

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN ESPAÑA: TEORÍA, ANÁLISIS Y APLICACIÓN PRÁCTICA

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN ESPAÑA: TEORÍA, ANÁLISIS Y APLICACIÓN PRÁCTICA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE ARQUITECTURA

Trabajo de Fin de Grado en
Fundamentos de la Arquitectura

Junio 2025



Universidad de Valladolid

Alumna: Beatriz Bastero Martínez
Tutor: Alejandro Cabeza
Cotutor: Alfredo Llorente



ETSAVA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.	7
1.1. Palabras clave	8
1.2. Resumen	9
1.3. Objetivos.....	10
1.4. Metodología.....	11
2. FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.	12
2.1. Definición y principios.	14
2.2. Bienestar y confort térmico.	17
2.3. Estrategias pasivas.	21
2.3.1. Orientación y distribución de estancias.	22
2.3.2. Factor de forma del edificio.....	24
2.3.3. Calentamiento solar pasivo.....	26
2.3.4. Inercia térmica.....	30
2.3.5. Sombreamiento.	32
2.3.6. Ventilación.	34
2.3.7. Sombreamiento con ventilación.	37
2.3.8. Enfriamiento evaporativo.	38
2.3.9. Aprovechamiento climático del suelo y el entorno.....	42
2.4. Estrategias activas.	44
2.4.1. Sistemas de captación solar térmica.	45
2.4.2. Sistemas de captación fotovoltaica.	46



2.4.3. Estructuras termoactivas.....	47
2.4.4. Bombas de calor.	48
2.4.5. Energía eólica.....	50
2.4.6. Recuperación de energía y free cooling.....	53
2.4.7. Máquinas de absorción.....	55
2.5. Herramientas de análisis y diseño.....	56
2.5.1. Climograma de bienestar de Giovoni.....	56
2.5.2. Climograma de bienestar de Olgyay.	58
2.5.3. Carta Solar.	59
2.5.4. Máscaras de sombra.	60
3. CLIMAS DE ESPAÑA Y PROPUESTA DE SUS CLIMAS MÁS REPRESENTATIVOS.	61
3.1. Clasificación climática (Köppen / CTE).....	62
3.2. Propuesta de climas principales en España según CTE.....	66
4. ADAPTACIÓN BIOCLIMÁTICA SEGÚN EL CLIMA.	67
4.1. Análisis de los diferentes climas en España según el Climograma de Givoni.....	69
4.2. Conclusiones obtenidas en base al análisis de los climas.....	82
5. CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE PROYECTOS BIOCLIMÁTICOS.	83
5.1. Caso 1- Vivienda Sotavento.....	85
5.1.1. Estrategias bioclimáticas.	85
5.1.2. Análisis según Givoni.	90
5.1.3. Valoración crítica.....	90
5.2. Caso 2 - BLASCO Eco-House.....	91
5.2.1. Estrategias bioclimáticas.....	91



5.2.2. Análisis según Givoni.	95
5.2.3. Valoración crítica.	95
5.3. Caso 3 - Vivienda unifamiliar Rio Tajo 9	96
5.3.1. Estrategias bioclimáticas.	96
5.3.2. Análisis según Givoni.	101
5.3.3. Valoración crítica.	101
6. APORTACIÓN FINAL.	102
6.1. Conclusiones obtenidas a partir del estudio realizado.	103
6.2. Diseño de herramienta como tablas de diseño para la arquitectura bioclimática.	106
BIBLIOGRAFÍA	110



INTRODUCCIÓN

FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

CLIMAS DE ESPAÑA Y PROPUESTA DE SUS CLIMAS MÁS REPRESENTATIVOS

ADAPTACIÓN BIOCLIMÁTICA SEGÚN EL CLIMA

CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE PROYECTOS BIOCLIMÁTICOS

APORTACIÓN FINAL

1 • INTRODUCCIÓN.



1.1. Palabras clave

Energía – Sostenibilidad – Diseño – Adaptación – Eficiencia – Optimización – Confort – Bienestar



1.2. Resumen

Proyectar arquitectura desde unos estándares de diseño basados en los fundamentos de la arquitectura bioclimática resulta necesario en el contexto actual, ya que permite optimizar los recursos naturales disponibles para mejorar el confort interior, reducir el consumo energético y minimizar el impacto ambiental. Tanto la manera de construir como su mantenimiento posterior se deben tener en cuenta, la aplicación de principios bioclimáticos es un factor importante para reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ del sector de la construcción.

Este trabajo analiza cómo las estrategias bioclimáticas pueden adaptarse a las distintas condiciones climáticas de España, integrando soluciones pasivas y activas que reduzcan el impacto ambiental de la edificación, buscando la sostenibilidad y eficiencia energética.

A través de un estudio teórico y práctico, se describen los principales climas en España y se evalúa cómo deben adaptarse las intervenciones arquitectónicas en cada uno de ellos. Como parte final, se analizan tres casos representativos de arquitectura bioclimática en distintas zonas climáticas del país, y se presenta una tabla de diseño basada en los principios estudiados, con el fin de aportar una herramienta de decisión adaptada a cada contexto.



1.3. Objetivos

El objetivo principal es contribuir a la integración de criterios bioclimáticos en el diseño arquitectónico mediante un enfoque práctico, contextualizado y replicable.

A partir de este enfoque se trazan unos objetivos específicos, los cuales son:

1. Investigar los documentos teóricos de la arquitectura bioclimática publicados, diferenciando las estrategias pasivas y activas aplicables en función del contexto climático.
2. Establecer una clasificación propia de los climas de España según los criterios del sistema de Köppen y del Código Técnico de la Edificación (CTE).
3. Analizar casos prácticos construidos, evaluando su comportamiento bioclimático con base en el climograma de Givoni.
4. Diseñar unas tablas de apoyo al diseño bioclimático, de elaboración propia, que oriente las decisiones arquitectónicas en función del clima.



1.4. Metodología

El desarrollo del estudio se estructura en las siguientes fases:

1. Revisión bibliográfica: investigación sobre los principios publicados de la arquitectura bioclimática y las estrategias de diseño pasivo y activo.
2. Clasificación climática del territorio español: a partir de datos obtenidos según las clasificaciones del sistema Köppen y del Código Técnico de la Edificación (CTE), se han definido las zonas climáticas más representativas en España. Posteriormente, se ha empleado el software *Climate Consultant*, que permite generar climogramas de Givoni. Estas gráficas han sido clave para seleccionar estrategias pasivas apropiadas para cada clima.
3. Análisis de casos prácticos: Se han seleccionado tres viviendas construidas con criterios bioclimáticos en los distintos entornos climáticos seleccionados. A través del estudio de documentación técnica, planos y volumetrías, se ha evaluado su adecuación a las condiciones del lugar mediante un análisis comparativo basado en el climograma de Givoni.
4. Elaboración de unas tablas de diseño: Como aportación personal, se han desarrollado tablas comparativas, que funcionan como una herramienta práctica de apoyo al diseño bioclimático.



INTRODUCCIÓN

FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

CLIMAS DE ESPAÑA Y PROPUESTA DE SUS CLIMAS MÁS REPRESENTATIVOS

ADAPTACIÓN BIOCLIMÁTICA SEGÚN EL CLIMA

CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE PROYECTOS BIOCLIMÁTICOS

APORTACIÓN FINAL

2. FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.



Este apartado trata de explicar qué es la arquitectura bioclimática y cuáles son sus aspectos fundamentales. Para ello, en primer lugar, se introducen unas definiciones básicas que permitan comprender qué se entiende por arquitectura bioclimática, así como sus principios generales, centrados en la relación entre el entorno natural y el diseño arquitectónico. Se abordan también conceptos de confort térmico y bienestar ambiental, los cuales tiene como objetivo conseguir las condiciones habitables óptimas con el mínimo impacto ambiental y energético. Estos conceptos se tratan desde un punto de vista funcional, integrando aspectos físicos y fisiológicos.

Posteriormente, se establece la distinción entre estrategias pasivas y activas de diseño. Las estrategias pasivas aprovechan los recursos climáticos locales (sol, viento, humedad, inercia térmica, etc.) para regular las condiciones interiores, mientras que las estrategias activas suponen el uso de tecnologías que optimizan el rendimiento energético del edificio, integrando sistemas de producción, almacenamiento y gestión de energía. Son sostenibles si se integran correctamente en el diseño, ya que se alimentan de fuentes renovables.

Finalmente, se presentan las herramientas de análisis y diseño para la arquitectura bioclimática, las cuales son de gran ayuda en las fases de anteproyecto: el climograma de bienestar de Givoni, el climograma de bienestar de Olgyay, la carta solar y las máscaras de sombra.

2.1. Definición y principios.

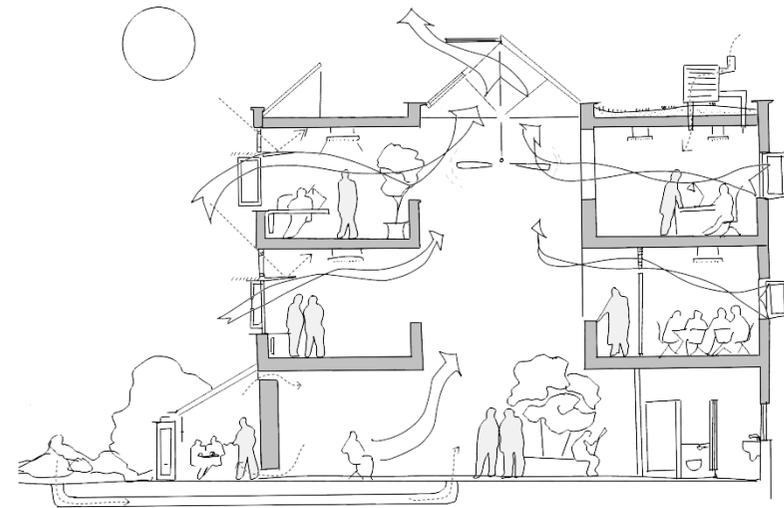
Barranco Arévalo (2014) afirmó que:

La arquitectura Bioclimática se define como un conjunto de elementos arquitectónicos, constructivos y pasivos, capaces de transformar las condiciones del microclima para lograr valores que lo acerquen a las condiciones de Bienestar termo fisiológico del ser humano, utilizando preferentemente energías pasivas, en pos de la reducción de los consumos de energía y minimización de impactos negativos al medio ambiente. (p.34)

Por otro lado, según Cortés Cely (2013):

Givoni plantea la relación confort humano, clima y arquitectura de manera integral, es decir, no puede concebirse el diseño de un edificio sin los criterios y estrategias ambientales que permitan generar en el usuario niveles de habitabilidad y salud sin detrimento de su condición humana. (p. 6)

Las energías pasivas, ayudan a minimizar el consumo de energías, aprovechando al máximo las cualidades del entorno (condiciones del terreno, recorrido del sol, corrientes de aire, humedad y agua). Por otro lado, las activas son



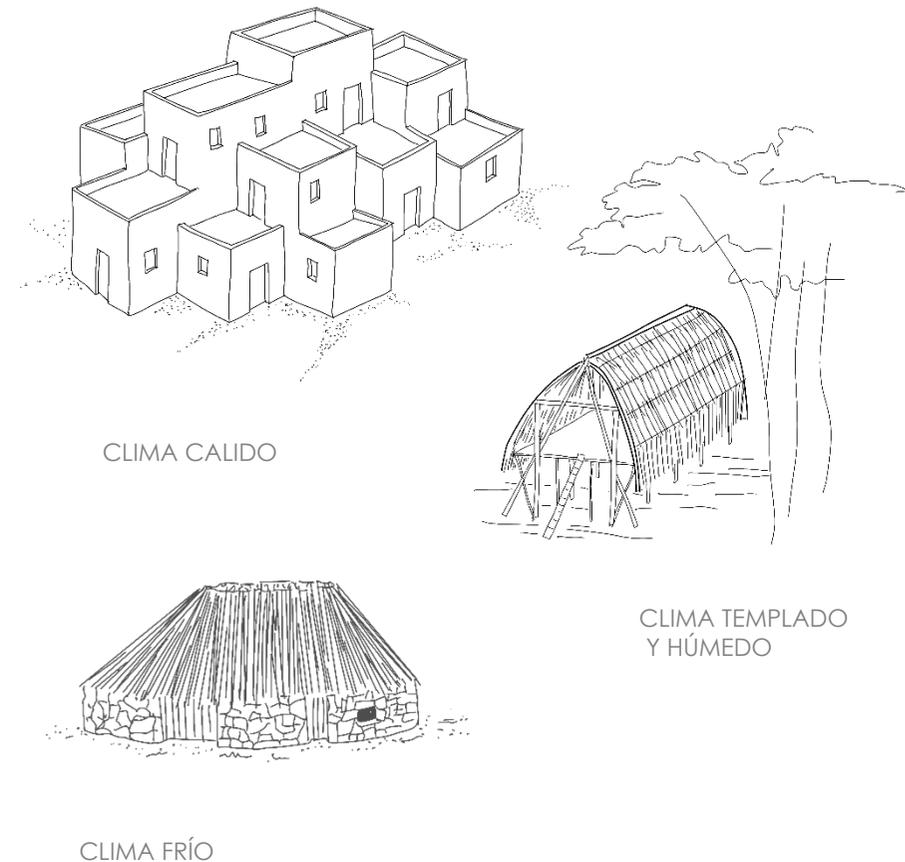
[Figura 1]. Estrategias de la arquitectura bioclimática. ¹

¹ Las fuentes de las figuras y tablas se encuentran referenciadas en la sección de bibliografía.

instalaciones que nos ayudan a consumir una energía más sostenible y limpia. Disminuyendo el consumo y la dependencia de energías no renovables.

A lo largo de la historia, la humanidad ha ido adaptándose a sus propios climas, utilizando materiales autóctonos y estrategias convenientes en función de su ubicación. Creando así diversas formas de vivienda según su origen, con expresiones constructivas marcadas por su carácter regional. De manera que entre estas tipologías existen grandes diversidades, no es lo mismo construir en un clima frío que en uno cálido, y no solamente se diferencian en términos espaciales sino también por su estilo de vida.

Pero con el paso del tiempo, la dispersión de la población y el avance tecnológico ha provocado el intercambio de ideas, implantando tipos de arquitectura, materiales o sistemas constructivos no adecuados para determinadas zonas. La utilización de materiales autóctonos y elementos constructivos originales era una respuesta en base al clima de cada sitio, sin embargo, sacarlo fuera de contexto acaba haciendo que pierda todo su sentido, además de generar un impacto ambiental y comprometer la salud de las personas. El desarrollo de sistemas que permiten tener un grado de bienestar en las viviendas a través de energías no renovables y la forma de construcción en base a la viabilidad económica y la disponibilidad técnica, ha generado la pérdida de estos principios. No obstante, como consecuencia de estas acciones, ha repercutido en la sociedad incremen-



[Figura 2]. Tipos de viviendas según el clima en el que se encontraban.



tando la preocupación por el impacto ambiental, debido a las crecientes evidencias de cómo las actividades humanas afectan al planeta.

La conciencia sobre la sostenibilidad ambiental y el impacto generado tanto por la fase de construcción (materiales, recursos, transporte) como la vida útil y la demolición de un edificio (residuos, emisiones), ha ido adquiriendo importancia debido a varios factores interrelacionados. Uno de ellos es el incremento de temperaturas y fenómenos meteorológicos, como abundantes lluvias o deshielos, ha hecho que muchas disciplinas busquen soluciones más ecológicas. El agotamiento de recursos no renovables también es una circunstancia importante, que ha generado la búsqueda de alternativas más sostenibles.

El concepto de eficiencia energética en edificios se refiere a la cantidad de energía requerida para lograr las condiciones ambientales deseadas mientras minimiza el consumo de energía. Por ello no implica necesariamente la presencia o el cambio de sistemas tecnológicos. Esta reducción puede lograrse mediante una mejor gestión y organización, priorizando soluciones pasivas que aseguren el confort sin consumo energético. A ello se pueden sumar estrategias activas, que, aunque requieren energía, son complementarias si se integran adecuadamente en el diseño y se alimentan con fuentes renovables.

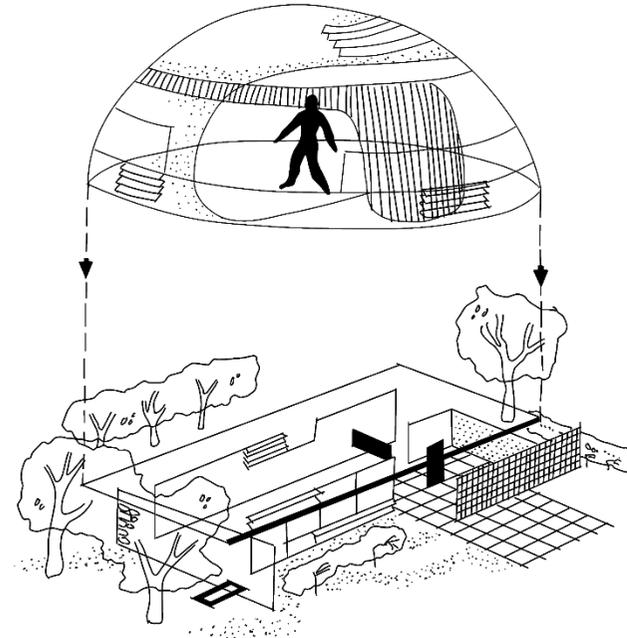
2.2. Bienestar y confort térmico.

Según Givoni (1976), el confort térmico se refiere a un intervalo de condiciones ambientales interiores que resultan aceptables para los ocupantes, ya que no provocan sensaciones de calor o frío. Esta percepción incluye tanto la sensación térmica directa como el malestar causado por la humedad en la piel, resultado de la transpiración.

Según ASHRAE (2004) e ISO (2005), el confort térmico se entiende como un estado mental que refleja la satisfacción del individuo con las condiciones del ambiente térmico.

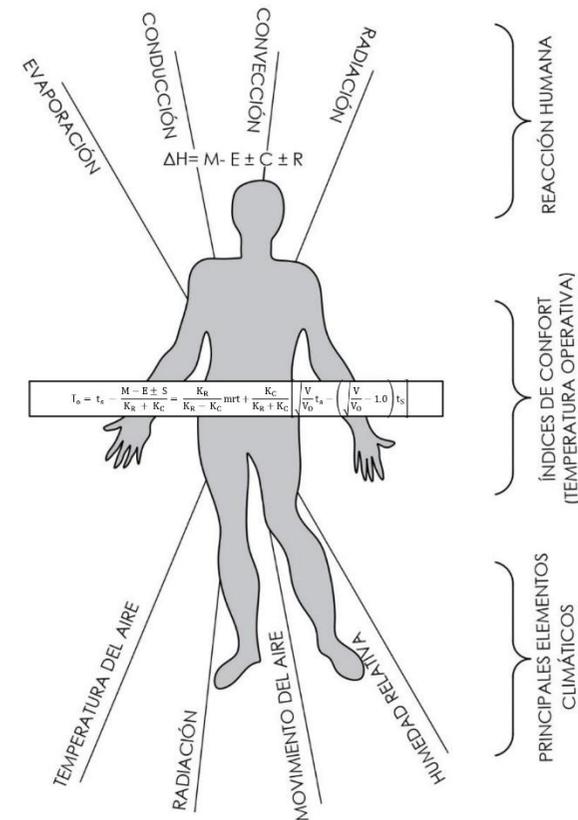
“La confortabilidad puede ser definida como el conjunto de condiciones en las que los mecanismos de autorregulación son mínimos o como la zona delimitada por unos umbrales térmicos en la que el mayor número de personas manifiesten sentirse bien.” (Felipe Fernández García, 1994, p.109)

El concepto de confort admite diversas definiciones, pero en todas se encuentra presente la idea de equilibrio térmico entre el ser humano y el medio que lo rodea. En 1970, P. O. Fanger publicó *Thermal Comfort*, una de las investigaciones más detalladas sobre el tema. Para ello, tomó en consideración diversos factores, entre ellos:



[Figura 3]. Interpretación teórica de la vivienda equilibrada.

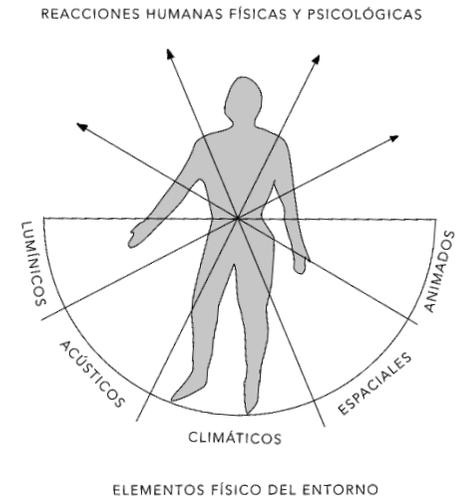
- Temperatura del aire: Es la temperatura del aire que rodea a una persona. Se mide en °C o °K.
- Temperatura media radiante: Es la temperatura que desprenden por radiación las superficies que nos rodean, como paredes, suelos o techos. Se calcula teniendo en cuenta la temperatura de esas superficies. Lo ideal es que sea parecida a la temperatura del aire. Se mide en °C o °K.
- Velocidad del aire: trata de cómo de rápido se mueve el aire en un punto determinado, sin importar la dirección. Se mide en metros por segundo (m/s). Puede afectar a nuestro cuerpo provocando una sensación de frescor, debido a la pérdida de calor por convección
- Humedad relativa: Es la cantidad de vapor de agua que hay en el aire comparado con la máxima que podría haber según la temperatura y presión. Se expresa en porcentaje (%). Existen límites que pueden ser perjudiciales, una humedad muy baja (menos del 20%) aumenta el riesgo de infecciones y malestar, mientras que una humedad alta (por encima del 60%) intensifica la sensación de calor al dificultar la evaporación del sudor, provocando el bochorno.
- Nivel de actividad (metabolismo): Está relacionado con la energía que genera el cuerpo al realizar actividades. Se mide en MET. Una unidad de MET equivale al consumo de oxígeno de 3,5 mililitros por kilogramo de peso y por minuto.



[Figura 4]. Relación entre el cuerpo humano y los elementos climáticos.

- Índice de vestimenta (clo): se refiere a cuánta protección térmica ofrece la ropa. Por ejemplo, 0 clo es no tener nada, 0.5 clo es ropa ligera de verano, 1 clo es un conjunto de ropa normal, y 1.5 clo es ropa de invierno. (1 clo equivale a 0.155 metros cuadrados por kelvin partido por vatio($m^2 \cdot K/W$))
- Temperatura operativa: es la temperatura hipotética y uniforme, en la que una persona tendría el mismo intercambio de calor por convección y radiación que en un entorno real con condiciones térmicas desiguales.

No obstante, el ser humano constituye la medida de referencia respecto a la arquitectura, ya que la vivienda se construye para satisfacer sus necesidades. Tanto el clima como la luz, el sonido o el espacio afectan directamente en el cuerpo humano, existiendo una lucha para conseguir ese equilibrio biológico, produciendo a su vez diversas reacciones físicas y psicológicas. Por lo que, también hay que tener en cuenta otros parámetros más personales, difíciles de evaluar individualmente:



[Figura 5]. El ser humano como medida central en la arquitectura.

ESTÍMULO	SENTIDO	ÓRGANO RECEPTOR	ÓRGANO TRANSMISOR	RESPUESTA
CALOR	Sentido criostésico	Corpúsculos de Krauss (frío) y de Ruffini (calor)	Nervio sensitivo	SENSACIÓN
LUZ	Sentido de la vista	Ojo	Nervio óptico	
SONIDO	Sentido del oído	Tímpano	Nervio auditivo	
OLOR	Sentido del olfato	Cavidad olfativa	Nervio sensitivo	

[Tabla 1]. Estímulos y sensaciones.



Como conclusión, se puede resumir en estos parámetros de bienestar:

Parámetros geográficos	Latitud
	Altitud
Parámetros climáticos	Temperatura
	Humedad
	Movimiento del aire
	Radiación
Parámetros personales	Actividad
	Arropamiento
	Edad
	Sexo
	Previsibilidad subjetiva
Parámetros del espacio interior	Tiempo de ocupación
	Gradiente vertical de temperatura
	Radiación de onda larga emitida por los paramentos interiores
	Variación periódica de la temperatura
	Asimetría radiante entre paramentos

[Tabla 2]. Relación de parámetros vinculados al bienestar.

2.3. Estrategias pasivas.

Para crear una arquitectura climáticamente equilibrada, que permita el confort humano, hay que aprovechar las potencialidades de todos los recursos naturales, reduciendo las tensiones innecesarias.

Las estrategias pasivas constituyen una parte fundamental de la arquitectura bioclimática, ya que permiten mejorar las condiciones de habitabilidad interior mediante el aprovechamiento directo de los recursos naturales del entorno, sin necesidad de recurrir a sistemas mecánicos. Estas estrategias se diseñan desde las fases iniciales del proyecto y responden a variables climáticas como la orientación, la radiación solar, la inercia térmica, la ventilación o la vegetación.

Su correcta aplicación contribuye significativamente al confort térmico, al tiempo que reduce la demanda energética del edificio. Según el Doctor F. Javier Neila González en su libro *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, estas pueden ser las actuaciones de manera sintetizada para una arquitectura bioclimática (Tabla 3)

De manera que se explicarán con más detalle en los apartados siguientes, además de otras que de una forma u otra guardan relación y se consideran también relevantes a la hora del diseño.

Calefacción	Sistema de captación de calor	Directa
		Indirecta
	Sistema de Acumulación	Directos
		Indirectos
Calefacción	Sistema de distribución	Directa, superficial
		Indirecta, por conducción del aire
	Humidificación	
Refrigeración	Protección Solar	Protección de huecos
		Protección de cerramientos
	Refrigeración	Por masa térmica
		Por evaporación
	Ventilación natural	
	Deshumidificación convencional	

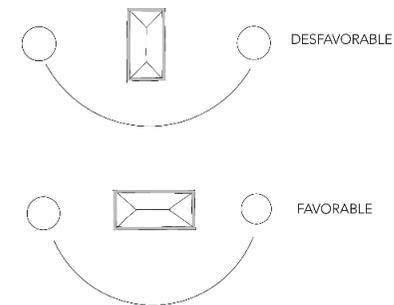
[Tabla 3]. Actuaciones para un sistema bioclimático.

2.3.1. Orientación y distribución de estancias.

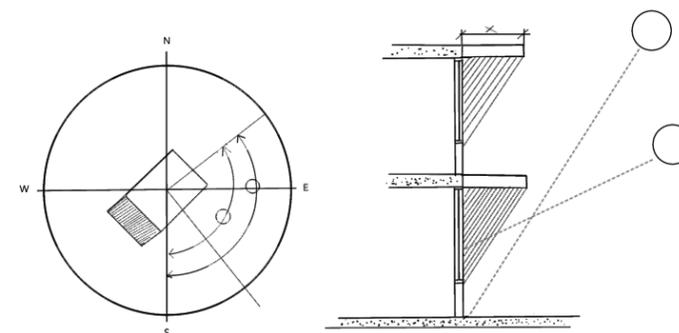
Desde un primer momento hay que tener en cuenta que el lugar donde se ubique el proyecto será un factor importante, con la forma y orientación correcta se puede reducir el consumo un 30-40% sin ningún gasto adicional.

Aunque en gran parte de España los veranos son cálidos y prolongados, durante la mayor parte del año las necesidades de calefacción superan a las de refrigeración. Por esta razón, resulta fundamental que el diseño arquitectónico de una vivienda aproveche al máximo la trayectoria solar. Dada la ubicación de España, el sol se desplaza desde el este hacia el oeste, alcanzando su punto más alto y estable de irradiación en la orientación sur. Esta orientación permite captar más luz y calor solar durante los meses fríos, reduciendo así la necesidad de calefacción artificial y mejorando el confort térmico en el interior del edificio. Por ello se puede decir que un edificio situado en su eje longitudinal Este-Oeste consume mucho menos que si está situado en el eje Norte-Sur.

El correcto diseño y la adecuada utilización de los materiales y sistemas constructivos, así como las estrategias de diseño ayudarán a que el edificio tenga mejor eficiencia energética. También se debe tener en cuenta las necesidades que se tienen que satisfacer y las costumbres culturales de cada zona para conseguir el adecuado confort.



[Figura 6]. Diagrama explicativo de orientación.

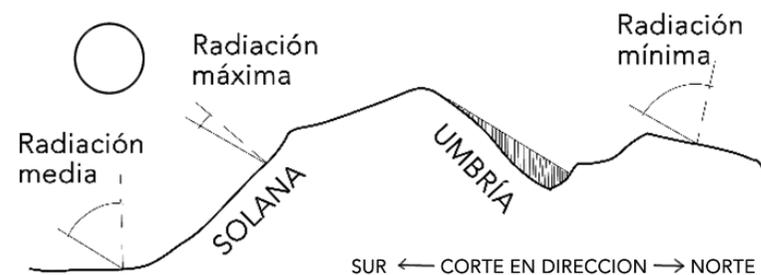


[Figura 7]. Diagrama explicativo de la orientación y la incidencia del sol en un ejemplo concreto.

No obstante, no siempre es posible mantener una adecuada orientación debido a diferentes causas, se puede emplear otras medidas pasivas tales como sistemas de protección ya sean fijos o móviles, reflexión de paramentos claros, etc. Dependerá de las condiciones del entorno, la topografía del lugar, su vegetación o tipología de suelo para que se seleccionen unas protecciones solares u otras, según mejor se adapte a las circunstancias de cada fachada. Al final cada sitio se caracteriza por su microclima.

Asimismo, se toma en cuenta también el diseño de las estancias, otro aspecto que está directamente vinculado con lo mencionado anteriormente. Su diseño dependerá de las actividades que se realicen en ellas y en dependencia de los conceptos de la iluminación natural. Las zonas con más uso, es decir, con más actividad por parte de los usuarios son los espacios que mayor confort requieren, estas estancias deberían situarse en la fachada sur. A su vez, las divisiones que no requieran de mucha utilización se colocaran en fachada norte.

Por otro lado, es importante optimizar la distribución de los espacios, de tal forma que el calor generado en una zona (como una cocina o baño) pueda beneficiar a otras estancias de mayor uso. Además de que el uso de materiales con inercia térmica ayuda a mantener este calor, evitando que haya pérdidas y manteniendo estable la temperatura.



[Figura 8]. Esquema de incidencia del sol según emplazamiento.

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Dormitorios	●	●	●	●	●	●		
Estar				●	●	●	●	
Comedor			●	●	●	●	●	
Cocina			●	●	●			
Biblioteca	●	●						●
Lavadero	●	●						●
Sala de juegos				●	●	●	●	
Secadero				●	●	●	●	
Baños	●	●	●	●	●	●	●	●
Espacios de usos múltiples	●	●						●
Garaje	●	●	●	●	●	●	●	●
Taller	●	●						●
Terrazas			●	●	●	●	●	
Porche				●	●	●	●	

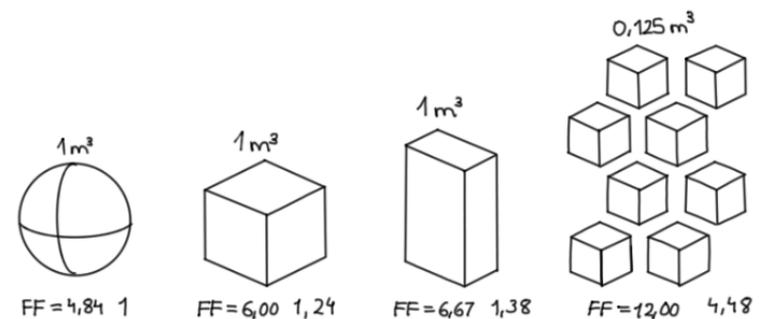
[Tabla 4]. Orientaciones sugeridas para las distintas estancias.

2.3.2. Factor de forma del edificio.

La superficie de la envolvente y el volumen de un edificio son factores clave en cuanto al aprovechamiento climático y la relación que tiene con el entorno. La envolvente del edificio representa el límite físico entre el interior y el exterior, a través del cual se produce el intercambio de calor.

Por otro lado, el volumen del edificio está relacionado con la capacidad de almacenamiento de energía. Por tanto, el factor de forma se define como el cociente entre la superficie de la envolvente y el volumen del edificio. Como respuesta a este tema planteado, el edificio óptimo constaría de la mínima superficie en su envolvente para reducir todo lo posible las pérdidas, pero con el mayor volumen de almacenaje.

La NBE-CT-79 ya hacía referencia a este concepto para establecer las condiciones térmicas exigibles a los edificios en España, que fue recogido luego por el CTE de 2019 concretamente en el DB HE-1, donde marca la obligación de diseñar y construir edificios de manera que demanden poca energía para alcanzar las condiciones de confort. Eso implica considerar la compacidad del edificio como factor principal.



[Figura 9]. Ejemplo en la que la proporción de una superficie con el mismo volumen aumenta un 448%.



[Figura 10]. Fotografía de Familia esquimal y su iglú en la Exposición Alaska-Yukón-Pacífico (Seattle, 1909).



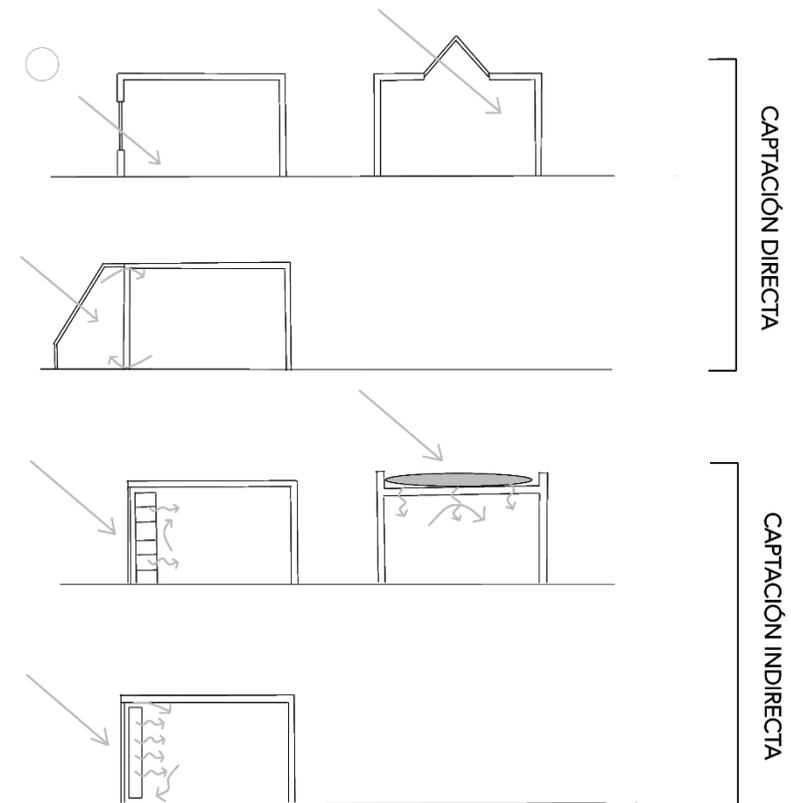
[Figura 11]. Fotografía de WoZoCo de MVRDV, Ámsterdam (1997).

