

CLAVES DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Manuel Martín Monroy. Dr. Arquitecto.

Profesor Titular del Dto. de Construcción Arquitectónica, ULPGC.

E-mail: mmm@arucas.cda.ulpgc.es.

1 La Arquitectura Bioclimática es Apropiable y Adaptable

La Arquitectura Bioclimática implica el diseño integral del conjunto del edificios y su entorno, con soluciones **apropiadas** y **adaptables** a las condiciones climáticas del lugar. La adaptación bioclimática implica que la propia Arquitectura pueda variar su comportamiento ambiental, con respuestas térmicas totalmente diferente para condiciones de verano o de invierno.

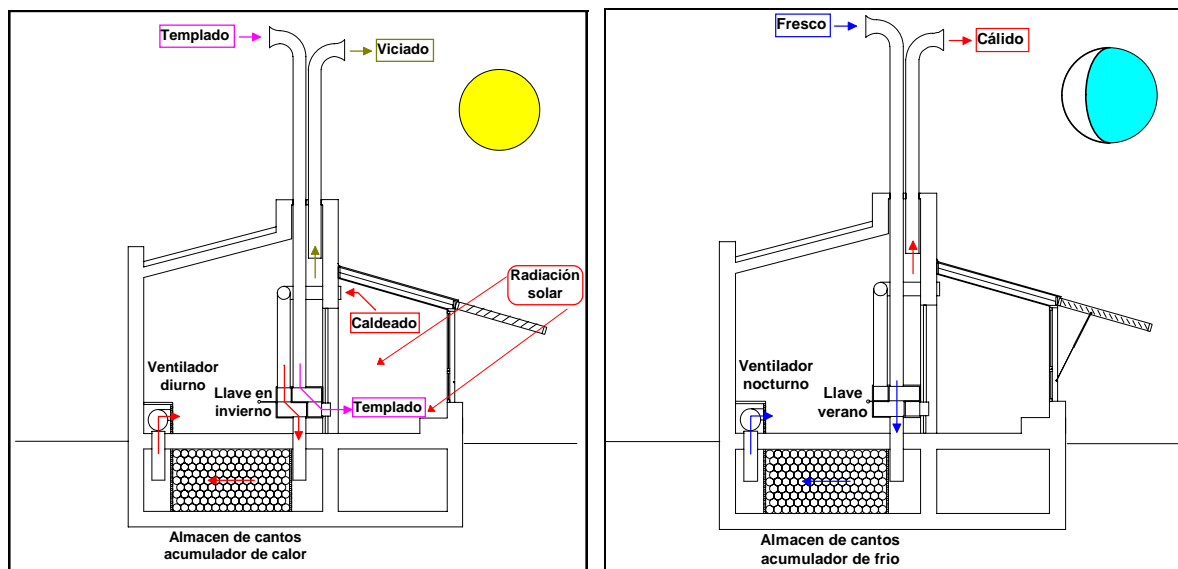


Ilustración 1: Ejemplo de control bioclimático, adaptable para invierno y verano por los propios usuarios mediante llaves del sistema de conductos de ventilación natural, y regulación diaria con temporizadores de ventilación forzada¹.

Dicho diseño bioclimático, apropiado y adaptable, se ha de considerar en todas y cada una de las fases del proyecto: urbano (ubicación y entorno), arquitectónico (forma y orientación), constructivo (sistemas de cerramientos y huecos) y tecnológico (equipos de acondicionamiento). El proceso secuencial es fundamental para alcanzar la máxima calidad ambiental con la mínima inversión:

- 1) El diseño urbano y arquitectónico deberán ser apropiado para los principales factores ambientales, como la Temperatura y la Humedad, considerando el proyecto formal del propio edificio en relación con la ubicación y naturaleza del territorio, la topografía de la parcela o las obstrucciones del entorno.
- 2) También la orientación será fundamental como sistema adaptación que permita el aprovechamiento o protección de los diferentes impactos climáticos direccionales, fundamentalmente el Sol y el Viento, pero también la luz natural, las vistas, la lluvia, la contaminación o el ruido.
- 3) El diseño constructivo y tecnológico serán subsidiario de los anteriores, contribuyendo a que los espacios arquitectónicos interiores alcancen los objetivos fijados de comodidad ambiental, mejorando aquellos aspectos ambientales que el diseño formal no sea capaz de garantizar.

El diseño constructivo de sistemas de acondicionamiento ambiental pasivo, tales como elevados aislamientos y/o acumulación térmica, combinados con sistemas regulables de captación y/o protección solar, permiten incrementar la calidad ambiental con una inversión inicial razonable, que se amortizará rápidamente con el consumo energético nulo o reducido durante toda la vida del edificio.

- 4) Por último, los equipos técnicos de acondicionamiento artificial sólo serían precisos en aquellas condiciones climáticas o de uso extremas, como apoyo a las anteriores medidas de diseño bioclimático, beneficiándose de un menor dimensionamiento y consumo energético.

En síntesis, la clave del éxito de un diseño bioclimático se fundamenta en un mayor esfuerzo en el diseño formal de las primeras etapas, empezando por la planificación urbana, ya que dichos esfuerzos son extremadamente rentables al obtener el máximo beneficio ambiental con el mínimo coste material, mientras que los impactos ambientales no corregidos inicialmente serán difíciles de corregir posteriormente, implicando importantes costes de inversión en la ejecución material y el consumo energético durante toda la vida útil del edificio, o imposibles de corregir para alcanzar la comodidad ambiental en los espacios exteriores privados o públicos.

2 La Arquitectura Bioclimática es Sostenible

Desde el punto de vista de la Arquitectura Sostenible, su objetivo general sería obtener el máximo ahorro en el consumo total de **recursos** en relación con toda la **vida útil** del edificio y la ciudad, debiéndose primar la utilización de recursos renovables y reutilizables. Un ejemplo destacado de *recurso renovable* es el esfuerzo humano invertido por el proyectista en el correcto diseño urbano y arquitectónico, siendo el que mejor contribuye al ahorro de recursos materiales.

Respecto al concepto de **ahorro** de recursos, la mejor estrategia será siempre la supresión o reducción de la **demanda** del consumo, criterio que debería prevalecer sobre el consumo de bienes renovables en su origen o recuperables al final de su vida útil.

Hay que considerar que *todos* los recursos materiales invertidos en la edificación se caracterizan por generar enormes cantidades de **residuos**, ya sea durante todo el proceso

de ejecución, desde la obtención de materias primas hasta su transformación en elementos o sistemas constructivos, como también durante la fase de explotación del edificio, ya sea por su consumo energético (CO₂ y contaminación) en su vida útil, como por las periódicas operaciones de mantenimiento y renovación, entre las que destaca el proceso final de demolición.

Además, entre todos los recursos materiales no renovables se debe destacar el consumo del propio **territorio**, mediante la ocupación del suelo y la modificación medioambiental del entorno. Este proceso se caracteriza por su sinergia negativa, generando un deterioro exponencial en función de la escala de la intervención, de consecuencias ecológicas irreversibles o difícilmente recuperables.

3 El Diseño Bioclimático es un Método

El proceso de diseño bioclimático es complejo en su conjunto y deberá contemplar diferentes etapas, desde la toma de datos y su diagnóstico hasta la propuesta de estrategias en las diferentes fases de proyectación, por lo cual se debe apoyar en una **metodología científica** cuyo desarrollo excede al contenido de este artículo. Como obra de referencia es de mención obligada el clásico *Design With Climate* de Víctor Olgyay², así como comentar que actualmente se está redactando un *Manual de Diseño Bioclimático para Canarias* patrocinado por el Instituto Tecnológico de Canarias y co-dirigido por el autor, que también dirige una publicación de manuales de acondicionamiento ambiental pasivo en Internet³.

Conviene considerar que el proceso de **buen** diseño, en general, consiste en una selección *cualitativa* entre soluciones buenas o malas, pero cuando se pretende el **óptimo** diseño bioclimático es preciso elegir la solución *cuantitativamente* mejor, entre diferentes alternativas, lo cual implica la necesidad de realizar cálculos y comparaciones.

Desde otro punto de vista, también podemos afirmar que la buena arquitectura siempre a sido bioclimática, como resultado de la aplicación del **sentido común** del arquitecto y constructor, adecuando los edificios a su entorno para proporcionar comodidad a sus ocupantes, como se comprueba con el estudio la arquitectura tradicional y de sus excelentes resultados obtenidos con recursos modestos, consecuencia de aplicar criterios de diseño adecuados a la región, depurados por sucesivas pruebas y corrección de errores.

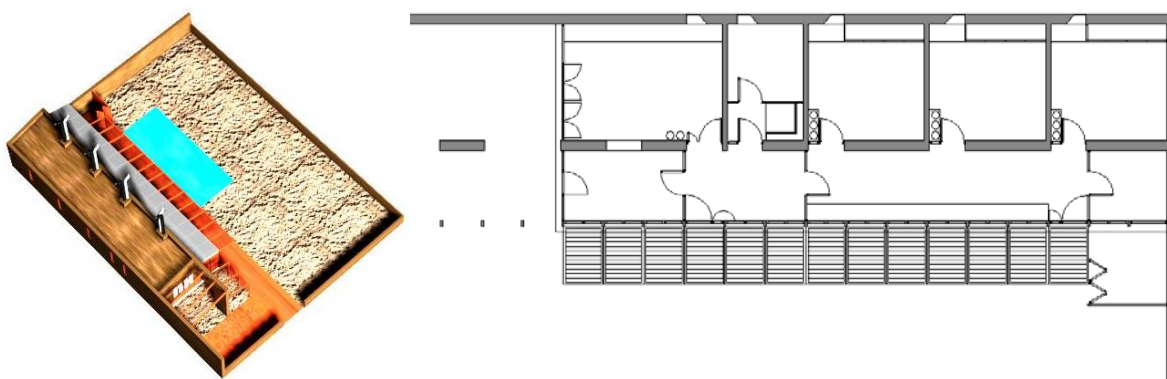
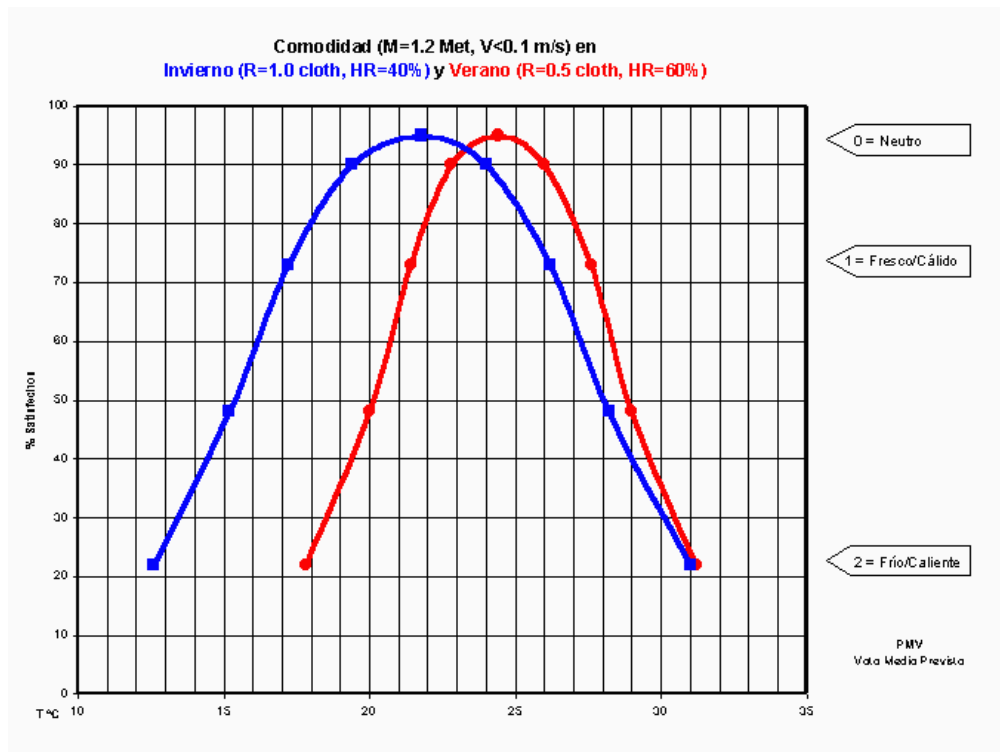


Ilustración 2: Ejemplo de interpretación bioclimática de una vivienda de planta tradicional, con galería y parasoles regulables al sur, y protegida del viento del noreste⁴.

También se puede afirmar que la arquitectura bioclimática debe ser **regionalista**, concepto diferente al de *estilo* que interpreta la estética de lo típico, sino como reflexión madura sobre las respuestas de adaptación de la arquitectura tradicional al clima local y lo peculiar de la **región**, mediante la interpretación científica y la aplicación la mejor tecnología disponible para alcanzar los niveles de comodidad actualmente demandados, sin causar un impacto insostenible para la región.

