268: Planta baja del edificio

L. A Vieira, módulo experimental, A Coruña. 2012.



Fig. 269: Módulo finalizado



Fig. 270: Maqueta- Detalle estructura de madera



Fig. 271: Acabado interior barro, detalle de barro de Galicia



Fig. 272: detalle acabado cal exterior



Fig. 273: Aislamiento de corcho en arista de tejado



Fig. 274: Detalle interior balas de paja

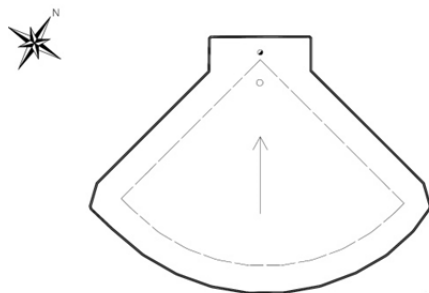


Fig. 275: Planta de cubierta

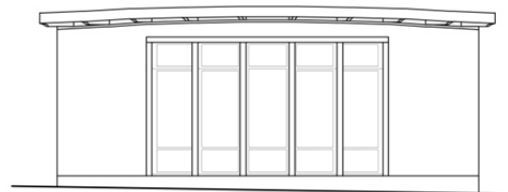


Fig. 276: Alzado sureste

M. Vivienda en Pontecaldelas, Pontevedra.



Fig. 277: Perspectiva general



Fig. 278: Vista parcial



Fig. 279: Perspectiva general



Fig. 280: Vista interior



Fig. 281: Vista interior

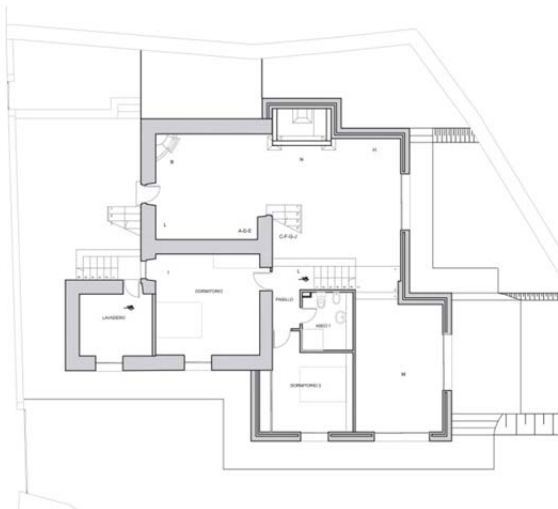


Fig. 282: Planta baja de la vivienda

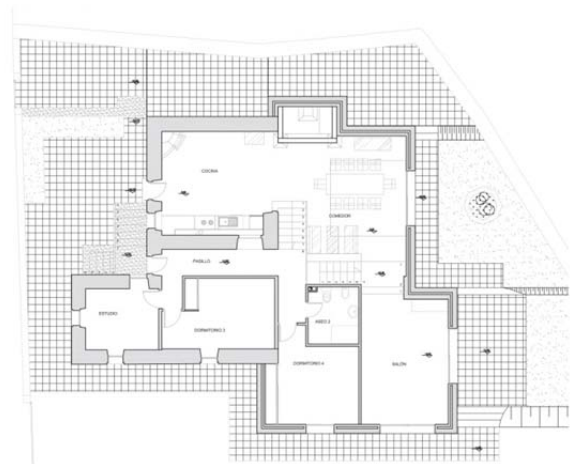


Fig. 283: Planta alta de la vivienda

N. Bioalvo, centro de investigación, A Coruña. 2014.



Fig. 284: Vista fachada sur