2.3.3. Calentamiento solar pasivo.

Según Carballeira (2017), el diseño pasivo de un edificio se enfoca en su envolvente arquitectónica, mientras que el calentamiento activo implica el uso de fuentes externas de energía, distintas de la solar térmica, para climatizar térmicamente el espacio.

Dependiendo de la zona climática en la que se ubique el proyecto, puede interesar aprovechar la energía solar para calentar o puede ser que se quiera rechazar esta exposición y favorecer a la ventilación. En este sentido, la disposición y el diseño de los huecos adquieren un papel clave. La captación solar puede ser de dos formas, una a través de los huecos (captación directa) que permite la entrada de la radiación, y la otra almacenando el calor de forma indirecta sin el requerimiento de abrir huecos. Por ello, se enuncian dos grandes tipos:

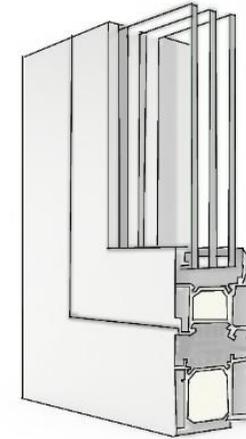
- Captación solar directa
- Captación solar indirecta



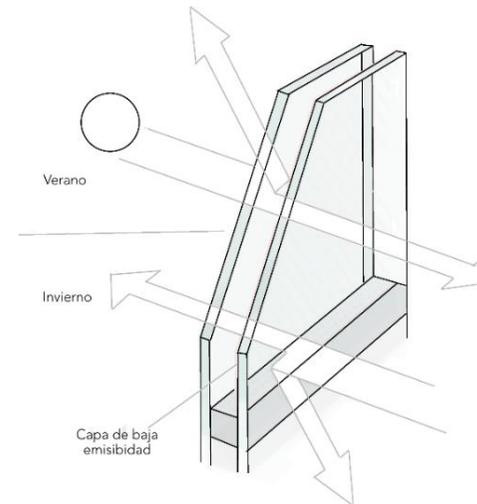
[Figura 12]. Esquemas de captación.

Captación directa: a través de los huecos para acumular energía solar, resultan eficaces los acristalamientos de alta eficiencia que permiten la entrada de radiación solar al tiempo que reducen las pérdidas térmicas. Existen diferentes tipos, algunos de ellos son:

- Vidrio doble o triple: son vidrios formados por dos o tres capas, separadas por espacios de aire o gas, que actúan como aislamiento térmico. Esta capa de aislamiento tiene baja conductividad térmica, por lo que la transferencia de calor entre el interior y el exterior es baja. De esta forma, se consigue minimizar las pérdidas en invierno, mientras que en verano se evita el ingreso de calor no deseado.
- Vidrio de baja emisividad: pueden dividirse en: vidrios de alta ganancia solar para climas fríos (invierno) y vidrios de baja ganancia solar para climas cálidos (verano). Los primeros permiten que entre el calor del sol para aprovechar el calentamiento natural en invierno. A la vez, reflejan el calor interior hacia dentro, reduciendo la pérdida de energía. Mientras que los otros bloquean gran parte de la radiación solar, reduciendo la cantidad de calor que entra. En ambos modelos se aplica una capa de óxido metálico (capa de baja emisividad), la cual actúa como barrera térmica. Sin embargo, su comportamiento varía en función de la dirección del flujo térmico y del tipo específico de vidrio low-e.



[Figura 13]. Esquema de sección de ventana COR 80 Industrial Passivhaus (triple vidrio).



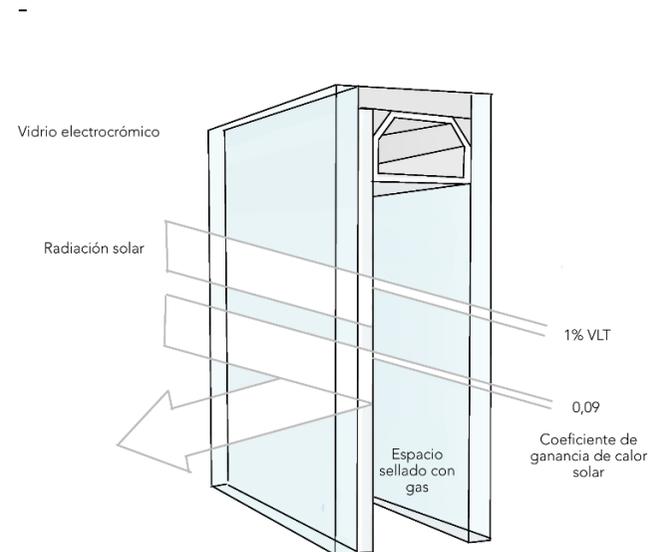
[Figura 14]. Esquema de funcionamiento de vidrio de baja emisividad.

- Vidrio electrocrómico: su funcionamiento se basa en el cambio de opacidad o color dependiendo de la intensidad de la luz solar o la temperatura ambiente. En verano el vidrio puede oscurecerse de tal forma que no permita la entrada de radiación solar, y aclararse durante los días fríos para que entre la luz.

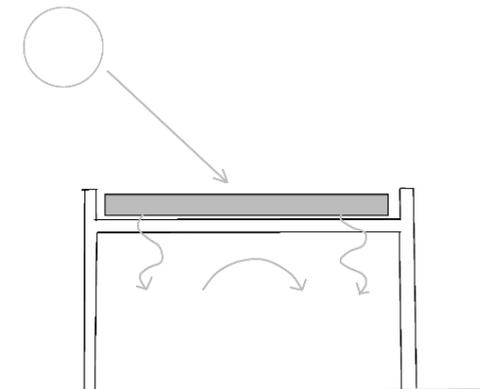
Es importante destacar que la captación de radiación solar depende en gran medida del ángulo de incidencia del sol. Cuando el sol está alto, su inclinación es mayor y la radiación incide de forma más oblicua, lo que reduce la captación. En cambio, durante las temporadas en las que el sol está más bajo, los rayos solares inciden casi perpendicularmente, favoreciendo la captación de gran parte de la radiación.

Captación indirecta: sin necesidad de abrir huecos en la envolvente del edificio. Para ello, se recurre a sistemas solares térmicos pasivos, cuyo principio de funcionamiento es a base de la captación solar a través de las superficies, almacenando esta energía en elementos de masa térmica. Dos ejemplos pueden ser:

- Techos solares pasivos: gracias a un material absorbente, como pueden ser paneles o superficies oscuras, captan la radiación del sol y el calor se transfiere al interior a través de conductos de ventilación natural o por contacto directo a las superficies interiores.

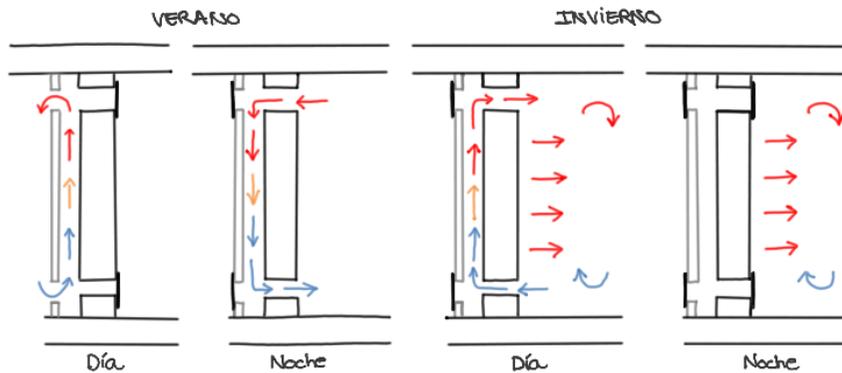


[Figura 15]. Esquema de funcionamiento de vidrio electrocrómico.



- Muro Trombe: se trata de una pared de alta masa térmica, que puede estar formada por ladrillo, concreto o piedra, una cámara de aire de entre 5 a 15 cm y un revestimiento de vidrio. El muro dispone de huecos en su apoyo y remate. Suele estar en la fachada sur cuando nos encontramos en el hemisferio norte y en la fachada norte cuando es el hemisferio sur. El vidrio permite la entrada de radiación solar, gracias a los vidrios de elevada transmisividad, de forma que traspasa fácilmente y calienta la pared interna de dicho muro, donde se va almacenando este calor para luego liberarlo de forma gradual una vez que bajan las temperaturas. Este sistema fue diseñado especialmente para elevar las ganancias de calor en el interior.

En el caso de que se quiera evitar el calentamiento, es adecuado incorporar fachadas de doble piel o sistemas de fachada ventilada que reduzcan la transmisión del calor al interior.



[Figura 17]. Esquemas de muro trombe en verano e invierno.



[Figura 18]. Fotografía del proyecto Solar House de Jaques Michel & Félix Trombe, en Odeillo, Font-Romeu-Odeillo-Via, France (1967).

2.3.4. Inercia térmica.

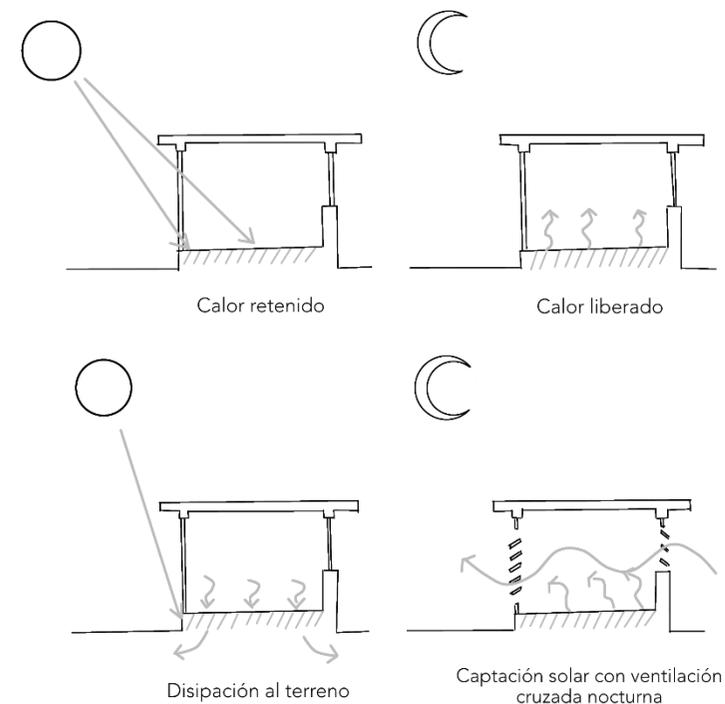
La inercia es la capacidad de ciertos materiales en conservar la energía térmica, de forma que una vez acumulada se va liberando de forma gradual. De este modo, se puede disminuir la necesidad de climatizar un edificio. Tradicionalmente, esto se asocia a materiales con alta masa térmica como el hormigón, la piedra o el adobe. No todos los materiales tienen la misma inercia térmica, dependerá de sus características.

Para lograr una temperatura interior constante a lo largo del día, es conveniente emplear materiales con alta inercia térmica. Este tipo de materiales pueden ser el granito o el adobe, que son capaces de absorber el calor durante las horas de mayor radiación solar y liberarlo de forma gradual durante la noche, junto con la ventilación cruzada nocturna, es una gran estrategia pasiva para climas cálidos.

En climas fríos, en cambio, la estrategia constructiva suele priorizar el uso de estos materiales combinados con elevados niveles de aislamiento térmico. Estas edificaciones se caracterizan por muros con espesores importantes de material aislante, carpinterías de alta estanqueidad y un diseño orientado a minimizar las pérdidas de calor. Todo ello favorece la acumulación de captación solar, aprovechando la inercia térmica y generando el calentamiento interior.

Cada orientación de fachada necesitara una solución distinta. En la fachada sur es conviene combinar superficies

transparentes que permitan la entrada de luz con materiales que acumulen el calor. En cambio, en las fachadas norte, este y oeste, es más adecuado priorizar el aislamiento y la capacidad de los materiales para conservar la temperatura interior.



[Figura 19]. Esquema de captación y distribución de la energía.

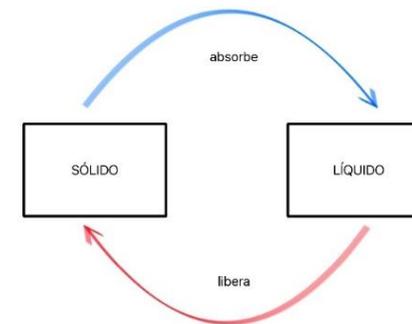
Una estrategia pasiva avanzada que se puede incorporar en este contexto son los PCM (Phase Change Materials). Se tratan de materiales que almacenan calor por calor latente de cambio de fase, no por su calor específico como lo hacen otros materiales, y resultan especialmente útiles en edificios donde no es posible incorporar elementos pesados.

Son materiales que tienen la capacidad de almacenar y liberar energía en forma de calor cuando se produce un cambio de fase. Absorben el calor cuando pasa de estado sólido a líquido y lo liberan al solidificarse. Este proceso ocurre a una temperatura muy específica, que varía según el material, lo que les permite almacenar y liberar grandes cantidades de energía térmica de manera eficiente. Los PCM se pueden incorporar en los elementos constructivos, tanto en las paredes como en los techos, cubiertas y suelos.

Hay diferentes tipos de PCM, pueden ser:

- PCM orgánicos: compuestos de ácidos grasos e hidrocarburos. Son bastante estables, pero más costosos, además de ser más inflamables y tener menor estabilidad química.
- PCM inorgánico: como las sales hidratadas, metales y aleaciones. Mayor densidad energética, menor inflamabilidad y mejor estabilidad química. Pero pueden sufrir daños como la congelación o degradación por los continuos cambios de fase.

- PCM eutécticos: son mezclas de diferentes componentes, que tienen en común el punto de fusión, siendo un valor bien definido y fijo. Son más complejos que los anteriores, pero pueden ofrecer un mejor rendimiento térmico



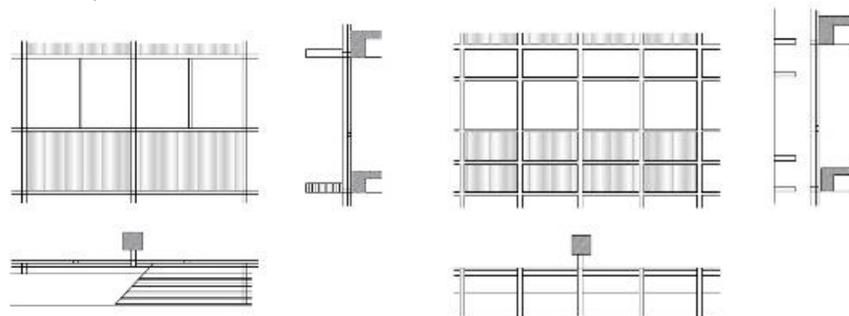
[Figura 20]. Esquema de los aislamientos de cambio de fase.

2.3.5. Sombreamiento.

No siempre se desea la captación de radiación solar, es más, se evita cuando la temperatura del aire exterior supera la mínima de confort interior. Para ello existen diseños arquitectónicos, elementos o materiales que regulan la cantidad de radiación solar que ingresa al interior. Estas protecciones se dividen en fijas o móviles:

Protecciones solares fijas:

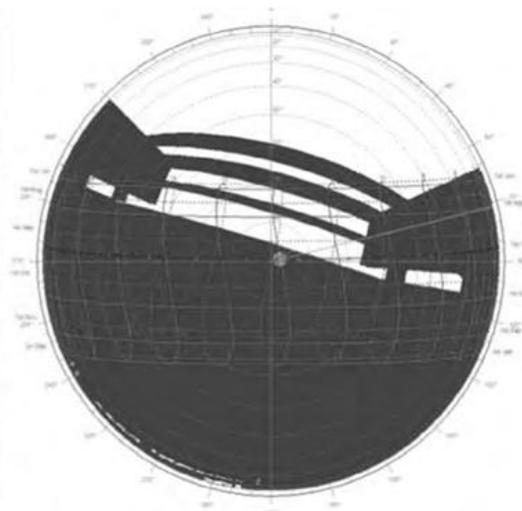
- Voladizos: elementos horizontales que sobresalen de la fachada, ubicados encima de una abertura, para impedir el paso de la luz directa sobre todo cuando el sol esta más elevado.
- Celosías: elementos arquitectónicos colocados de tal manera que permitan la circulación del aire pero que bloqueen en su medida la radiación directa.



[Figura 21]. Protectores solares fijos.



[Figura 22]. Fotografía de La Casa de la Cascada de Frank Lloyd Wright. Ejemplo de voladizos.

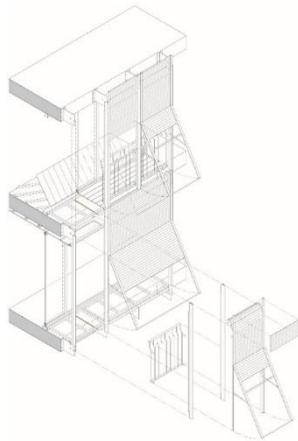


[Figura 23]. Fotografía de fachada con elementos de protección solar fijos, junto con su respectiva máscara de sombra.

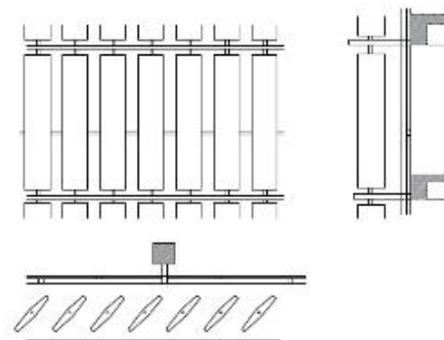
- Lamas: elementos lineales, pueden ser horizontales o verticales, situados en serie, que también controlan la entrada de luz solar, pueden ser fijos o móviles.

Protecciones solares móviles:

- Persianas, cortinas externas o toldos: dispositivos que se colocan en el exterior de las ventanas para evitar que la luz entre en el interior.



[Figura 24]. Detalle axonómico de las Viviendas en Carrer Tres Creus de Rafael Moneo, José Antonio Martínez Lapeña & Elías Torres, Sabadell, España.



[Figura 25]. Lamas verticales móviles.



[Figura 26]. Fotografía Vivienda unifamiliar de Markus Wespi y Jérôme de Meuron, Flawil, Ejemplo de lamas.



[Figura 27]. Fotografía Viviendas en Carrer Tres Creus de Rafael Moneo, José Antonio Martínez Lapeña & Elías Torres, Sabadell, España. Ejemplo de persianas.

2.3.6. Ventilación.

En la arquitectura bioclimática, la ventilación es una estrategia importante, además de cumplir otras funciones. No solo se utiliza para mejorar el confort térmico y contribuir a la climatización interior, sino que también sirve para renovar el aire por razones higiénicas.

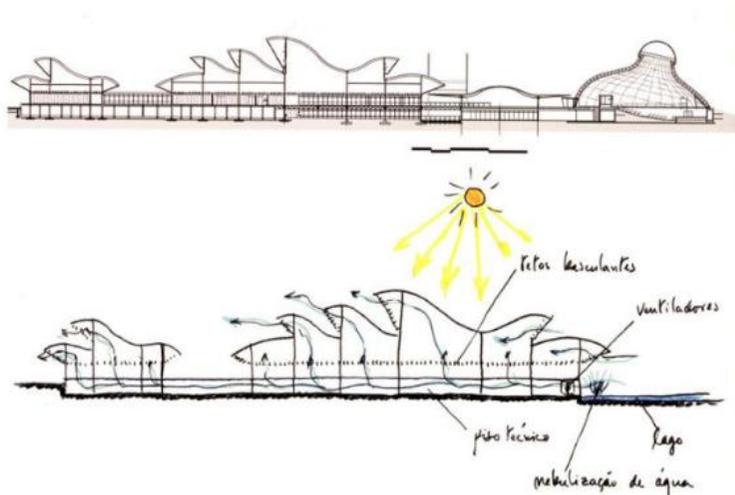
La ventilación natural se aprovecha de las fuerzas naturales (la diferencia de temperaturas, de densidad, la velocidad y la presión del viento) para regular el interior. Produciendo el desplazamiento del aire de una zona de alta presión (masa de aire frío) a una zona de baja (aire caliente). Ya se ha mencionado anteriormente la ventilación cruzada nocturna junto con la estrategia de inercia térmica, no obstante, existen más tipos de ventilación natural:

- Ventilación directa: por medio del intercambio de presión de las masas de aire. De tal forma que se disponga el hueco de ventana donde se forma un gradiente de presiones, que durante el invierno, en la parte superior se forma una zona de mayor presión por donde sale el aire, mientras que en la parte baja se crea una zona de depresión que succiona. En verano funciona justo al revés, el aire sale por debajo de la línea neutra y la entrada por arriba.



[Figura 28]. Tipos de ventilación natural.

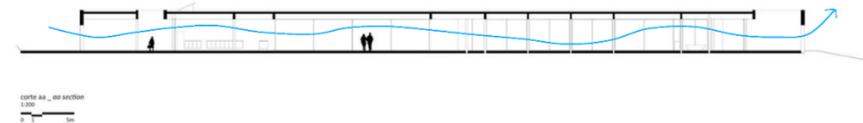
- Ventilación cruzada: gracias a la apertura de ventanas, puertas o rejillas opuestas o de fachadas distintas ya que están expuestas a presiones de viento distintas. Esto permite el paso del aire a través del recinto, generando una corriente de viento.
- Ventilación por inducción: para forzar la entrada de aire en un local mediante una boca suficientemente grande, correctamente orientada y a suficiente altura. Es común en zonas cálidas y con abundancia de vientos fresco.



[Figura 29]. Esquemas del Hospital Sarah Kubitschek de João Filgueiras Lima, en Salvador Brasil.



[Figura 30]. Fotografía del proyecto Lee House de Studio MK27. Fotografía de Fernando Guerra. Ejemplo de ventilación cruzada.

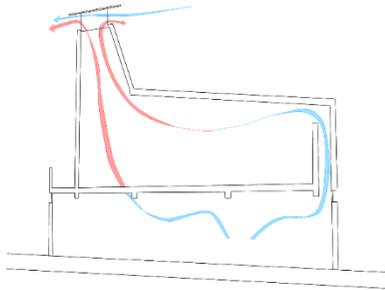


[Figura 31]. Sección del proyecto Lee House de Studio MK27. Se puede observar la posibilidad de ventilación cruzada.



[Figura 32]. Fotografía del Hospital Sarah Kubitschek de João Filgueiras Lima, en Salvador Brasil. Fotografía de Nelson Kon. Ejemplo de ventilación por inducción.

- Ventilación por efecto chimenea: se basa en la diferencia de temperaturas, haciendo que ascienda el aire caliente. Se compone de conductos o aberturas verticales en el techo, por donde el calor tiende a subir, de modo que renueva el aire.



[Figura 33]. Esquema de funcionamiento de ventilación por efecto chimenea del Startup Lions Campus por Kéré Architecture.

- Ventilación por efecto chimenea solar: es un conducto vertical, ubicado dentro o fuera de una edificación. Está diseñado para generar corrientes de aire mediante el calentamiento del aire por radiación solar, facilitando así la ventilación pasiva del edificio.

[Figura 34]. Fotografía del Reichstag por Norman Foster. Fotografía de Renate Dodell. Ejemplo de ventilación por efecto chimenea solar.

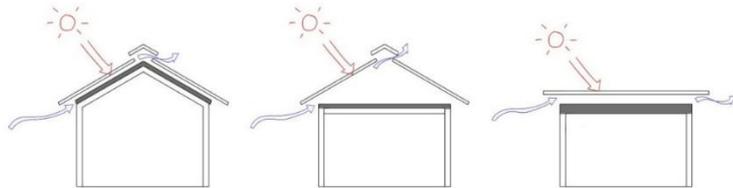


[Figura 35]. Fotografía del Startup Lions Campus por Kéré Architecture. Fotografía de Kinan Deeb. Ejemplo de ventilación por efecto chimenea.



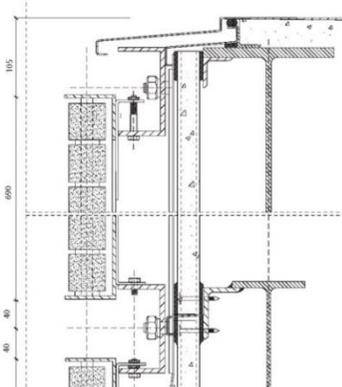
2.3.7. Sombreamiento con ventilación.

- Cubierta ventilada: cubiertas con cámara de aire de al menos 5 cm de espesor y materiales reflectantes (bajo emisivos) en una de las hojas de la cubierta. Permite el paso del aire a modo de aislante térmico.



[Figura 36]. Esquemas de ventilación en cubiertas.

- Fachada ventilada: consiste en la construcción de una capa exterior, paralela a la fachada, que forma una cámara de aire intermedia. En ella se produce una corriente por convección que funciona como colchón térmico para la climatización interior.



[Figura 37]. Detalle constructivo de fachada, de la ampliación del IRCAM, París. Renzo Piano 1988.



[Figura 38]. Fotografía de Escuela Primaria en Gando, Burkina Faso, de Francis Kéré. Ejemplo de cubierta ventilada.



[Figura 39]. Fotografía de la ampliación del IRCAM, París. Renzo Piano 1988. Ejemplo de fachada ventilada.

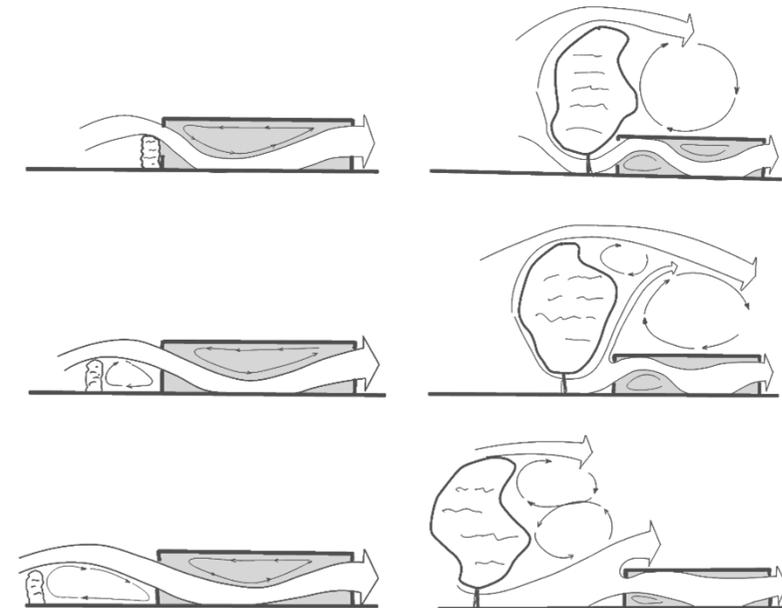
2.3.8. Enfriamiento evaporativo.

Se trata de una estrategia sobre todo para climas secos y áridos, ya que busca mejorar el confort térmico mediante la reducción de la temperatura a través de la evaporación del agua, al tiempo que incrementa la humedad relativa del ambiente.

La humidificación puede lograrse por diversos medios, como el uso de vegetación, láminas de agua, fuentes o patios con presencia de agua y plantas. También pueden emplearse tuberías enterradas parcialmente llenas de agua, cubiertas vegetales, cubiertas de agua o sistemas de pulverización de agua en techos e interiores. Se pueden dividir en dos grandes tipos, vegetación y agua.

Vegetación:

El uso de vegetación puede mejorar el microclima además de aprovechar la naturaleza local. El uso de barreras naturales, como son los árboles, protegen frente a rachas de viento o largas exposiciones de sol. Funcionan como grandes aislantes térmicos y acústicos, además de proporcionar sombra y refrigeración natural, regulando la humedad. A su vez esta categoría se puede dividir en dos tipos de refrigeración, la directa y la indirecta.



[Figura 40]. Movimientos del viento a través de la vegetación refrigerando el aire que se introduce en la vivienda.

Enfriamiento evaporativo directo por vegetación:

- Esta primera reduce la temperatura de manera directa, por medio de la ventilación que pasa a través de la vegetación e ingresando en el interior de la vivienda mejorando el confort térmico además de aportar humedad. (Figura 40)

Enfriamiento evaporativo indirecto por vegetación:

- Jardines verticales: uso de vegetación en las fachadas exteriores, como las plantas trepadoras. Aíslan térmicamente el edificio, reduciendo necesidades de calefacción o refrigeración.
- Cubiertas verdes: adaptan su temperatura a la del ambiente, evitando un sobrecalentamiento y mejorando el aislamiento. Además, absorben CO2 favoreciendo ambientes limpios. Retienen agua y corrigiendo el dimensionado de las aguas pluviales.

Agua:

También se puede diferenciar dos tipos de enfriamiento evaporativo con agua: directo e indirecto. De manera directa, incorporando láminas de agua o pulverizadores que permitan el ingreso de la humedad en el ambiente interior. Y el indirecto funciona como colchón térmico, sin necesidad de humedecer el ambiente interior.



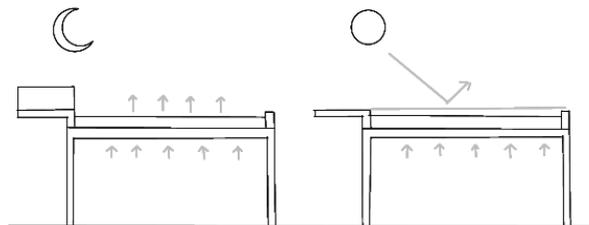
[Figura 41]. Fotografía de la Alhambra, Granada. Ejemplo de lámina de agua.

Enfriamiento evaporativo directo por agua:

- Láminas de agua, fuentes, estanques: próximos a las edificaciones. Permite que la evaporación del agua reduzca la temperatura del entorno, y cuando se combina con corrientes de aire, se genera un efecto de enfriamiento que puede canalizarse hacia el interior de los espacios mejorando el confort térmico. (Figura 41)
- Pulverización de agua en techos o interiores para disminuir la temperatura del aire, elevando la humedad relativa del aire en climas secos y suavizando la oscilación térmica diaria. (Figura 43)

Enfriamiento evaporativo indirecto por agua:

- Cubiertas húmedas o cubiertas con lámina de agua. Reduce la temperatura de la envolvente gracias a su alta inercia térmica, refleja parte de la radiación solar incidente, reduciendo la ganancia térmica del edificio.



[Figura 42]. Esquema de cubiertas húmedas

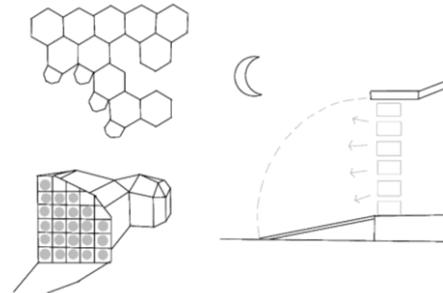


[Figura 43]. Fotografía del Jewel Changi Airport de Safdie Architects. Ejemplo de pulverización de agua.



[Figura 44]. Fotografía del Templo del Agua de Tadao Ando, Higashiura, Japón (1991). Ejemplo de cubierta con láminas de agua.

- Fachada radiante: similar a las cubiertas con lámina de agua. Son fachadas formadas por grandes estanterías donde se colocaban bidones de aceite y agua en posición horizontal. Las tapas de estas fachadas son reflectantes, de forma que durante el día sirven como refrigerante y a la noche se abate la tapa para liberar la radiación recogida por dichos bidones.



[Figura 45]. Esquema de fachada radiante.



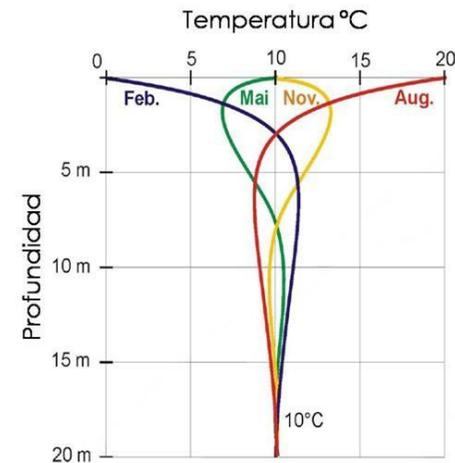
[Figura 46]. Fotografía de Baer House de Steve Baer, en Corrales, Nuevo México (1971). Ejemplo de fachada radiante.

2.3.9. Aprovechamiento climático del suelo y el entorno.

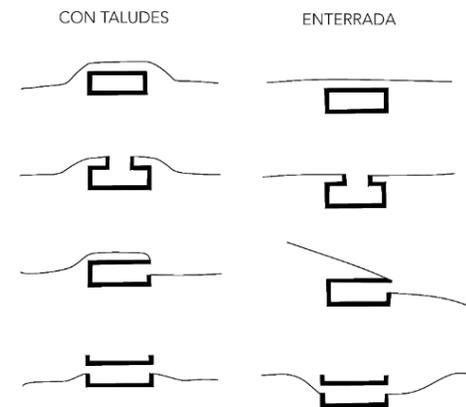
Una estrategia para conseguir el bienestar en climas determinados es enterrar. El suelo tiene una temperatura constante durante todo el año. Actúa como un aislante natural y como una fuente de estabilidad térmica, lo que puede beneficiar a ciertas zonas que tienen climas severos, extremadamente calurosos en verano y fríos en invierno.

Según la siguiente clasificación, las edificaciones pueden estar enterradas en su totalidad o solo en parte, dejando expuestas una o más fachadas. Estas superficies visibles suelen incorporar aberturas que facilitan tanto la ventilación cruzada como el ingreso de luz natural. En zonas de clima frío, resulta recomendable añadir aislamiento térmico en el exterior del edificio para minimizar la pérdida de calor hacia el suelo. Cuando se emplea una cubierta vegetal, su espesor no debería superar los 30 centímetros. De lo contrario, se corre el riesgo de alcanzar la temperatura de rocío, lo que podría provocar condensaciones no deseadas.