3.1 Definición actualizada del ambiente cómodo

Los estudios de las condiciones de comodidad revelan la importancia del nivel de ropa que utilizan las personas, que en nuestro clima varía entre 0,5 Clo (una medida de arropamiento) en el caso de ropa ligera hasta 1.0 Clo en el caso de ropa de medio abrigo. Para estas vestimentas, los límites de la temperatura de comodidad pueden variar entre 20 y 26°C, con una predicción del 90% de personas satisfechas si realizan una actividad casi sedentaria.



En el caso de permanencia en el exterior, estas temperaturas se pueden incrementar hasta 3°C si existe ventilación del orden de 1,5 m/s (viento de 5 Km/h), o reducirse hasta 10°C si se recibe radiación solar. En el caso de estancia en el interior se producen unos fenómenos similares, generalmente bastante mas limitados, pero además hay que contar que los edificios tienden a calentarse de forma espontánea a una temperatura media de 2º a 4°C superior a la temperatura media exterior, con una oscilación diaria muy inferior,

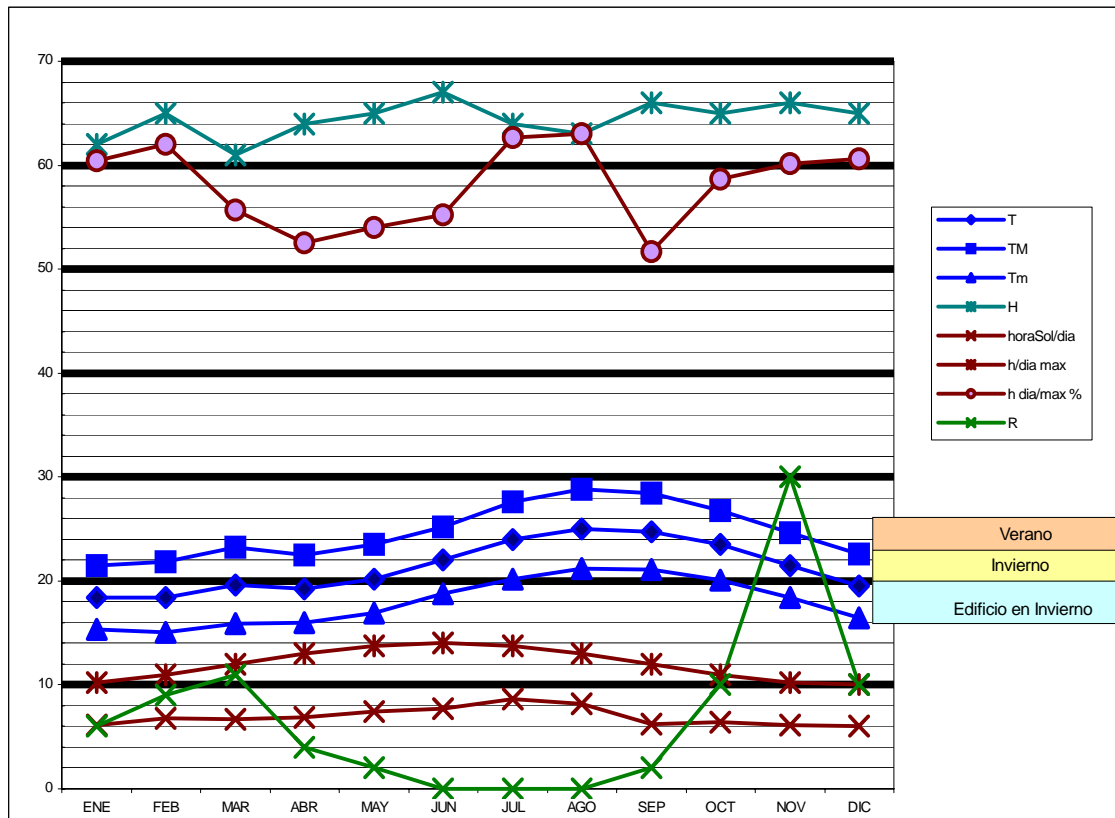
En resumen, se propone como temperaturas de comodidad de referencia un margen de 20 a 26°C para estancias en el exterior e interior, con las posibles correcciones apuntadas, y un límite de temperatura exterior de 16°C para ocupantes de edificios sin calefacción.

3.2 Definición del clima de la región

Considerando que la base del diseño bioclimático debe ser la adaptación ambiental a un territorio, se propone que el dato fundamental de partida sea el conocimiento de datos fiables del **clima de la región**, con un adecuado tratamiento estadístico y corrección microclimática para obtener una síntesis de datos característicos de los **microclimas** típicos de una ubicación determinada en las épocas extremas de invierno y verano.

Lo ideal es disponer de todos datos reales del mismo lugar donde se proyecte, pero en la práctica es improbable que exista una estación meteorológica próxima, por lo que será preciso tomar los mejores datos de todas las fuentes disponibles, efectuar ciertas correcciones microclimáticas según las características del lugar, y completar los que falten mediante observaciones en el lugar.

Una buena fuente de información climática básica es el Instituto Nacional de Meteorología⁵ que dispone de un completo archivo climatológico, con numerosas publicaciones como la “Guía resumida del clima de España”, y sobre todo su resumen en una página WEB con información detallada de los principales centros de observación. A continuación se muestran los datos del aeropuerto en la costa sur de Tenerife, procesados automáticamente mediante una hoja de cálculo elaborada por el autor:



3.3 Selección de variables climáticas

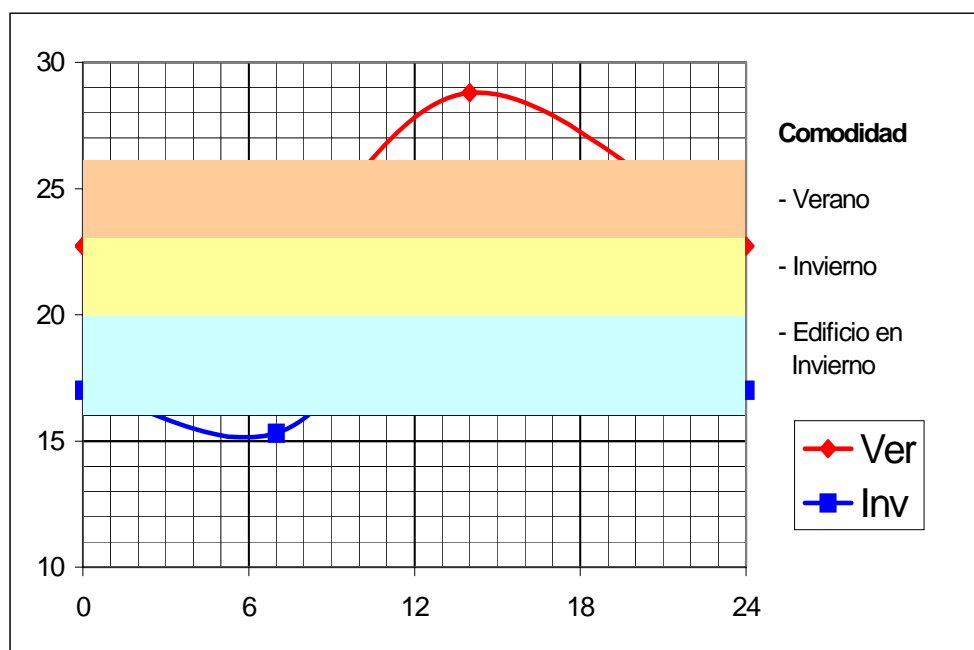
Para que un edificio o espacio público sea cómodo todo el año, sería suficiente que se comporte adecuadamente para las **condiciones de proyecto** más opuestas, que se suelen considerar para un **día típico de invierno** y otro **día típico de verano**, ya que las épocas intermedias suelen tener climas menos rigurosos.

El **día de proyecto**, considerado para las estaciones más incómodas, es un ciclo de 24 horas que se suele repetir varios días seguidos con las condiciones climáticas **probablemente** más rigurosas. No se suele considerar los valores extremos anuales ni las efemérides (sucesos notables ocurridos en los últimos años), salvo para prevenir catástrofes (inundaciones, huracanes, heladas...) o para garantizar servicios con exigencias rigurosas (laboratorios, hospitales...).

Es importante considerar la **variación diaria** de las variables climáticas, como la temperatura y el soleamiento, ya que los edificios suelen mostrar una notable una inercia térmica que equilibra dichas oscilaciones, no sólo entre el día y la noche sino incluso para **días atípicos** intercalados entre días normales.

3.4 Evaluación bioclimática

En la siguiente figura se muestran un ejemplo de temperaturas de un “día de proyecto” de verano e invierno para una región de la costa sur de Canarias, relacionadas con los márgenes de temperaturas de comodidad:



En una primera evaluación bioclimática se puede llegar al siguiente tipo de conclusiones:

1. **Verano:** La temperatura media diaria es de 25 °C, la cual permite prescindir de refrigeración si el edificio se diseña con una estrategia solar pasiva que permita de una buena protección solar de los huecos de fachadas y el aislamiento de cubiertas y cerramientos soleados cuando la temperatura ascienda hasta 29°C, y renovación nocturna con enfriamiento en la masa interior del edificio cuando la temperatura descienda hasta 21°C.
2. **Invierno:** La temperatura media diaria es de 18.5 °C, la cual permite prescindir de calefacción si el edificio se diseña con una estrategia solar pasiva que permita de una buena ganancia solar mediante los huecos de fachada y acumulación de calor en cerramientos soleados en horas del mediodía, aislamiento del resto de los cerramientos e incluso de los huecos en horas nocturnas cuando la temperatura disminuya hasta los 15.5°C, reduciendo la renovación al caudal mínimo que permita disipar el exceso de humedad.

4 Determinación del nivel de Control Bioclimático

El nivel del **acondicionamiento bioclimático** de un edificio determinará la influencia de las temperaturas exteriores del clima en las temperaturas interiores de comodidad. Dicho nivel de acondicionamiento depende tanto de los medios físicos de **acondicionamiento ambiental pasivo** del edificio (aislantes térmicos, estanqueidad...) como de la acción del usuario regulando los **sistemas de adaptación ambiental** del edificio (parasoles, renovación...), funciones que en conjunto podemos denominar **Control Bioclimático**.

Cuanto más rigurosas sean las condiciones climáticas exteriores será necesario un mayor **nivel de control bioclimático**, para garantizar la comodidad en el edificio y en sus espacios exteriores. A continuación se describen los criterios para evaluar la magnitud del esfuerzo

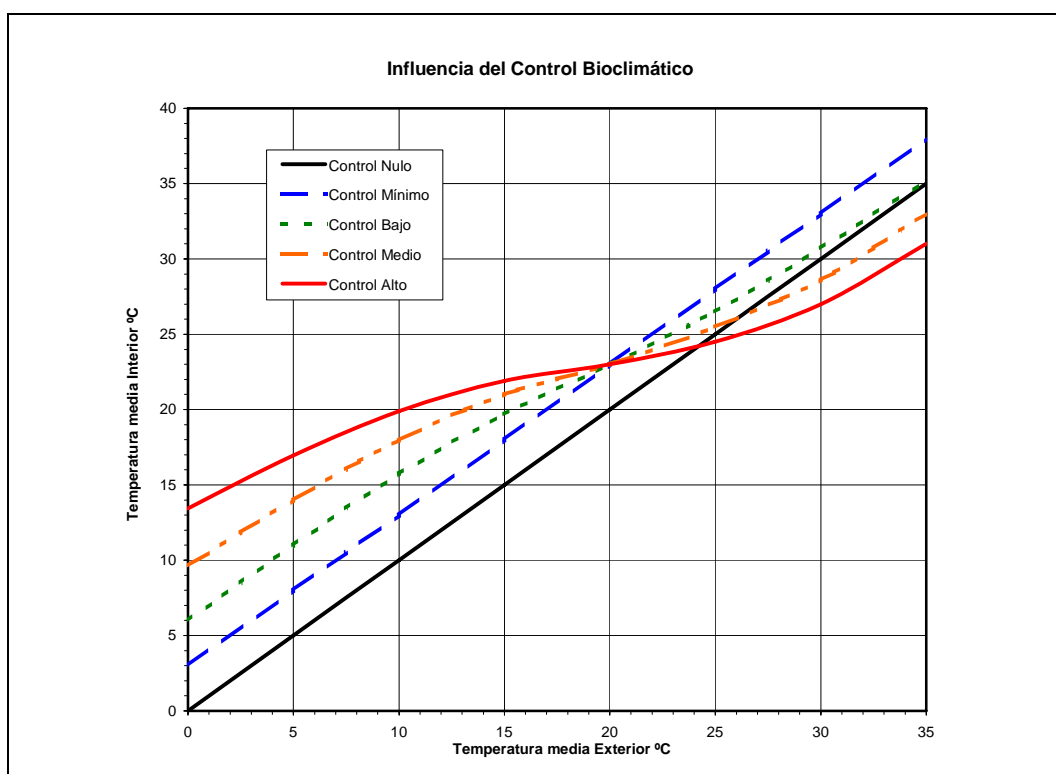
necesario en diseño y sistemas bioclimáticos, en función de las temperaturas medias exteriores de proyecto.