Fig. 285: Fachada este del edificio



Fig. 286: Detalle encofrado de la cimentación



Fig. 287: Detalle gaviones rellenos de conchas



Fig. 288: Vista interior

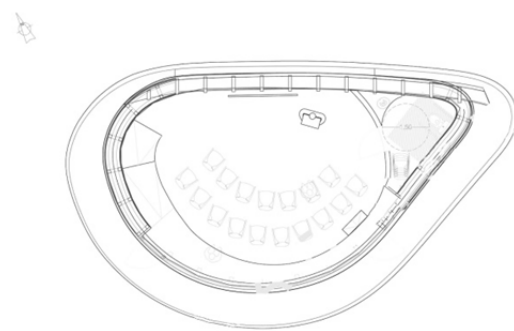


Fig. 289: Planta del edificio

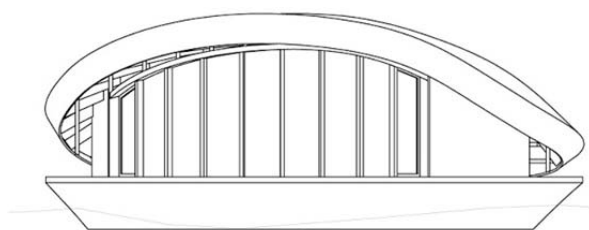


Fig. 290: Alzado sur

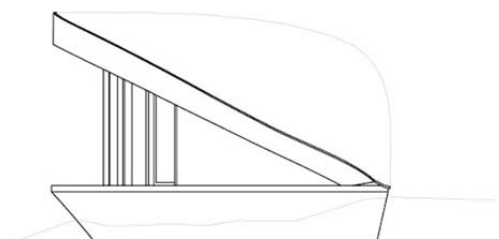


Fig. 291: Alzado este

Ñ. Vivienda bioclimática en Framil, Ames, A Coruña. 2013.



Fig. 292: Fachada principal



Fig. 293: Perspectiva general



Fig. 294: Perspectiva general



Fig. 295: Fachada principal

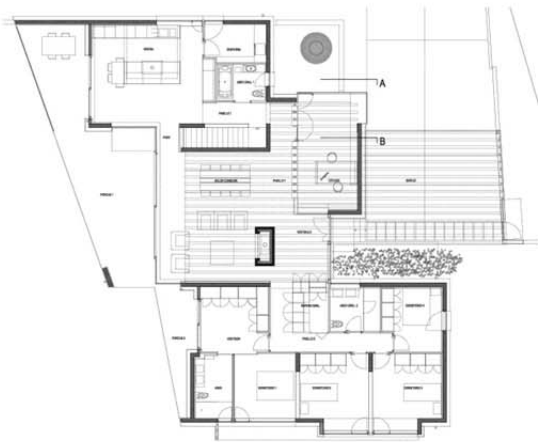


Fig. 296: Planta baja

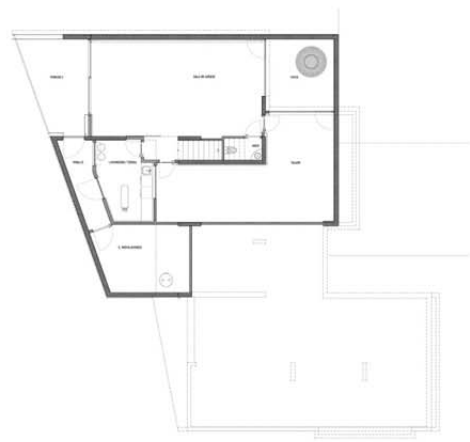


Fig. 297: Planta semisótano

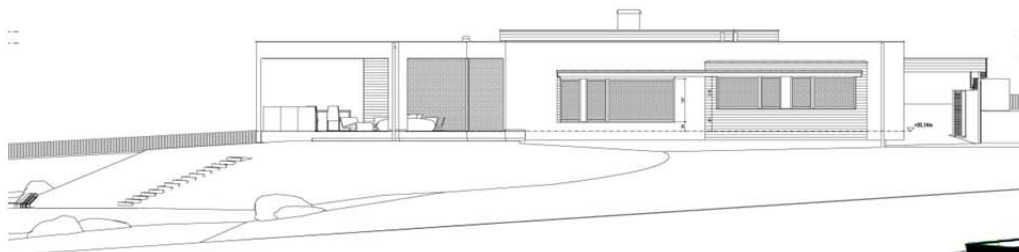


Fig. 298 Alzado sur

O. Casa Bewood en Santiago de Compostela .2012.



Fig. 299: Perspectiva de la vivienda



Fig. 300: Perspectiva de la vivienda



Fig. 301: Fachada captación solar



Fig. 302: Estructura de madera (durante la obra)