Por esta razón, este tipo de soluciones constructivas son más apropiadas para regiones áridas o desérticas. En cualquier caso, es fundamental asegurar una adecuada ventilación y una iluminación natural eficiente dentro del espacio habitable.



[Figura 47]. Esquema representativo de la temperatura según la profundidad del terreno, en función de las épocas del año.

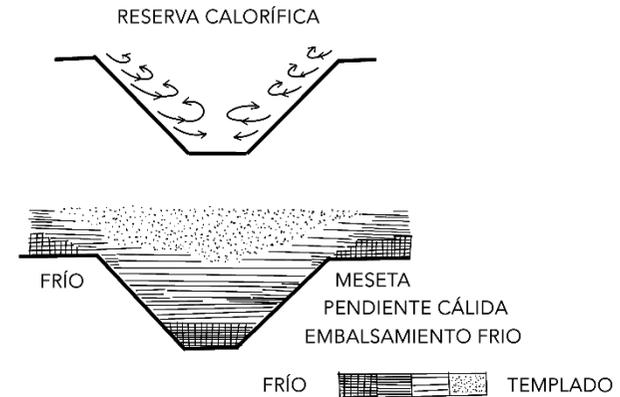


[Figura 48]. Tipologías según la forma de interacción entre la edificación y el terreno.

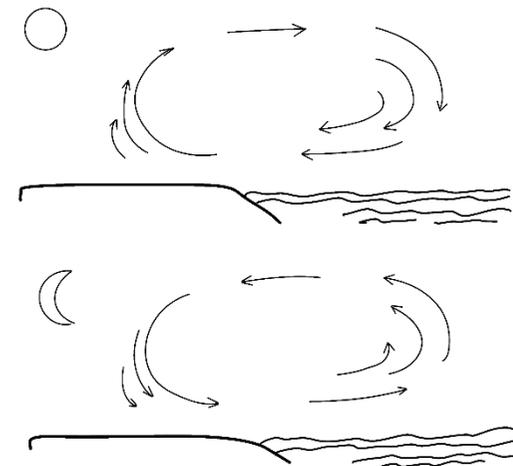
Por otro lado, las diferencias del terreno pueden marcar modificaciones en el clima. La presencia de elevaciones en el terreno impide que el flujo de aire distribuya de manera uniforme las temperaturas, comportándose como un efecto de isla fría.

Si el terreno es cóncavo, como por ejemplo un valle, se convierte en una laguna de aire frío durante la noche ya que el aire se comporta en cierta manera como el agua, quedando el aire más frío en la zona más baja debido a su peso. De manera que se puede entender que las zonas serán más frías en las planicies a nivel del suelo, más frías aún en el fondo de un valle y se mantendrán templadas en las laderas, que es por donde asciende el aire caliente. Esta última ubicación puede ser adecuada para la vivienda, no obstante, hay que tener en cuenta otros factores como el viento, la exposición de sol o el tipo de terreno.

Además, se puede señalar que en un terreno con la presencia de una masa de agua cercana también modifica su microclima. Como es el mar, el cual tiene un calor específico mayor que el de la tierra, normalmente este primero tiene una temperatura inferior por el día al de la superficie terrestre, mientras que por la noche es superior. Como resultado, la proximidad de masa de agua en una zona provoca que las temperaturas extremas sean más moderadas, reduciendo las máximas en verano y elevando las mínimas durante el invierno.



[Figura 49]. Zona de pendientes templadas.



[Figura 50]. Movimiento del aire en función de la masa de agua durante el día y durante la noche.



2.4. Estrategias activas.

A diferencia de las estrategias pasivas mencionadas anteriormente, las estrategias activas implican el uso de tecnología y sistemas mecánicos o eléctricos para optimizar el confort dentro de los edificios. Estas estrategias, aunque requieren un aporte energético, pueden ser sostenibles si se integran correctamente en el diseño y se alimentan de fuentes renovables.

Las estrategias activas no se consideran opuestas a las pasivas, sino complementarias. Su uso está especialmente justificado en contextos donde las condiciones climáticas no permiten alcanzar los niveles deseados de confort mediante soluciones pasivas únicamente. De este modo, se busca minimizar el consumo energético convencional y reducir las emisiones contaminantes, sin comprometer la calidad ambiental.

Entre las estrategias activas más comunes se encuentran los sistemas de paneles solares térmicos y fotovoltaicos, bombas de calor y ventilación mecánica controlada, entre otros.

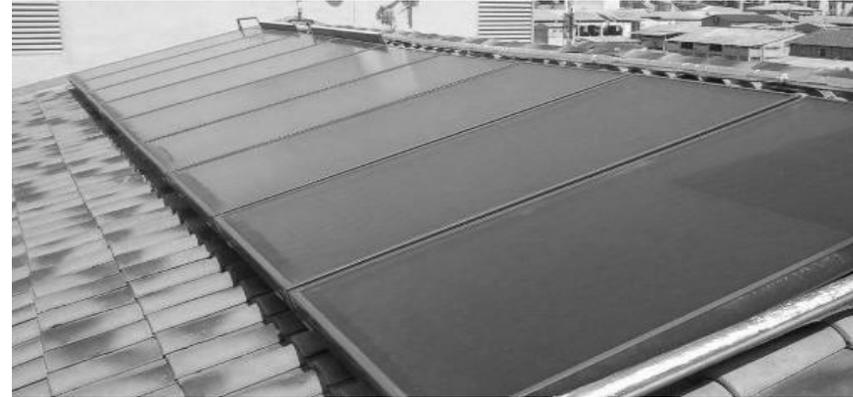
Se puede enunciar de la siguiente manera:

2.4.1. Sistemas de captación solar térmica.

Consisten en paneles solares expuestos a la radiación solar que absorben el calor emitido por el sol y la transforman en energía térmica, transmitiéndolo a un fluido. Su aplicación más común es para agua caliente sanitaria (ACS) o climatización. Estos sistemas se calcularán en función de la zonificación prevista, dependiendo de la ubicación, forma y orientación.

Según sus captadores, se pueden diferenciar en dos tipos:

- Captadores solares planos. La radiación incide en la capa de vidrio del panel, su funcionamiento es similar al efecto invernadero, pero con la excepción de que al tratarse de un vidrio opaco entra más energía de la que sale, de modo que el interior del recinto consigue más temperatura que la zona exterior. Son los más comunes y funcionan mejor a temperaturas moderadas.
- Tubos de vacío. Más eficientes que los anteriores cuando se trata de climas fríos o se necesita mayor temperatura. Se componen de colectores lineales situados en tubos de vidrio al vacío. Funcionan a través de una placa reflectante alojada en su interior que mejora la captación solar del cilindro.



[Figura 51]. Panel captador plano.



[Figura 52]. Tubos de vacío.

2.4.2. Sistemas de captación fotovoltaica.

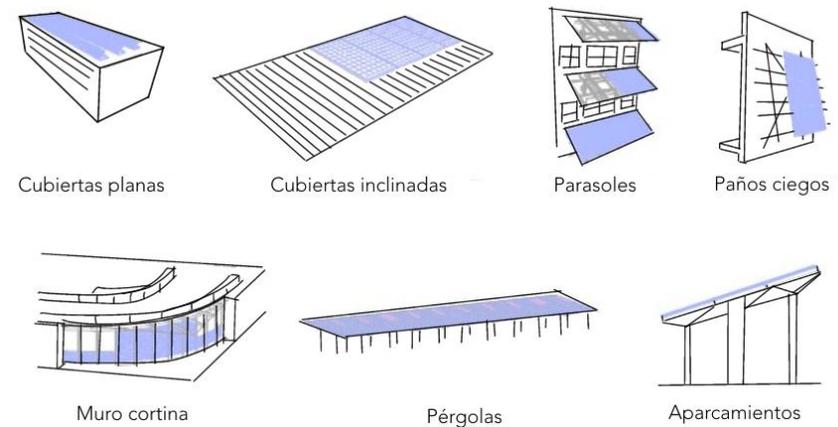
Energía que se consigue cuando la radiación del sol incide sobre un panel o placa solar y ésta lo convierte en electricidad. Los paneles están compuestos por celdas fotovoltaicas que convierten la luz en corriente continua y por medio de un inversor la transforma en corriente alterna, la cual se puede distribuir o almacenar.

En los últimos años, la tecnología fotovoltaica ha ido evolucionando, de manera que ha experimentado un crecimiento importante como sector de generación de energía eléctrica sostenible. Existen sistemas en vías de desarrollo, como es el caso de las células Tandem, células solares orgánicas, células de película delgada CIGS, células con heterounión intrínseca de capa fina y las células de perovskita. Esta tecnología representa una opción novedosa en el campo de la energía fotovoltaica, donde se ha producido una mejora significativa en su eficiencia, además de permitir la reducción de costos de las células solares.

Asimismo, estos sistemas de desarrollo facilitan una integración arquitectónica más discreta de los módulos fotovoltaicos, cuya incorporación puede resolverse mediante diversas estrategias constructivas y de diseño. (Figura 54)



[Figura 53]. Sistemas de captación fotovoltaica.



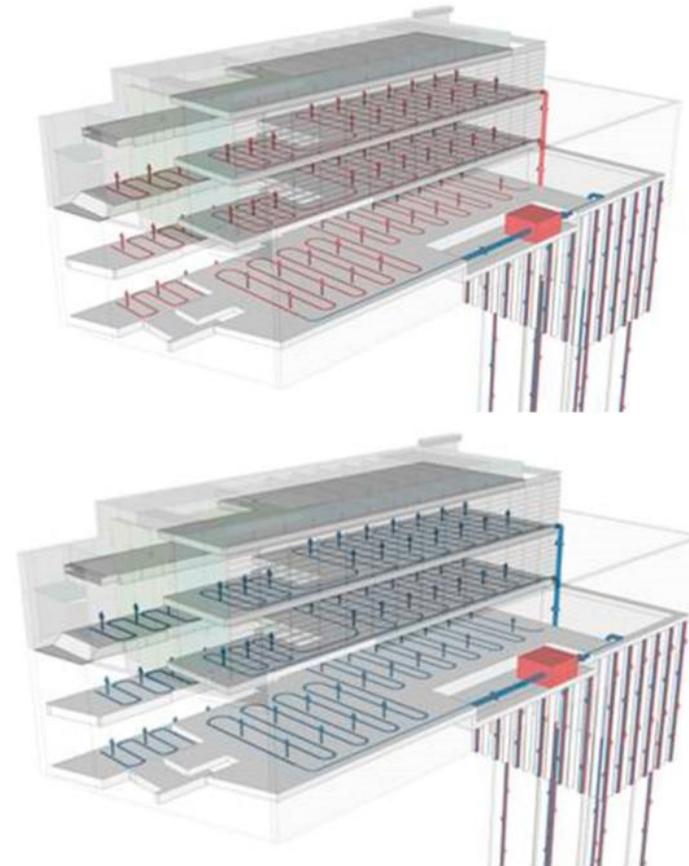
[Figura 54]. Integración de los paneles fotovoltaicos en la arquitectura.

2.4.3. Estructuras termoactivas.

Las estructuras termoactivas son aquellas que utilizan la capacidad de almacenamiento o inercia térmica de un material (como por ejemplo el hormigón armado) para almacenar y liberar calor. De esta forma, se integran en los sistemas de climatización del edificio, ayudando tanto en la calefacción como en la refrigeración de los espacios interiores.

Existen dos tipos principales de estructuras termoactivas. Unas se integran en la cimentación del edificio, en contacto directo con el terreno, y están relacionadas con el uso de energía geotérmica de baja entalpía. Las otras se sitúan en el interior del edificio y se encargan de distribuir el calor o el frío por las diferentes zonas.

Ambos sistemas funcionan mediante un circuito cerrado de tubos plásticos de alta densidad que se encuentran dentro de la propia estructura. A través de ellos circula un fluido, permitiendo el intercambio de energía entre el edificio y el subsuelo. Este sistema puede funcionar con bajas temperaturas, permitiendo el uso eficiente de energía renovable. Es necesario un sistema de control para regular su capacidad térmica, permitiendo que funcionen durante los momentos en que la generación de energía es más económica y eficiente.



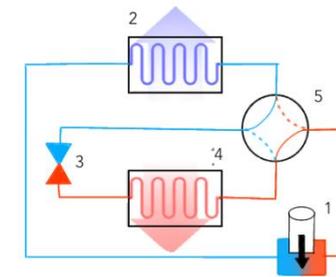
[Figura 55]. Estructura termoactiva con integración por cimentación del edificio Apolonio Morales 29 (Madrid), arquitectos MM Arquitectura de bajo impacto.

2.4.4. Bombas de calor.

Se trata de un sistema termodinámico formado por un circuito de refrigeración, compuesto por un compresor, un condensador, un evaporador y un sistema de expansión. Su funcionamiento permite aprovechar el calor que libera el condensador, ya sea en forma de aire o agua caliente. Además, si el sistema se invierte, también puede absorber el calor del ambiente a través del evaporador, lo que permite enfriar el espacio y funciona como sistema de refrigeración.

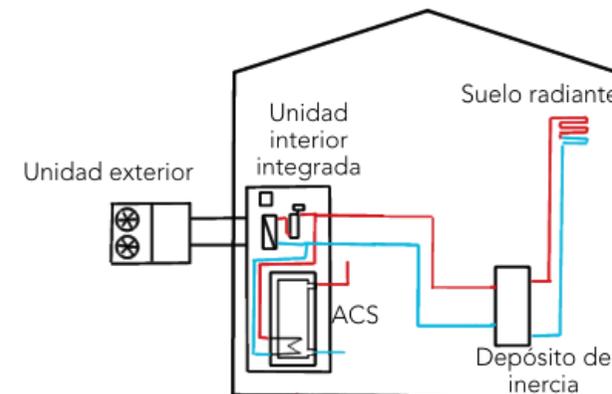
Algunas aplicaciones de esta tecnología pueden ser:

- Aerotermia: su fuente principal de energía es el aire. Este tipo de sistema es el más común y su instalación resulta bastante sencilla. Durante el invierno, el sistema extrae calor del aire exterior y lo transfiere al interior del edificio mediante el cambio de fase del refrigerante, alcanzando así la temperatura deseada. En verano, el proceso se invierte: el calor del interior se recoge y se expulsa al exterior, permitiendo enfriar los espacios.



1. Compresor 2. Evaporador 3. Válvula de expansión
4. Condensador 5. Válvula de cuatro vías

[Figura 56]. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor.

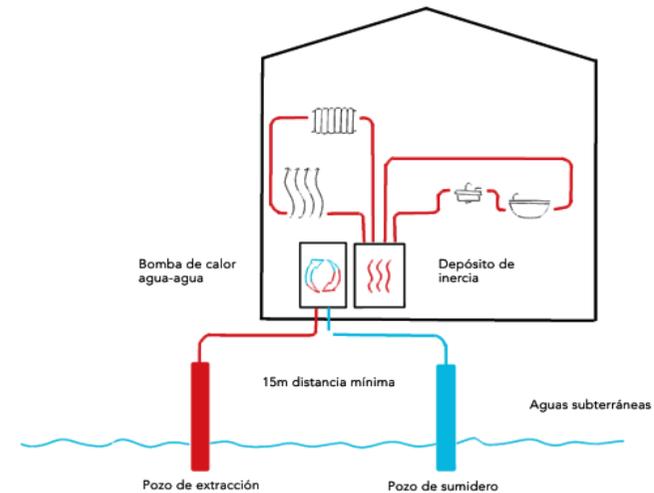


[Figura 57]. Esquema aerotermia.

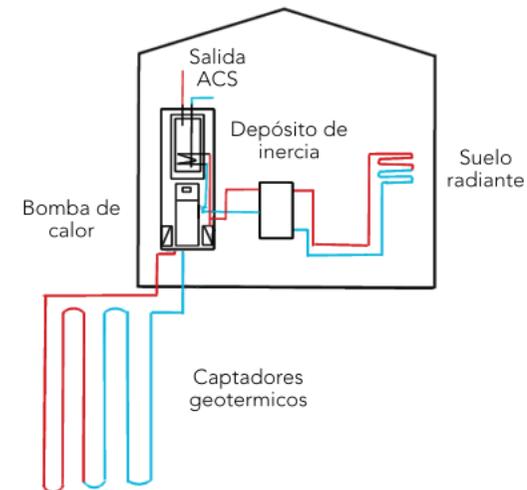
- Hidrotermia: extrae el calor de las aguas subterráneas. Consiste en la perforación de un pozo de extracción y otro para el retorno. De esta forma se garantiza un ciclo constante en el que se extraen y se vierten aguas subterráneas. Hay diferentes maneras de extraer calor de las aguas subterráneas.

La primera variante es la operación directa. El agua subterránea se conecta directamente a la bomba de calor. Esto minimiza la pérdida durante la transferencia de calor. Otra opción cuando hay mala calidad de aguas subterráneas, es utilizar un intercambiador de calor intermedio: La energía térmica de las aguas subterráneas se transfiere a un circuito intermedio, que luego se conecta a la bomba de calor para calentar.

- Geotermia: utiliza el calor del subsuelo como fuente de energía gracias a su temperatura constante durante todo el año. Para ello, se entierran tuberías a una determinada profundidad, por donde circula un fluido (agua con glicol) que capta el calor del terreno. Ese calor se transfiere a una bomba de calor ubicada dentro del edificio, que lo convierte en energía útil para calefacción, ya sea por suelo radiante o mediante convectores. Este sistema se aplica sobre todo en viviendas unifamiliares, ya que requiere bastante espacio para la instalación subterránea.



[Figura 58]. Esquema hidrotermia.



[Figura 59]. Esquema geotermia.

2.4.5. Energía eólica.

La energía eólica tiene su origen, de forma indirecta, en la radiación solar. Cuando el sol calienta la capa superficial de la tierra, ésta absorbe y refleja esa energía, de manera que calienta el aire de dicha superficie. Estas diferencias térmicas provocan el movimiento del aire: el aire caliente tiende a elevarse y es reemplazado por aire más frío, dando lugar al viento. Este tipo de energía, considerada renovable, se utiliza para generar electricidad. Los aerogeneradores convierten el movimiento del viento en energía eléctrica mediante sus aspas, que capturan el flujo de aire y lo transforman en energía cinética. La electricidad obtenida puede distribuirse en distintos niveles de tensión: baja, media o alta.

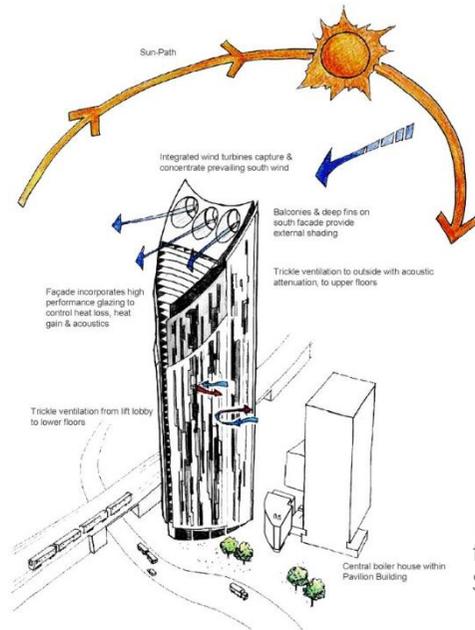
La energía eólica se puede clasificar en tres tipos, según el uso que se le dé y la cantidad de electricidad que generan los aerogeneradores:

- Energía eólica a gran escala: Es la más común y utilizada en parques eólicos. Se basa en aerogeneradores de gran tamaño, con rotores que pueden superar los 100 metros de diámetro. Estos equipos están diseñados para producir electricidad en alta tensión y su potencia se mide en megavatios (MW). Son altamente eficientes y rentables para su uso en redes eléctricas de gran escala.



[Figura 60]. Evolución de la energía eólica.

- Energía minieólica: Utiliza aerogeneradores más pequeños, con diámetros que oscilan entre los 15 y 20 metros. Este tipo de energía está pensada para suministrar electricidad en baja tensión, generalmente para uso local o autónomo. La potencia que alcanzan suele estar por debajo de los 100 kilovatios (kW), por lo que se emplea en aplicaciones como edificios, industrias pequeñas o instalaciones rurales.

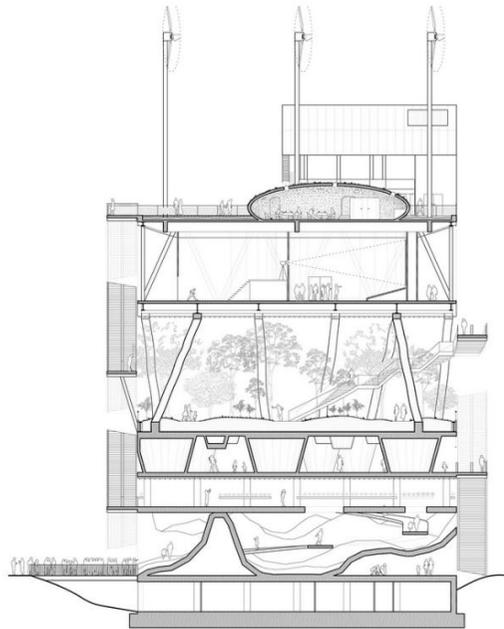


[Figura 61]. Esquema de funcionamiento del Strata SE1 de BFLS.



[Figura 62]. Fotografía del Strata SE1 de BFLS en Londres (2010). Fotografía hecha por Will Pryce. Ejemplo de energía minieólica.

- Energía microeólica: Es la variante de menor escala dentro de esta clasificación. Sus turbinas tienen un rotor de menos de 5 metros de diámetro y una capacidad de generación limitada, que generalmente no supera los 5 kW. Están pensadas para autoconsumo, como viviendas unifamiliares, pequeñas instalaciones o zonas aisladas sin acceso a la red eléctrica.



[Figura 63]. Sección del Pabellón de los Países Bajos en la Expo 2000, Hannover (Alemania) de MVRDV. Ejemplo de energía microeólica implementada en la arquitectura.



[Figura 64]. Fotografía del Pabellón de los Países Bajos en la Expo 2000, Hannover (Alemania) de MVRDV.

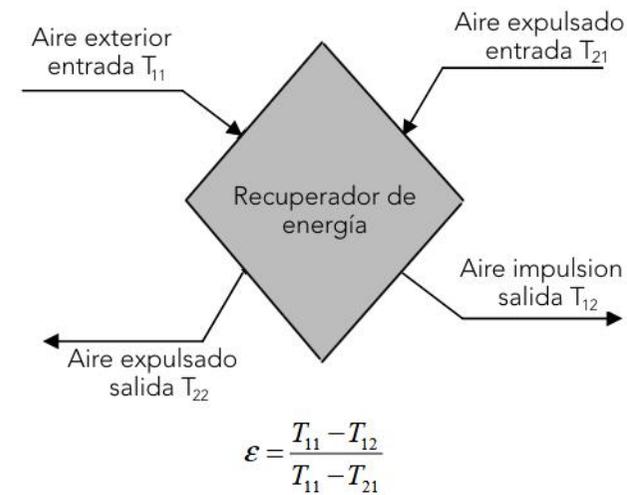
2.4.6. Recuperación de energía y free cooling.

Un recuperador de energía es un dispositivo que aprovecha el calor que normalmente se perdería en un sistema, con el objetivo de mejorar su eficiencia. Generalmente, estos equipos funcionan como intercambiadores de calor, permitiendo transferir energía entre diferentes flujos de aire o líquidos. Aunque algunos pueden ser más complejos que otros, todos cumplen la misma función: reutilizar el calor disponible para reducir el consumo energético del sistema.

El siguiente esquema muestra los principales tipos de sistemas utilizados en climatización por aire para recuperar la energía del aire que se expulsa, clasificados según el tipo de elemento que utilizan para el intercambio térmico.

Tipos de sistemas para recuperar la energía del aire	
Recuperador de placas	
Recuperador rotativo	
Recuperador de dos baterías con bomba	
Recuperadores evaporativos	Directo
	Indirecto
Recuperación activa con bomba de calor	
Recuperador con tubo de calor	Termosifón
	Heat pipe

[Tabla 5]. Tipos de recuperados de energía más habituales. *Elaboración propia.*

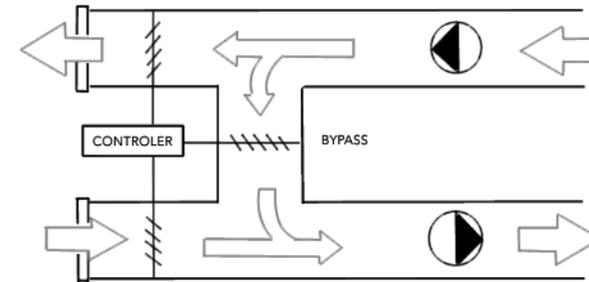


[Figura 65]. Esquema de funcionamiento de un recuperador de calor.

En climatización, una de las formas más efectivas de recuperar calor es aprovechar el calor residual generado por el propio sistema. Esta técnica, ya ampliamente utilizada, ayuda a disminuir tanto el consumo como los costes de energía.

Por otro lado, está el enfriamiento gratuito, también conocido como *free cooling*, una opción con alto potencial para reducir el consumo energético en la climatización de espacios. Consiste en un sistema de refrigeración que aprovecha directamente el aire exterior cuando las condiciones térmicas lo permiten, utilizando su baja temperatura como medio para enfriar espacios. Esta técnica puede funcionar de forma autónoma o como complemento a los sistemas de climatización convencionales, lo que permite reducir significativamente el consumo energético y las emisiones. Existen dos formas principales de aplicar esta tecnología, puede ser aprovechando directamente el aire exterior o utilizando agua como medio de intercambio térmico.

Este sistema permite mantener una temperatura adecuada y garantizar una buena calidad del aire interior, utilizando muy poca energía, limitada principalmente al funcionamiento de los sistemas que hacen circular el aire o el agua.



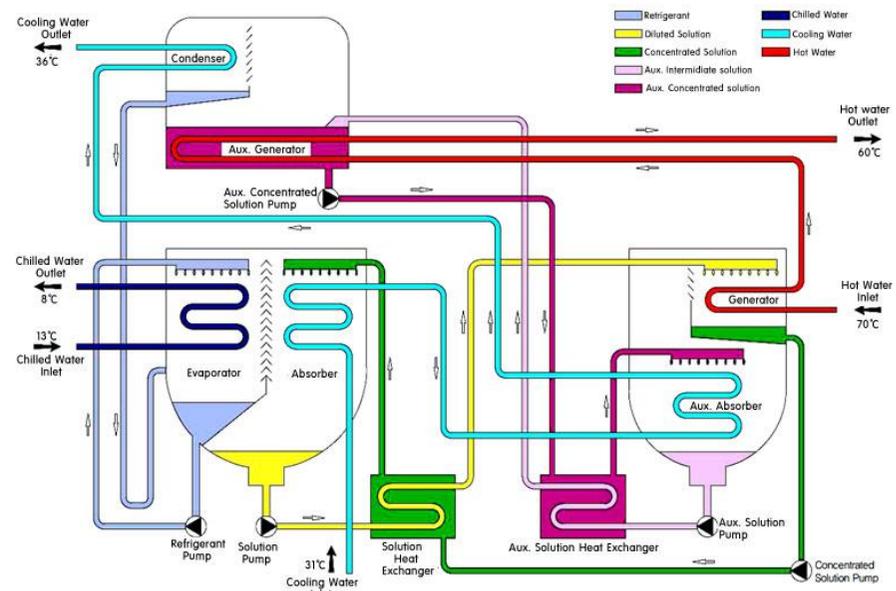
[Figura 66]. Esquema de funcionamiento de free cooling directo.

2.4.7. Máquinas de absorción.

Una máquina de absorción es un sistema de refrigeración que genera frío a partir de un ciclo termodinámico basado en la absorción. Estos sistemas provocan la evaporación de un líquido refrigerante a baja presión.

En estos sistemas el incremento de presión no se logra por medios mecánicos, sino mediante una compresión térmica que utiliza una mezcla líquida de absorbente y refrigerante, junto con una fuente de energía térmica. Esta fuente puede ser una llama directa, una resistencia eléctrica, agua caliente o incluso calor residual procedente de procesos industriales o gases de escape, lo que permite una operación más eficiente desde el punto de vista energético. El principio básico de funcionamiento se basa en que, bajo presión reducida, el agua u otro refrigerante puede evaporarse a temperaturas relativamente bajas.

La máquina se compone de dos secciones (Figura 67). En la parte inferior se encuentran el absorbedor y el evaporador, junto con sus respectivos tubos, los colectores de los pulverizadores tanto del refrigerante como de la solución absorbente, la bomba de circulación del refrigerante, la bomba de la solución, el intercambiador de calor y los sistemas de control. Por otro lado, en la parte superior del equipo se sitúan el generador, el condensador, los tubos correspondientes a ambos componentes y los eliminadores de arrastre.



[Figura 67]. Esquema de funcionamiento máquina de absorción por agua caliente.



2.5. Herramientas de análisis y diseño.

Para el diseño bioclimático se requiere una comprensión de las condiciones climáticas del entorno y cómo se puede relacionar con el proyecto. Para ello, se necesita el uso de herramientas específicas que permitan analizar el comportamiento térmico y energético de las construcciones en función del clima local. Estas herramientas, facilitan la toma de decisiones durante las fases iniciales del proyecto, contribuyendo a optimizar el rendimiento ambiental del edificio, además de dar argumentos sólidos para su construcción.

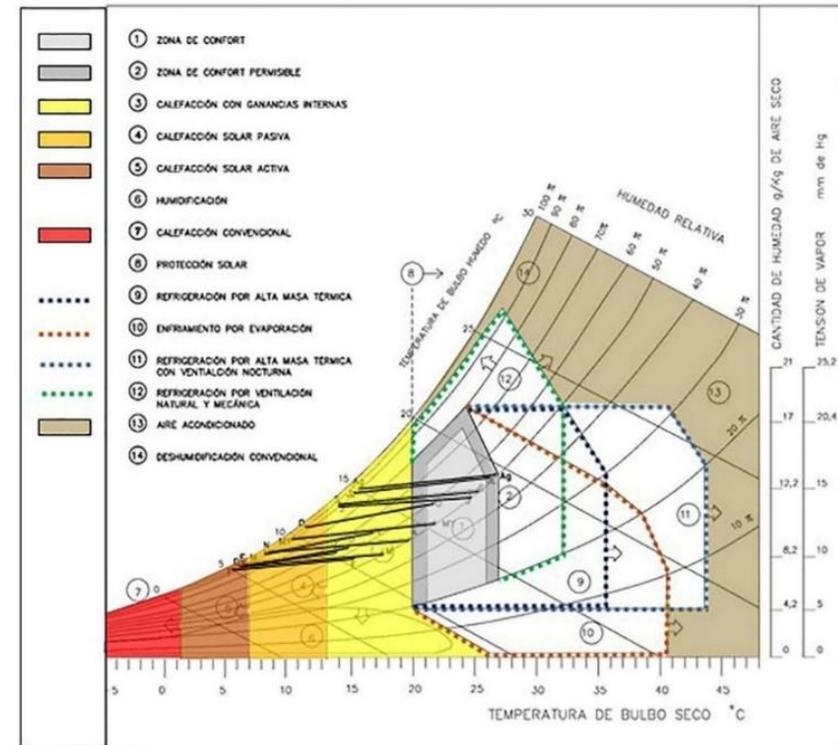
Entre ellas se encuentran software de generadores de climogramas, cartas solares, diagramas psicrométricos o máscaras de sombras. De modo, que se pueden enunciar de la siguiente manera:

2.5.1. Climograma de bienestar de Givoni.

El diagrama de Givoni es una herramienta que se construye sobre un diagrama psicrométrico, donde consideran las características del aire, temperatura y humedad relativa, para evaluar la sensación térmica y el nivel de confort. A partir de esta valoración, permite definir estrategias bioclimáticas adecuadas según las condiciones higrotérmicas del edificio en un intervalo estacional específico.

Este diagrama constituye una aproximación general, ya que se basa en los valores medios mensuales de temperatura y humedad. A partir de estos datos, se trazan doce líneas que representan el rango de variación entre los valores medios máximos y mínimos de cada mes. Para que sea eficaz, es importante utilizar datos climáticos representativos, especialmente de temperatura y humedad relativa. La zona de confort está representada por un recuadro azul, definido conforme a la normativa vigente. Esta zona se basa en una actividad metabólica ligera y una vestimenta adecuada para interiores tanto en verano como en invierno, lo que explica la subdivisión del recuadro en función de la estación. Dicha zona de confort térmico puede ampliarse hacia la izquierda del gráfico mediante el aporte de calor. Esta estrategia es aplicable en condiciones climáticas frías.

En sentido opuesto, hacia la derecha del gráfico, la zona de confort puede extenderse incrementando la masa térmica del edificio, es decir, aumentando su inercia térmica a través del uso de materiales constructivos adecuados. Esta solución es especialmente útil en regiones cálidas y secas, donde las corrientes de aire, al circular sobre superficies de agua, generan un doble efecto: descenso de la temperatura ambiental y aumento de la humedad relativa.



[Figura 68]. Climograma de Givoni con estrategias señalizadas.

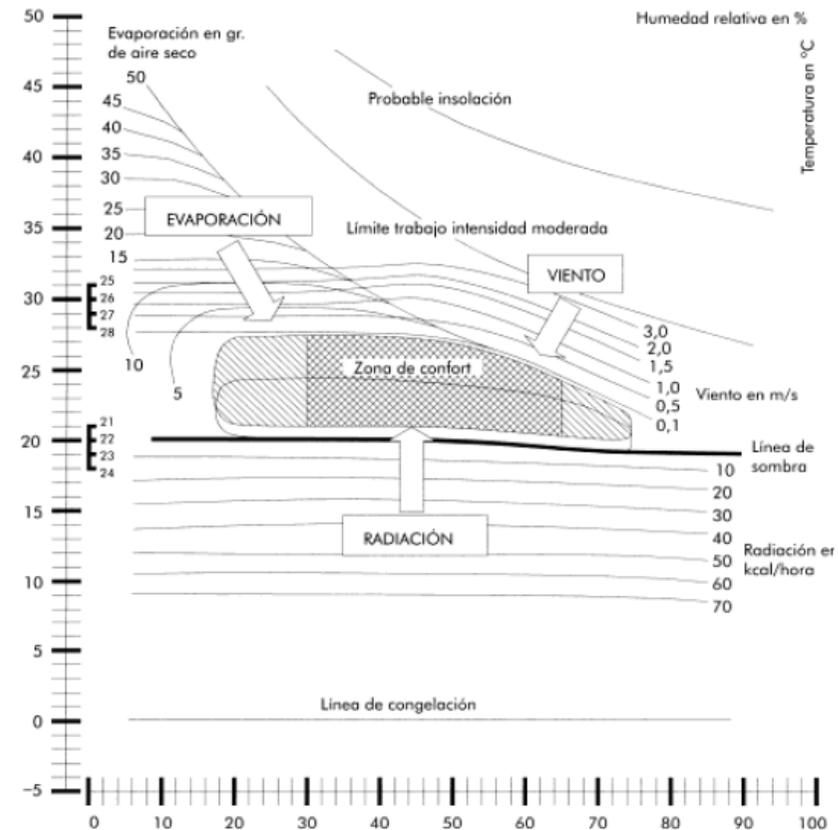
2.5.2. Climograma de bienestar de Olgay.