4.1 Relación entre temperaturas medias exteriores e interiores.

Las temperaturas exteriores tienen una oscilación diaria en torno a una temperatura media, que influye en la temperatura media del interior del edificio. Se propone estudiar el comportamiento ambiental de edificios con los siguientes niveles de control bioclimático:

1. **Control Nulo:** Un edificio abierto y desocupado (tipo cobertizo) donde no se genere calor ni se pueda conservar la captación solar por carecer de acristalamiento.

El interior estaría en equilibrio térmico con el exterior, por lo que sus temperaturas medias serían idénticas en cualquier época (línea negra base).



2. **Control Mínimo:** Un edificio convencional que cumpla la normativa ambiental, pero sin medios especiales de acondicionamiento pasivo (aislamientos específicos...), y cuyos ocupantes no accionen ningún tipo de regulación ambiental (ventilación...).

Las fuentes de calor internas por los ocupantes (metabolismo) y del consumo de energía (alumbrado y aparatos eléctricos, cocción o agua caliente) mas la energía solar captada por el acristalamiento (efecto invernadero) hacen que la temperatura media interior sea siempre superior a la exterior. Si el calor generado fuera constante, también existirá un gradiente constante de temperatura Interior-externo, que en viviendas con aislamiento mínimo suele ser del orden de +3°C (línea azul).

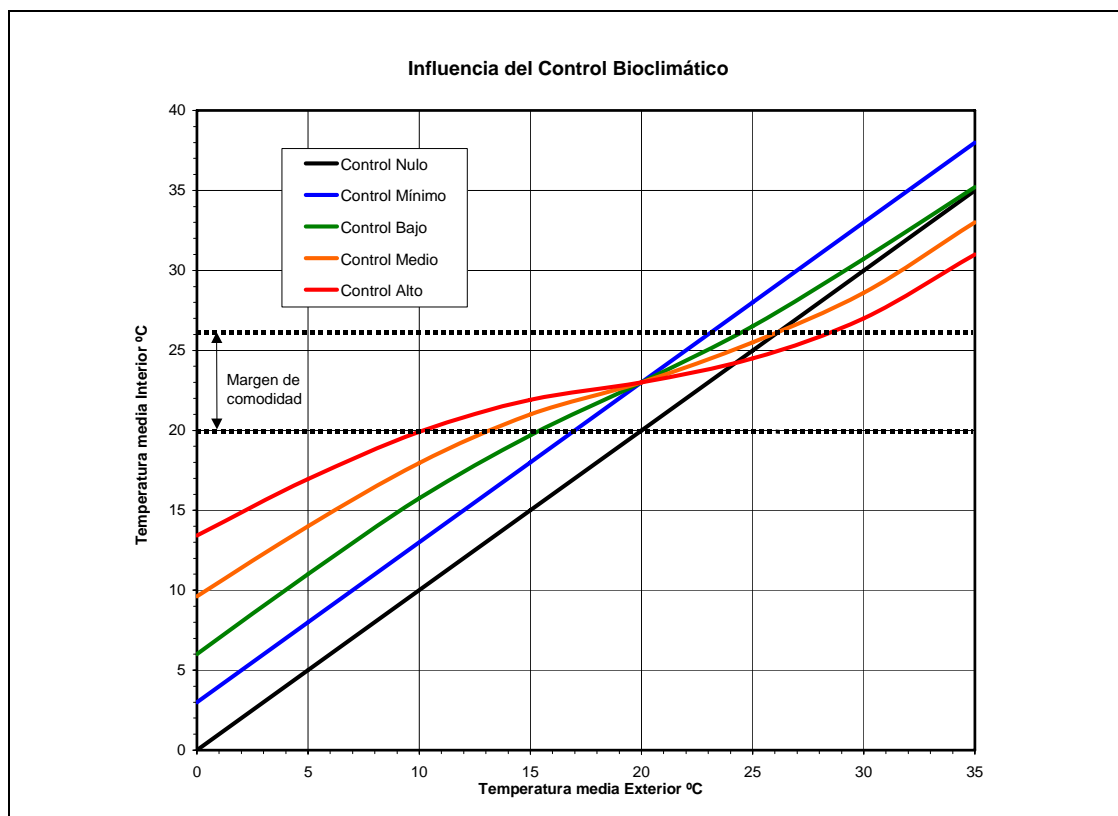
3. **Control Bajo:** Un edificio convencional como el anterior, pero con ocupantes que accionen los medios de regulación ambiental disponibles, como la renovación cuando se recalienta el edificio o cerrar contraventanas durante las noches invernales.

Una correcta estrategia permitirá el aprovechamiento racional de las **fuentes y sumideros de calor** disponibles, la utilización oportuna de los **medios de regulación ambiental** en los momentos en que el edificio esté infracalentado o sobrecalentado, y la

conservación del calor o frescor mediante su **acumulación en la masa térmica** del interior del edificio.

Esta regulación de las ganancias o pérdidas de calor del edificio, que realizan los usuarios aplicando el sentido común, les permite mantener el interior algo mas caliente en invierno y también mas fresco en verano.

En el siguiente gráfico se ha fijado el margen de temperaturas de comodidad interior entre 20°C en invierno y 26°C en verano. El margen admisible de la temperatura media exterior en un cobertizo abierto sería también de 20°C a 26°C, mientras que en un edificio con control mínimo el margen estaría entre 17°C y 23°C, al estar siempre unos 3°C sobrecalentado. La regulación de los ocupantes en un edificio con control bajo permite ampliar este margen entre los 15°C de temperatura media exterior en invierno y los 25°C en verano



4. **Control Medio:** Puede consistir en un edificio casi convencional, pero que se han aplicado **criterios específicos de diseño pasivo** que permita reducir las pérdidas de calor en invierno y las ganancias en verano, y que dispone de medios de regulación que facilita el control ambiental por los ocupantes.

Estos criterios serían la aplicación de buenas prácticas de diseño para adaptar el edificio al microclima del lugar, habituales en la arquitectura tradicional, a considerar en cada fase del proyecto, desde la planificación urbana o ubicación hasta el dimensionado de los elementos constructivos, sin olvidar la forma y orientación solar del edificio.

5. **Control Alto:** Será el caso de un edificio con una elevada inversión en diseño y medios materiales para **optimizar el rendimiento bioclimático y su regulación.**

La optimización del diseño implica, entre otras decisiones, una cuidada elección del lugar, la forma y orientación del edificio, la ubicación y dimensionado de los huecos o la estructura de los cerramientos, ambos con una protección térmica y solar correctamente calculada.

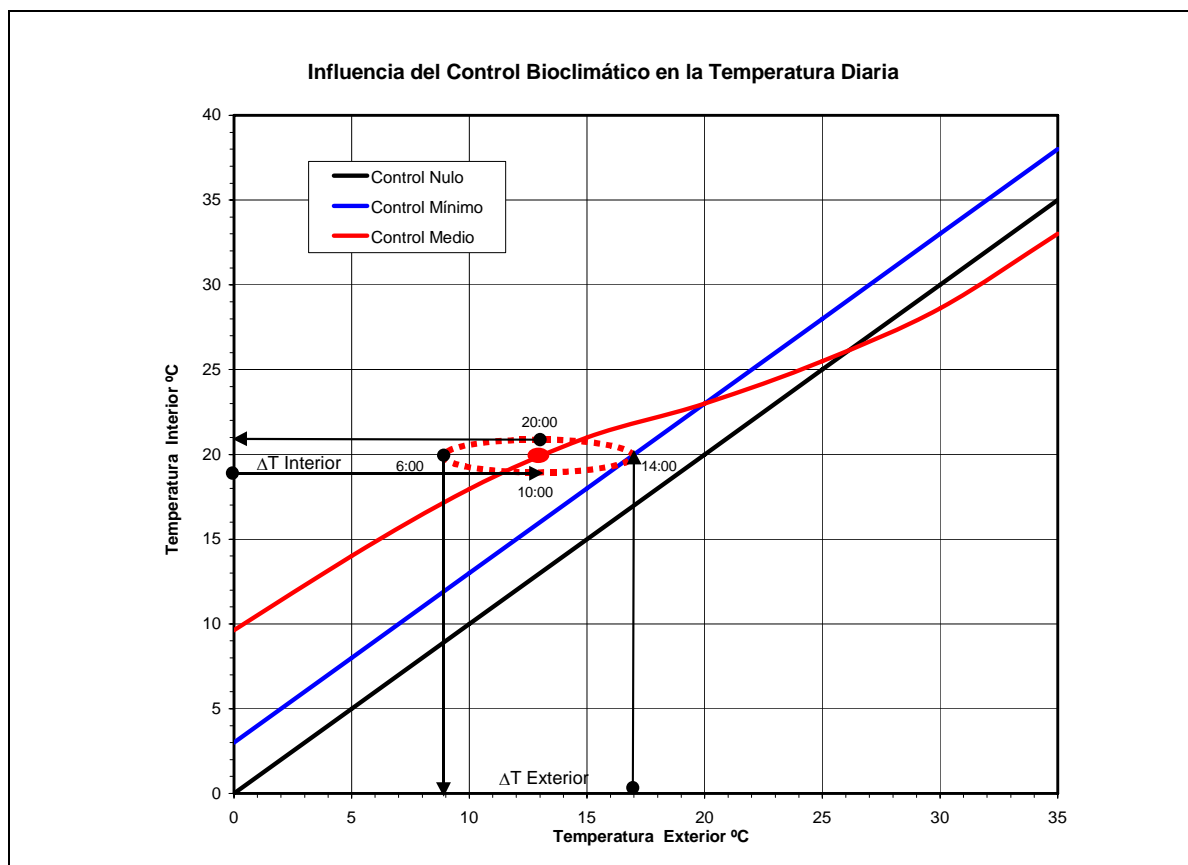
Tan importante como el proyecto del edificio como barrera térmica es el diseño de los sistemas de regulación, para permitir el aprovechamiento alternativo de fuentes o sumideros de calor según las demandas ambientales de invierno y verano. Incluso es deseable **proyectar la autorregulación** del edificio por medios naturales o por automatismos.

En el gráfico anterior se puede observar que el margen admisible de la temperatura media exterior en un edificio de **Control Medio** se puede extender entre 13°C y 26°C, mientras que en un edificio con **Control Alto** el margen de temperatura media exterior se podría ampliar hasta por debajo de 10°C en invierno y por encima de 28°C en verano.

4.2 Inercia Térmica y Ahorro Energético

Otra ventaja de un buen control bioclimático es la mejora de la estabilidad e inercia térmica del edificio y la consiguiente comodidad para los ocupantes, tanto invierno como en verano.

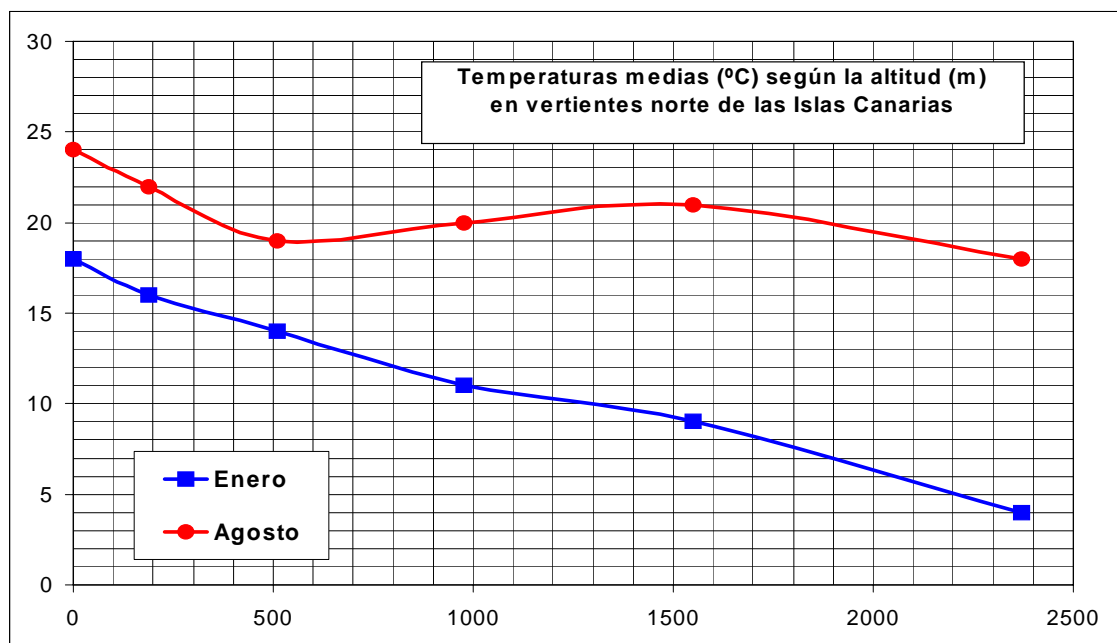
En el ejemplo siguiente se muestra la evolución de temperatura interior en una vivienda con **Control Medio** en invierno, con una temperatura exterior media de 13°C y que oscila diariamente entre 9°C de madrugada y 17°C después del mediodía. Una buena inercia térmica permitirá que la temperatura media interior de 20°C oscile apenas +/- 1°C, con la ventaja de **una mayor temperatura al anochecer**, en las horas de mayor relación familiar.