Fig. 303: Planta baja

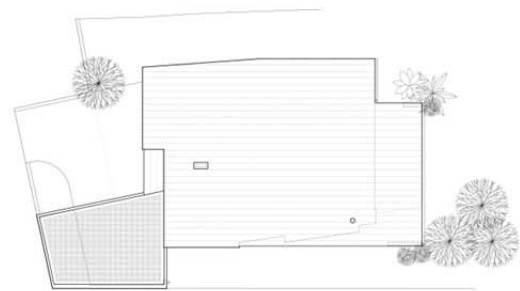


Fig. 304: Planta de cubiertas

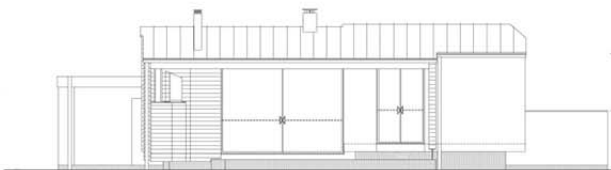


Fig. 305: Alzado sur



Fig. 306: Alzado norte

P. Villa Ana, en Santiago de Compostela. 2012.



Fig. 307: Fachada noreste



Fig. 308: Fachada sureste



Fig. 309: Fachada noreste



Fig. 310: Perspectiva general



Fig. 311: Fachada noreste



Fig. 312: Planta de la vivienda

Q. Vivienda en Ferreiriños, Teo. A Coruña. 2011.



Fig. 313: Perspectiva general



Fig. 314: Perspectiva general

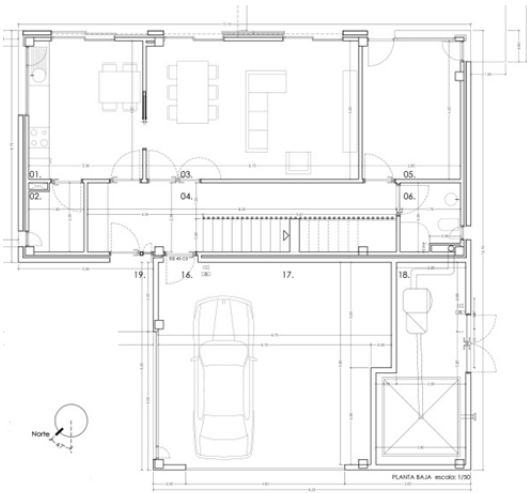


Fig. 315: Planta baja de la vivienda

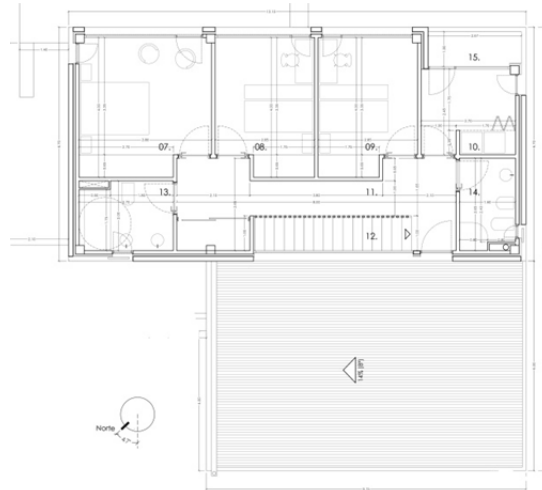


Fig. 316: Planta alta de la vivienda

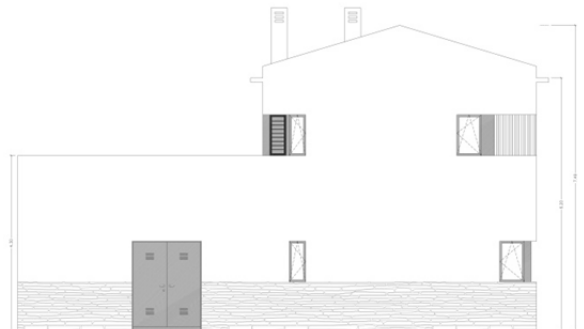


Fig. 317: Alzado suroeste

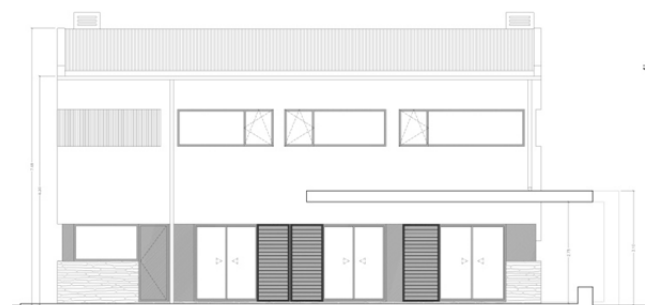


Fig. 318: Alzado sureste

R. Vivienda unifamiliar en Ames, A Coruña .2010.



Fig. 319: Fachada sur con muros de gaviones



Fig. 320: Detalle baranda



Fig. 321: Fachada sur



Fig. 322: Vista parcial de la vivienda

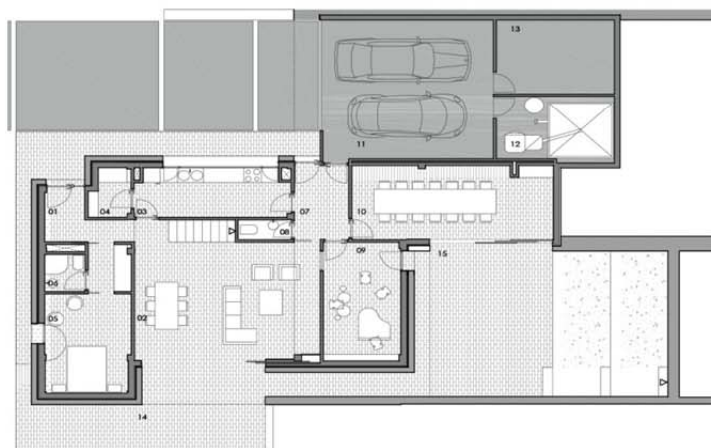


Fig. 323: Planta baja de la vivienda

S. Vivienda unifamiliar en Aceña de Olga, Lugo (sin fecha).