En el climograma de Olgay se representa la zona de confort, donde se alcanza el bienestar sin necesidad de ninguna acción.

A partir de un diagrama se representa la humedad relativa y la temperatura como condiciones básicas que afectan a la sensación corporal del ser humano. En la imagen, los parámetros se introducen en forma de líneas con diferentes valores. La radiación aparece en la parte inferior de la carta, el viento en la parte superior central y derecha, y la evapotranspiración en la superior izquierda.

En cuanto a la zona de confort podemos distinguir dos ámbitos en función de la humedad, el centro que se corresponde con la zona de confort como tal y otras áreas a ambos lados, que representan las que podrían ser confortables con ciertas condiciones. El límite inferior de la zona de confort indica la línea de sombra, de forma que los puntos situados encima precisan sombra y los situados debajo radiación.

Cada zona climática cuenta con una carta bioclimática específica de acuerdo con las condiciones ambientales propias del emplazamiento. Si se sitúa dentro de la zona de confort, la arquitectura no tendrá que realizar ninguna corrección térmica. Sin embargo, si se está fuera de esa zona, es posible implementar estrategias arquitectónicas para alcanzar el confort térmico deseado.



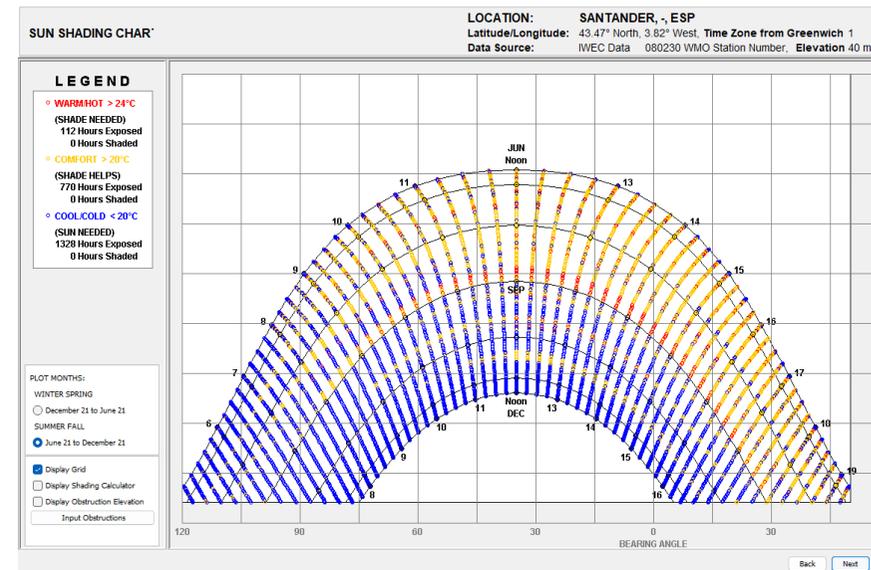
[Figura 69]. Diagrama de Olgay.

2.5.3. Carta Solar.

La carta solar es una representación gráfica que indica la posición del sol a cada hora del día según la estación del año. En el ejemplo (Figura 70) con latitud 43.47° N y longitud 3.82° O, se muestra la altura solar (eje vertical) y el ángulo de orientación (eje horizontal), donde 0° representa el sur. El extremo izquierdo es el este y mientras que el derecho es el oeste. Las líneas curvas representan el trayecto diario del sol para distintas épocas del año, mientras que las líneas radiales indican las horas del día.

La gráfica solar se traza en función de la latitud del emplazamiento, independientemente del sistema geométrico empleado, por lo que para cada sitio con latitud diferente debe realizarse una gráfica diferente.

Sobre esta representación de la bóveda celeste pueden graficarse otros parámetros del clima como es el caso de la figura 70, donde se refleja la temperatura media a lo largo de los meses de junio a diciembre en Santander (España). De esta manera se puede correlacionar la temperatura media del emplazamiento con la trayectoria solar en un momento determinado, lo cual resulta de gran utilidad en el proceso de diseño bioclimático.



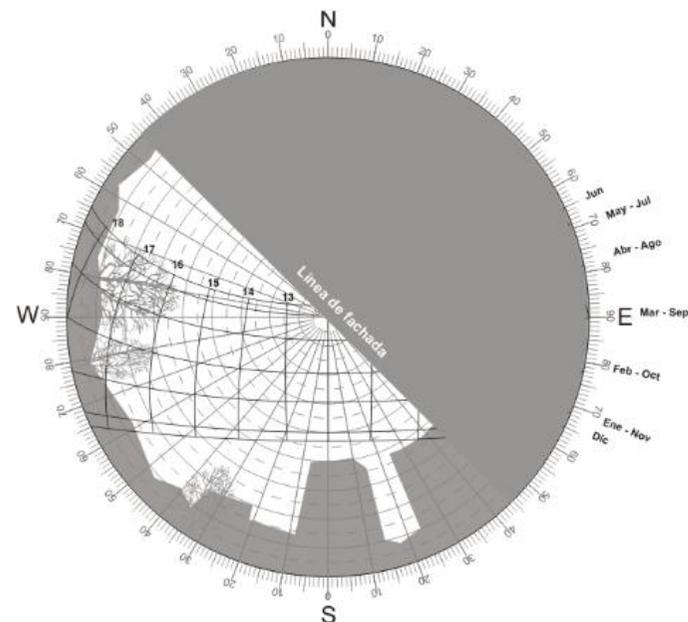
[Figura 70]. Ejemplo de carta solar cilíndrica con temperaturas medias (Santander, España) del 21 de junio al 21 de diciembre.

2.5.4. Máscaras de sombra.

Se trata de una herramienta empleada para el estudio y diseño de elementos que bloqueen la radiación solar, como aleros o persianas. Permite saber qué partes de un edificio estarán en sombra en diferentes momentos del día, teniendo en cuenta el recorrido real del sol. La máscara de sombra se grafía sobre la carta solar, permitiendo analizar qué áreas de un modelo arquitectónico están expuestas o protegidas del sol. Esto se hace considerando los ángulos de sombra, que describen la posición del sol.

El procedimiento consiste en colocar el origen de la carta solar en el punto inferior central del vano, asegurándose de que la orientación de la carta coincida con la orientación real de la fachada. De este modo, se puede observar cómo el propio edificio, al situarse detrás del vano, ocupa un sector de la bóveda celeste y bloquea parcialmente las trayectorias solares que atraviesan ese sector. Al proyectar la fachada sobre la carta solar, se identifican con claridad el día y la hora en que el sol puede entrar directamente por el vano, y aquellas en las que su paso queda bloqueado. (Figura 71)

De manera que, con esta información, y considerando las necesidades de climatización del edificio, es posible evaluar si la distribución de sombra y ganancia solar es adecuada.



[Figura 71]. Ejemplo de máscara de sombra para la latitud 19° N, con la obstrucción propia de un edificio.



INTRODUCCIÓN

FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

CLIMAS DE ESPAÑA Y PROPUESTA DE SUS CLIMAS MÁS REPRESENTATIVOS

ADAPTACIÓN BIOCLIMÁTICA SEGÚN EL CLIMA

CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE PROYECTOS BIOCLIMÁTICOS

APORTACIÓN FINAL

3. CLIMAS DE ESPAÑA Y PROPUESTA DE SUS CLIMAS MÁS REPRESENTATIVOS.



El clima es un factor importante en el diseño arquitectónico bioclimático, ya que condiciona directamente la elección de estrategias constructivas y de confort adecuadas para cada entorno.

En este apartado se realiza un análisis de los climas presentes en España a través de dos sistemas de clasificación complementarios: el modelo climático de Köppen, que ofrece una visión general a escala más global, y el sistema establecido por el Código Técnico de la Edificación (CTE), que aporta una clasificación más detallada y técnica adaptada al contexto normativo nacional (Punto 3.1.).

A partir de la comparativa entre ambos modelos, se elabora una propuesta propia de los climas más representativos del territorio español, estableciendo una base sólida para el estudio y que funcione como punto de partida para la propuesta final (Punto 3.2.).

3.1. Clasificación climática (Köppen / CTE)

El Instituto Geográfico Nacional (IGN), proporciona una información tanto geográfica como científica que ayuda a definir la península en zonas climáticas según la clasifi-

ción de Köppen. Esta documentación se originó en 1918, y aunque tiene algunas modificaciones posteriores no ha perdido actualidad ya que hoy en día se sigue utilizando.

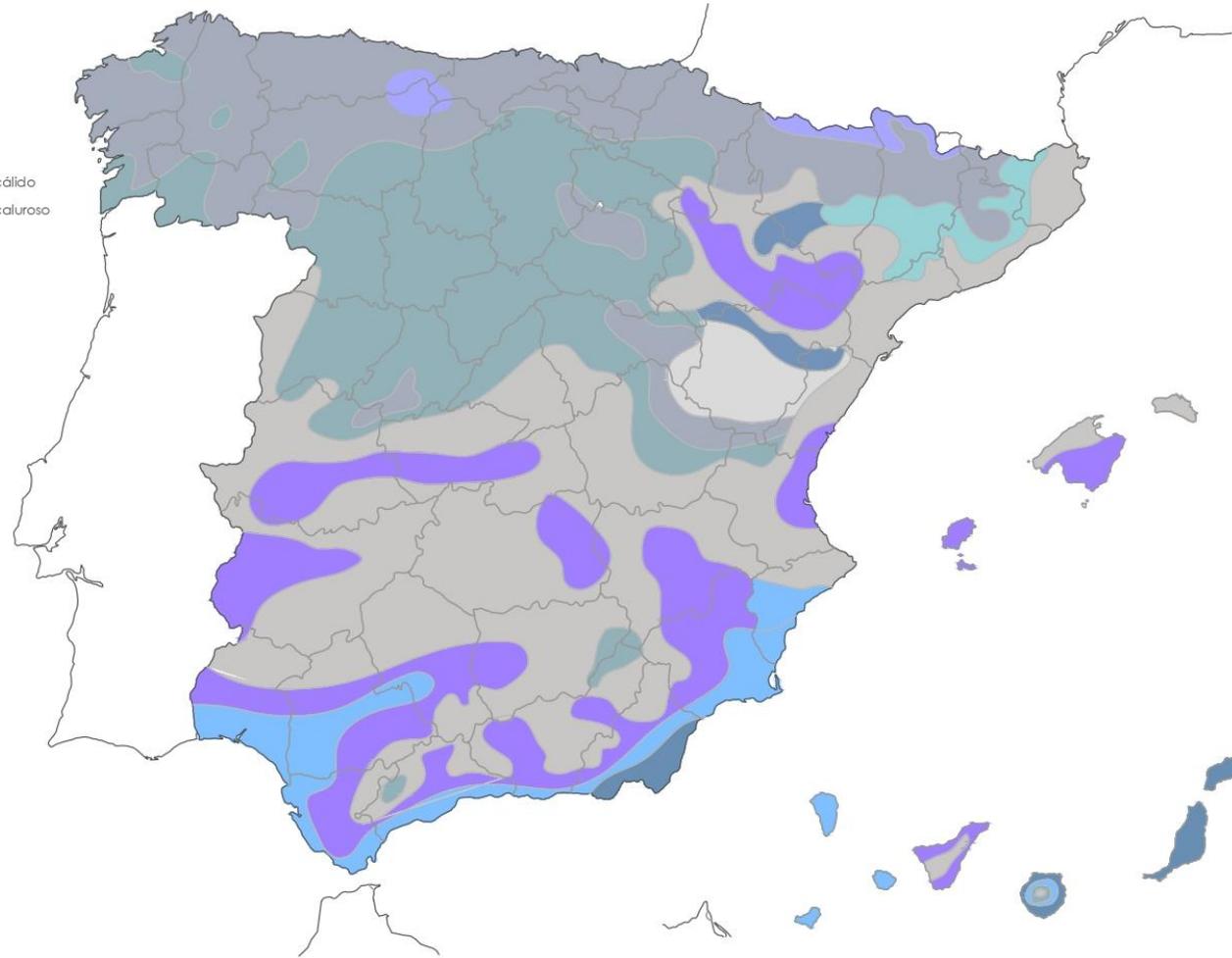
El sistema se basa en el estudio de los factores más relevantes que influyen en el desarrollo de la vegetación, relacionando la temperatura media anual con las precipitaciones periódicas, calculándolas de tres formas: según la mayor precipitación en invierno, las precipitaciones que hay en verano y como se reparte al transcurso del año.

Los efectos de la vegetación para el clima son considerablemente importantes en la vida diaria, produciendo sensación de confort, absorben el dióxido de carbono y lo convierten en oxígeno, contienen mecanismos que permiten ceder humedad al ambiente, reducen la temperatura, sirven como sistema de control acústico, reducen el impacto de la radiación solar y amortiguan la reflexión de los rayos solares. Por esta razón, el método de Köppen resulta un sistema efectivo a la hora de analizar las zonas climáticas.

En conclusión, la IGN detalla a continuación los diferentes tipos de clima que hay en nuestro país:

CLIMAS

-  Dfb: Clima frío húmedo con verano cálido
-  Cfb: Clima templado húmedo con verano cálido
-  Cfa: Clima templado húmedo con verano caluroso
-  Csb: Clima templado lluvioso con verano seco y cálido
-  Csa: Clima templado lluvioso con verano seco y caluroso
-  Cwb: Clima templado lluvioso con invierno seco y verano cálido
-  Cwa: Clima templado lluvioso con invierno seco y verano caluroso
-  BSh: Clima estepario caluroso
-  BSk: Clima estepario frío
-  BW: Clima desértico



[Figura 72]. Clasificación climática según el sistema Köppen.



Por otro lado, el Código técnico de la Edificación (CTE) divide el territorio de España en diferentes zonas climáticas. Estas divisiones se determinan en función de una serie de parámetros como son la humedad, la temperatura media, la altitud y la radiación solar. Los criterios principales para establecer estos climas son sus condiciones más severas en invierno y en verano.

Zonas climáticas en verano (1, 2, 3, 4)

- Zona 1: clima suave, veranos moderados y humedad relativa baja.
- Zona 2: clima cálido, veranos calurosos y humedad relativa media.
- Zona 3: clima muy cálido, veranos intensos y humedad relativa alta.
- Zona 4: clima extremadamente cálido, veranos extremos y humedad relativa muy alta.

Zonas climáticas de invierno (α , A, B, C, D, E)

- Zona α : clima suave, veranos calurosos, inviernos templados y temperatura media superior 15°C.
- Zona A: clima moderado, veranos calurosos, inviernos suaves y temperatura media entre 12°C y 15°C.
- Zona B: clima continental, veranos calurosos, inviernos fríos y temperatura media entre 9°C y 12°C.
- Zona C: clima frío, veranos suaves, inviernos rigurosos y temperatura media entre 6°C y 9°C.

- Zona D: clima muy frío, veranos frescos, inviernos muy fríos y temperatura media entre 3°C y 6°C.
- Zona E: clima extremadamente frío, veranos fríos, inviernos extremos y temperatura media inferior a 3°C.



Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																						
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 1300 m
Albacete	C3			D3						E1													
Alicante/Alacant	B4			C3						D3													
Almería	A4	B4			B3			C3						D3									
Araba/Álava	D1																		E1				
Asturias	C1	D1						E1															
Ávila	D2						D1						E1										
Badajoz	C4				C3			D3															
Balears, Illes	B3			D2						C3			E1										
Barcelona	C2			D2			D1			E1													
Bizkaia	C1																						
Burgos	D1						E1																
Cáceres	C4																						
Cádiz	A3			B3			C3			C2			D2										
Cantabria	C1																						
Castellón/Castelló	B3			C3			D3			D2						E1							
Ceuta	B3																						
Ciudad Real	C4				C3			D3															
Córdoba	B4			C4						D3													
Coruña, A	C1																						
Cuenca	D3						D1						D2			E1							
Gipuzkoa	D1																						
Girona	C2			D2			E1																
Granada	A4	B4			C4			C3			D3			E1									
Guadalajara	D3												D2		E1								
Huelva	A4	B4	B3			C3			D3														
Huesca	C3			D3			D2			E1													
Jaén	B4						C4			D3			E1										
León	E1																						
Lleida	C3			D3						E1													
Lugo	D1						E1																
Madrid	C3						D3						D2		E1								
Málaga	A3	B3			C3			D3															
Melilla	A3																						
Murcia	B3			C3						D3													
Navarra	C2			D2			D1			E1													
Ourense	C3			C2			D2						E1										
Palencia	D1						E1																
Palmas, Las	α3						A2			B2			C2										
Pontevedra	C1																						
Rioja, La	C2			D2						D1			E1										
Salamanca	D2																						
Santa Cruz de Tenerife	α3						A2			B2			C2										
Segovia	D2																						
Sevilla	B4			C4						E1													
Soria	D2						D1			E1													
Tarragona	B3			C3			C2			D2			D3			E1							
Teruel	C3						C2			D2			D3			E1							
Toledo	C4						D3						E1										
Valencia/València	B3			C3			D2			D3			E1										
Valladolid	D2																						
Zamora	D2																						
Zaragoza	C3			D3						E1													

[Tabla 6]. Clasificación climática según el Código Técnico de la Edificación.



3.2. Propuesta de climas principales en España según CTE

A partir de esta normativa, es posible identificar y clasificar las principales zonas climáticas en España definidas por el Código Técnico de la Edificación:

Ambos sistemas analizan los climas, pero con distinto enfoque. El Sistema Köppen cataloga el clima en base a las variables meteorológicas generales y estacionales, de una forma mucho más global. Mientras que el CTE es mucho más específico, adapta la clasificación climática al diseño de edificaciones, según las condiciones climáticas locales. Para este estudio se tendrá en cuenta sobre todo el sistema del Código Técnico de la Edificación, ya que es mucho más concreto y está regulado en función del diseño y la construcción dentro de España.

Clima CTE	Ejemplos de ubicación	Tipo general de clima
A3	Málaga, Almería	Suave en invierno, caluroso en verano (Mediterráneo cálido)
B3	Valencia	Invierno suave, verano muy caluroso
C2	Madrid, Zaragoza	Invierno moderado, verano caluroso (Continental)
D3	Valladolid, Burgos, Guadalajara	Invierno frío, verano caluroso (Continental más frío)
E1	León, Ávila, Soria	Invierno muy frío, verano suave (Clima frío de interior / montaña)
B4	Santa Cruz de Tenerife	Suave todo el año (Subtropical)
C1	Coruña, Santander	Invierno suave, verano templado (Oceánico)

[Tabla 7]. Tabla de los principales climas en España en función del CTE.



INTRODUCCIÓN

FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

CLIMAS DE ESPAÑA Y PROPUESTA DE SUS CLIMAS MÁS REPRESENTATIVOS

ADAPTACIÓN BIOCLIMÁTICA SEGÚN EL CLIMA

CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE PROYECTOS BIOCLIMÁTICOS

APORTACIÓN FINAL

4 ● ADAPTACIÓN BIOCLIMÁTICA SEGÚN EL CLIMA.

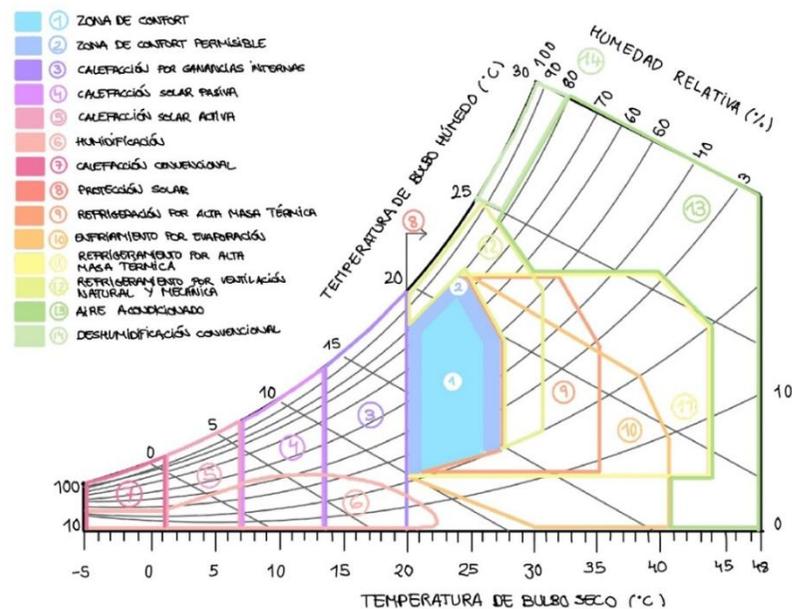
Para analizar cada zona de la península se utiliza la aplicación *Climate Consultant*, donde se utiliza el Diagrama de Givoni que determina unas estrategias bioclimáticas eficaces en función de las condiciones higrotérmicas de cada lugar. El área de confort se comprende entre los 21°C y los 26°C, mientras que las humedades relativas son entre el 20% y el 75%. Dependiendo de la zona climática se emplearán unas estrategias u otras. De este modo, en el caso de climas templados se intentará buscar métodos de rechazo a la ganancia térmica solar y favorecer la ventilación, mientras que en las zonas más frías es fundamental que el diseño del edificio favoreciera la acumulación de radiación solar para posteriormente devolverla al interior. Existen unas divisiones de áreas, que designan las posibles soluciones climáticas:

Por un lado, es posible ampliar la zona de confort hacia la derecha del diagrama, aumentando la masa térmica. En climas cálidos, se genera un doble efecto cuando las corrientes de aire secas atraviesan una superficie de agua: la temperatura baja mientras la humedad del ambiente sube. Cuando se cruza este límite hacia la derecha del gráfico, el bienestar sólo puede alcanzarse con el uso de sistemas mecánicos como son los de ventilación o humidificación.

En el otro lado, hacia la izquierda del gráfico, la zona de confort puede extenderse siempre que se incorpore calefacción, ya sea con medios pasivos o activos. Aunque el estado de confort varía dependiendo de cada individuo, el diagrama presentado ofrece una aproximación válida en términos generales. Por medio de la aplicación *Climate*

Consultant se hace un estudio de las mejores estrategias bioclimáticas que se pueden utilizar en determinadas zonas de la península.

Aunque finalmente sólo se seleccionan 3, las más representativas, para así poder desarrollarlas en profundidad y con mejor detalle. La zona de confort va a estar comprendido entre los 20°C y 24°C, pero también dependerá de la humedad relativa, según la temperatura habrá una humedad u otra. Esto viene definido por el sistema seleccionado *California Energy Code Comfort Model, 2013*.



[Figura 73]. Esquema del diagrama de Givoni con las estrategias señaladas

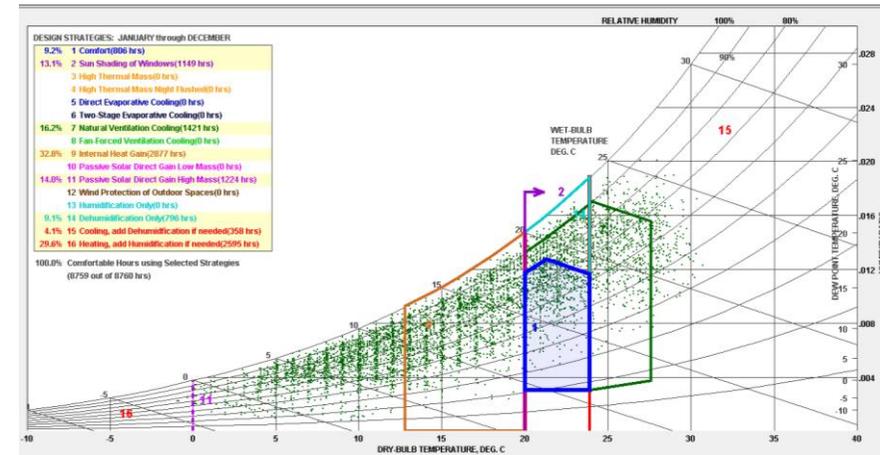
4.1. Análisis de los diferentes climas en España según el Climograma de Givoni

BARCELONA

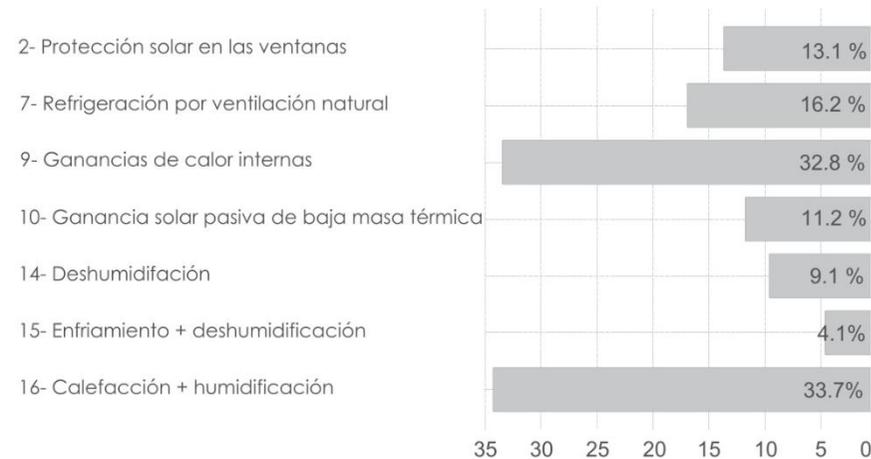
Este estudio muestra que, en Barcelona, solo un 9,2% del año se encuentra dentro de la zona de confort térmico, lo que indica la necesidad de aplicar múltiples estrategias pasivas y activas para alcanzar condiciones habitables.

Durante el invierno, predominan las demandas de calefacción y humidificación (33,7%), junto con el aprovechamiento de ganancias internas de calor (32,8%). En verano, se requiere ventilación natural (16,2%) y sombreado de ventanas (13,1%) para reducir el sobrecalentamiento. Estrategias como el uso de inercia térmica y la ganancia solar directa resultan útiles en estaciones intermedias, mientras que el enfriamiento evaporativo no es viable debido a la humedad ambiental. También se detectan necesidades puntuales de deshumidificación.

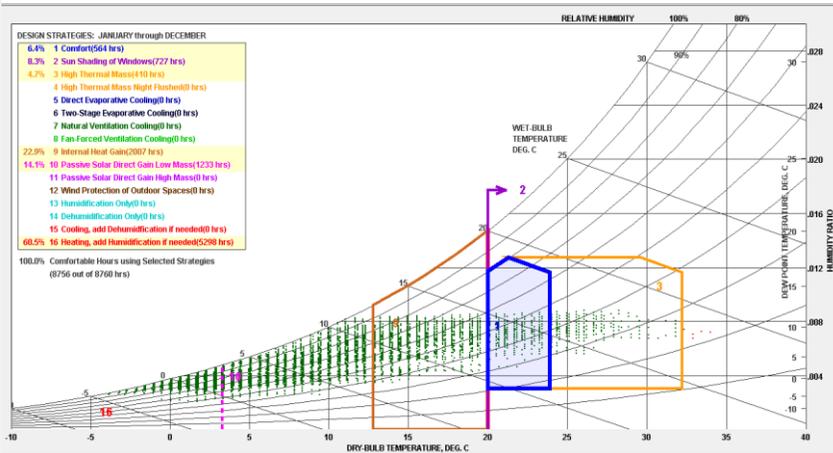
En conclusión, el clima de Barcelona no permite alcanzar el confort térmico de forma pasiva durante la mayor parte del año, por lo que es clave integrar soluciones arquitectónicas como buena orientación solar, control de la radiación, ventilación cruzada y materiales con inercia térmica.



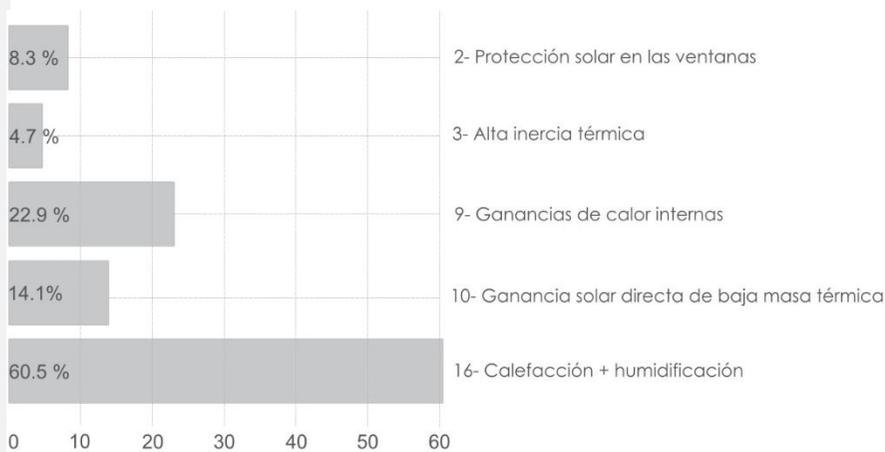
[Figura 74]. Estrategias bioclimáticas en Barcelona.



[Figura 75]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Barcelona.



[Figura 76]. Estrategias bioclimáticas en Burgos.



[Figura 77]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Burgos.

BURGOS

Burgos presenta un clima frío y seco durante buena parte del año. Solo un 6,4 % del tiempo se encuentra dentro de la zona de confort térmico, lo que indica una alta necesidad de intervención.

La estrategia más dominante es la calefacción combinada con humidificación (60,5%), reflejando inviernos largos y con baja humedad. También se requieren estrategias como la ganancia solar pasiva (14,1 %) y el aprovechamiento del calor interno (22,9 %), fundamentales en estaciones intermedias para mantener el confort. Las estrategias de ventilación natural y enfriamiento evaporativo no aparecen como viables, lo que refuerza la idea de un clima donde el frío domina frente al calor.

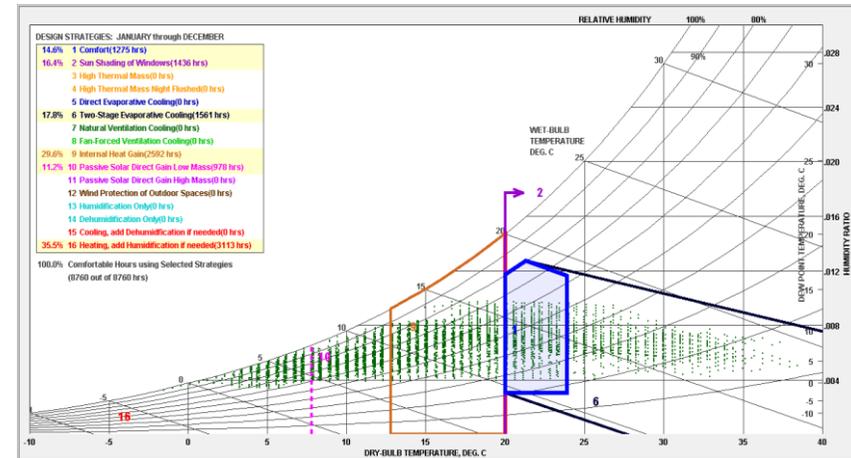
En definitiva, el diseño arquitectónico en Burgos debe centrarse en conservar el calor, aprovechar el sol en invierno y garantizar un buen aislamiento térmico, reduciendo así la necesidad de climatización activa.

CÁCERES

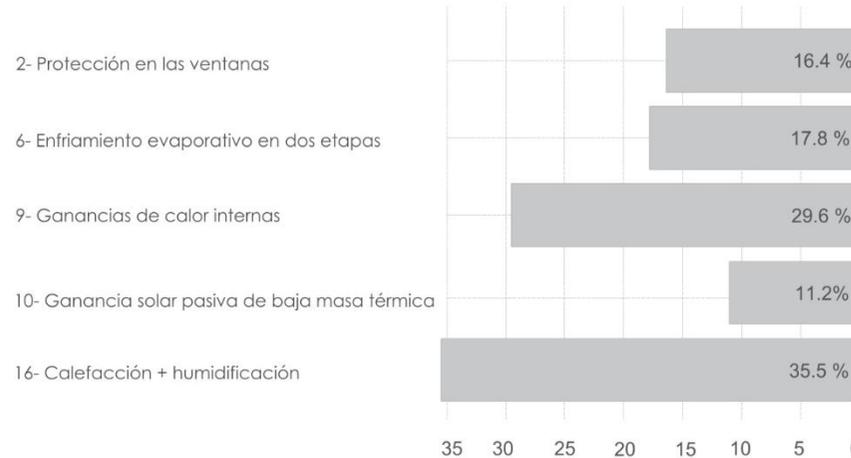
Cáceres muestra que solo un 14,6 % del año se encuentra en zona de confort térmico, lo que obliga a aplicar estrategias tanto para el frío como para el calor.

Durante el invierno, es necesaria la calefacción con humidificación en un 36,5% de las horas, debido a temperaturas bajas y ambiente seco. En verano, predominan estrategias como el sombreado en ventanas (16,4%) y el enfriamiento evaporativo (17,8%), reflejando veranos cálidos y secos. También destaca el uso del calor interno (29,6%) en estaciones intermedias. Las estrategias pasivas como la inercia térmica tienen escasa aplicación.

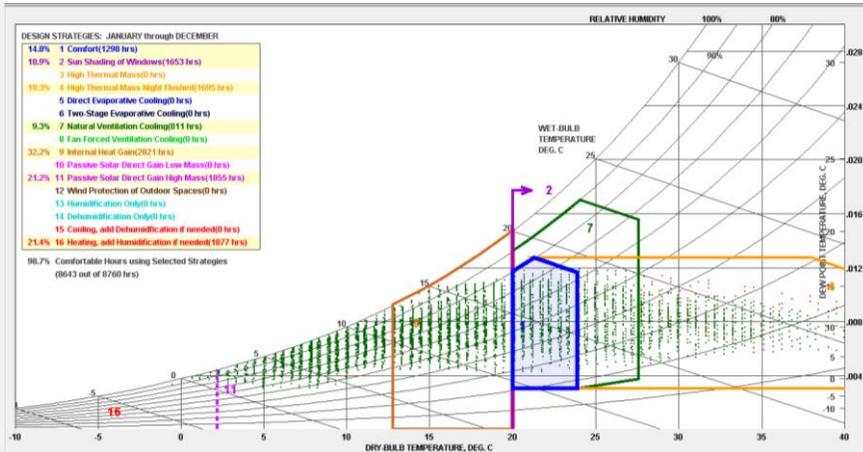
En resumen, Cáceres requiere un diseño que combine protección solar, ventilación eficaz y buen aislamiento térmico, adaptado tanto al invierno como al verano.