En este caso, con temperaturas medias superiores de 13°C, no sólo se puede prescindir de la instalación de calefacción, sino que se puede **ahorrar en el dimensionado de instalaciones y consumo de energía** con temperaturas medias inferiores. Como ejemplo, con una temperatura exterior de 5°C, sólo sería necesario aumentar la temperatura interior unos 6°C, mientras que con un Control Mínimo habría que calentar el interior unos 12°C.

4.3 Conclusiones

Considerando los argumentos expuestos se puede concluir que mediante la comparación de las temperaturas medias de los **días de proyecto** con las temperaturas deseables de comodidad en el interior, para verano e invierno, y considerando que los edificios tienden a sobrecalentarse de 2 a 4°C debido a las ganancias solares e internas por la actividad de los ocupantes, es posible avanzar un primer diagnóstico que indique el **nivel de prestaciones** de adaptación climática que debería alcanzar el diseño urbano y arquitectónico, para luego complementarlo con el adecuado diseño constructivo y tecnológico.



En el caso particular de las Islas Canarias, con un clima casi subtropical, se puede asegurar que las **estrategias** determinantes del diseño bioclimático en las **costas** serán de control medio en verano con una eficaz refrigeración pasiva con sistemas de protección solar y disipación del calor, y un control bajo en invierno, con una escala mucho menor de calefacción pasiva con sistemas de captación solar y conservación del calor. Según aumente la altitud del lugar y disminuyan las temperaturas medias, para el clima de las **medianías** será recomendable un control bajo en verano y un control medio en invierno, con un esfuerzo moderado en calefacción pasiva, mientras que en las **cumbres** deberán predominar el control alto en invierno, con estrategias de calefacción pasiva de elevadas prestaciones.

© Las Palmas, 20-nov-2000

(II) CLAVES DEL URBANISMO BIOCLIMÁTICO

Manuel Martín Monroy. Dr. Arquitecto.

Profesor Titular del Dto. de Construcción Arquitectónica, ULPGC.

E-mail: mmm@arucas.cda.ulpgc.es. Tlf. 928.451387. Fax 928.451365

5 Claves del Urbanismo Bioclimático

El Urbanismo Bioclimático se puede definir como la planificación integral de un territorio con sus infraestructuras y edificios para crear un hábitat cómodo para la vida comunitaria y privada. Este diseño a gran escala implica la elección de una ubicación **apropiada** y una correcta **adaptación** del entorno próximo y los volúmenes edificadas al clima del lugar y a sus variaciones estacionales y diarias, considerando como factores ambientales fundamentales la temperatura y humedad del aire, el viento y, sobre todo, el soleamiento.

Partiendo de la hipótesis que las temperaturas medias de los meses mas extremos serán los valores de referencia que determinen las estrategias de diseño urbano, las bajas temperaturas de enero determinarán que los espacios públicos y edificios permanezcan lo mas soleados posibles y protegidos del viento durante el invierno, mientras en las temperaturas medias de agosto sugieren una estrategia totalmente diferente para el verano, de manera que los espacios urbanos y fachadas reciban la mínima radiación solar y se puedan refrescar por ventilación u otros mecanismos.

Este comportamiento ambiental alternativo se puede conseguir con una *adaptación estacional selectiva* mediante el **soleamiento**, por la predecible variación de su recorrido, que lo convierte en el factor principal para diseñar la adaptación térmica de las ciudades y sus edificios. El factor **viento** figura en segundo orden de importancia en el diseño urbano, pero en general no suele ser un factor relevante en el diseño de edificios, salvo que produzca un impacto importante a causa de su velocidad, o sea un factor influyente para enfriar en situaciones difíciles de calor.

6 Urbanismo Eólico

El **viento** es uno de los elementos climáticos mas importante para la vida al aire libre y, por lo tanto, debe ser considerado en el diseño de espacios abiertos, sobre todo a escala urbana, pero su difícil predicción y su efecto generalmente molesto en espacios urbanos recomiendan que se considere un elemento negativo del cual conviene protegerse, sobre todo en invierno.

En los casos de condiciones de elevada temperatura y humedad en verano, cuando existan garantías de vientos dominantes o con direcciones alternativas como las brisas, será posible determinar criterios para seleccionar orientaciones preferentes.

El principal campo para el diseño urbano Bioclimático es el aprovechamiento, tanto solar como eólico, de la **topografía del terreno** y la **geometría** de los espacios públicos y edificios, siendo de sentido común que se aplique para el control del viento mediante criterios de ubicación en zonas de remanso para protegerse de los vientos fríos, o aprovechar zonas expuestas a las brisas en periodos calurosos, así como la adecuada predicción de encauzamientos aerodinámicos y sombras de viento provocadas por los volúmenes edificados.

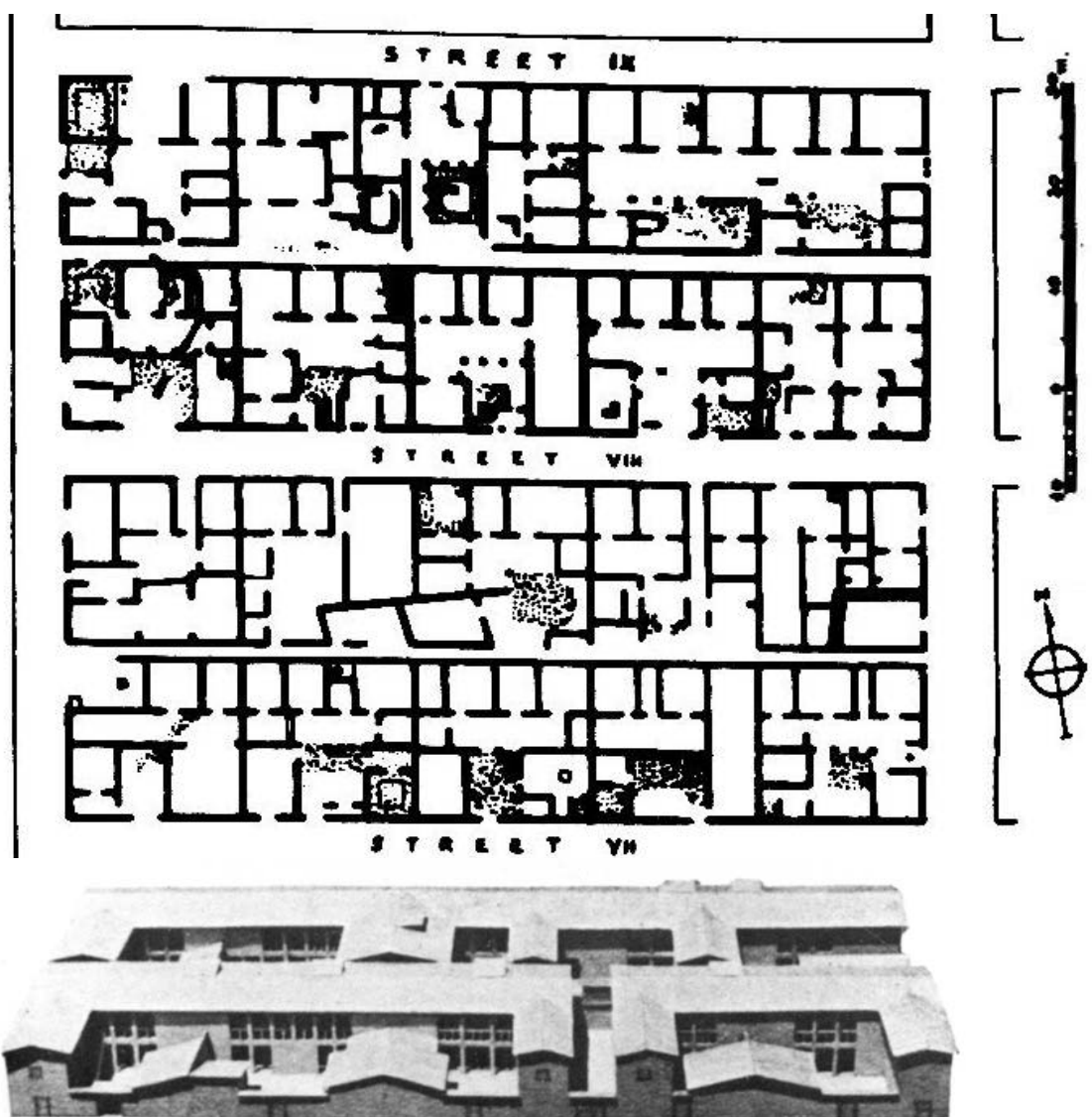


Ilustración 3: Detalle y maqueta del trazado de Olinto, ciudad totalmente planificada en una ladera sur para que todas las viviendas se beneficien de un soleamiento óptimo. [Butti & Perlin^o, p.7].

También se deben considerar otros factores modificadores del **microclima urbano**, como las superficies asfaltadas o las fuentes de contaminación, corrigiendo su tendencia espontánea a incrementar la temperatura, la sequedad y la polución, corrigiéndolos mediante recursos paisajísticos. Sus principales ejemplos son la vegetación tapizante o de gran porte, especialmente de hoja caduca, las masas y juegos de agua, o el correcto tratamiento de los materiales del terreno, tales como pavimentos reflectantes y transpirables,

siendo factores íntimamente relacionados con el soleamiento y la dirección o intensidad del viento.

7 Urbanismo Solar

El soleamiento es el principal recurso del diseño bioclimático por la magnitud de su influencia y tener una trayectoria diferente y predecible en cada época del año. En el caso de las islas canarias (latitud 28° N) se conoce que:

- El recorrido solar asciende hasta una altura de $84,5^{\circ}$ en el solsticio de verano (21 de junio), prácticamente en el cenit, mientras que en el solsticio de invierno su **altura** solar no supera los $38,5^{\circ}$ al mediodía.
- El **azimut** u orientación del soleamiento en invierno abarca un arco de sólo $\pm 63^{\circ}$ respecto al sur, mientras que en verano se amplía entre $\pm 117^{\circ}$, por lo que llega a incidir en fachadas al norte.
- La diferencia del recorrido solar se traduce en la disponibilidad de solo 10 horas de sol efectivo en invierno frente a las 14 horas de sol del solsticio de verano.

Las Cartas Solares facilitan el estudio de los recorridos solares en cada latitud, permitiendo el cálculo gráfico de la posición del sol (altura y azimut) en fechas y horas determinadas. Para el diseño solar es recomendable la **carta solar estereográfica**, para el estudio de las orientaciones en planta, y la **carta solar cilíndrica** para el análisis panorámico de las obstrucciones solares.

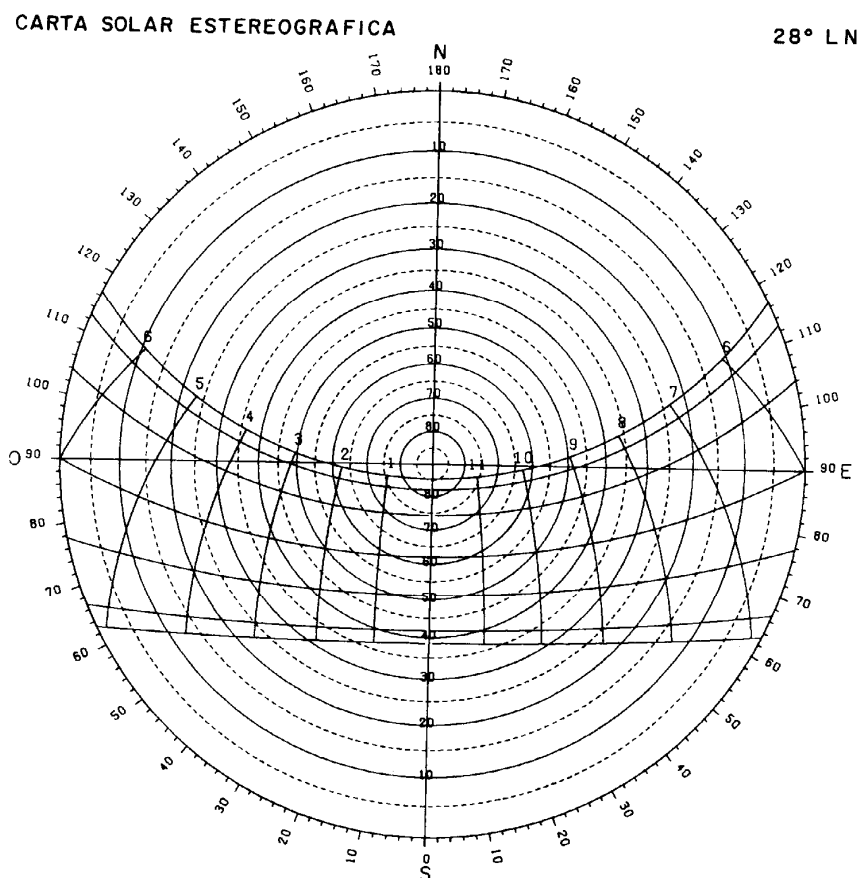


Ilustración 4: Carta Solar estereográfica para latitud 28° N [García Arroyo⁷, p. 168]

El recorrido solar también se puede calcular mediante programas informáticos, los cuales son imprescindibles para la estimación de la cantidad de energía solar incidente sobre una superficie determinada, ya que es un proceso mucho más complejo por los numerosos parámetros a considerar.