Fig. 324: Fachada principal



Fig. 325: Perspectiva general



Fig. 326: Fachada principal

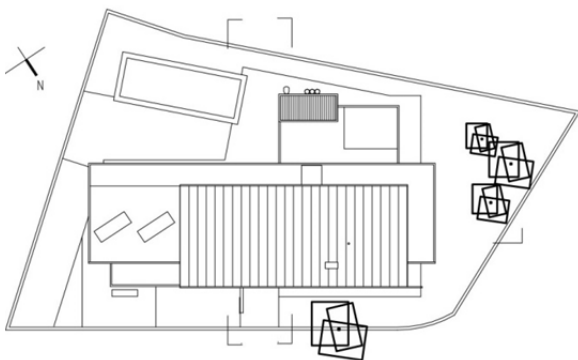


Fig. 327: Planta de cubiertas

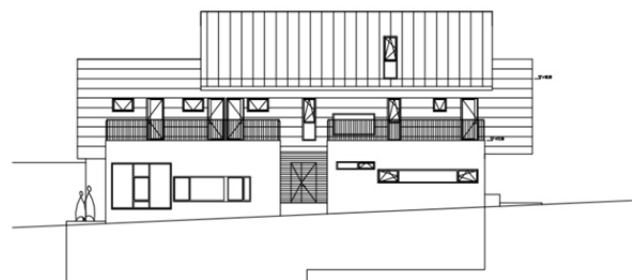


Fig. 328: Alzado noreste

T. Vivienda unifamiliar en O Incio, Lugo. 2009.



Fig. 329: Fachada sur



Fig. 330: Fachada este



Fig. 331: Fachada norte

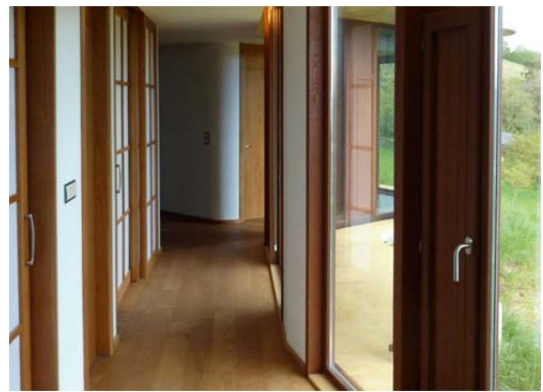


Fig. 332: Galería fachada sur

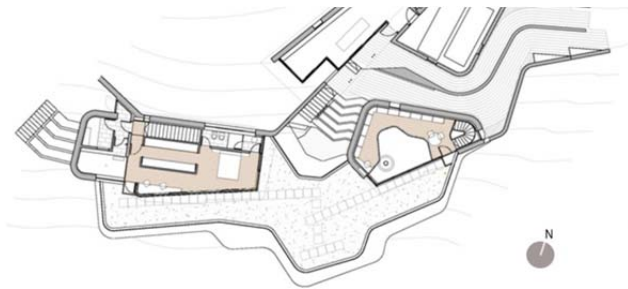


Fig. 333: Planta primera



Fig. 334: Alzado fachada norte



Fig. 335: Alzado fachada sur



Fig. 336: Sección

U. Vivienda unifamiliar en Celanova, Ourense .2010.



Fig. 337: Vista desde el sureste



Fig. 338: Fachada norte



Fig. 339: Perspectiva general de la vivienda



Fig. 340: Vista desde el oeste



Fig. 341: Planta de la vivienda

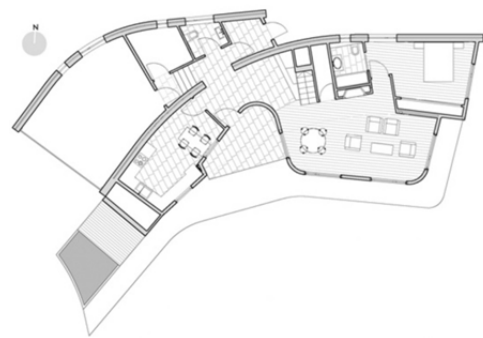


Fig. 342: Planta de la vivienda



Fig. 343: Planta de la vivienda

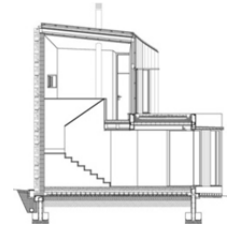


Fig. 344: Planta de la vivienda

V. Stella Feuga, edificio, Santiago de Compostela. 2001.



Fig. 345: Vista desde el sureste



Fig. 346: Vista desde el este