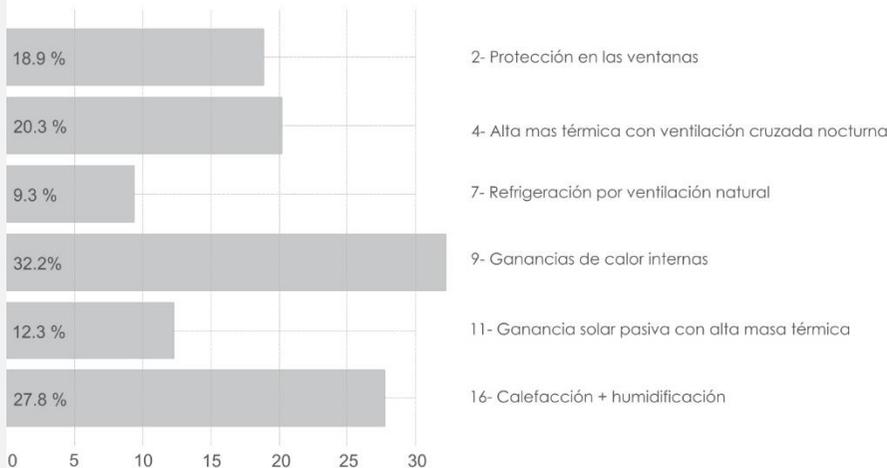
[Figura 78]. Estrategias bioclimáticas en Cáceres.



[Figura 79]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Cáceres.



[Figura 80]. Estrategias bioclimáticas en Córdoba.



[Figura 81]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Córdoba.

CÓRDOBA

Córdoba presenta un clima en el que un 14,8% del año se encuentra en zona de confort térmico, lo que implica la necesidad de aplicar distintas estrategias pasivas para mantener el confort durante la mayor parte del año.

En los meses cálidos, predominan medidas como la ventilación natural (32,2%) y el sombreado de ventanas (18,9%), evidenciando la importancia del control solar y el movimiento de aire en un clima seco y caluroso. También se recurre al uso de masa térmica con ventilación nocturna (20,3%) para mitigar las altas temperaturas mediante la inercia térmica. En los meses fríos, se requiere calefacción con o sin humidificación en un 27,8% de las horas, reflejo de inviernos que, aunque más suaves, también necesitan acondicionamiento. Las ganancias de calor internas (32,2%) y las ganancias solares pasivas (12,3%) complementa las estrategias durante las estaciones intermedias.

En conjunto, Córdoba demanda un diseño arquitectónico que priorice la protección solar, la ventilación cruzada y el aprovechamiento de la inercia térmica, adaptado a un clima con veranos muy cálidos e inviernos moderadamente fríos.

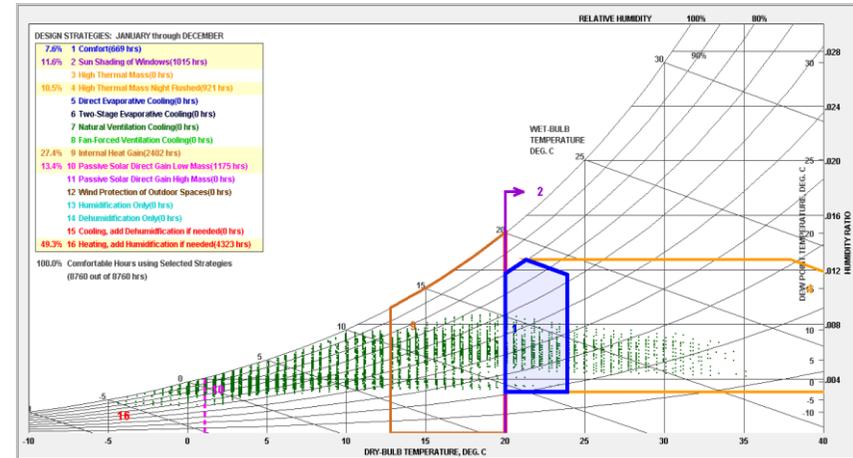
CUENCA

En Cuenca sólo un 7,6 % del año se encuentra en la zona de confort, lo que exige la aplicación constante de estrategias pasivas para garantizar ese bienestar térmico.

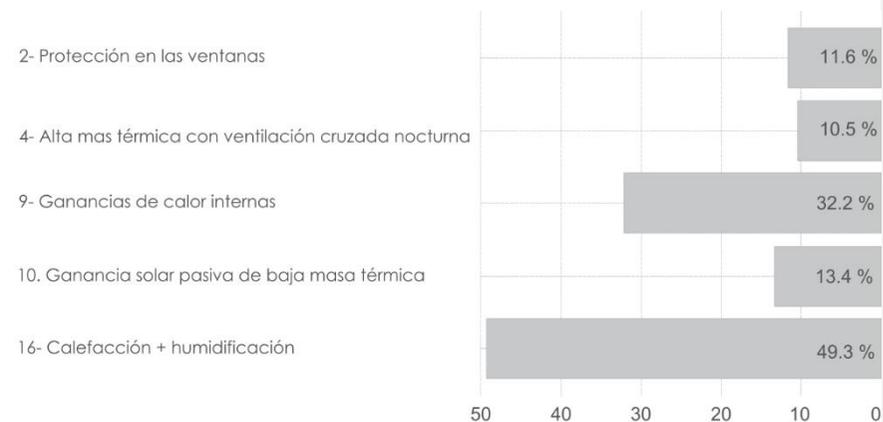
Durante los meses fríos, que son gran parte del año, es necesaria la calefacción con o sin humidificación en un 49,3 %, debido a las bajas temperaturas y la sequedad ambiental. En las estaciones intermedias y en ciertos momentos del invierno, las ganancias de calor internas (32,2 %) y la ganancia solar pasiva en materiales de baja inercia térmica (13,4 %) se convierten en herramientas clave para mantener el confort sin recurrir a sistemas activos. También se recurre al uso de alta inercia térmica con ventilación cruzada nocturna (10,5 %) para mejorar la estabilidad térmica en interiores.

La protección solar en las ventanas (11,6 %) juega un papel importante en los momentos puntuales de radiación intensa, sobre todo hacia el final de la primavera y durante el verano.

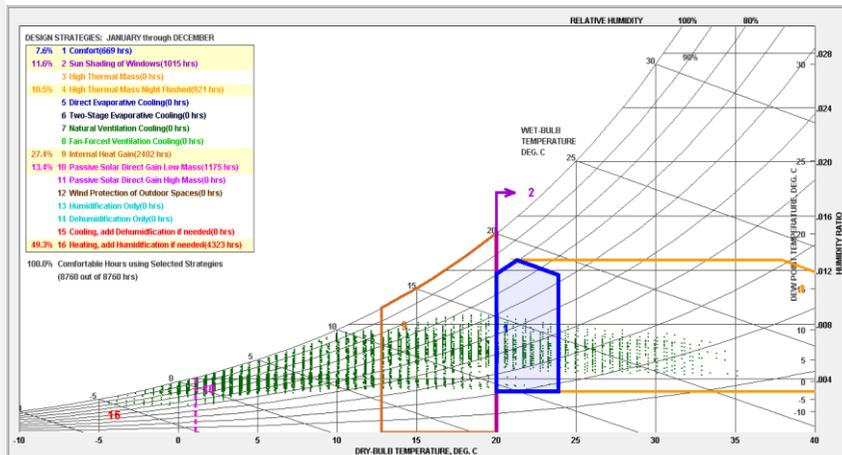
En resumen, el clima de Cuenca requiere un enfoque centrado en el control del frío, combinando aportes solares pasivos, acumulación térmica y un diseño que minimice las pérdidas de calor, sin descuidar medidas de sombreado para los días más cálidos.



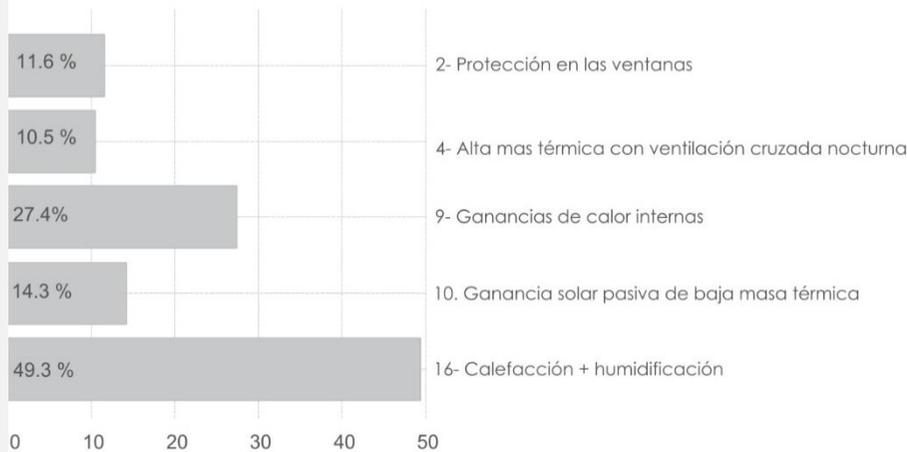
[Figura 82]. Estrategias bioclimáticas en Cuenca.



[Figura 83]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Cuenca.



[Figura 84]. Estrategias bioclimáticas en Guadalajara.



[Figura 85]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Guadalajara.

GUADALAJARA

Guadalajara presenta un clima similar al anterior en el que las condiciones exteriores solo permiten el confort térmico sin intervención durante un 7,6 % del año.

En invierno, las bajas temperaturas provocan la necesidad del uso de calefacción, en muchos casos acompañada de humidificación, durante un 49,3% de las horas anuales. Las ganancias internas de calor, presentes en un 27,4% del tiempo, se convierten en una fuente útil de energía en espacios cerrados, especialmente en las estaciones de transición. La ganancia solar pasiva en edificaciones con materiales de baja capacidad térmica también tiene un papel importante (14,3%), aprovechando la radiación solar para elevar la temperatura interior de forma rápida y efectiva. Asimismo, el uso de alta masa térmica con ventilación cruzada nocturna (10,5%) permite estabilizar la temperatura interior y suavizar las variaciones térmicas entre el día y la noche. Finalmente, la protección solar en ventanas (11,6%) contribuye a evitar el sobrecalentamiento durante los días soleados, aunque su uso es puntual en comparación con la necesidad de calefacción.

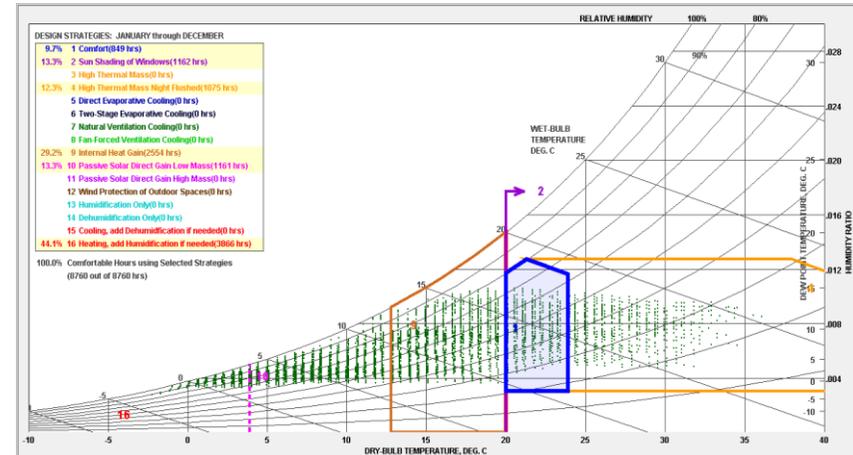
Como resultado se exige un enfoque arquitectónico que combine aislamiento eficiente, estrategias pasivas de captación solar y control térmico interno, adaptado a un entorno con inviernos marcados y veranos suaves.

HUESCA

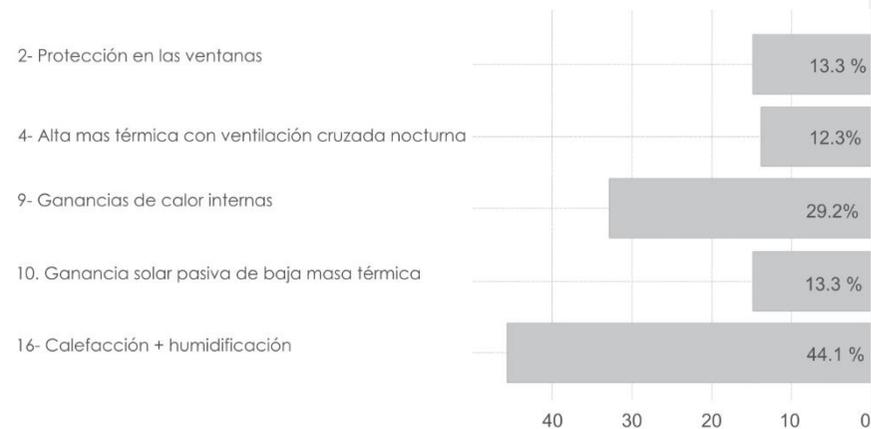
Huesca cuenta con un clima que solo permite el confort térmico sin intervención en un 9,7 % del año, lo que exige recurrir a distintas estrategias pasivas y activas para mantener condiciones interiores adecuadas.

Las necesidades de calefacción, acompañadas en muchos casos de humidificación, son elevadas, alcanzando un 44,1 % de las horas anuales, debido a inviernos fríos y secos. Las ganancias internas de calor juegan un papel importante (29,2%) en el equilibrio térmico de los espacios, sobre todo en épocas intermedias y días fríos. La captación solar pasiva en edificios con materiales de baja inercia térmica representa un 13,3%, permitiendo aprovechar la radiación para calentar rápidamente los espacios. También es relevante el uso de masa térmica con ventilación cruzada nocturna (12,3%), que ayuda a conservar la temperatura y reducir las oscilaciones térmicas. En verano y en días soleados, la protección solar en ventanas (13,3%) se vuelve esencial para evitar el sobrecalentamiento.

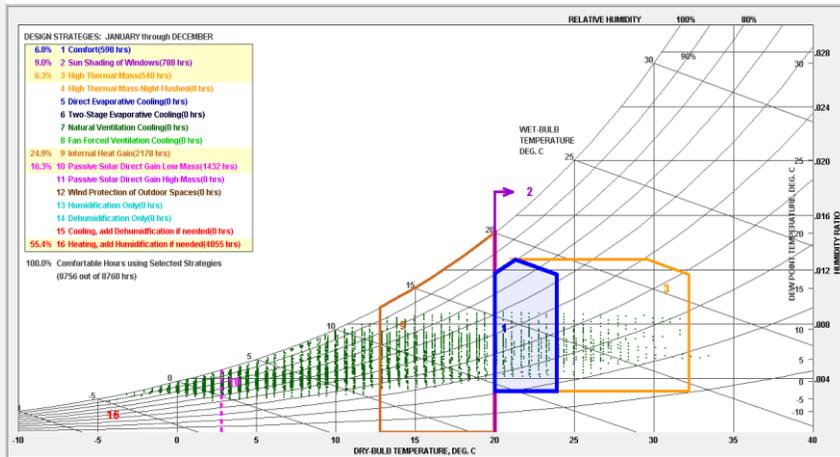
En resumen, Huesca demanda un diseño que combine captación solar eficiente, control solar en los meses cálidos y un buen aislamiento, adaptado a un clima con inviernos largos y veranos moderados.



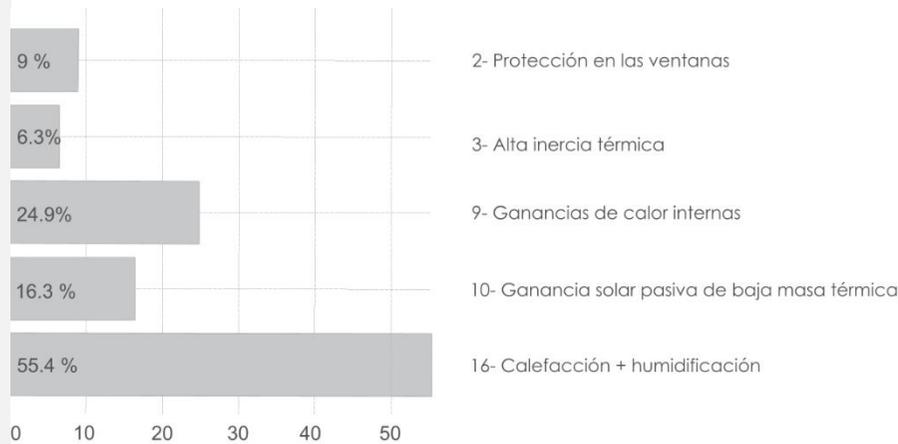
[Figura 86]. Estrategias bioclimáticas en Huesca.



[Figura 87]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Huesca.



[Figura 88]. Estrategias bioclimáticas en León.



[Figura 89]. Diagrama de las estrategias recomendadas para León.

LEÓN

León tiene un clima en el que sólo un 6,8 % del año se encuentra en condiciones de confort sin necesidad de intervención.

Durante los meses fríos, la necesidad de calefacción es muy elevada, alcanzando el 55,4 % del tiempo anual, debido a las bajas temperaturas y al ambiente seco, lo que obliga además a considerar la humidificación del aire. Las ganancias internas de calor representan un 24,9 % y resultan especialmente útiles durante el invierno. La captación solar directa en espacios con materiales de baja masa térmica también desempeña un papel importante (16,3 %), aprovechando la radiación solar para calentar rápidamente los interiores en los días soleados. La utilización de materiales con alta capacidad de almacenar y liberar calor (6,3 %) permite mejorar la estabilidad térmica de los edificios, sobre todo en periodos con grandes oscilaciones térmicas. Por otro lado, la protección solar en ventanas (9,0 %) se utiliza puntualmente para evitar el calentamiento excesivo en los meses más calurosos.

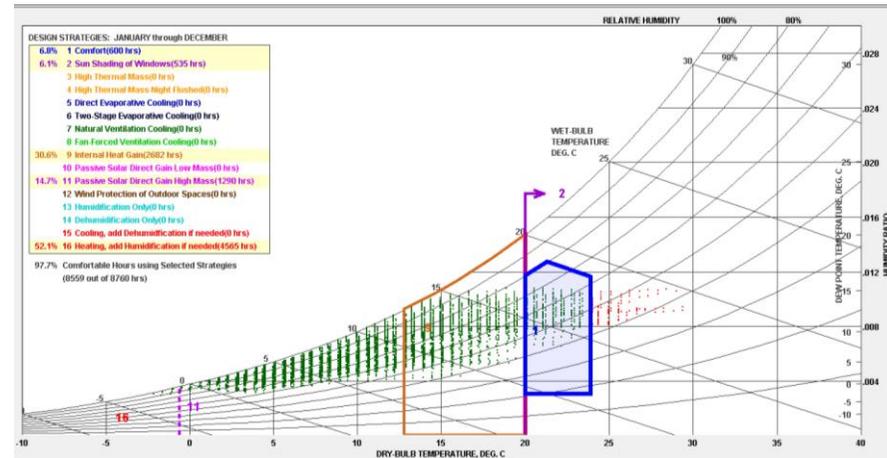
En definitiva, León requiere soluciones constructivas centradas en la eficiencia térmica, la captación solar pasiva y el control del frío, en respuesta a un clima predominantemente frío y seco.

LUGO

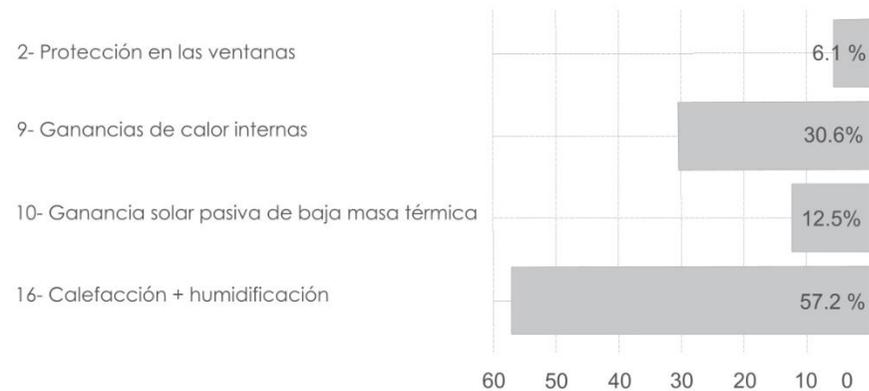
Lugo muestra un clima en el que únicamente el 6,9 % del año transcurre en condiciones de confort sin necesidad de sistemas adicionales.

Las bajas temperaturas, frecuentes a lo largo del año, obligan a utilizar calefacción acompañada de humidificación durante el 57,2 % del tiempo, lo que refleja la importancia de un sistema térmico eficiente y adaptado a ambientes fríos y secos. Las ganancias de calor producidas internamente cubren el 30,6 % de las horas, lo que supone un aporte considerable en el mantenimiento de temperaturas agradables en interiores, especialmente en espacios con actividad constante. La radiación solar también se aprovecha mediante estrategias pasivas, destacando la captación directa en materiales de baja inercia térmica (12,5 %), que permiten una respuesta térmica rápida en los días soleados. La protección solar en ventanas, aunque con menor incidencia (6,1 %), se emplea de forma ocasional para evitar el sobrecalentamiento en periodos con más calor.

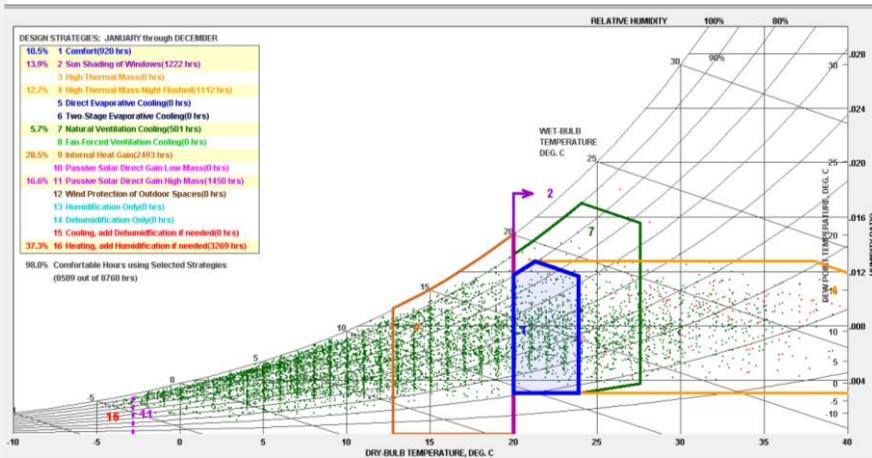
En conclusión, el clima de Lugo requiere un enfoque de diseño centrado en la retención del calor, el aprovechamiento de fuentes internas y solares, y una calefacción eficiente, adaptado a una atmósfera fresca y húmeda durante la mayor parte del año.



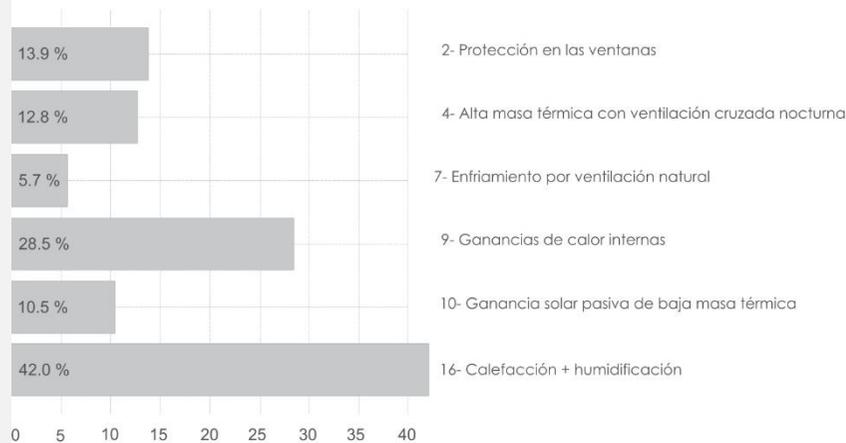
[Figura 90]. Estrategias bioclimáticas en Lugo.



[Figura 91]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Lugo.



[Figura 92]. Estrategias bioclimáticas en Madrid.



[Figura 93]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Madrid.

MADRID

El clima de Madrid permite condiciones de confort sin sistemas activos solo durante un 10,5 % del año, lo que obliga a aplicar soluciones de climatización adaptadas.

La calefacción, acompañada de humidificación cuando es necesaria, se requiere en un 42 % del tiempo, reflejando la importancia de un sistema eficiente para enfrentar el frío seco. Las ganancias internas de calor son el 28,5 % de las horas, aportando estabilidad térmica en espacios ocupados. Estrategias como el uso de masa térmica con ventilación cruzada nocturna (12,8 %) y la captación solar pasiva en materiales de baja inercia (10,5 %) ayudan a aprovechar el calor solar durante el día. En verano, se prioriza la protección solar en ventanas (13,9 %) para evitar el sobrecalentamiento, y la ventilación natural (5,7 %) se emplea en los momentos más frescos.

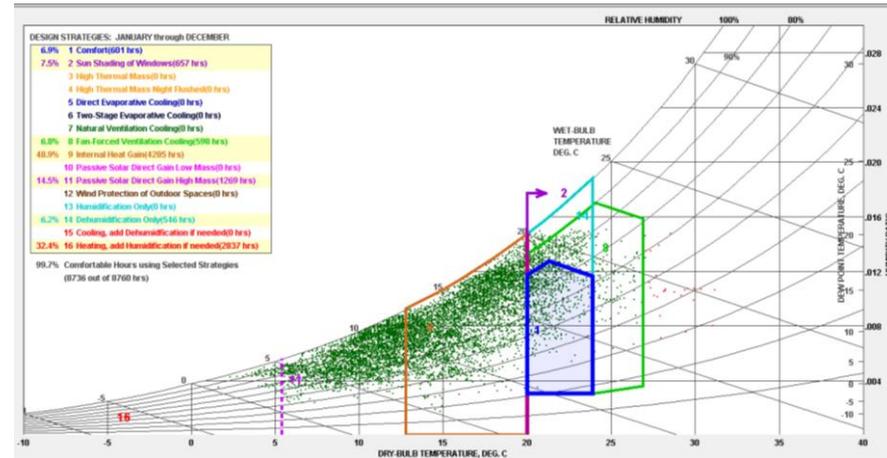
En definitiva, el diseño en Madrid debe equilibrar la retención y disipación de calor según la estación, combinando medidas pasivas y activas para garantizar el confort en un entorno seco y con marcadas variaciones térmicas.

SANTANDER

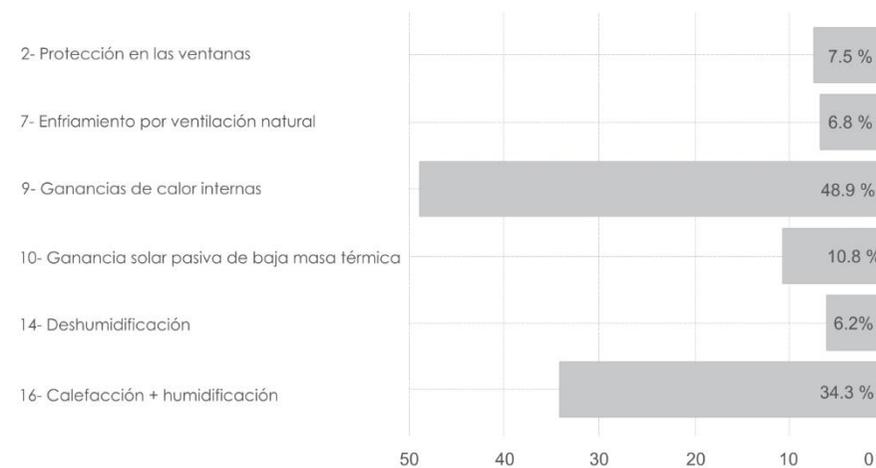
En Santander, solo el 6,9 % del año presenta condiciones de confort sin necesidad de intervención, siendo necesaria la calefacción durante un 34,3 % del tiempo, en ocasiones con humidificación adicional para mejorar el bienestar interior.

Las ganancias internas de calor juegan un papel clave, cubriendo el 48,9 % de las horas y reduciendo notablemente la necesidad de sistemas activos, sobre todo en edificios con actividad continua. La captación solar pasiva mediante materiales de baja masa térmica (10,8 %) también contribuye a mantener una temperatura agradable en espacios bien orientados. Durante los periodos más cálidos y húmedos, es necesario aplicar deshumidificación (6,2 %) para evitar la sensación de bochorno, mientras que la ventilación natural (6,8 %) permite renovar el aire y disipar calor de forma pasiva en las horas más frescas. La protección solar en ventanas (7,5 %) se utiliza para controlar la radiación directa y prevenir el sobrecalentamiento en días puntualmente soleados.

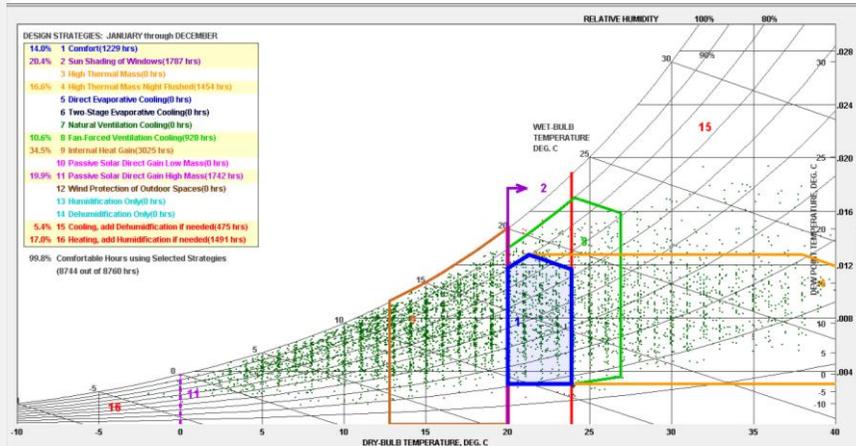
En conclusión, Santander requiere un enfoque de diseño centrado en el control de la humedad, la eficiencia en calefacción y el aprovechamiento tanto de las ganancias internas como de la radiación solar, siempre con especial atención a la ventilación y la protección solar según la época del año.



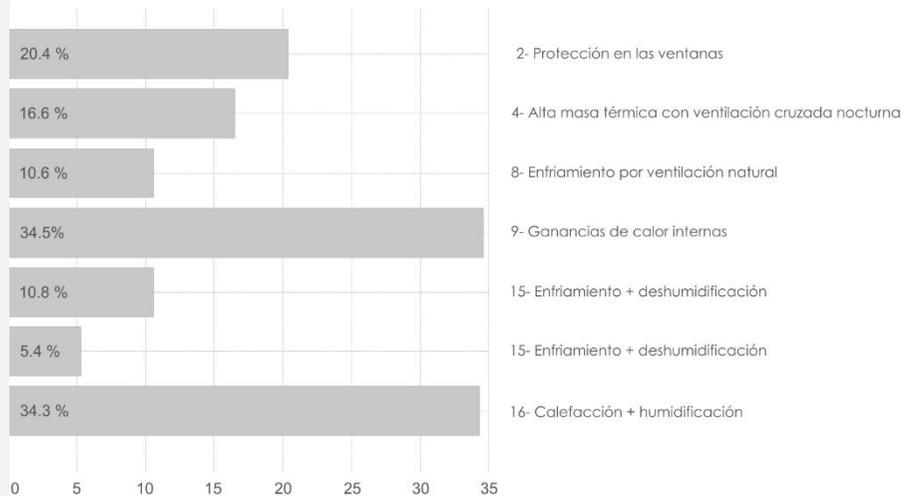
[Figura 94]. Estrategias bioclimáticas en Santander.



[Figura 95]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Santander.



[Figura 96]. Estrategias bioclimáticas en Sevilla.



[Figura 97]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Sevilla

SEVILLA

El clima de Sevilla se caracteriza por veranos intensamente calurosos, lo que limita las condiciones de confort sin intervención a un 14 % del año. Esto hace imprescindible un diseño pasivo bien adaptado.

La protección solar en ventanas (20,4 %) es fundamental para evitar el sobrecalentamiento, mientras que la masa térmica con ventilación cruzada nocturna (16,6 %) y la ventilación forzada (10,6 %) ayudan a disipar el calor acumulado. Las ganancias internas de calor (34,5 %) aportan energía útil, especialmente en invierno, aunque requieren control en verano. En los meses fríos, la captación solar sobre materiales de alta inercia térmica (10,8 %) permite conservar el calor, y en los días más cálidos y húmedos, se recurre puntualmente al enfriamiento con deshumidificación (5,4 %). La calefacción sigue siendo necesaria en un 22,2 % del año, a veces con humidificación.

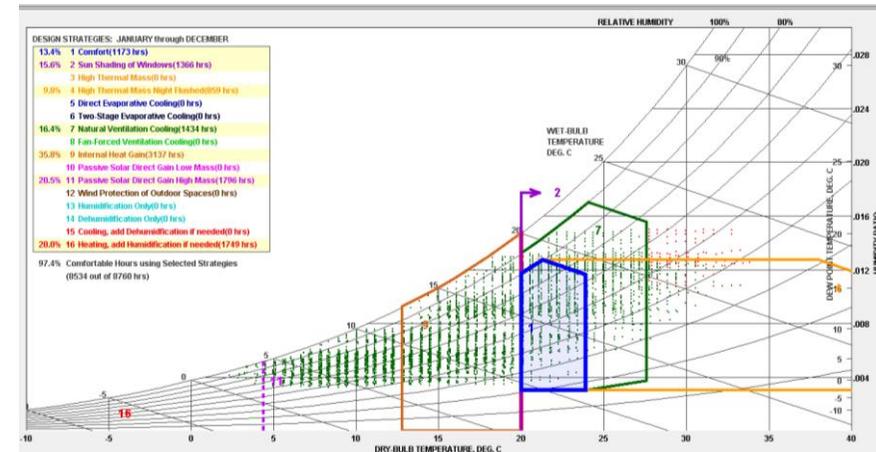
En resumen, Sevilla exige estrategias centradas en la protección solar, el aprovechamiento de la inercia térmica y una ventilación eficaz, adaptadas a un clima con altas temperaturas y fuertes contrastes diarios.