El autor ha desarrollado programa informático de simulación **SOLEA-2**⁸ para facilitar el estudio detallado del soleamiento, que además de calcular la carta solar cilíndrica del recorrido solar para cualquier latitud, permite estimar intensidad instantánea y la energía solar diaria incidente sobre las principales fachadas y la cubierta, y además sobre un plano con una orientación o inclinación deseada, considerando cualquier día del año y la nubosidad, entre otros parámetros y prestaciones.

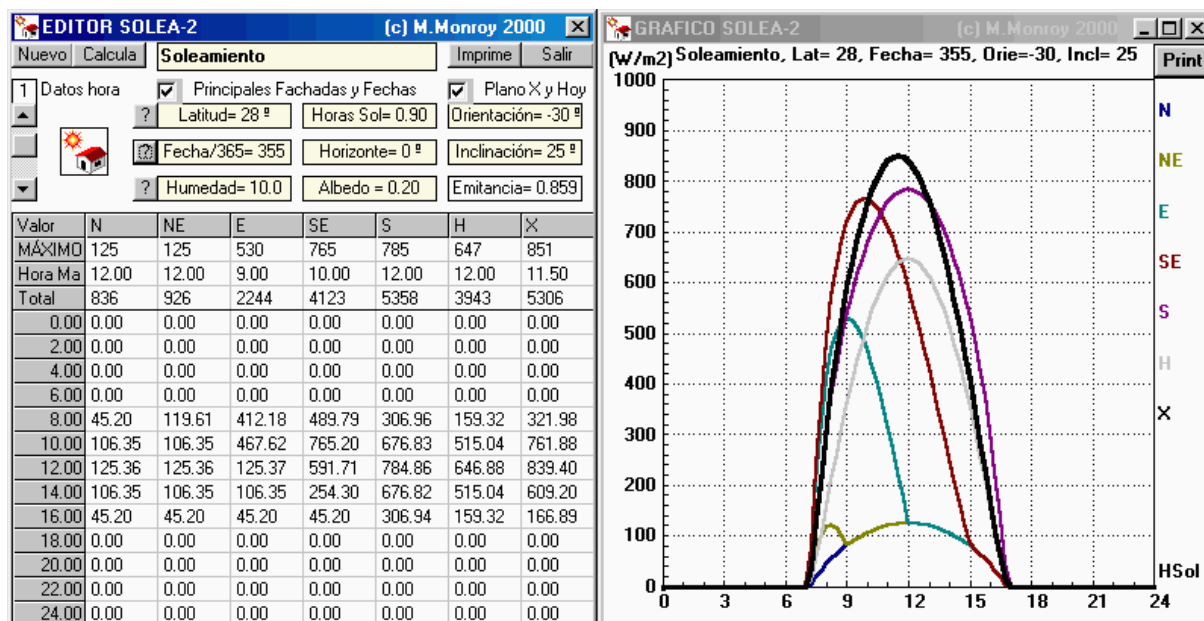


Ilustración 5: Panel de control del programa SOLEA-2, mostrando tablas y gráfico de radiación solar incidente [Autor]

8 Soleamiento de laderas

La topografía de un territorio puede ofrecer diferentes alternativas de ubicación según la inclinación y orientación de sus laderas, en relación con un terreno horizontal, siendo preferibles aquellos terrenos con máxima insolación en invierno y mínima en verano. El autor a utilizado el programa SOLEA-2 para comparar la insolación total de un día despejado, en el solsticio de verano e invierno, sobre laderas inclinadas 25° y con diferentes orientaciones, y su contraste con un terreno horizontal, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

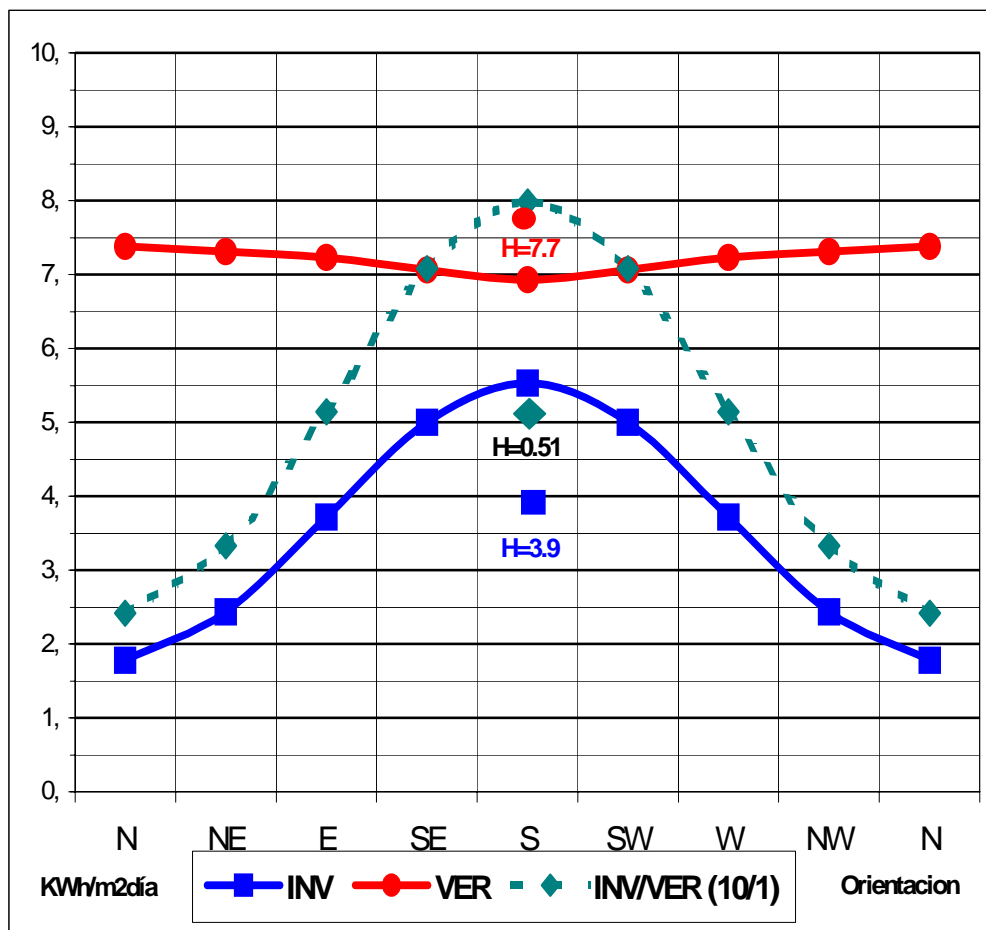


Ilustración 6: Insolación diaria de laderas inclinadas 25° con diferentes orientaciones y terreno horizontal, en días despejados de verano e invierno, y su comparación. [Autor].

Su interpretación permite concluir que:

- En **invierno** son óptimas las laderas orientadas al **Sur**, al recibir un 140% de la energía solar incidente sobre la **Horizontal**, en contraste con la orientación **Norte**, que recibe la pésima relación de sólo un 45%.
- En **verano** todas las orientaciones reciben cantidades parecidas de energía solar, pero vuelve a ser preferible las laderas **Sur**, que sólo se recibe el 90% respecto al terreno **Horizontal**, menos incluso de la ladera **Norte** que recibe un 96%.
- Si se analiza para cada orientación la proporción de energía que se recibe en invierno respecto al verano (Inv/Ver), tomando como referencia que un terreno **Horizontal** recibe el 51%, se vuelve a comprobar una relación óptima del 80% para una ladera **Sur** frente al 24% de laderas **Norte**. Además, dichas diferencias se incrementan notablemente con una mayor inclinación del terreno (compárese con la gráfica de fachadas).

La consecuencia microclimática será un considerable incremento de la temperatura invernal en las laderas meridionales frente a un notable enfriamiento de las septentrionales, mientras que en verano el fenómeno es de signo opuesto aunque de similar magnitud. Además, este fenómeno se suele agravar en invierno con la incidencia mucho mayor de los vientos alisios y de la lluvia en laderas al norte.

Respecto a las orientaciones simétricas al Este y al Oeste, ambas reciben idéntica cantidad de energía solar, pero las laderas a **naciente** son preferibles porque reciben mucho más sol

por la mañana que por la tarde, lo cual compensa las bajas temperaturas matinales y no incrementa las mayores temperaturas de la tarde, todo lo contrario que las orientaciones a poniente.

9 Obstrucciones Solares

La Carta Solar cilíndrica es un valioso instrumento para representar el perfil del horizonte real del entorno, utilizando una brújula y un clinómetro, y así analizar las obstrucciones solares para cada época del año.

En la siguiente ilustración se muestra el ejemplo de una parcela en ladera de pendiente 25° y orientada 30° al Este respecto al Sur. Se observa que la sombra autoarrojada del horizonte real (A) es favorable porque adelanta en casi 2 horas la puesta de sol en verano, que la silueta de un edificio (B) es perjudicial porque obstruye mas de 3 horas de sol en las mañanas de invierno, mientras que la silueta de otro edificio (C) no molesta en absoluto.

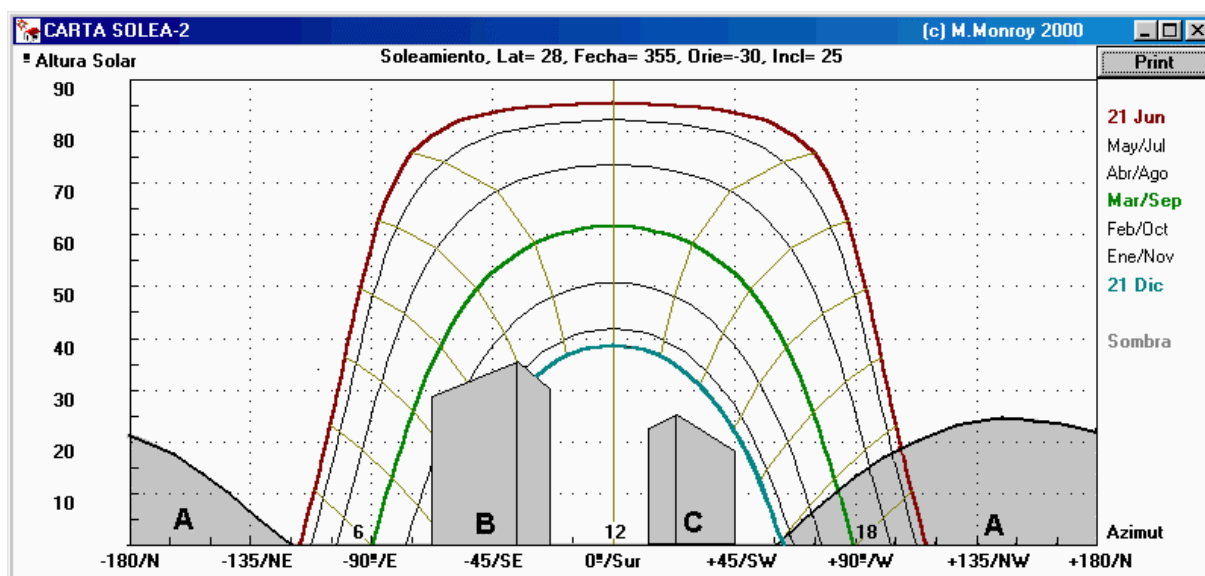


Ilustración 7 Ejemplo de obstrucciones en una parcela en ladera hacia el SE.

10 Orientación y Volumetría de Edificaciones

Para determinar la orientación preferible de volúmenes edificados se ha realizado la siguiente ilustración, similar a la de soleamiento de laderas pero con fachadas verticales, en días despejados de verano e invierno, mostrando la insolación de diferentes orientaciones y su comparación con una cubierta horizontal.