Fig. 347: Detalle interior de la galería



Fig. 348: Detalle del alero



Fig. 349: Detalle de lucernario



Fig. 350: Detalle de la galería

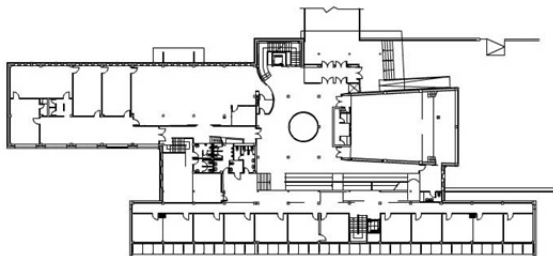


Fig. 351: Planta intermedia

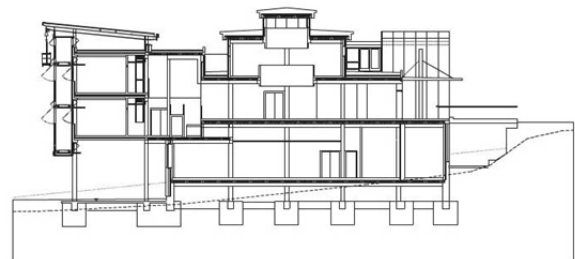


Fig. 352: Sección del edificio

W. Vivienda experimental fundación Sotavento en Momán- Xermade, Lugo. 2000.



Fig. 353: Perspectiva general de la vivienda



Fig. 354: Umbráculo fachada sur



Fig. 355: Vista interior



Fig. 356: Perspectiva fachadas sur y oeste



Fig. 357: Vista interior



Fig. 358: Vista interior



Fig. 359: Planta de la vivienda

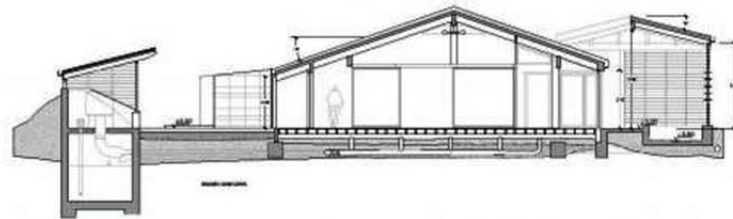


Fig. 360: Sección



Fig. 361: Sección

X. Centro de educación ambiental As Corcerizas, San Mamede, Ourense. 2002.



Fig. 362: Perspectiva general



Fig. 363: As Corcerizas en invierno



Fig. 364: Cubierta vegetal



Fig. 365: Perspectiva general

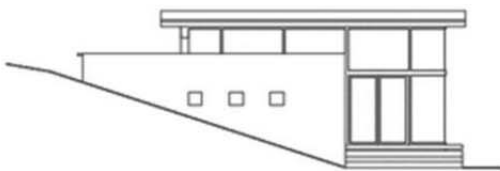


Fig. 366: Alzado oeste

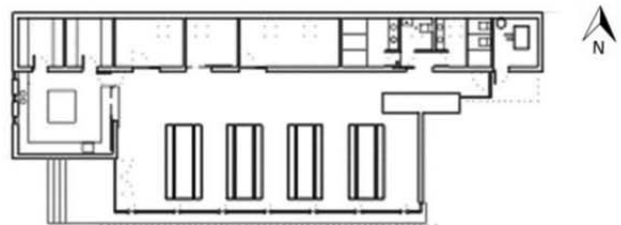


Fig. 367: Planta edificio comedor

Enero 2016
Arquitectura bioclimática en Galicia: Ahorro energético y confort
Katia Pena Gayo