VALENCIA

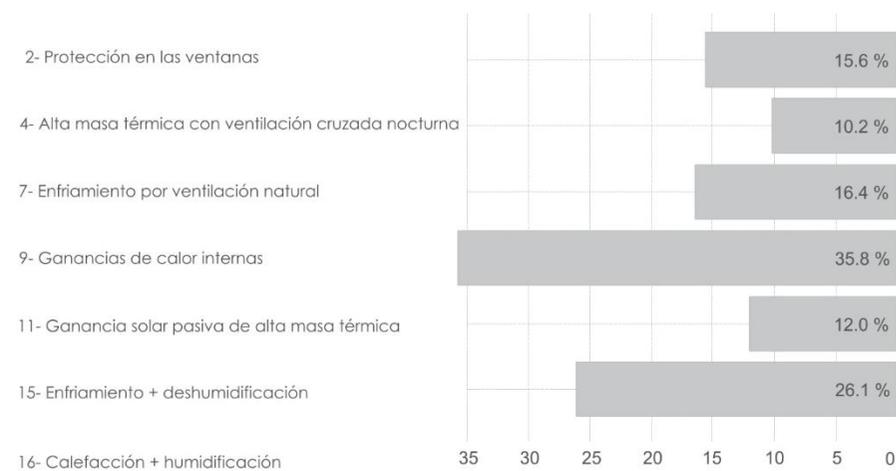
El clima de Valencia ofrece cierta estabilidad térmica, aunque solo el 13,4% del año se mantiene en confort sin intervención, lo que hace necesario implementar estrategias pasivas bien coordinadas.

Las ganancias internas de calor (35,8%) tienen un peso importante, especialmente en invierno, mientras que la captación solar pasiva en materiales de alta masa térmica (12%) ayuda a mantener el calor en interiores durante los días fríos. Para mitigar el calor en los meses cálidos, se recurre a la protección solar en ventanas (15,6%), al enfriamiento por ventilación natural (16,4%) y al uso de la inercia térmica con ventilación cruzada nocturna (10,2%). La calefacción se requiere en un 26,1% del año, en ocasiones acompañada de humidificación para mejorar el confort.

Finalmente, el diseño en Valencia debe combinar estrategias de protección solar, ventilación natural y aprovechamiento de la masa térmica, adaptándose a un clima con veranos cálidos, inviernos suaves y alta carga interna de calor.



[Figura 98]. Estrategias bioclimáticas en Valencia.



[Figura 99]. Diagrama de las estrategias recomendadas para Valencia.



4.2. Conclusiones obtenidas en base al análisis de los climas

El estudio realizado mediante la herramienta *Climate Consultant* en diferentes zonas de España ha permitido mostrar la importancia de adaptar el diseño arquitectónico a las condiciones específicas de cada entorno. A través del análisis de las ciudades más representativas de los diversos climas, se ha reflejado que el confort térmico pasivo es alcanzable solo durante un pequeño porcentaje al año en todos los casos, lo que subraya la necesidad de aplicar estrategias bioclimáticas eficaces.

Se observa que, en climas fríos y secos como Burgos, León o Lugo, predominan estrategias centradas en la retención del calor, como la calefacción pasiva, el aprovechamiento de las ganancias solares y el uso de materiales con buena inercia térmica. Por otro lado, en regiones más cálidas como Córdoba, Sevilla o Cáceres, el diseño debe orientarse a la protección solar, la ventilación cruzada y el uso de masa térmica con ventilación cruzada nocturna para mitigar el sobrecalentamiento.

Se obtiene como conclusión en este estudio climático que no existe una única solución válida, verificando que cada contexto exige una combinación específica de técnicas pasivas y, cuando esto no es posible, el uso de sistemas activos como sistemas complementarios, los cuales llegan a ser realmente efectivos.



INTRODUCCIÓN

FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

CLIMAS DE ESPAÑA Y PROPUESTA DE SUS CLIMAS MÁS REPRESENTATIVOS

ADAPTACIÓN BIOCLIMÁTICA SEGÚN EL CLIMA

CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE PROYECTOS BIOCLIMÁTICOS

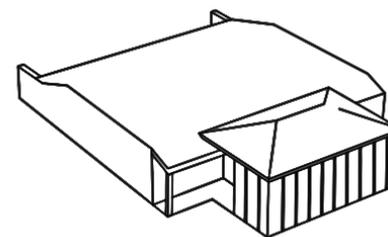
APORTACIÓN FINAL

5. CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE PROYECTOS BIOCLIMÁTICOS.

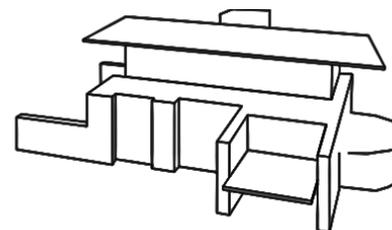
En este apartado se presentan tres casos de estudio representativos de arquitectura bioclimática en España: la *Vivienda Sotavento*, *BLASCO Eco-House* y la *Vivienda unifamiliar Río Tajo 9*.

Cada uno de estos proyectos ha sido seleccionado por su localización, ya que se sitúan dentro de las zonas climáticas que han sido propuestas en el apartado 3.2. Además de ser soluciones arquitectónicas que integran estrategias pasivas y activas orientadas a la mejora del confort térmico y la reducción del impacto ambiental.

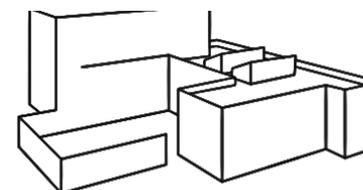
Se hace una comparativa en forma de tablas, a partir de las directrices de diseño residencial recomendadas por el programa *Climate Consultant* una vez realizado el climograma, que se aplica específicamente a cada clima en particular. Evaluando también aspectos como la adaptación climática, el aprovechamiento de los recursos naturales, y el comportamiento energético del edificio. Esta revisión permite comprender cómo los principios de la arquitectura bioclimática se traducen en decisiones proyectuales concretas. Este análisis permite no solo evaluar la eficacia de las decisiones proyectuales adoptadas, sino también extraer criterios replicables que puedan orientar nuestra propuesta final.



Vivienda Sotavento



BLASCO Eco-House



Vivienda unifamiliar Río Tajo 9

[Figura 100]. Esquemas de los casos de estudio.



Información general.

- Ubicación: Momán-Xermade, Lugo (Galicia)
- Año de construcción: 2009
- Arquitectos: Emilio Miguel Mitre y Carlos Expósito Mora
- Zona climática CTE: C1 (clima atlántico húmedo y templado)
- Características climáticas según Givoni: Clima templado húmedo con inviernos fríos y veranos suaves; importante presencia de humedad y lluvias.

5.1. Caso 1- Vivienda Sotavento

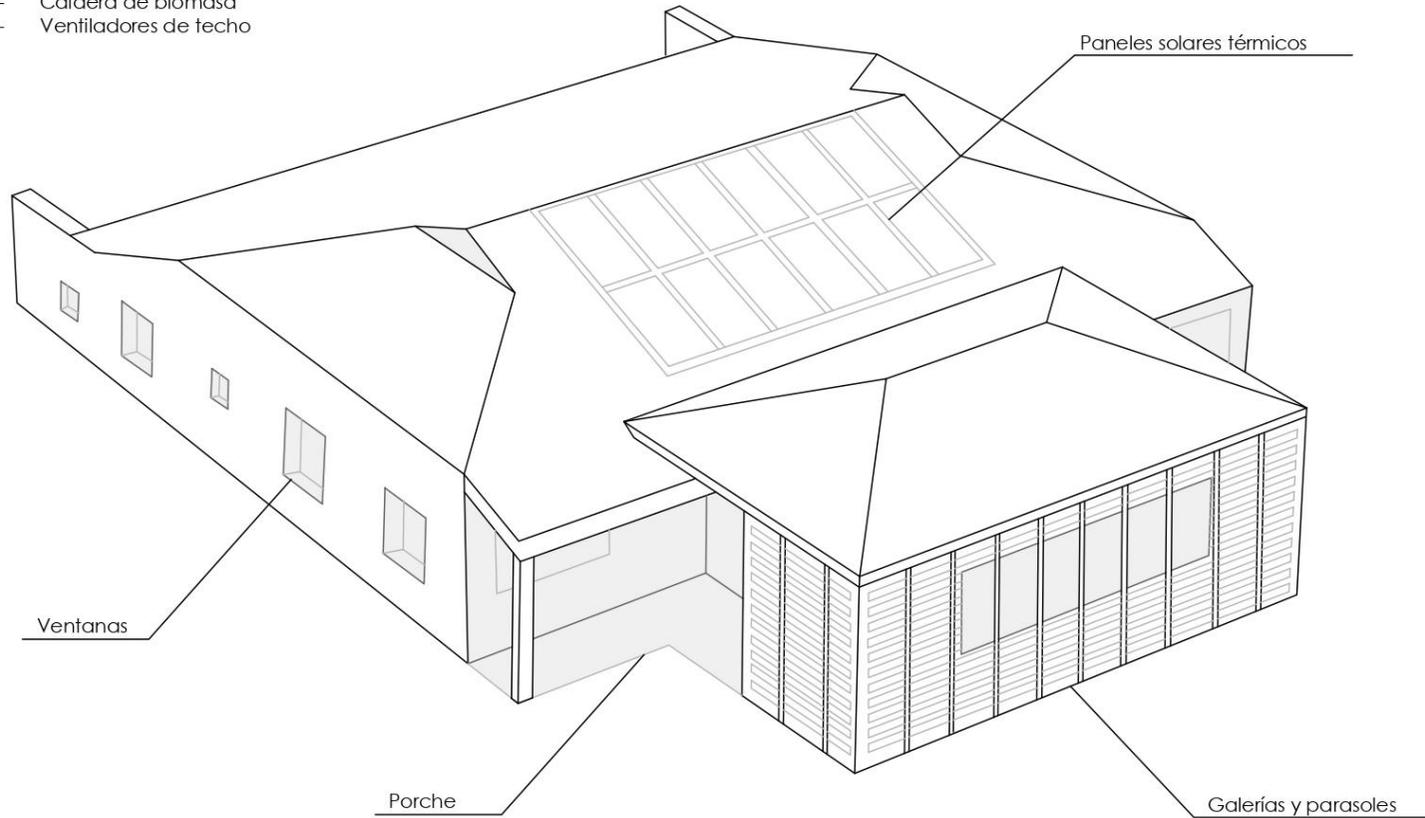
La Vivienda Sotavento es un prototipo bioclimático demostrativo situado dentro del parque eólico experimental de Sotavento, en Lugo. Con una única planta de unos 200 m², su diseño tiene en cuenta el aprovechamiento de los recursos naturales del entorno, integrándose con el terreno y optimizando tanto la captación solar como la protección frente al viento y la humedad.

5.1.1. Estrategias bioclimáticas.

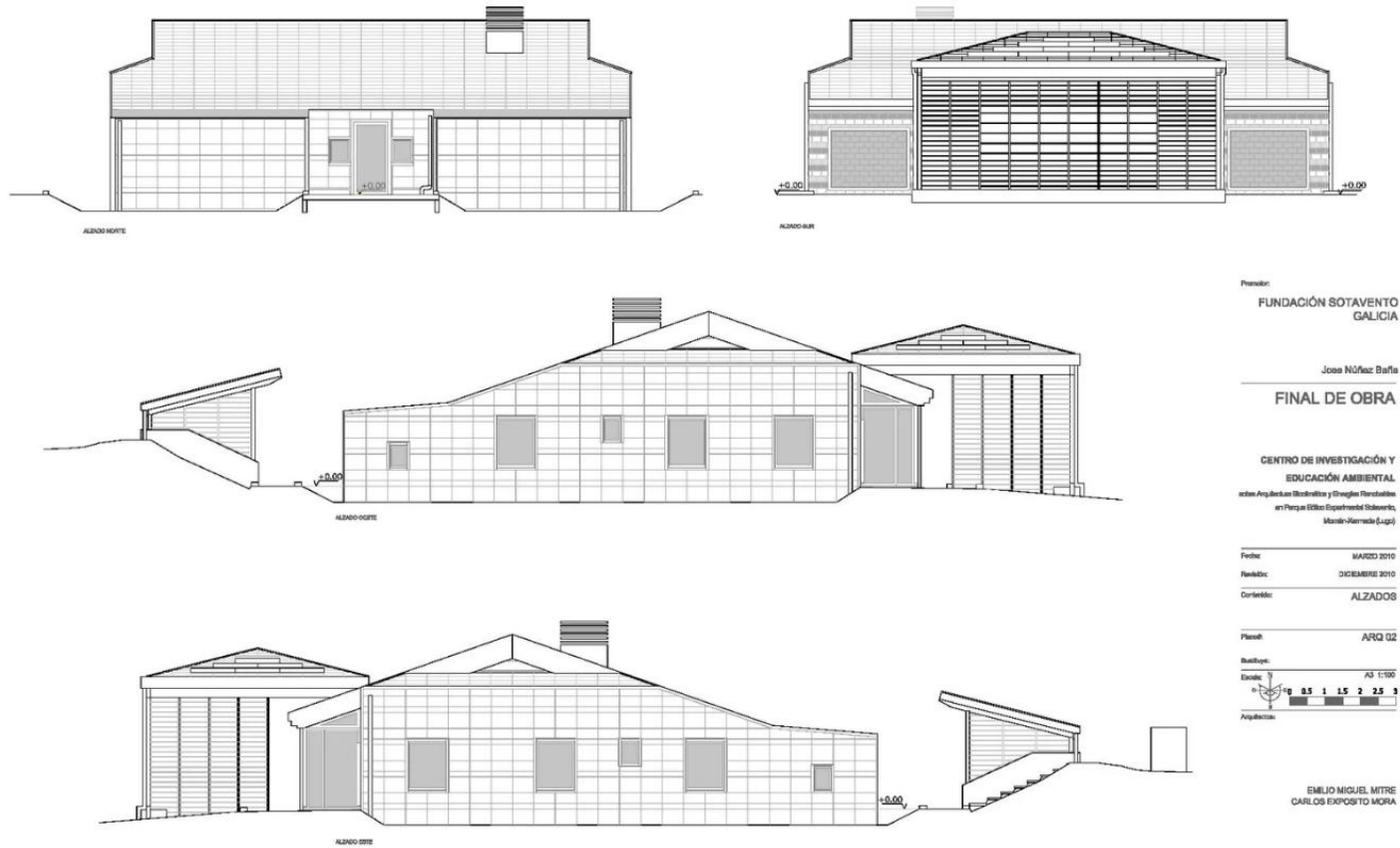
- Soluciones pasivas:
 - o Protección solar mediante voladizos y galerías acristaladas.
 - o Recolección de aguas pluviales para reducir el consumo de agua potable.
 - o Muro trombe.
 - o Diseño adaptado a la topografía y orientación para optimizar la captación solar en invierno y la protección en verano.
- Soluciones activas:
 - o Instalación de paneles solares térmicos.
 - o Caldera de biomasa y bomba de calor geotérmica como fuentes de calefacción.
 - o Sistema de monitorización energética en tiempo real para evaluar el comportamiento térmico y energético de la vivienda.
 - o Refrigerador evaporativo y ventiladores de techo

Otras estrategias:

- Muro Trombe
- Geotermia
- Caldera de biomasa
- Ventiladores de techo



[Figura 101]. Axonométrica de la Vivienda Sotavento en Lugo, señalizando las estrategias bioclimáticas.

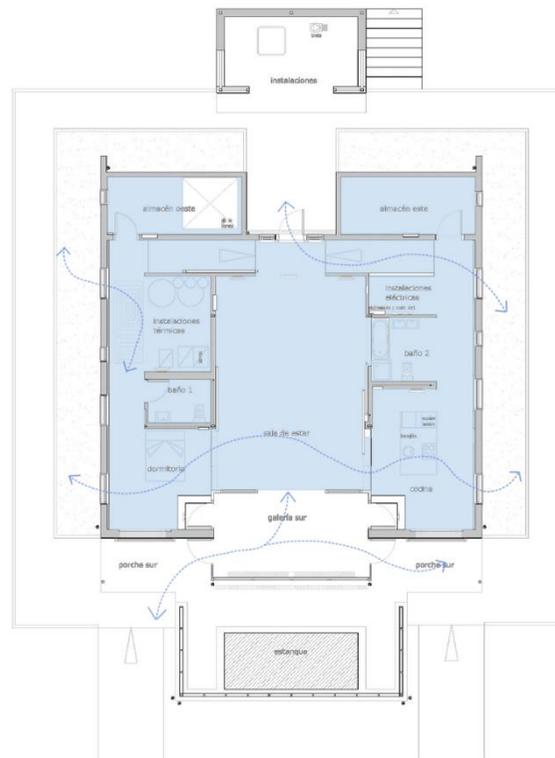


[Figura 102]. Alzados de la Vivienda Sotavento en Lugo.

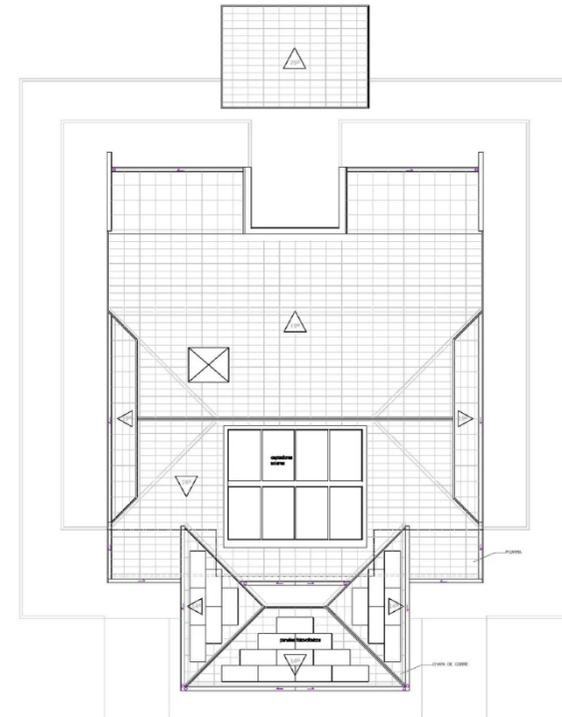
3. Planta baja con esquema de funcionamiento de captación solar en invierno



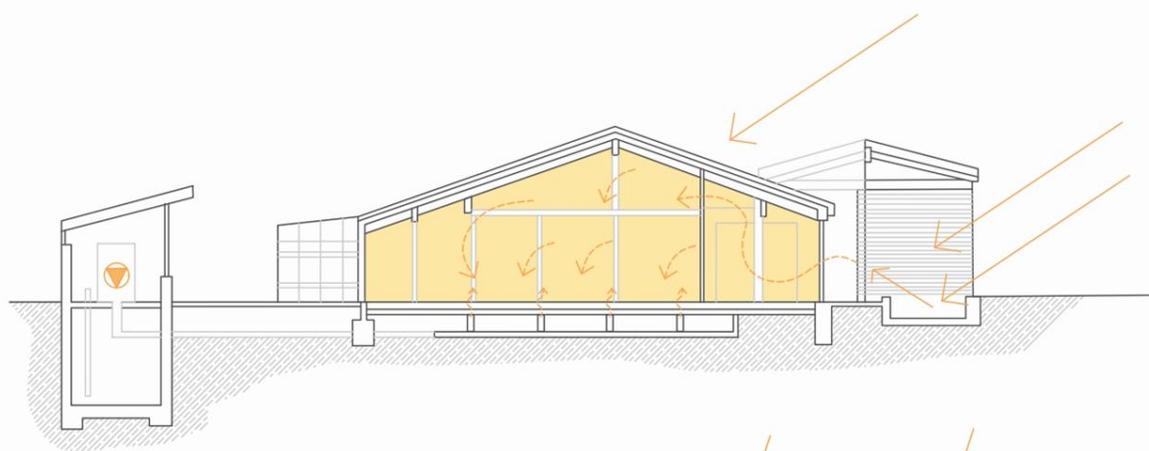
2. Planta baja con sistema de ventilación natural en verano



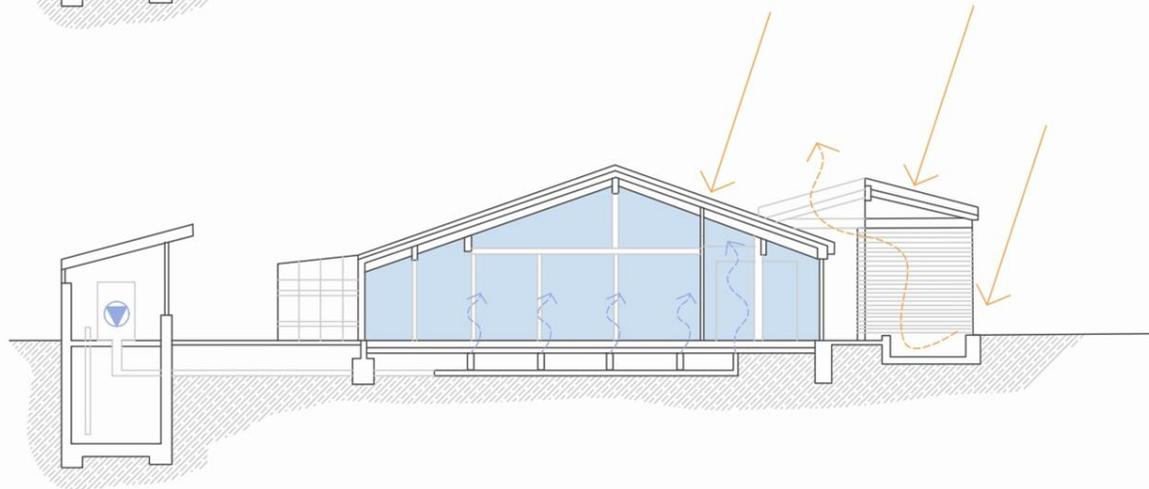
1. Planta cubierta, con paneles solares térmicos y placas fotovoltaicas.



[Figura 103]. Plantas de la Vivienda Sotavento en Lugo. Con funcionamiento de captación solar (1) y ventilación natural (2).



Sección de la Vivienda Sotavento con esquema de funcionamiento de geotermia para calentar en invierno + captación solar.



Sección de la Vivienda Sotavento con esquema de funcionamiento de geotermia para refrigerar en verano + disipación de radiación solar.

[Figura 104]. Esquemas de regulación térmica de la Vivienda Sotavento en Lugo.

5.1.2. Análisis según Givoni.

En función de las directrices de diseño recomendadas para uso residencial por el programa *Climate Consultant* se comprueba si este ejemplo cumple con dichas estrategias. Para ello, se hace una verificación a través de esta tabla:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SI	NO	SI	SI	NO	SI							

[Tabla 8]. Comprobación de estrategias bioclimáticas.

1. Ventilación solar pasiva, orientada al sur la mayor parte del área vidriada para maximizar la exposición al sol durante el invierno, mientras que en verano es necesario el diseño de voladizos.
2. Acristalamiento de alto rendimiento de doble panel (Low-E) en el oeste, norte y este. Pero despedido en el sur para obtener la máxima ganancia solar pasiva.
3. Reducción de la temperatura de confort interior durante la noche para menor consumo de energía de calefacción.
4. Ganancia de calor por actividades, personas y equipos que en gran medida reducen las necesidades de calefacción. Casa hermética, bien aislada.
5. Estancias de uso diurno donde se filtre la luz del invierno.
6. Espacios al aire libre con soleamiento protegido del viento (patios cerrados, salas de sol de temporada)
7. Pequeñas dimensiones para no desperdiciar el consumo de energía.
8. Fuente de calor central con ventanas orientadas al sur y techo inclinado para protección del viento.
9. Árboles, colocados a 45° de cada esquina.
10. Aislamiento adicional aumenta la comodidad al mantener las temperaturas interiores estables.
11. Garajes o zonas de almacenamiento ubicadas en el costado donde incide más el viento frío, para ayudar a aislar.
12. Tragaluces pequeños bien aislados.
13. Persianas aislantes, cortinas pesadas o contraventas reducirán las pérdidas de calor.

El diseño responde muy bien al clima húmedo y frío característico de la zona. La captación solar, el aislamiento térmico y la inercia térmica garantizan confort durante el invierno, mientras que la ventilación controlada ayuda a evitar la condensación. Aunque algunas estrategias no están implementadas (como vegetación a 45° o tragaluces pequeños), su ausencia no compromete el confort interior, debido al equilibrio global del diseño.

5.1.3. Valoración crítica.

La Vivienda Sotavento constituye un ejemplo pionero y didáctico de arquitectura bioclimática en clima atlántico. Su valor reside en combinar tecnologías pasivas y activas bajo una perspectiva experimental y monitorizable. Las soluciones implementadas son extrapolables a otras zonas húmedas del norte peninsular. Como mejora, podría integrarse vegetación caduca para reforzar el control solar estacional y mejorar el entorno inmediato.



Información general.

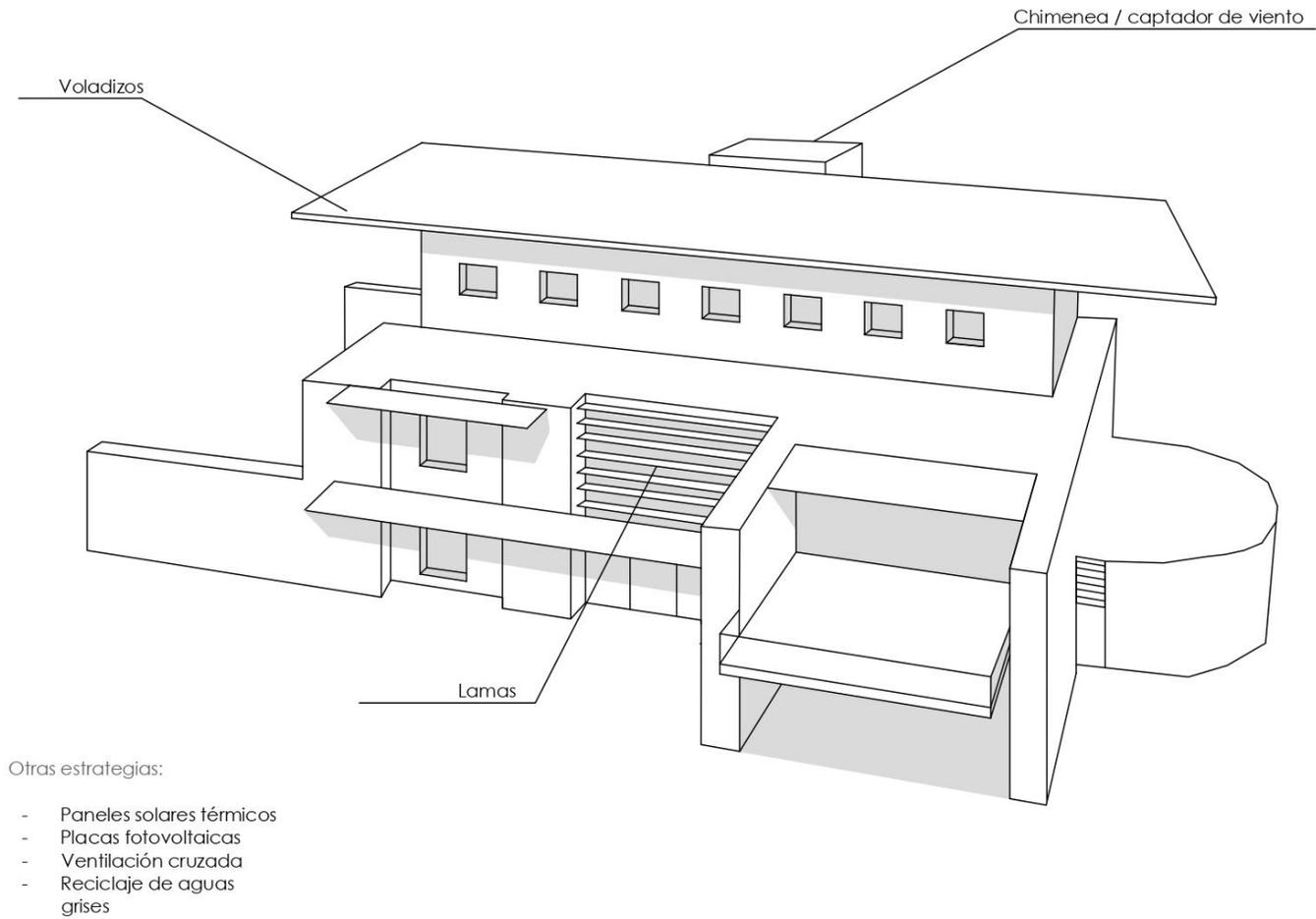
- Ubicación: Gandía, Valencia
- Año de construcción: 2001
- Arquitecto: Luis De Garrido
- Zona climática CTE: B3 (clima mediterráneo cálido y seco)
- Características climáticas según Givoni: Clima cálido con alta radiación solar, veranos húmedos y cálidos, influencia marítima con alta humedad estival.

5.2. Caso 2 - BLASCO Eco-House

Esta vivienda unifamiliar bioclimática se ubica en un solar cercano a la playa de Gandía, Valencia. Su diseño está orientado estratégicamente para maximizar el aprovechamiento solar en invierno y protegerse del exceso de radiación en verano. Organizada en torno a un patio central cubierto, esta vivienda destaca por su autosuficiencia energética y su avanzado diseño bioclimático que regula de manera natural la temperatura interior durante todo el año.

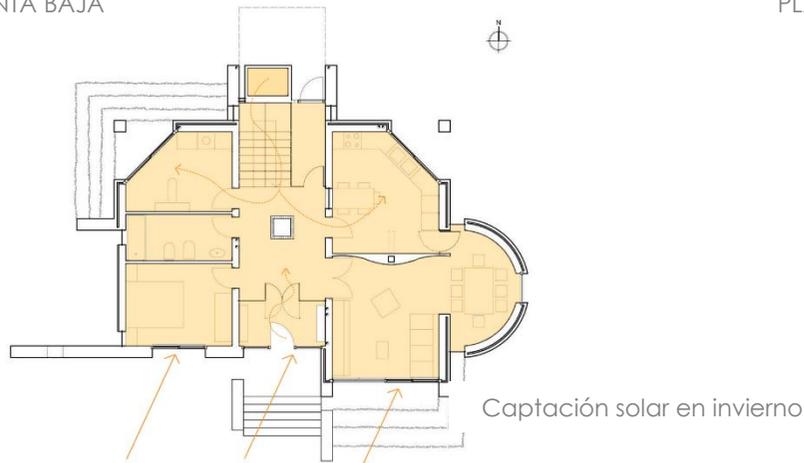
5.2.1. Estrategias bioclimáticas

- Soluciones pasivas:
 - o Orientación longitudinal este-oeste
 - o Organización tripartita alrededor de un patio central cubierto que funciona como regulador térmico natural.
 - o Fachada sur acristalada con protecciones solares para el verano.
 - o Ventilación natural cruzada.
 - o Uso de materiales con inercia térmica y aislamiento para mantener temperaturas interiores estables.
- Soluciones activas:
 - o Chimenea de biomasa integrada que aporta calefacción en los días más fríos, manteniendo la temperatura interior sin necesidad de calefacción convencional.
 - o Instalación fotovoltaica con 12 paneles solares (4.200 Wp)
 - o Captadores solares térmicos integrados para la producción de agua caliente sanitaria.

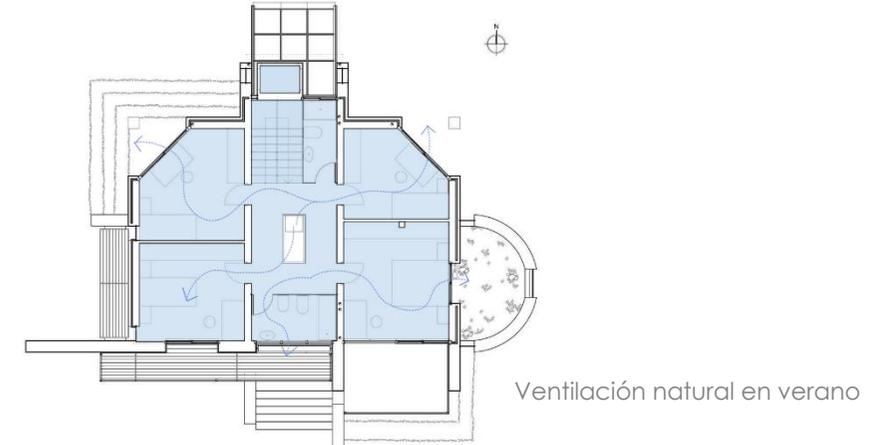
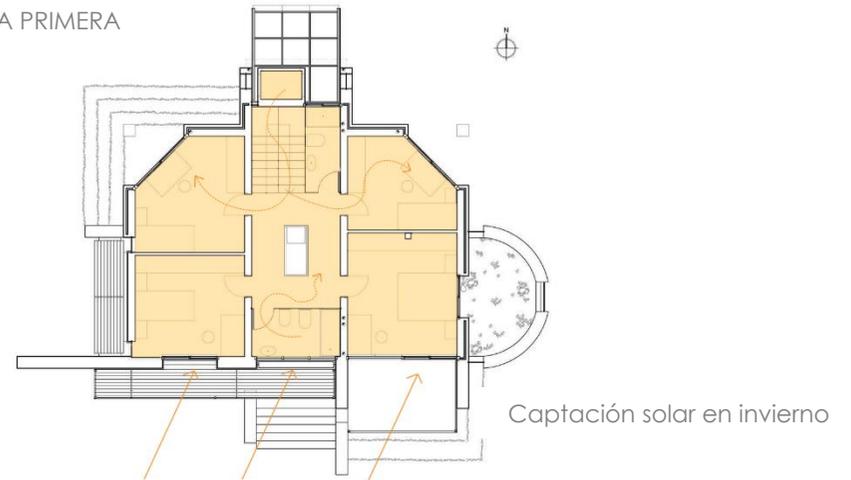


[Figura 105]. Axonometría de la vivienda BLASCO Eco-House en Valencia, señalizando las estrategias bioclimáticas.