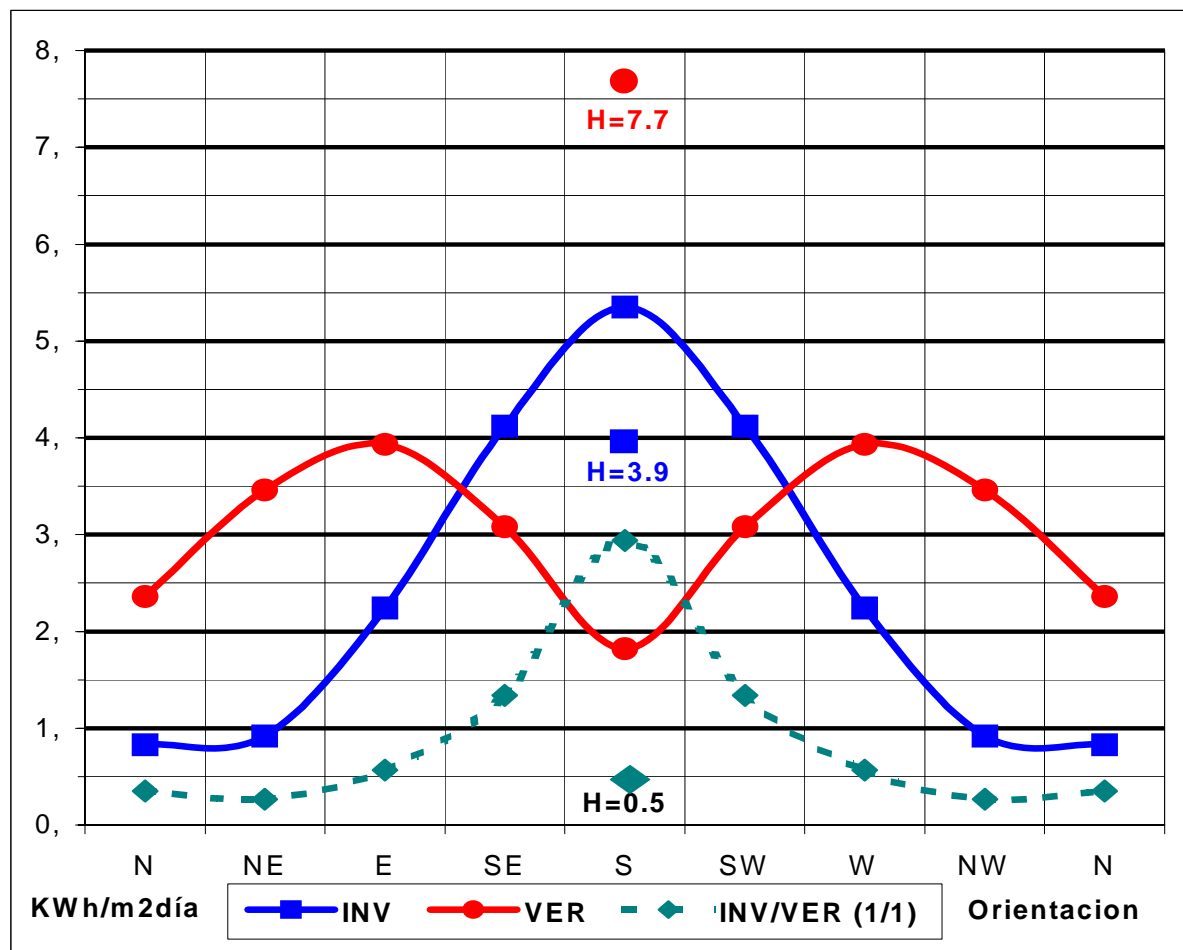


Ilustración 8: Insolación diaria en verano e invierno de fachadas con diferentes orientaciones y la cubierta.

Su interpretación confirma que:

- En **invierno** son óptimas las fachadas orientadas exactamente al **Sur**, al ser las más caldeadas, con un 136% de la energía solar incidente sobre la **Horizontal** y 6.5 veces más radiación que la fachada **Norte**.
- También en **verano** son óptimas las fachadas **Sur** al ser la menos soleada de todas, con sólo el 23% de la radiación **Horizontal**, e incluso, sólo el 77% de la fachada **Norte**.
- Analizando la proporción de energía que reciben las fachadas en invierno respecto al verano en cada orientación, con la referencia del 51% que recibe la **Cubierta**, se vuelve a comprobar una óptima relación del 294% para una fachada **Sur** frente al 35% de fachadas al **Norte**. Sin embargo, la peor relación la tienen las fachadas **Noreste** y **Noroeste** con sólo el 27%. Además, las fachadas más caldeadas en verano son las orientadas exactamente al **Este** y al **Oeste**, siendo mucho más grave hacia poniente por coincidir con las máximas temperaturas del aire.

Si consideramos el caso habitual de volúmenes edificados lineales, con un máximo de 3 crujías para evitar los patios interiores de "luz y ventilación" y permitir la renovación cruzada, se concluye que las orientaciones óptimas de fachadas son exactamente la Sur y la Norte, con calles principales en dirección Este-Oeste.

Además, para el microclima de la franja costera de canarias, la más densamente poblada, las fachadas Norte son bastante deseables porque satisfacen la demanda del edificio de

refrigeración pasiva en verano, con ventilaciones cruzadas, y se pueden equilibrar térmicamente en invierno mediante recirculación interna de la ganancia solar con las fachadas sur.

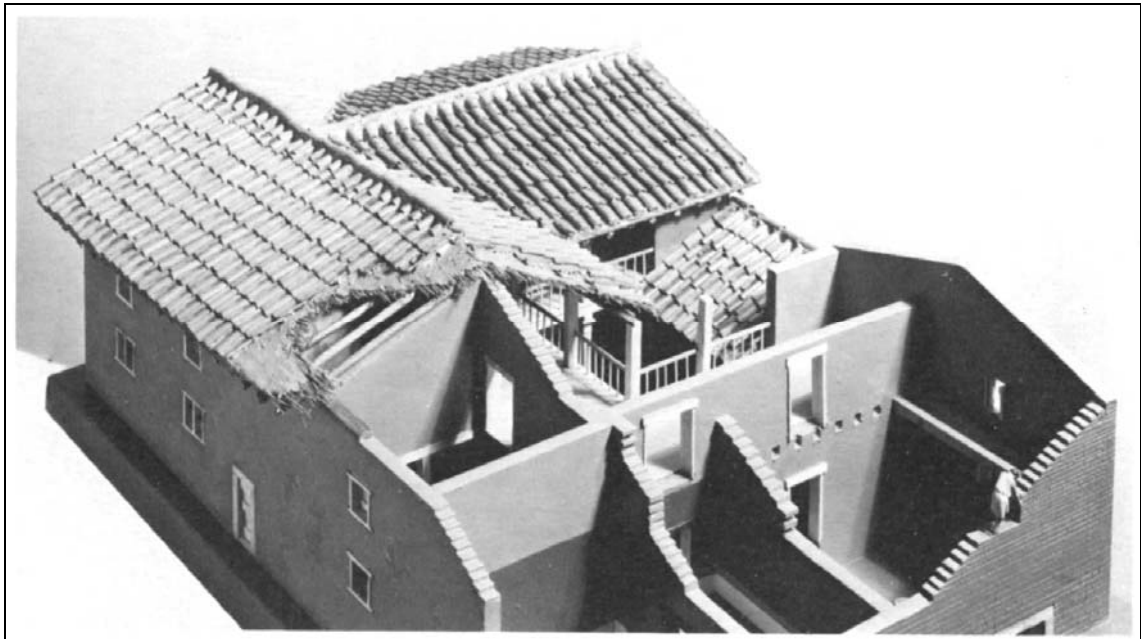


Ilustración 9: Maqueta de villa en Olinto (Grecia, siglo V a.C.), con los pórticos abiertos a un patio orientado al sur. [Butti & Perlin, p.7].

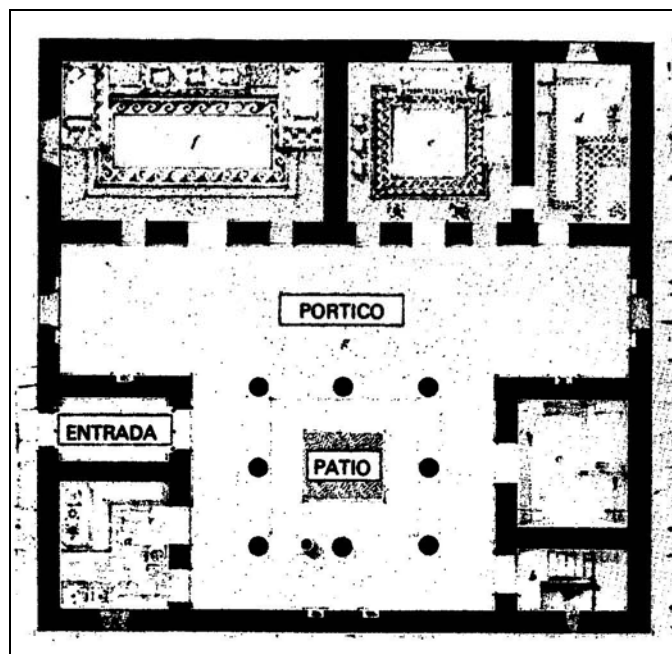


Ilustración 10: Planta baja de villa en la antigua Grecia, con gruesos cerramientos de adobe y pequeños huecos, puesto que carecían de acristalamiento. [Butti & Perlin, p.11].

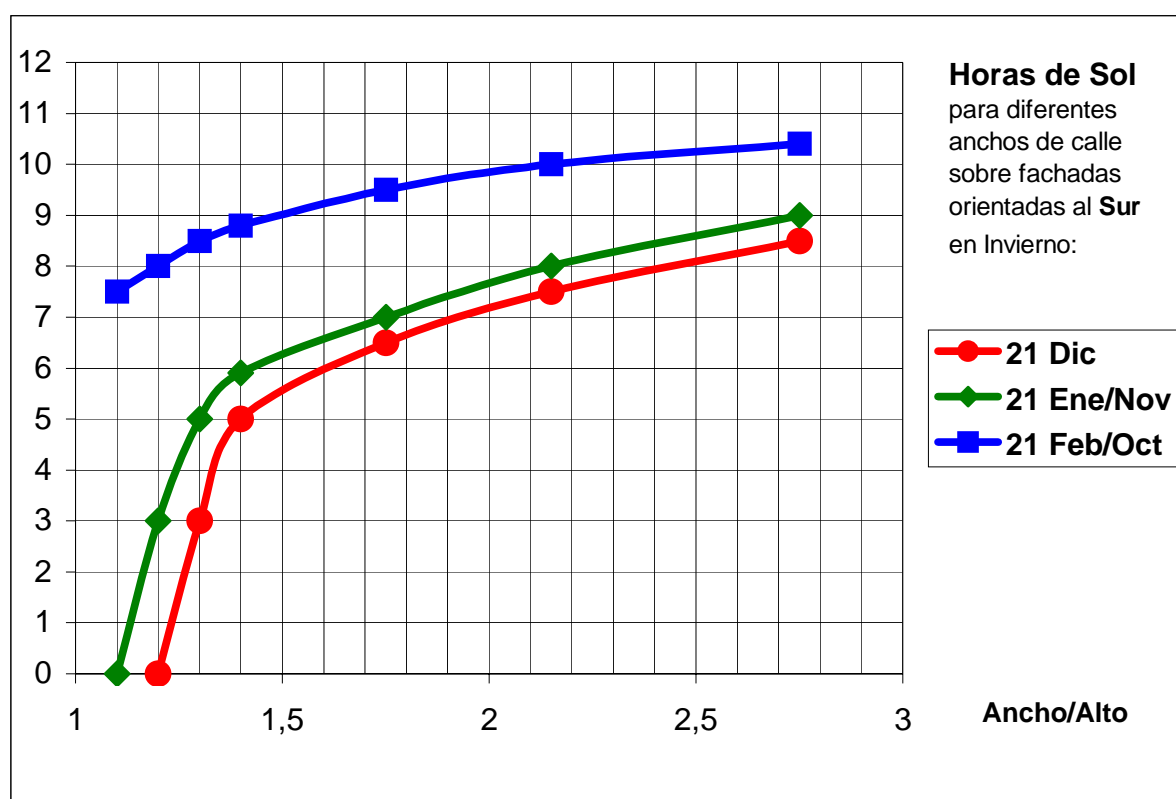
Con igual criterio, conviene minimizar las fachadas con peores orientaciones, al Este y al Oeste, y sobre todo, es importante reducir o proteger las superficies de cubierta, que se puede considerar como la 5ª fachada al ser practicable con claraboyas, por la extraordinaria magnitud de la radiación en verano, que casi duplica a las peores fachadas.