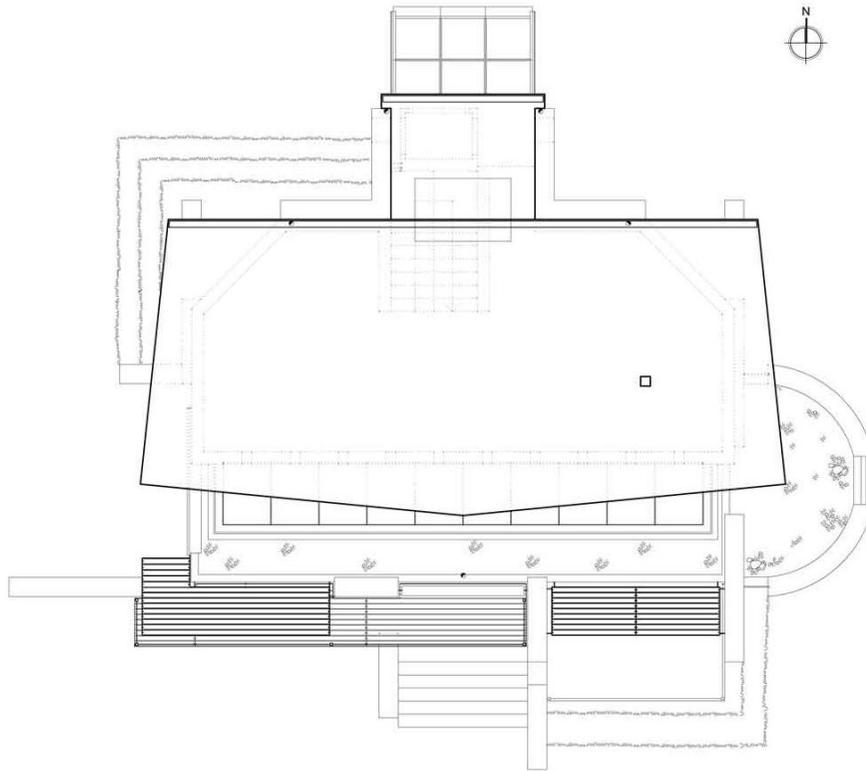
PLANTA BAJA



PLANTA PRIMERA

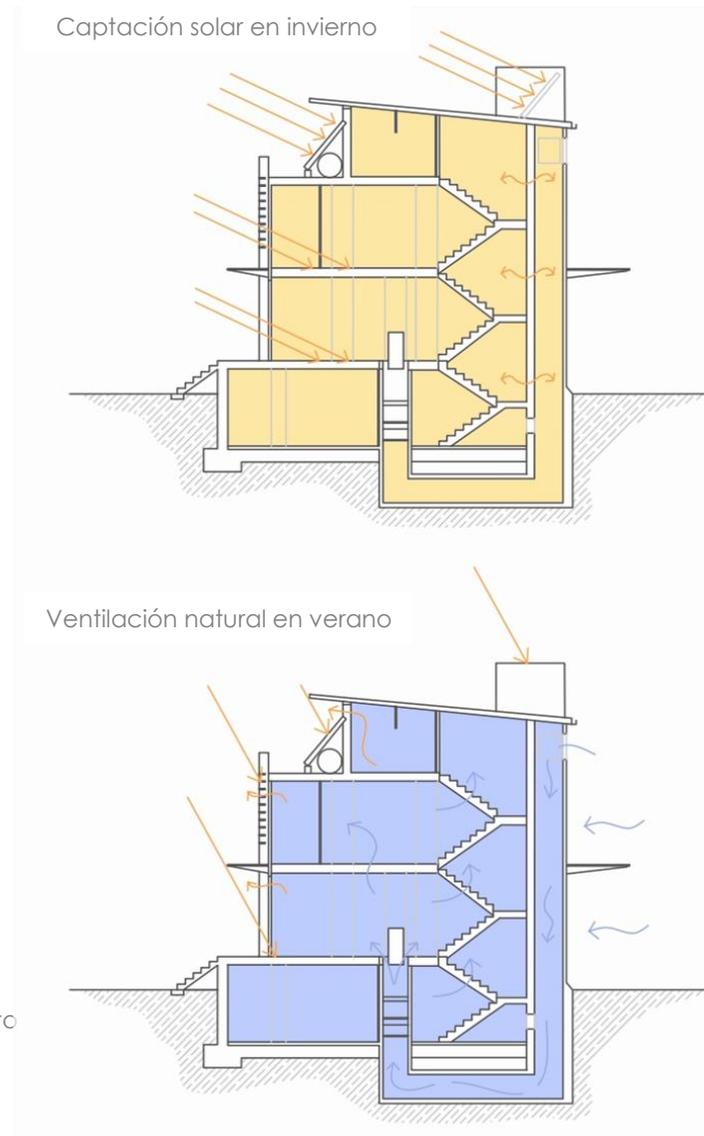


[Figura 106]. Plantas de la vivienda BLASCO Eco-House en Valencia, señalizando la captación solar y la ventilación natural.



[Figura 107]. Plantas de cubierta de la vivienda BLASCO Eco-House en Valencia.

[Figura 108]. Secciones de la vivienda BLASCO Eco-House en Valencia, con funcionamiento De captación solar y ventilación natural.





5.2.2. Análisis según Givoni.

En función de las directrices de diseño recomendadas para uso residencial por el programa *Climate Consultant* se comprueba si este ejemplo cumple con dichas estrategias. Para ello, se hace una verificación a través de esta tabla:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SI	NO	SI	SI	SI	SI							

[Tabla 9]. Comprobación de estrategias bioclimáticas.

1. Ganancia de energía solar pasiva en el área de vidrio al sur para maximizar el uso en invierno, pero con voladizos para generar sombra en verano.
2. Construcción liviana con losa a ras de suelo, paredes operables y espacios sombreados.
3. Acristalamiento de alto rendimiento de doble panel (Low-E) en el oeste, norte y este. Pero despedido en el sur para obtener la máxima ganancia solar pasiva.
4. Buena ventilación para reducir o eliminar las condensaciones, abrir a la brisa del verano y usar la ganancia solar pasiva en invierno.
5. Voladizos o parasoles plegables para controlar la entrada de luz.
6. Ampliar la altura vertical entre la entrada y salida de aire (huecos de escaleras, doble altura).
7. Ventilación cruzada.
8. Reducción de la temperatura de confort interior durante la noche para menor consumo de energía de calefacción.
9. Utilizar la segunda planta de baja masa térmica y buena ventilación, y el primer piso de alta masa térmica para el calentamiento del sol.
10. Espacios al aire libre con soleamiento protegido del viento (patios cerrados, salas de sol de temporada).
11. Estancias de uso diurno donde se filtre la luz del invierno.
12. Diseño de la planta del edificio larga y estrecha para facilitar la ventilación cruzada.
13. Diseño de la planta abierta para promover la ventilación cruzada natural.

La vivienda responde muy bien a su clima, especialmente por la ventilación cruzada y el control de la radiación solar. Las estrategias de masa térmica y ventilación vertical son fundamentales en climas cálidos, con cubierta inclinada que potencia la convección natural y genera un efecto "chimenea".

5.2.3. Valoración crítica.

Este proyecto presenta una solución arquitectónica coherente y bien fundamentada desde un enfoque bioclimático y sostenible. Destaca por su orientación estratégica, el uso de un patio central como regulador térmico. La autosuficiencia energética, lograda mediante sistemas solares y geotérmicos, refleja un diseño comprometido con el medio ambiente. La gran mayoría de los materiales de la vivienda pueden ser recuperables y se ha potenciado la utilización de materiales reciclados y reciclables. En conjunto, se trata de una propuesta innovadora, que conjuga eficiencia, habitabilidad y respeto ambiental con gran sensibilidad arquitectónica.



Información general.

- Ubicación: Cabanillas del Campo, Guadalajara (Castilla-La Mancha)
- Año de construcción: 2016
- Arquitecto: Julio González Quintas
- Zona climática CTE: D3 (continental con inviernos fríos y veranos calurosos)
- Características climáticas según Givoni: Oscilaciones térmicas marcadas entre el día y la noche, inviernos fríos y secos, veranos calurosos y secos con irradiación intensa.

5.3. Caso 3 - Vivienda unifamiliar Rio Tajo 9

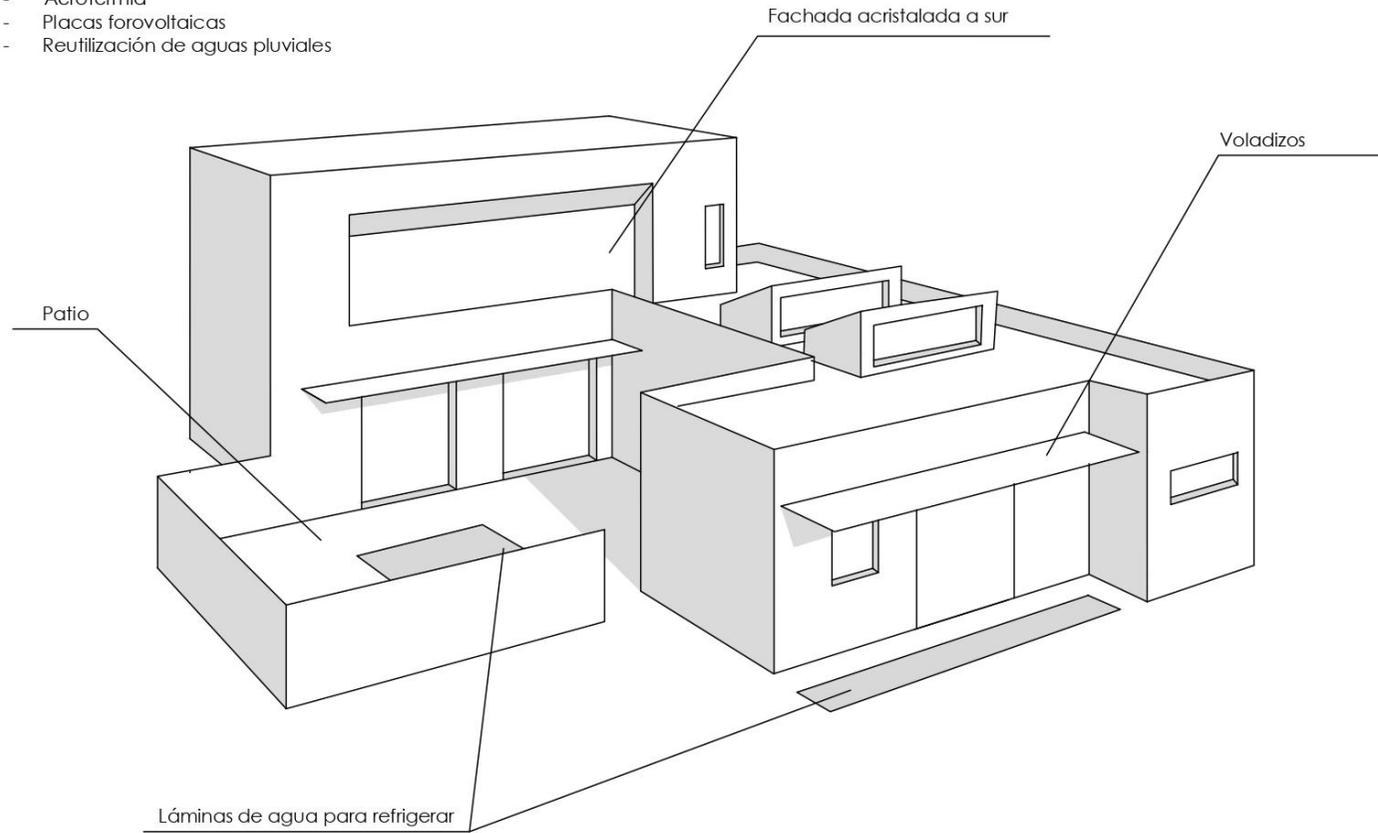
La vivienda se diseña con un enfoque de sostenibilidad, que contempla tanto las condiciones climáticas como la eficiencia energética y el ciclo de vida de los materiales. Su configuración volumétrica y espacial en forma de "U" está orientada a protegerse del clima extremo, generar microclimas internos y favorecer estrategias pasivas de regulación térmica.

5.3.1. Estrategias bioclimáticas.

- Soluciones pasivas:
 - o Orientación adecuada con control solar mediante voladizos, marquesinas y vegetación de hoja caduca.
 - o Patio central que actúa como depósito térmico nocturno y zona de enfriamiento evaporativo.
 - o Alta inercia térmica mediante el uso de termoarcilla y cubiertas ventiladas.
 - o Ventilación cruzada mejorada con claraboyas y doble altura.
 - o Regulación estacional a través de estrategias como pliegues en fachada y modulación de huecos según orientación.
- Soluciones activas:
 - o Bomba de calor aerotérmica para ACS y climatización.
 - o Sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor.
 - o Captación de energía solar mediante paneles fotovoltaicos.
 - o Reutilización de aguas pluviales para usos no potables.

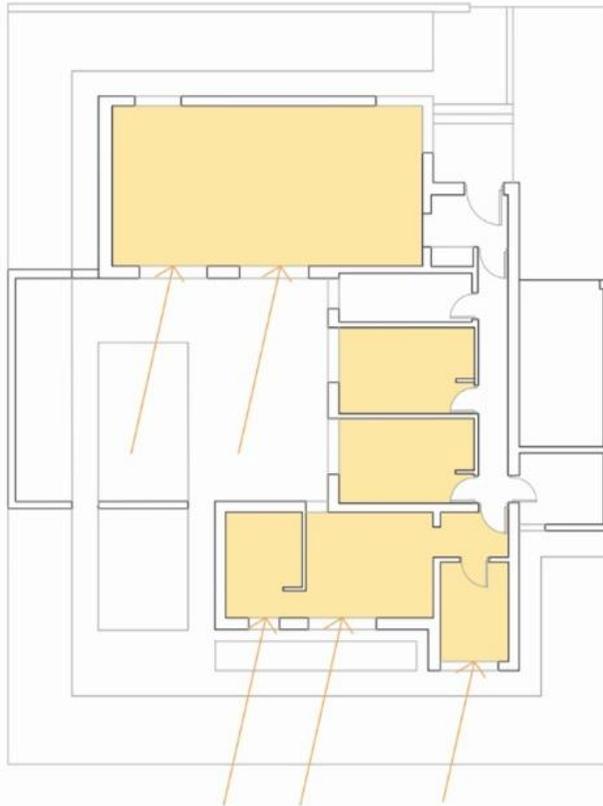
Otras estrategias:

- Ventilación cruzada
- Aerotermia
- Placas fotovoltaicas
- Reutilización de aguas pluviales

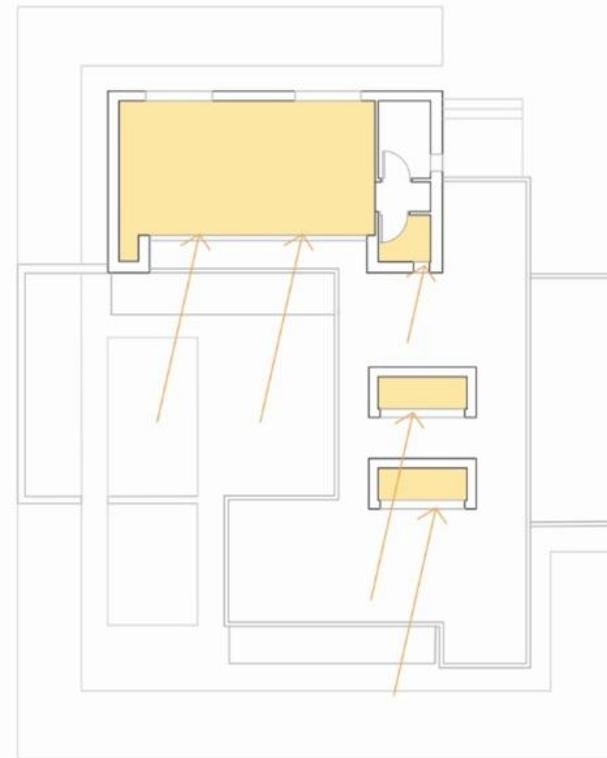


[Figura 109]. Axonometría de Vivienda unifamiliar Rio Tajo 9 en Guadalajara, señalizando las estrategias bioclimáticas.

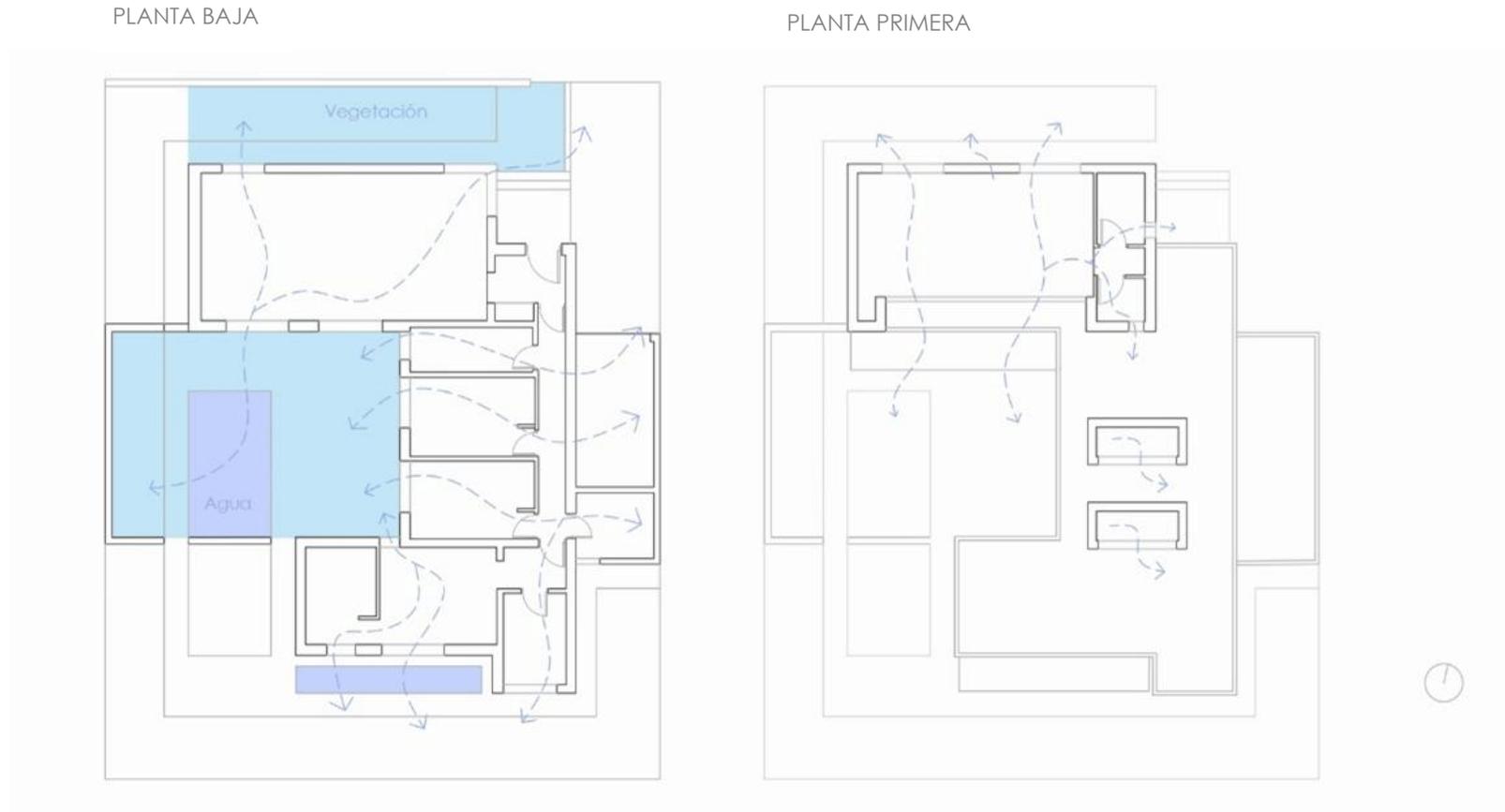
PLANTA BAJA



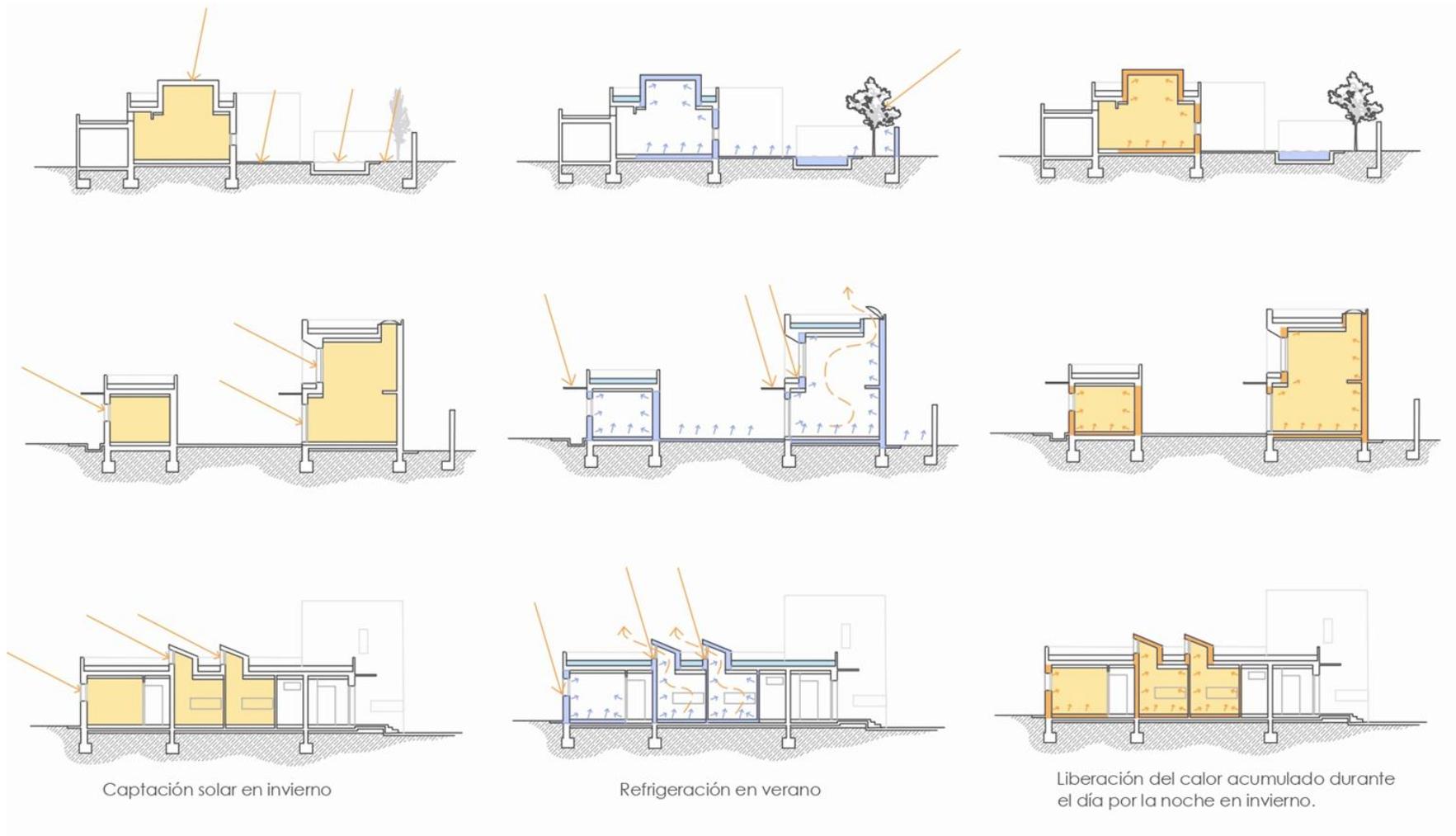
PLANTA PRIMERA



[Figura 110].Planta baja y primera de la vivienda unifamiliar Rio Tajo 9, estrategia de captación solar.



[Figura 111].Planta baja y primera de la vivienda unifamiliar Rio Tajo 9, estrategia de ventilación y refrigeramiento.



[Figura 112]. Esquemas en sección de ventilación de la vivienda unifamiliar Río Tajo 9.

5.3.2. Análisis según Givoni.

En función de las directrices de diseño recomendadas para uso residencial por el programa *Climate Consultant* se comprueba si este ejemplo cumple con dichas estrategias. Para ello, se hace una verificación a través de esta tabla:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SI													

[Tabla 10]. Comprobación de estrategias bioclimáticas.

1. Cubierta plana, con colores claros.
2. Ventilación solar pasiva, orientada al sur la mayor parte del área vidriada para maximizar la exposición al sol durante el invierno, mientras que en verano es necesario el diseño de voladizos.
3. Acristalamiento de alto rendimiento de doble panel (Low-E) en el oeste, norte y este. Pero despejado en el sur para obtener la máxima ganancia solar pasiva.
4. Patios interiores, con agua para proporcionar microclimas protegidos.
5. Zonas enterradas son beneficiosas, ya que la tierra ayuda a mantener la temperatura media anual.
6. Parasoles o toldos plegables evitan el sol directo.
7. Ventilación con humedad para la noche en superficies interiores de gran masa.
8. Planta abierta para promover la ventilación cruzada natural.
9. Aislamiento exterior.
10. Material de construcción claro y techos fríos (con alta emisividad) para minimizar la ganancia de calor.
11. Ventilación natural orientadas a las brisas predominantes.
12. Humidificar el aire seco y caliente antes que entre en el recinto, con torres de enfriamiento o espacios exteriores cerrados.
13. Ampliar la altura vertical entre la entrada y salida de aire (huecos de escaleras, doble altura)
14. Minimizar el acristalamiento orientado al oeste para reducir el calor en verano.

El diseño refleja una comprensión avanzada del clima continental seco. El uso del patio central, vegetación caduca, agua, ventilación vertical y materiales de alta inercia son esenciales para enfrentar las condiciones extremas. La vivienda alcanza un equilibrio entre eficiencia energética, confort térmico y estética arquitectónica.

5.3.3. Valoración crítica.

Este caso demuestra cómo una arquitectura bioclimática puede ser perfectamente compatible con una vivienda contemporánea en un entorno suburbano. La estrategia de enfriamiento evaporativo, poco común en viviendas unifamiliares, es un elemento destacable. Se valora también la integración de sistemas activos eficientes y una clara planificación bioclimática desde las fases iniciales del proyecto.



INTRODUCCIÓN

FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

CLIMAS DE ESPAÑA Y PROPUESTA DE SUS CLIMAS MÁS REPRESENTATIVOS

ADAPTACIÓN BIOCLIMÁTICA SEGÚN EL CLIMA

CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE PROYECTOS BIOCLIMÁTICOS

APORTACIÓN FINAL

6. APORTACIÓN FINAL.



Se hace una conclusión en base a todo lo analizado anteriormente, tratando como tema principal la importancia de la arquitectura bioclimática y su efectividad. Al haber puesto ejemplos reales se hacen más verídicas sus estrategias, así como la reducción a las dependencias de fuentes de energía no renovables. Es por ello por lo que a partir de esta deducción se quiera proponer también otra manera de diseñar los proyectos, analizando según su ubicación. De esta forma surge la creación de unas tablas de diseño.

6.1. Conclusiones obtenidas a partir del estudio realizado.

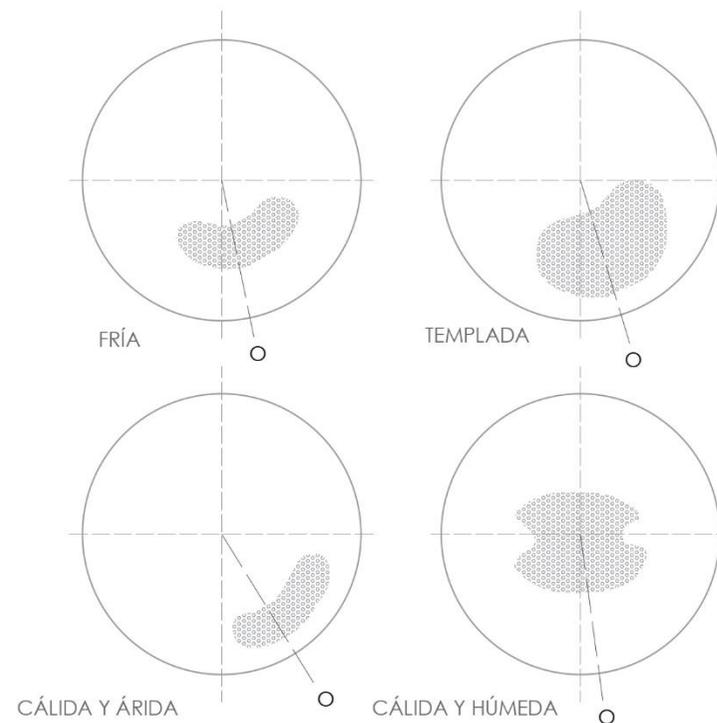
A lo largo del desarrollo de este trabajo, ha quedado reflejada que la arquitectura bioclimática no es únicamente una estrategia de diseño sostenible, sino una necesidad frente al contexto climático y energético actual. La observación de diferentes casos construidos en España ha permitido constatar la viabilidad real de este enfoque y su capacidad de adaptación a climas diversos, sin renunciar a la calidad espacial ni al confort.

En este estudio se ha llegado a la conclusión de que no existe una única manera de aplicar los principios bioclimáticos. Las estrategias varían en función de factores como la localización, la orientación, la cultura constructiva local y, especialmente, las condiciones climáticas específicas.

En climas fríos, el objetivo principal es la conservación del calor, por lo que se busca proteger. Esto se refleja claramente en el primer ejemplo expuesto, la *Casa Sotavento*, en Lugo. La captación de radiación solar es la necesidad de mayor importancia por ello, la orientación sureste es la opción más adecuada ya que permite una buena distribución calorífica, ofreciendo unas buenas condiciones de habitabilidad. Por otro lado, al ser zonas con elevadas precipitaciones también es conveniente la disposición de cubiertas inclinadas que permitan la evacuación del agua correctamente, incorporando de esta forma porches y galerías que permitan el máximo soleamiento en invierno.

En climas cálidos y húmedos el movimiento del aire es el factor clave para encontrar el grado de confort, en consecuencia, la mejor ubicación sería en zonas expuestas a corrientes de aire, donde se pueda aprovechar de tal forma que permita la ventilación dentro de la vivienda, siendo secundario la búsqueda de sombra ya que puede ser facilitada a través de otros medios. El ejemplo de la casa *BLASCO Eco-House*, muestra como el diseño de una chimenea como captador de viento ayuda considerablemente al bienestar de la vivienda. No obstante, también dispone de una buena orientación a sur que permite ese grado de sombreado deseado.

Finalmente, en regiones áridas y calurosas las necesidades de protección frente a altas temperaturas son muy superiores a las necesidades que surgen en periodos fríos. Se buscan las corrientes de aire fresco, por lo que la tipología

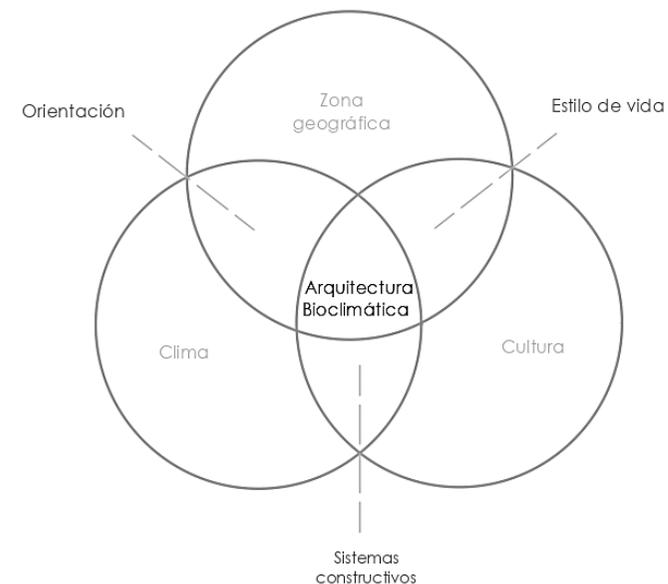


[Figura 113]. Emplazamiento favorable en diversas zonas.

de casa-patio es una solución muy adecuada, ya que favorece el almacenamiento del aire y ayuda al enfriamiento nocturno y más si se añade elementos de refrigeración como puede ser vegetación o láminas de agua. Por otro lado, está claro que en estas zonas la sombra es un factor clave durante todo el año. La exposición al este proporciona un equilibrio de calor adecuado durante el día, como consecuencia, las orientaciones más apropiadas para estas áreas son la sureste y la este. El tercer ejemplo analizado anteriormente, la *Vivienda unifamiliar Rio Tajo 9*, reunía estas cualidades, por lo que parece una buena representación de arquitectura bioclimática para un clima árido y caluroso.

Esta diversidad de soluciones evidencia la importancia del conocimiento del lugar como punto de partida para cualquier intervención arquitectónica consciente. Asimismo, se toma conciencia de la creciente integración entre las medidas pasivas y activas, lo que revela una transición desde una arquitectura de baja tecnología hacia una arquitectura híbrida, que combina saberes tradicionales con tecnologías avanzadas. Esta convergencia plantea nuevos retos, no obstante, no hay que olvidar que se debe evitar una dependencia excesiva de sistemas activos que puedan reducir la eficiencia global o comprometer el equilibrio ambiental a largo plazo.

Como resultado de todo lo enunciado anteriormente, se llega al objetivo de crear una herramienta de diseño bioclimático como aportación a este estudio.



[Figura 114]. Diagrama de Venn basado en las conclusiones obtenidas del estudio.



6.2. Diseño de tablas como herramienta para la arquitectura bioclimática.

Se proponen unas tablas elaboradas en el marco de este trabajo para el análisis y diseño bioclimático que integra la zonificación climática propuesta a partir del Código Técnico de la Edificación (apartado 3.2.), junto con las estrategias propuestas por el climograma de Givoni, estudiados anteriormente (apartado 4.1.).

La zonificación utilizada corresponde a la clasificación del DB-HE del CTE, que distingue zonas climáticas mediante un sistema alfanumérico en función de la severidad climática en invierno (letra) y verano (número). A partir de esta clasificación, se han identificado las principales zonas representativas del territorio peninsular e insular enunciadas anteriormente (Tabla 7): A3, B3, C2, D3, E1, C1 y B4.