11 Orientación y Geometría Solar de Espacios Públicos

Partiendo de la preferencia por las calles con dirección Este-Oeste, para permitir el máximo soleamiento de las fachadas Sur, hay que establecer la relación óptima A/H de anchura-altura que permita su correcto soleamiento en el solsticio de invierno, recuperando el principio romano del “derecho al sol”, incorporado en el siglo VI al Código Justiniano:

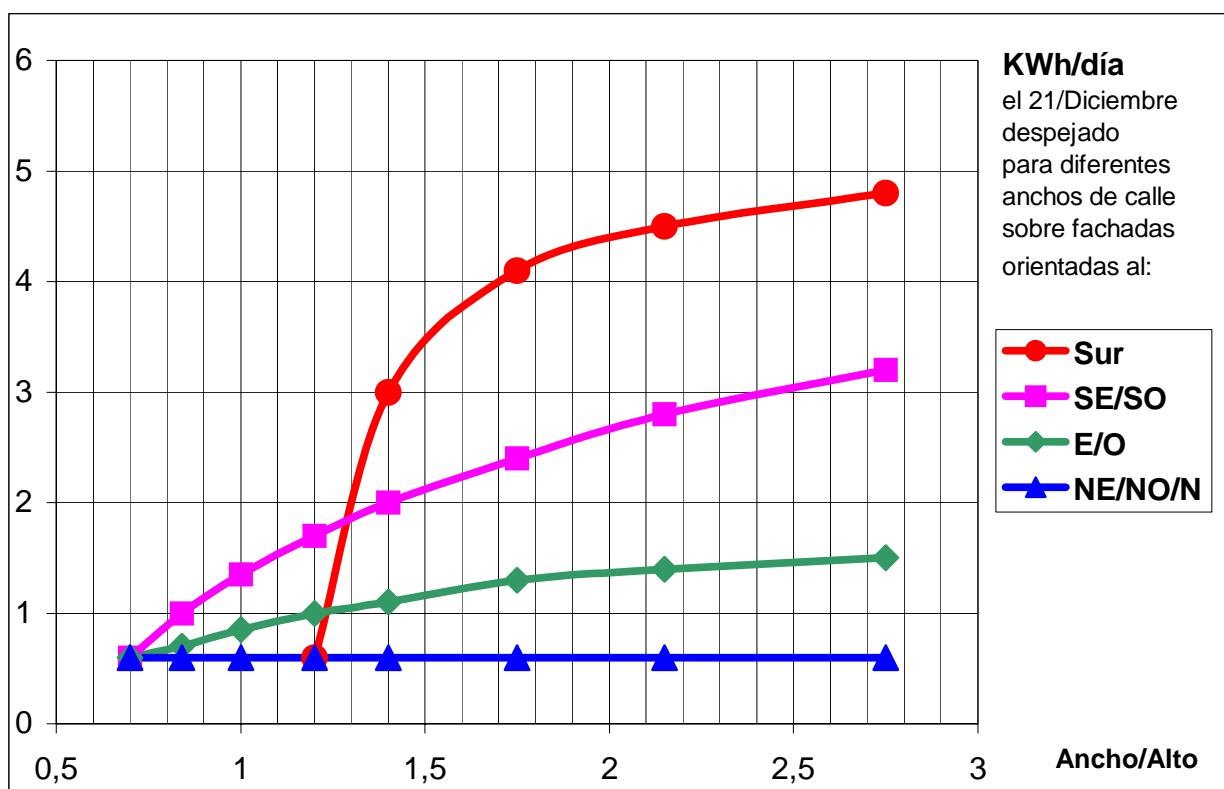
Si un objeto está colocado en manera de ocultar el sol a un *heliocaminus*, debe afirmarse que tal objeto crea sombra en un lugar donde la luz solar constituye una absoluta necesidad. Esto es una violación del derecho del *heliocaminus* al sol.

En la siguiente ilustración se muestra las horas de sol efectivas sobre una fachada Sur el día 21 de diferentes meses de invierno en Canarias, en función de la relación A/H entre el ancho de calle y la altura de la fachada enfrentada. Se observa que para una relación A/H = 1.20, equivalente a un ángulo de 40°, ¡no se recibiría sol directo durante 20 días al final del año!. Sin embargo, con una relación A/H = 1.40, equivalente a un ángulo de 35°, se recibiría sol directo 5 horas en diciembre, 6 en enero y casi 8 en febrero. Se propone establecer como límite extremo la relación A/H = 1.33 (37°), equivalente a una proporción 4/3, que garantiza 4 horas de sol en el día mas corto del año.



Para el caso de calles con diferentes orientaciones se ha preparado la siguiente ilustración, que muestra la radiación solar incidente en días despejados sobre diferentes orientaciones de fachadas, para el 21 de diciembre en canarias. Se ha preferido mostrar la energía solar, en KWh/m²día, en vez de horas de sol efectivo, por ser mas representativo del sol rasante al considerar el ángulo de incidencia. Se observa que para la relación propuesta A/H = 1.33 (37°) se pueden recibir hasta 2.5 KWh/m²día en fachada sur, valor que se puede incrementar hasta 5 KWh/m²día en plantas superiores con menor obstrucción. También se comprueba que es tolerable una desviación de +/- 45°, orientando la fachada entre el Sureste y el Sudoeste, con ganancias de 2 KWh/m²día con A/H=4/3. Por último, resalta el

pequeño calentamiento solar del resto de las fachadas, casi despreciable para cualquier relación A/H, por cual se podría limitar su anchura para el control de vientos o de ruidos.



12 Geometría solar de tipologías urbanas

Se comentan diferentes ejemplos de tipologías urbanas en las siguientes ilustraciones, considerando edificios residenciales lineales, de viviendas con doble fachada norte-Sur, de 8 a 12 metros de fondo y 3 metros de altura.

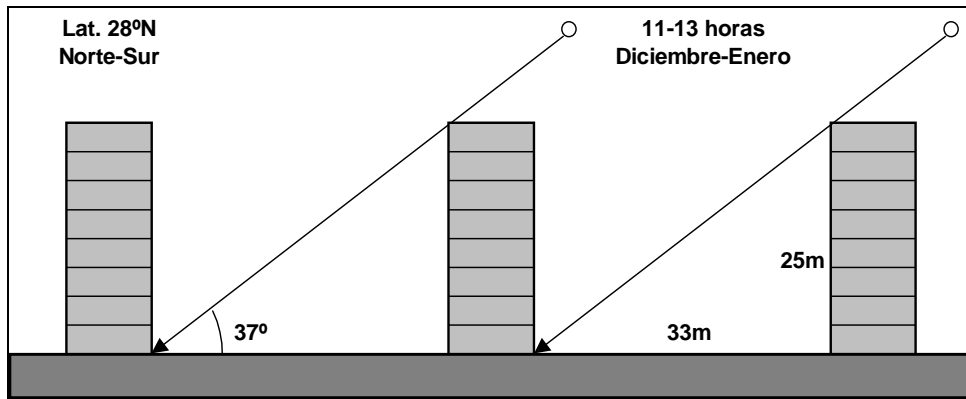
Los principales condicionantes son:

- Garantizar en invierno el soleamiento de las fachadas Sur, con una separación mínima de 4/3 de la altura de los volúmenes que le puedan obstruir el sol (37°).
- Facilitar en verano la protección solar de las fachadas Sur, con voladizos con un vuelo de 1/6 de su altura (80°).

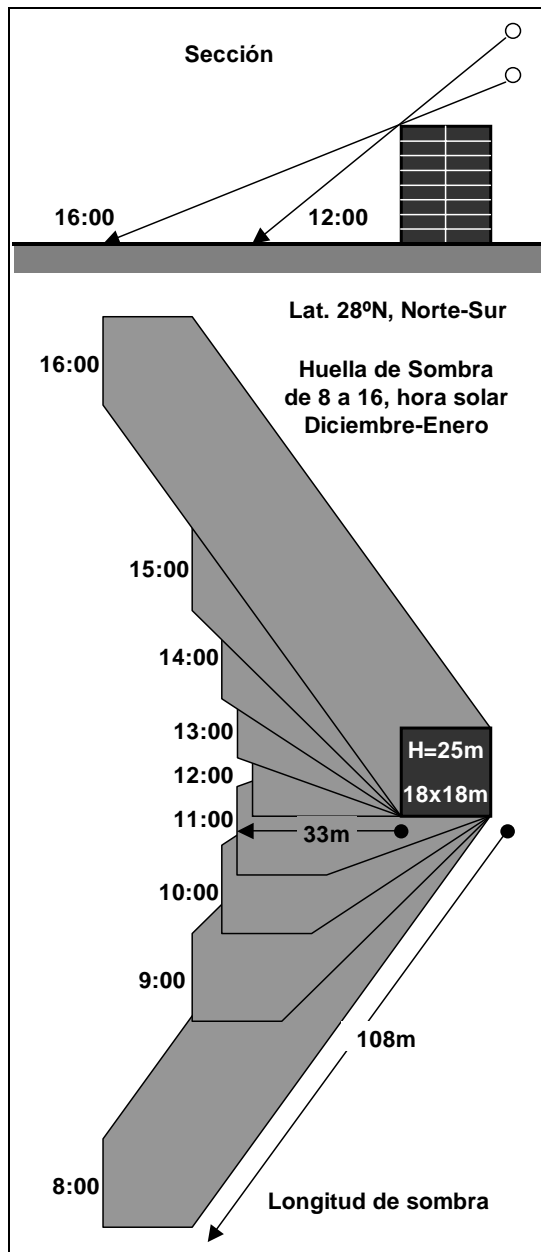
Se ha aplicado el criterio de obtener la máxima densidad conservando la calidad ambiental, para reducir el consumo del suelo, reducir la inversión en infraestructuras urbanas y propiciar las relaciones sociales, como fundamentos de un urbanismo sostenible.

12.1 Ejemplos de urbanización de gran altura

Los edificios de mas de 7 plantas de altura se caracterizan por la gran separación necesaria para que no se proyecten sombras entre sí, especialmente en las horas del mediodía de diciembre y enero. Como ejemplo, para **bloques lineales** de 8 plantas se precisan espacios libres o avenidas de 33m de ancho para garantizar 2 horas de sol en las plantas bajas.



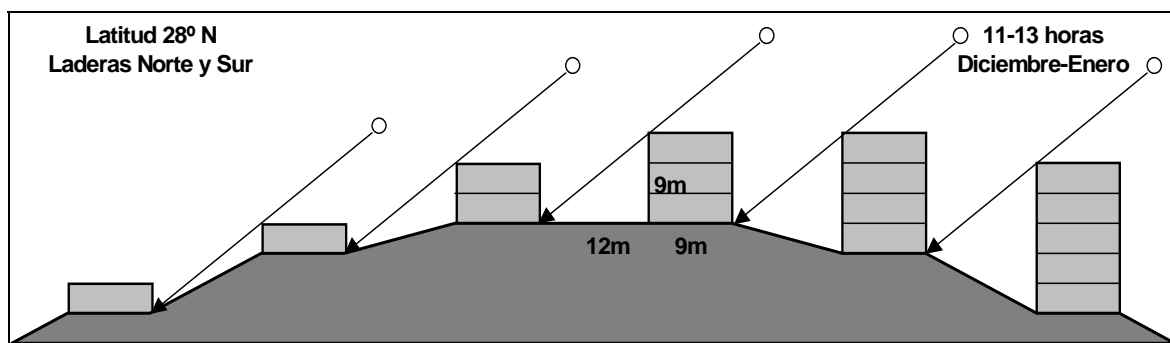
En el caso de utilizar la tipología de **torres**, el área de suelo barrido por la sombra durante varias horas multiplica la planta ocupada por el edificio. Se muestra el ejemplo del área sombreada por una torre de 8 plantas, con 4 viviendas/planta, donde se observa que en invierno a las 8:00 y las 16:00 hora solar (9 y 17 hora legal) la sombra alcanza los 108 metros de longitud



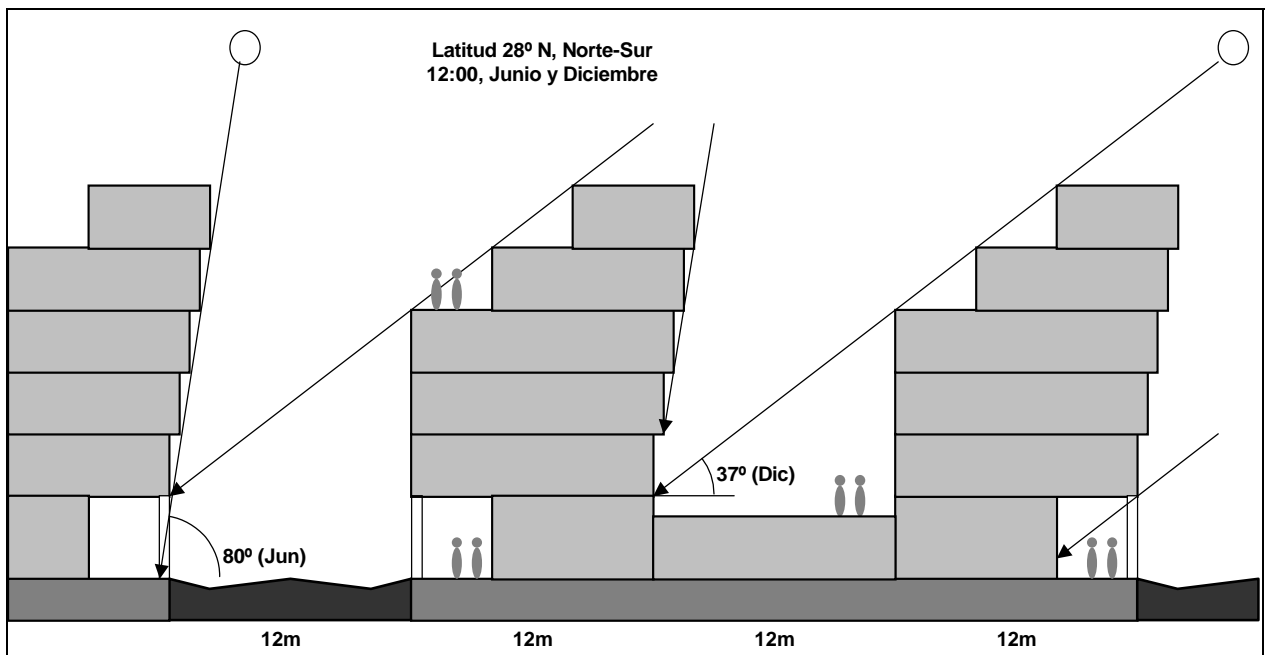
12.2 Ejemplos de urbanización de media altura

Se valora positivamente la urbanización de altura media, entre 3 y 5 plantas, porque permite un marcado carácter urbano con una buena calidad ambiental y social, con buena rentabilidad de las inversiones en suelo e infraestructuras.