De este modo, las siguientes tablas recogen, para cada zona climática, las estrategias más adecuadas en función de las condiciones ambientales. Se abordan variables clave como la ventilación natural, la masa térmica, la protección solar, la ganancia solar, el grado de ventilación y otras intervenciones complementarias. De manera que se trate de consolidar una arquitectura comprometida con el entorno, fundamentada en principios climáticos y sostenibles, tanto en el aspecto económico, social como ambiental. Teniendo como resultado que se tomen decisiones proyectuales conscientes y responsables.

Estas tablas pueden servir como guía en fases de anteproyecto o como criterio técnico de apoyo para implementar una arquitectura pasiva y eficiente desde el diagnóstico climático. De forma que, con su elaboración, se busca que sea de aplicabilidad práctica, pero también que se utilice como recurso de análisis comparativo y diagnóstico climático en fases iniciales del diseño arquitectónico. Así, se refuerza la necesidad de una arquitectura adaptativa, que no responda únicamente a normativas estandarizadas, sino que dialogue activamente con el entorno climático y cultural donde se inserta.

Este sistema no pretende ser un modelo cerrado, sino una base flexible y adaptable, susceptible de enriquecerse con nuevas variables que se consideren oportunas.



Tabla de Diseño Bioclimático:

Tipo de Clima	Inercia Térmica	Ganancia Solar	Sombreamiento	Enfriamiento Evaporativo	Ventilación	Tipo de Cubierta	Materiales	Estrategias Activas	Observaciones Técnicas
A3: Mediterráneo cálido	Alta	Limitada	Alta: aleros, celosías	Alto	Cruzada constante	Plana o inclinada ventilada	Reflejantes, ladrillo, cerámica, madera	FV, solar térmica, aerotermia	Enfriamiento pasivo prioritario. Control solar esencial.
B3: Mediterráneo continentalizado	Muy alta	Alta en invierno	Adaptativo	Sí, estacional	Alta en verano	Plana o inclinada	Fábrica + aislamiento	FV, solar térmica, aerotermia	Necesaria buena inercia por altas oscilaciones.
C2: Continental templado	Alta	Alta en invierno	Adaptativo	Sí, estacional	Alta verano	Plana o inclinada	Ladrillo, piedra, hormigón + aislamiento	FV, solar térmica, geotermia	Equilibrio entre masa y aislamiento.
D3: Continental frío	Muy alta	Alta en invierno	Adaptativo	Sí, estacional	Alta verano	Inclinada muy aislada	Ladrillo, piedra, hormigón + aislamiento	Solar térmica, geotermia	Se prioriza ganancia pasiva invernal.
E1: Montaña / interior frío	Muy alta	Alta	Mínimo	Mínimo	Moderada verano	Inclinada muy aislada	Ladrillo, piedra, hormigón + aislamiento	Solar térmica, geotermia	Aislamiento envolvente fundamental.
C1: Oceánico	Media	Alta	Mínimo	Mínimo	Controlada con recuperación	Inclinada	Materiales transpirables	FV, aerotermia	Alta humedad: requiere control de condensación.
B4: Subtropical (Canarias)	Baja	Mínima	Alta: aleros, celosías	Moderado	Cruzada constante	Plana ventilada	Reflejantes, ligeros	FV, eólica	Clima templado, prioridad confort térmico simple.

[Tabla 11]. Tabla de estrategias bioclimáticas en función de las zonas climáticas del CTE y el climograma de Givoni. *Elaboración propia.*



[Tabla 12]. Tabla gráfica de estrategias bioclimáticas en función de las zonas climáticas del CTE y el climograma de Givoni. *Elaboración propia.*

Gráfico de barras horizontales.

Visualización en formato de barras horizontales apiladas que compara las distintas estrategias pasivas, agrupadas según los perfiles climáticos definidos en las tablas previas. Cada barra representa una estrategia en específico y muestra la distribución relativa de cada una de ellas dentro de ese contexto climático, facilitando el análisis comparativo entre los climas.

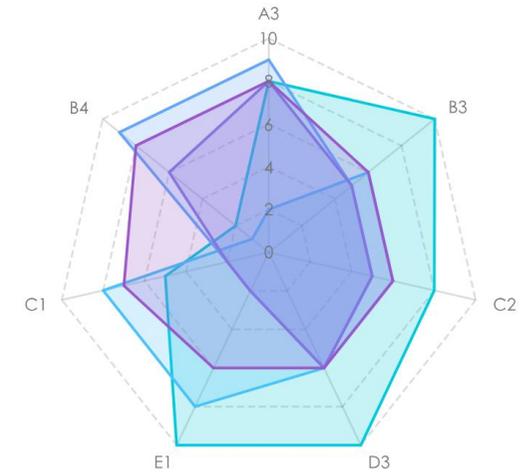
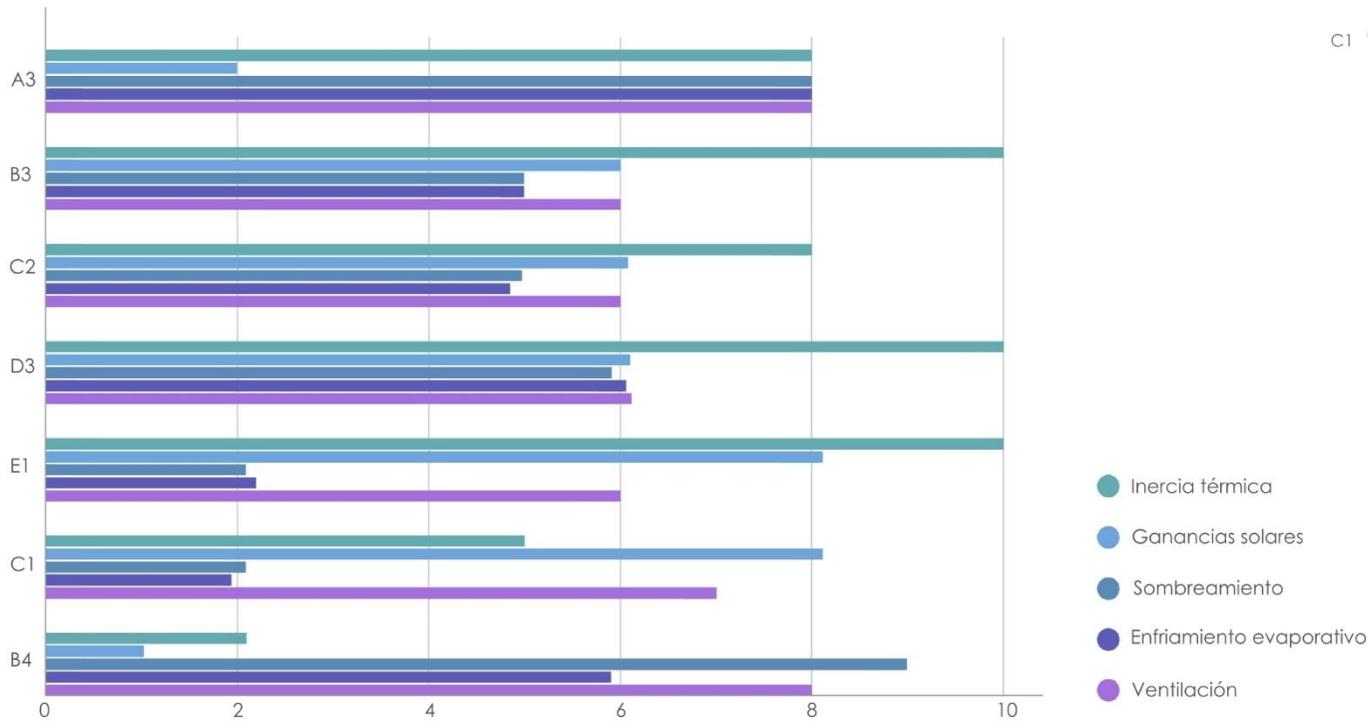


Gráfico radial comparativo.

Visualización en formato de gráfico radial que presenta la superposición de las estrategias pasivas correspondientes a todos los perfiles climáticos analizados en la tabla. El gráfico permite comparar simultáneamente el comportamiento relativo de cada estrategia.

[Figura 115]. Gráficos de las estrategias pasivas enunciadas en la tabla anterior. *Elaboración propia.*



BIBLIOGRAFÍA

Reportes de Investigación

- Universidad Don Bosco. (2015). Arquitectura bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones. En *Google Scholar* (ISSN 2221-1136). Editorial Universidad Don Bosco. Recuperado 10 de mayo de 2024, de <http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/1986>
- Barranco, O. (2015). La arquitectura bioclimática. Módulo Arquitectura CUC, Vol. 14 N°2 31-40. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/72293926/pdf_77-libre.pdf?1634052615=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa_arquitectura_bioclimatica.pdf&Expires=1748422074&Signature=eqyXKxqN9p~iVWQi4SI8P4iPj~VXUZZ~kpc7OUH0JfzJk66rOaeHTtgNzo-dCBXVgc2gKljWW1lig8CAiC2nDu5gPpwI92P~ToBwOr6WEgZ3D3erLt66K~tP9zPOmVWWOLdy42xJ4LRbhr~LZn5VCUTxetKm1llulFfrkGIBqCYvZvGBh-Hp2Gz1vbCZO9u0ZvIEv6DxXtX7HkT0KhXOJCDx~2subHWnzYbcZumyWxXVXJxfW9rbNi9RmG4PS-81EoPOG1dx0mBgRpXqvr6BrffmK727JYLxdXHP98R5IFmZzdvilJdig0mpseS2V5D0PMuCSvWQwNwUZxyPHyCf3w_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Condiciones de aplicación de las estrategias bioclimáticas. (2010). *Cuadernos De Investigación Urbanística*, 69. <https://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/344>

Páginas web

- De Garrido, L. (2021, 22 octubre). CORDOBA Eco-House. Luis De Garrido. Vivienda ecológica y bioclimática. LUIS DE GARRIDO. <https://luisdegarrido.com/es/cordoba-eco-house-luis-de-garrido-vivienda-ecologica-bioclimatica-y-autosuficiente-con-consumo-energetico-cero-real-a-precio-convencional/>



Artículos de Revista

- Barranco Arévalo, O. (2015). La arquitectura bioclimática. *Módulo Arquitectura CUC, Vol.14* (Nº2 31-40), EISSN 2389-7732. <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/1568/LA%20ARQUITECTURA%20BIOCLIMATICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PRADOS, M. a J., Baraja Rodríguez, E., Frolova Ignateva, M., & Espejo Marín, C. (2012). Integración paisajística y territorial de las energías renovables. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, 171(127-143), <https://idus.us.es/handle/11441/26591>. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/26591/14_Artic_CyTET_171_Integrac_paisajistica_territorial_EERR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gallardo Frias, L. (2013). Ser humano, lugar y eficiencia energética como fundamentos proyectuales en las estrategias arquitectónicas. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 15(1), 62–69. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2013.15.1.7>
- Rotondaro, R. (2007). Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. *Apuntes: Revista De Estudios Sobre Patrimonio Cultural*, 20(2). <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8989>
- DEFINICIÓN, M. Y. P. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie geográfica*, 4, 109-125. <https://www.divulgameteo.es/archivos/articulos/meteoroteca/Clima-Confortabilidad.pdf>
- Cortés Cely, O. A. (2012). Métodos de diseño ambiental en arquitectura. *ARKA Revista de Arquitectura*, 3, 44–53. https://www.academia.edu/5923168/44_Universidad_La_Gran_Colombia
- Dalumo, D. B., & Lim, Y. W. (2021). Comparative study on computer simulation of solar shading performance with heliodon and artificial sky. *Journal of Daylighting*, 8, 50–64. file:///C:/Users/beatr/Downloads/Comparative_Study_on_Computer_Simulation_of_Solar_.pdf
- Gómez-Azpeitia, G., Moncayo, C. C., Del Pozo, C. E., & Fernández, E. E. V. GEOMETRÍA SOLAR Y SUS APLICACIONES. *Prontuario solar*, 69. <https://www.researchgate.net/profile/Luis-Gabriel-Gomez->



[Azpeitia/publication/312576876 Prontuario Solar de Mexico/links/58823f144585150dde401d19/Prontuario-Solar-de-Mexico.pdf#page=70](https://www.unlp.edu.ar/publication/312576876_Prontuario_Solar_de_Mexico/links/58823f144585150dde401d19/Prontuario-Solar-de-Mexico.pdf#page=70)

Libros

- San Juan, G. (2013). *DISEÑO BIOCLIMÁTICO, COMO APOORTE AL PROYECTO ARQUITECTÓNICO* (Primera edición, Vol. 47). Editorial de la Universidad de La Plata. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/153>
- González, F. J. N. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Tomo 4. Editorial Munilla-Lería.
- González, J. A. G. (SEMINARIO DIC-1997). *ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA*. Editorial Graficas Numen-Vigo.
- Higuera, E. (2006). *Urbanismo bioclimático*. Gustavo Gili.
- Hernández_Minguillón, R., Irulegi, O., Aranjuelo_Fernández-Miranda, M. (Eds.). (2012). *Arquitectura Ecoeficiente* (Tomo I, 338 págs.). San Sebastián, España. Servicio Editorial de la UPV/ EHU. <file:///C:/Users/beatr/Downloads/UWLGAR6881.pdf>
- Sanmiguel, S. (Trad.). (2007). *Un Vitruvio ecológico: Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible* (C. Hernández Pezzi, Pról.). Gustavo Gili. (Obra original publicada en 1999)
- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas* (J. Frontado & L. Clavet, Trads.). Gustavo Gili. (Obra original publicada en 1963)

Trabajos

- Beltrán Fernández, María de los Ángeles (2017). *Análisis constructivo de la obra de Frank Lloyd Wright como referencia de arquitectura bioclimática; transposición a la arquitectura actual*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Edificación]. https://oa.upm.es/48012/1/MARIA_ANGELES_BELTRAN_FERNANDEZ.pdf



- Calvo Martín, Elisa (2019). *Sistemas bioclimáticos en la arquitectura de España*. [Trabajo de Fin de Grado (TFG), Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/39038/TFG-A-180.pdf;jsessionid=8EF38CBF2FAC0A3AD2CC25C4FDF27B05?sequence=1>
- Fuentes Freixanet, V. A. (2009). *Modelo de análisis climático y definición de estrategias de diseño bioclimático para diferentes regiones de la República Mexicana* (Tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Azcapotzalco). <https://core.ac.uk/download/pdf/128736412.pdf>
- Felices Puértolas, R. (2017). *Influencia de las estrategias pasivas de la envolvente en el confort térmico de un edificio bioclimático* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Edificación]. https://oa.upm.es/48351/1/RUBEN_FELICES_PUERTOLAS.pdf
- Candel Arcos, A. (2022). *La integración formal de la energía microeólica en los edificios* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid]. https://oa.upm.es/70821/1/TFG_Junio22_Candel_Arcos_Arancha.pdf
- Quiliano Flores, H. O. (2015). Configuración del Free Cooling de aire acondicionado para controlar la climatización en la sala de equipos del Hub Puno. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2145/Henry%20Quiliano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Referencias de imágenes

Figura 1: Estrategias de la arquitectura bioclimática. Elaboración propia a partir de imagen del libro *Un Vitruvio ecológico: principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible* de Gustavo Gili.

Figura 2: Tipos de viviendas según el clima en el que se encontraban. Elaboración propia.

Figura 3: Interpretación teórica de la vivienda equilibrada. Elaboración propia a partir del libro *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas* de Victor Olgay. Figura 35.

Figura 4: Relación entre el cuerpo humano y los elementos climáticos. Elaboración propia a partir del libro *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas* de Victor Olgay. Figura 36.

Figura 5: El ser humano como medida central en la arquitectura. Elaboración propia a partir del libro *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas* de Victor Olgay. Figura 34.

Figura 6: Diagrama explicativo de orientación. Elaboración propia.

Figura 7: Diagrama explicativo de la orientación y la incidencia del sol en un ejemplo concreto. Elaboración propia.

Figura 8: Esquema de incidencia del sol según emplazamiento. Elaboración propia.

Figura 9: Ejemplo en la que la proporción de una superficie con el mismo volumen aumenta un 448%. *Elaboración propia.*

Figura 10: Fotografía de Familia esquimal y su iglú en la Exposición Alaska–Yukón–Pacífico (Seattle, 1909). Fuente: <https://www.loc.gov/item/2002722455/>

Figura 11: Fotografía de WoZoCo de MVRDV, Ámsterdam (1997). Fuente: <https://www.mvrdv.com/projects/170/wozoco>



Figura 12: Esquemas de captación. Elaboración propia a partir de: *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Tomo 4. F. Javier Neila González.

Figura 13: Esquema de sección de ventana COR 80 Industrial Passivhaus (triple vidrio). Elaboración propia.

Figura 14: Esquema de funcionamiento de vidrio de baja emisividad. Elaboración propia.

Figura 15: Esquema de funcionamiento de vidrio electrocrómico. *Elaboración propia*

Figura 16: Esquema de techo pasivo. *Elaboración propia*.

Figura 17: Esquemas de muro trombe en verano e invierno. *Elaboración propia*.

Figura 18: Fotografía del proyecto Solar House de Jaques Michel & Félix Trombe, en Odeillo, Font-Romeu-Odeillo-Via, France (1967). Fotógrafo: Michèle François. Fuente: https://64.media.tumblr.com/e10c8a634b4b0e78b079b1b178447d31/tumblr_p06rfmc8aK1twhq1io1_1280.jpg

Figura 19: Esquema de captación y distribución de la energía. Elaboración propia.

Figura 20: Esquema de los aislamientos de cambio de fase. Elaboración propia.

Figura 21: Protectores solares fijos. Elaboración propia a partir de Figura 155 del libro *Arquitectura y clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas* de Victor Olgay.

Figura 22: Fotografía de La Casa de la Cascada de Frank Lloyd Wright. Fotografía de Michael Mosbach. Ejemplo de voladizos. Fuente: <https://www.metalocus.es/es/noticias/80-anos-de-la-casa-de-la-cascada-de-frank-lloyd-wright>

Figura 23: [Figura 23]. Fotografía de fachada con elementos de protección solar fijos, junto con su respectiva máscara de sombra. Arquitecto Juvenal Moya. Fuente: Iván Osuna (2019). Elaborada con el programa Ecotect Analysis 2011. Eficiencia de protección del 99,1 % el 21 de junio a las 11:00 a. m.

Figura 24: Detalle axonométrico de las Viviendas en Carrer Tres Creus de Rafael Moneo, José Antonio Martínez Lapeña & Elías Torres, Sabadell, España. Fuente: https://pro-tectonica-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com/pag11-convertido-01.jpg_1555429146.jpeg

Figura 25: Lamas verticales móviles. Elaboración propia a partir de Figura 155 del libro Arquitectura y clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas de Victor Olgay.

Figura 26: Fotografía Vivienda unifamiliar de Markus Wespi y Jérôme de Meuron, Flawil, Suiza. Fotografía de Hannes Heinz. Ejemplo de lamas. Fuente: <https://arquitecturaviva.com/obras/vivienda-unifamiliar-flawil>

Figura 27: Fotografía Viviendas en Carrer Tres Creus de Rafael Moneo, José Antonio Martínez Lapeña & Elías Torres, Sabadell, España. Fotografía de Duccio Malagamba. Ejemplo de persianas. Fuente: <https://arquitecturaviva.com/obras/vivienda-unifamiliar-flawil>

Figura 28: Tipos de ventilación natural. Elaboración propia.

Figura 29: Esquemas del Hospital Sarah Kubitschek de João Filgueiras Lima, en Salvador Brasil. Dibujos del arquitecto. Fuente: <https://hospitecna.com/sites/default/files/158831820501588318205.pdf>

Figura 30: Fotografía del proyecto Lee House de Studio MK27. Fotografía de Fernando Guerra. Ejemplo de ventilación cruzada. Fuente: <https://www.archdaily.com/419521/lee-house-studio-mk27-marcio-kogan-eduardo-glycerio>

Figura 31: Sección del proyecto Lee House de Studio MK27. Se puede observar la posibilidad de ventilación cruzada. Fuente: <https://www.archdaily.com/419521/lee-house-studio-mk27-marcio-kogan-eduardo-glycerio>



Figura 32: Fotografía del Hospital Sarah Kubitschek de João Filgueiras Lima, en Salvador Brasil. Fotografía de Nelson Kon. Ejemplo de ventilación por inducción. Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQLtpmZV_GPFmx4wPAXxbYmqCtd7S_Z6JAokQ&s

Figura 33: Esquema de funcionamiento de ventilación por efecto chimenea del Startup Lions Campus por Kéré Architecture. Elaboración propia.

Figura 34: Fotografía del Reichstag por Norman Foster. Fotografía de Renate Dodell. Ejemplo de ventilación por efecto chimenea solar. Fuente: <https://www.archdaily.cl/cl/889075/ventilacion-cruzada-efecto-chimenea-y-otros-conceptos-de-ventilacion-natural/5a4e1e07f197ccf283000162-cross-ventilation-the-chimney-effect-and-other-concepts-of-natural-ventilation-image>

Figura 35: Fotografía del Startup Lions Campus por Kéré Architecture. Fotografía de Kinan Deeb Ejemplo de ventilación por efecto chimenea. Fuente: <https://www.metalocus.es/es/noticias/la-inteligente-arquitectura-de-las-termitas-startup-lions-campus-por-kere-architecture>

Figura 36: Esquemas de ventilación en cubiertas. Elaboración propia.

Figura 37: Detalle constructivo de fachada, de la ampliación del IRCAM, París. Renzo Piano 1988. Fuente : https://oa.upm.es/57153/1/EVOLUCION_HISTORICA_FACHADA_VENTILADA.pdf

Figura 38: Fotografía de Escuela Primaria en Gando, Burkina Faso, de Francis Kéré. Ejemplo de cubierta ventilada. Fuente: <https://arquitecturaviva.com/obras/escuelaprimaria-de-gando#lg=1&slide=0>

Figura 39: Fotografía de la ampliación del IRCAM, París. Renzo Piano 1988. Ejemplo de fachada ventilada. Fuente: https://live.staticflickr.com/5026/5597365267_a82608411f_b.jp

Figura 40: Movimientos del viento a través de la vegetación refrigerando el aire que se introduce en la vivienda. Elaboración propia.



Figura 41: Fotografía de la Alhambra, Granada. Ejemplo de lámina de agua. Fotografía de la autora.

Figura 42: Esquema de cubiertas húmedas Elaboración propia.

Figura 43: Fotografía del Jewel Changi Airport de Safdie Architects. Fotografía hecha por Peter Walkner Partners Landscape Architects. Ejemplo de pulverización de agua. Fuente: <https://www.safdiearchitects.com/projects/jewel-changi-airport>

Figura 44: Fotografía del Templo del Agua de Tadao Ando, Higashiura, Japón (1991). Ejemplo de cubierta con láminas de agua. Fuente: <https://arquitecturaviva.com/obras/templo-del-agua-higashiura>

Figura 45: Esquema de fachada radiante. Elaboración propia.

Figura 46: Fotografía de Baer House de Steve Baer, en Corrales, Nuevo México (1971). Ejemplo de fachada radiante. Fuente: <https://hiddenarchitecture.net/baer-house/>

Figura 47: Esquema representativo de la temperatura según la profundidad del terreno, en función de las épocas del año. Fuente: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3331/1/Riquelme_Gallardo_Alejandro_Mat%C3%ADas.pdf (p. 18)

Figura 48: Tipologías según la forma de interacción entre la edificación y el terreno. Elaboración propia.

Figura 49: Zona de pendientes templadas. Elaboración propia a partir del libro Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas de Victor Olgay. Figura 84.

Figura 50: Movimiento del aire en función de la masa de agua durante el día y durante la noche. Elaboración propia.

Figura 51: Panel captador solar de 120x200cm Solapool Plus de polipropileno. Fuente: <https://ecofener.com/captadores-solares-termicos-para-calentamiento-de-piscinas/247-panel-captador-solar-para-piscinas-de-120x200cm-solapool-plus-de-poli-propileno.html>



Figura 52: Panel captador plano de 120x200cm Solapool Plus de polipropileno. Fuente: <https://ecofener.com/captadores-solares-termicos-para-calentamiento-de-piscinas/247-panel-captador-solar-para-piscinas-de-120x200cm-solapool-plus-de-polipropileno.html>

Figura 53: Tubos de vacío. Fuente: <https://ecofener.com/blog/tubos-vacio-tecnologia-eficaz-colectores-solares/>

Figura 54: Sistemas de captación fotovoltaica. Fuente: <https://www.primenergy.es/blog/que-es-una-estructura-de-elevacion-en-una-instalacion-fotovoltaica/>

Figura 55: Estructura termoactiva del edificio Apolonio Morales 29, arquitectos MM Arquitectura de bajo impacto. Fuente: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/105890157/3966-libre.pdf?1695467232=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DControl+strategies+monitoring+and+manage.pdf&Expires=1751324212&Signature=AQwAtDLwN0mXyD7nRwmwjFU6bekaNGCfESukETS6uG6Bdv-mS0JlrAse40QfvdUXKRmJPPXN0RBU2KWu71zaLNxPEFr3boM1Tntj76gCNUiePShBStDYAYOx~PsW6K0K-T1koWxolAzpdMrirWr-SUHp5pNMYuoAZUkhyA3TmZW2~T8xGwJZK4wrRmX6agGJrMbZ6EIWN~9pYUEtGEfkTuq-iUmOFxlnOro-fkhg8QhNjn3xcOKL78xaH5WvNL5B~fw5sMuk1Q03ZS5s7dfwJwtr-def1YKnX2kpH2BFD8973RybabVxd7da8EGLStdmon1cyS~wrQoZOptjnYhCu2w_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA (p.11)

Figura 56: Esquema de funcionamiento de una bomba de calor. Elaboración propia.

Figura 57: Esquema aerotermia. Elaboración propia.

Figura 58: Esquema hidrotermia. Elaboración propia

Figura 59: Esquema geotermia. Elaboración propia.

Figura 60: Evolución de la energía eólica. Elaboración propia.

Figura 61: Esquema de funcionamiento del Strata SE1 de BFLS. Fuente: https://www.archdaily.com/70142/strata-se1-bfls/501249d228ba0d0a480001cc-strata-se1-bfls-skecth?next_project=no



Figura 62: Fotografía del Strata SE1 de BFLS en Londres (2010). Fotografía hecha por Will Pryce. Ejemplo de energía minieólica. Fuente: https://www.archdaily.com/70142/strata-se1-bfls/5012498528ba0d0a480001b9-strata-se1-bfls-photo?next_project=no

Figura 63: Sección del Pabellón de los Países Bajos en la Expo 2000, Hannover (Alemania) de MVRDV. Ejemplo de energía microeólica implementada en la arquitectura. Fuente: [https://www.mvrdv.com/media/uploads/expo99_section\(1\).jpg](https://www.mvrdv.com/media/uploads/expo99_section(1).jpg)

Figura 64: Fotografía del Pabellón de los Países Bajos en la Expo 2000, Hannover (Alemania) de MVRDV. Fuente: <https://www.mvrdv.com/projects/158/expo-2000?photo=2187>

Figura 65: Esquema de funcionamiento de un recuperador de calor. Elaboración propia.

Figura 66: Esquema de funcionamiento de free cooling directo. Elaboración propia.

Figura 67: Esquema de funcionamiento máquina de absorción por agua caliente. Fuente: https://cdn.komachine.com/media/product-desc/world-energy_a0eb74115bad99d4ed830a235eba3850.jpg

Figura 68: Climograma de Givoni con estrategias señalizadas. Fuente: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/5862/6864/11298>

Figura 69: Diagrama de Olgyay. Fuente: <https://ecosocialhouse.fi-les.wordpress.com/2015/07/1.png>

Figura 70: Ejemplo de carta solar cilíndrica con temperaturas medias (Santander, España) del 21 de junio al 21 de diciembre. Elaboración propia a partir del software Climate Consultant.

Figura 71: Ejemplo de máscara de sombra para la latitud 19° N, con la obstrucción propia de un edificio. Fuente: figura 47 de https://www.researchgate.net/profile/Luis-Gabriel-Gomez-Azpeitia/publication/312576876_Prontuario_Solar_de_Mexico/links/58823f144585150dde401d19/Prontuario-Solar-de-Mexico.pdf#page=70



Figura 72: Clasificación climática según Köppen. Elaboración propia a partir del plano de clasificación climática según Köppen en http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/ANE/Publicacion/09_Climatologia_1992_1ed.pdf

Figura 73: Esquema del diagrama de Givoni con las estrategias señalizadas. Elaboración propia.

Figura 74: Estrategias bioclimáticas en Barcelona. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 75: Diagrama de las estrategias recomendadas para Barcelona. Elaboración propia.

Figura 76: Estrategias bioclimáticas en Burgos. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 77: Diagrama de las estrategias recomendadas para Burgos. Elaboración propia.

Figura 78: Estrategias bioclimáticas en Cáceres. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 79: Diagrama de las estrategias recomendadas para Cáceres. Elaboración propia.

Figura 80: Estrategias bioclimáticas en Córdoba. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 81: Diagrama de las estrategias recomendadas para Córdoba. Elaboración propia.

Figura 82: Estrategias bioclimáticas en Cuenca. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 83: Diagrama de las estrategias recomendadas para Cuenca. Elaboración propia.

Figura 84: Estrategias bioclimáticas en Guadalajara. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 85: Diagrama de las estrategias recomendadas para Guadalajara. Elaboración propia.

Figura 86: Estrategias bioclimáticas en Huesca. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.



Figura 87: Diagrama de las estrategias recomendadas para Huesca. Elaboración propia.

Figura 88: Estrategias bioclimáticas en León. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 89: Diagrama de las estrategias recomendadas para León. Elaboración propia.

Figura 90: Estrategias bioclimáticas en Lugo. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 91: Diagrama de las estrategias recomendadas para Lugo. Elaboración propia.

Figura 92: Estrategias bioclimáticas en Madrid. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 93: Diagrama de las estrategias recomendadas para Madrid. Elaboración propia.

Figura 94: Estrategias bioclimáticas en Santander. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 95: Diagrama de las estrategias recomendadas para Santander. Elaboración propia.

Figura 96: Estrategias bioclimáticas en Sevilla. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 97: Diagrama de las estrategias recomendadas para Sevilla. Elaboración propia.

Figura 98: Estrategias bioclimáticas en Valencia. Elaboración propia a través de la aplicación Climate Consultant.

Figura 99: Diagrama de las estrategias recomendadas para Valencia. Elaboración propia.

Figura 100: Esquemas de los casos de estudio. Elaboración propia.

Figura 101: Axonométrica de la Vivienda Sotavento en Lugo, señalizando las estrategias bioclimáticas. Elaboración propia.



Figura 102: Alzados de la Vivienda Sotavento en Lugo. Fuente: <https://www.proamasrehabilitacion.com/alia/project/vivienda-bioclimatica-experimental/>

Figura 103: Plantas de la Vivienda Sotavento en Lugo. Con funcionamiento de captación solar (1) y ventilación natural (2). Elaboración propia a partir de <https://www.proamasrehabilitacion.com/alia/project/vivienda-bioclimatica-experimental/>

Figura 104: Esquemas de regulación térmica de la Vivienda Sotavento en Lugo. Elaboración propia

Figura 105: Axonometría de la vivienda BLASCO Eco-House en Valencia, señalizando las estrategias bioclimáticas. Elaboración propia.

Figura 106: Plantas de la vivienda BLASCO Eco-House en Valencia, señalizando la captación solar y la ventilación natural. Elaboración propia a partir de planos de <https://luisdegarrido.com/es/blasco-eco-house/>

Figura 107: Plantas de cubierta de la vivienda BLASCO Eco-House en Valencia. Fuente: <https://luisdegarrido.com/es/blasco-eco-house/>

Figura 108: Secciones de la vivienda BLASCO Eco-House en Valencia, con funcionamiento de captación solar y ventilación natural. Elaboración propia a partir de los planos Fuente: <https://luisdegarrido.com/es/blasco-eco-house/>

Figura 109: Axonometría de Vivienda unifamiliar Rio Tajo 9 en Guadalajara, señalizando las estrategias bioclimáticas. Elaboración propia.

Figura 110: Planta baja y primera de la vivienda unifamiliar Rio Tajo 9, estrategia de captación solar. Elaboración propia a partir de planos de <https://domo2.eu/vivienda-c-rio-tajo-9/#>

Figura 111: Planta baja y primera de la vivienda unifamiliar Rio Tajo 9, estrategia de ventilación y refrigeramiento. Elaboración propia a partir de planos de <https://domo2.eu/vivienda-c-rio-tajo-9/#>



Figura 112: Esquemas en sección de ventilación de la vivienda unifamiliar Rio Tajo 9. Elaboración propia a partir de planos de <https://domo2.eu/vivienda-c-rio-tajo-9/#>

Figura 113: Emplazamiento favorable en diversas zonas. Elaboración propia a partir de Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas de Victor Olgay. Figura 102. Elaboración propia.

Figura 114: Diagrama de Venn basado en las conclusiones obtenidas del estudio. Elaboración propia.

Figura 115: Gráficos de las estrategias pasivas enunciadas en la tabla anterior. Elaboración propia.

Referencia de tablas

Tabla 1: Estímulos y sensaciones. Elaboración propia a partir de: Tabla 3.1. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Tomo 4. F. Javier Neila González.

Tabla 2: Relación de parámetros vinculados al bienestar. Elaboración propia a partir de: Tabla 3.23. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Tomo 4. F. Javier Neila González.

Tabla 3: Actuaciones para un sistema bioclimático. Elaboración propia a partir de: Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Tomo 4. F. Javier Neila González.

Tabla 4: Orientaciones sugeridas para las distintas estancias.

Tabla 5: Tipos de recuperados de energía más habituales. Elaboración propia.

Tabla 6: Clasificación climática según el Código Técnico de la Edificación. Fuente: Documento Básico HE Ahorro de Energía. Tabla a-Anejo B. Zonas Climáticas.

Tabla 7: Tabla de los principales climas en España según CTE. Elaboración propia.



Tabla 8: Comprobación de estrategias bioclimáticas. Elaboración propia.

Tabla 9: Comprobación de estrategias bioclimáticas. Elaboración propia.

Tabla 10: Comprobación de estrategias bioclimáticas. Elaboración propia.

Tabla 11: Tabla de estrategias bioclimáticas en función de las zonas climáticas del CTE y el climograma de Givoni. Elaboración propia.

Tabla 12: Tabla gráfica de estrategias bioclimáticas en función de las zonas climáticas del CTE y el climograma de Givoni. Elaboración propia.