- Como ejemplo, con calles de 12 metros de ancho son tolerables edificios de 3 plantas de vivienda (9 m.). Se puede aumentar la rentabilidad levantando las viviendas sobre una planta de local comercial, que no suele precisar soleamiento.
- Además, si la urbanización se halla en ladera hacia el sur se podrán ampliar el número de plantas de viviendas, según la diferencia de cotas de coronación, aumentando el aprovechamiento del suelo. Ocurre lo contrario en laderas hacia el norte.



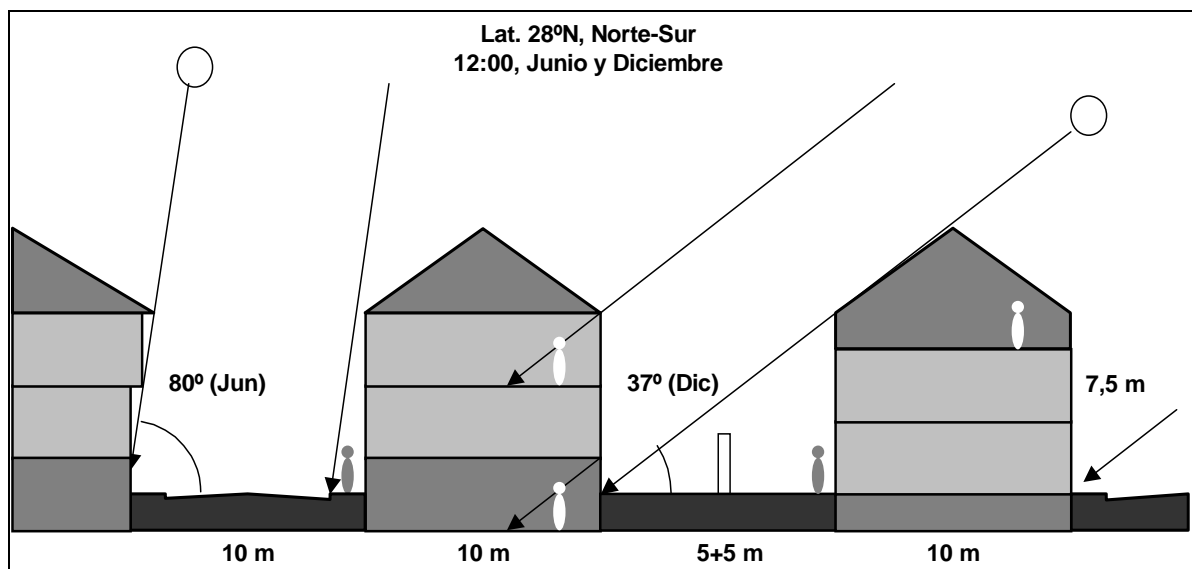
- En el caso de patios de manzana hay que respetar la misma proporción $A/H= 4/3$.
- Son tolerables los áticos y sobreáticos con 4 metros de retranqueo respecto a la fachada norte. También son interesantes los pequeños avances en la fachada sur con una relación $1/6$ (80°) para proteger del sol de verano al mediodía.
- También son deseables los porches retranqueados en planta baja, porque se puede aumentar el ancho de vía y aparcamiento, además de proporcionar protección del sol, del viento y de la lluvia a los peatones y los comercios.



12.3 Ejemplos de urbanización de baja altura

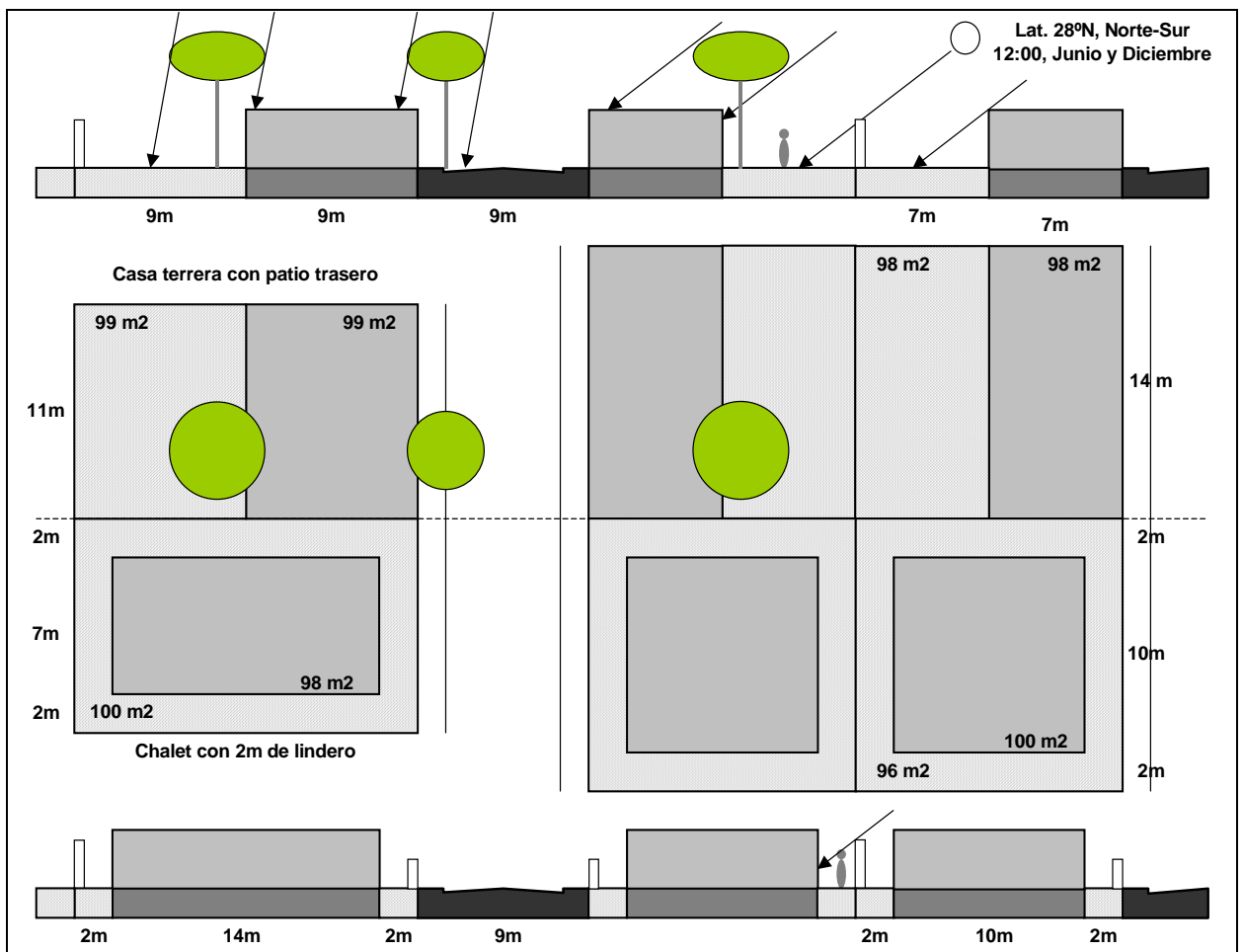
Considerando el auge de la tipología de vivienda unifamiliares adosadas, se muestra un ejemplo de geometría que respeta un correcto soleamiento en invierno:

- Para alturas de 2 ½ plantas (7.50 m), la separación mínima de calles y patios traseros será de 10 metros).
- Se puede aumentar la rentabilidad del suelo con semisótanos, o desvanes abuhardillados bajo cubiertas inclinadas con un ángulo máximo de 37° (75% de pendiente)..



En el caso de urbanización de muy baja altura (1 planta) tipo **ciudad jardín**, se propone una reflexión sobre la tipología de **chalet**, con una ordenanza típica de 2 metros de separación de linderos, en contraste con la tipología de **casas terreras** con patio trasero:

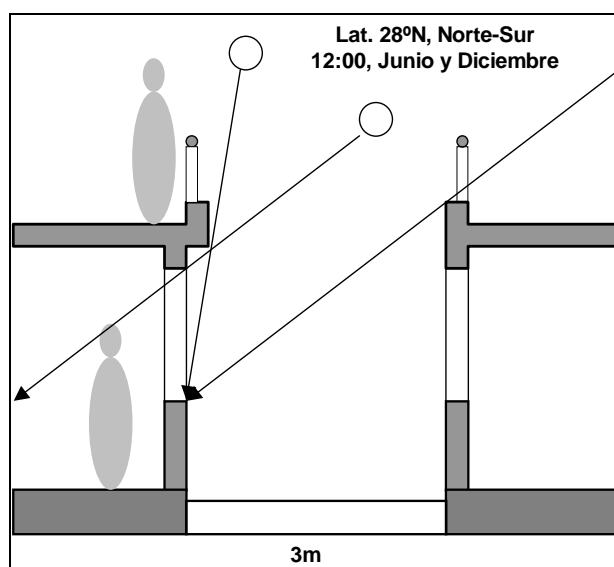
- Una parcela mínima para un chalet de planta cuadrada de 100 m² precisa una superficie de 196 m² (14x14 m.), dejando una franja perimetral de 96 m² prácticamente inútil.
- En la misma parcela se puede ubicar una casa terrera de 98 m² (7x14 m.), mas práctica de proyectar, y dejando libre un amplio patio trasero de 98m², totalmente privado y con capacidad hasta para una pequeña piscina.
- Para reducir la gran inversión en infraestructuras de estas tipologías conviene reducir el frente y ampliar el fondo de las parcelas. En el ejemplo de parcelas de 11x18 m. se ha reducido en un 22% la longitud de urbanización para la misma superficie de parcelas, y permite a las casas terreras un patio privado de 11x9 metros.
- Además, en la tipología de ciudad jardín conviene potenciar la presencia de superficies de suelo vegetal y de vegetación de medio o gran porte. Se muestra un ejemplo de esquemas de arbolado para permitir el sombreado en verano y el soleamiento en invierno, lo cual se facilita con especies de hoja caduca.



12.4 Los Patios de Luz y Ventilación

Por último, conviene valorar las ordenanzas que permiten patios de “luz y ventilación” de 3x3 metros:

- En el siguiente ejemplo se comprueba que dicha sección es muy eficaz para una sola planta o para la planta situada justo debajo de la cubierta, siempre que los pretilos sean transparentes.



Cualquier planta inferior no recibirá radiación solar en invierno, y la intensidad de la luz reflejada se reducirá exponencialmente según el número de plantas de profundidad. Sobran los comentarios para aquellas normativas, como el Decreto 47/1991⁹ de la Comunidad Autónoma de Canarias sobre las condiciones de habitabilidad de las viviendas, que permiten la utilización de este tipo de “pozo” para la iluminación y ventilación de hasta 6 plantas de viviendas.

Las Palmas, a 1 de abril de 2001

¹ Martín Hernández, M *et al.*: Propuesta para el Concurso de 25 Viviendas Bioclimáticas en Tenerife, 1995. [[http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/\(diseño bioclimático\)](http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/(diseño%20bioclimático))].

² Olgyay, V.: *Design With Climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*, Princeton University Press, 1963. Existe una reciente traducción española: *Arquitectura y Clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1998.

³ Martín Monroy, M: *El Edificio: Editorial Electrónica de Construcción*. Departamento de Construcción Arquitectónica- ULPGC. [<http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente>].

⁴ Martín Hernández, M *et al.*: Op. Cit.

⁵ Instituto Nacional de Meteorología. <http://www.inm.es/> (productos climáticos) / (valores normales 1960/1990)

⁶ Butti, K y Perlin, J: *Un Hilo Dorado: 2500 años de arquitectura y tecnología solar*. Hermann Blume, Madrid, 1985.

⁷ García Arroyo, A: *Bases para el diseño solar pasivo*. CSIC-Instituto Eduardo Torroja. Madrid 1983.

⁸ Martín Monroy, M: SOLEA-2. Programa gratuito para Windows/95: [[http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/\(clima\)/\(soleamiento\)](http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/(clima)/(soleamiento))].

⁹ DECRETO 47/1991, de 25 de marzo, por el que se regulan, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias, las condiciones de habitabilidad de las viviendas y el procedimiento para la concesión de cédulas de habitabilidad.

[<http://www.gobiernodecanarias.org/boc/1991/050/004.html> y

<http://www.gobiernodecanarias.org/boc/1991/088/004.html>]