

4

ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO DE LOS EFECTOS DE LA VEGETACIÓN EN LOS ESPACIOS EXTERIORES URBANOS.

4.1 INTRODUCCIÓN

Durante la primera parte de este trabajo, se hizo una revisión de los conceptos básicos de los efectos climáticos de la vegetación y del estado del arte de la investigación en este campo, así mismo se definieron tanto la escala climática, como los sistemas urbanos, dentro de los que se desarrollará esta segunda parte.

En la primera parte del capítulo se define un método de análisis cualitativo, que nos permitirá conocer la relación de la vegetación con los espacios exteriores urbanos (plazas y calles) y sus efectos sobre el microclima.

El método se ha desarrollado considerando, que cada espacio exterior urbano, es un sistema cerrado que tiene como datos de entrada los parámetros climáticos locales y como salida los parámetros microclimáticos.

En esta transformación el clima local se ve afectado por las características físicas y formales de los distintos elementos que constituyen el sistema urbano, lo que da origen al microclima de cada uno.

En la segunda parte del capítulo se estudiarán una serie de casos reales, que nos permitirán, mediante el proceso de análisis propuesto, obtener la materia prima con la que se elaborarán las pautas de diseño y los modelos de evaluación paramétrica (capítulo 5), para finalmente, poder proponer un método de diseño microclimático (capítulo 6).

4.2 BASES GENERALES.

La climatología clásica practicada hasta la primera mitad de este siglo, estaba interesada casi exclusivamente en la distribución de los principales parámetros climatológicos (humedad, temperatura, etc.) en el tiempo y el espacio. Aún cuando esta información nos daba una buena idea del estado de la atmósfera en una región, no nos decía nada acerca del origen de los fenómenos climatológicos. Estos parámetros son sólo medidas de variables dependientes de otras cantidades, que son las fundamentales para entender dichos fenómenos.

La temperatura del aire y la humedad son sólo indicadores de la energía térmica y del estado del agua en la atmósfera, que forman parte de los ciclos fundamentales de la energía y del agua del *sistema Tierra - Atmósfera*. El estudio de estos ciclos, considerando los procesos por los cuales energía y masa son transmitidas, transformadas y almacenadas, constituyen las bases de la climatología actual.



Figura 4.1. Esquema simplificado de un sistema energético.

La relación entre los flujos de energía y la atmósfera se pueden explicar de la siguiente manera: La primera Ley de la Termodinámica (conservación de la energía) establece que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Para un sistema simple como el de la figura 1, existen dos posibilidades, una sería:

$$\text{ENTRADA DE ENERGÍA} = \text{SALIDA DE ENERGÍA}$$

El hecho de que no haya habido cambios en el balance energético del sistema no significa que no haya habido transformaciones o que éste no tenga energía, tampoco significa que la forma de la energía que entra sea la misma de la que sale. La energía existente en el sistema Tierra - Atmósfera, entre otras, tiene cuatro formas que nos interesan: *radiante, cinética, térmica y potencial*, que continuamente se están transformando unas en otras, por ejemplo lo que entra como energía radiante puede salir

como energía térmica o cinética, o bien como una mezcla de las cuatro, esto se debe a que los intercambios de energía en el interior, se llevan a cabo por tres mecanismos posibles: *convección, radiación y conducción*.

La segunda posibilidad de nuestro sistema sería:

$$\text{ENTRADA DE ENERGÍA} = \text{SALIDA DE ENERGÍA} + \text{ALMACENAMIENTO}$$

Para la mayoría de los sistemas naturales, la igualdad entre entrada y salida de energía, es válida solamente si tomamos largos períodos de tiempo, pero para períodos cortos, el balance energético difiere significativamente de esta igualdad. Esta diferencia se debe a que la energía se acumula y se libera periódicamente dentro del sistema. En términos climáticos un ejemplo sería cuando la energía térmica que es acumulada por el suelo durante el día, es liberada durante la noche, calentando el aire o bien otros cuerpos que estén en contacto con él.

El grado de comprensión del sistema dependerá del detalle con que conozcamos el funcionamiento de la "caja" de la figura 4.1. Dentro de esta caja la energía que entra es conducida hacia diferentes *subsistemas*, y transformada en diferentes combinaciones de energía y por diversas formas de transmisión, parte de esta energía se almacenará en alguno de los subsistemas y otra parte saldrá de éste. La repartición no es al azar sino que está en función de las características físicas de cada subsistema, o sea, en su capacidad para transmitir, reflejar o absorber radiación, en su capacidad para transmitir calor (por convección o conducción) y en su capacidad para almacenar energía.

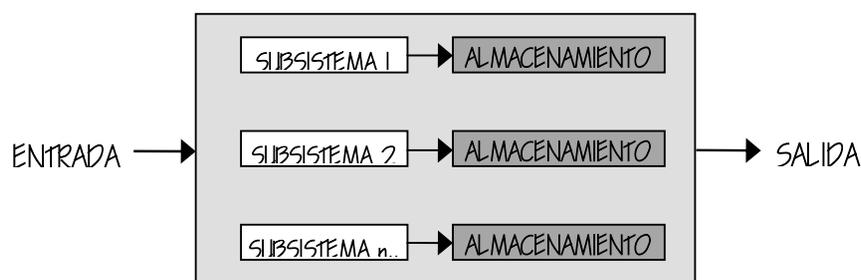


Figura 4.2. Esquema de un sistema con almacenamiento.

Un caso similar es el del flujo de agua en el *sistema suelo-atmósfera*, donde la masa de agua se conserva en todo momento, pero puede encontrarse en tres estados

diferentes: líquido, sólido y gaseoso; transportarse en cantidad de formas (incluidas la convección, precipitación, filtración y escurrimiento), su almacenamiento dentro del sistema se mide como humedad atmosférica, contenido de agua del suelo y masas de agua ya sea en estado líquido (mares ríos y lagos) o sólido (casquetes polares).

Analogías similares se pueden hacer en el caso de balances de masa de algunas sustancias introducidas en un sistema como resultado de actividades naturales o humanas, como azufre, carbono, nitrógeno, oxígeno y otras sustancias. En el caso de los sistemas atmosféricos, la acumulación de compuestos de estos elementos, más allá de ciertos límites, constituye la contaminación atmosférica. Esto ocurre cuando los ciclos naturales de estas sustancias son sobrepasados por las actividades humanas. Por ejemplo en áreas urbanas, si la emisión (entrada al sistema) de estas sustancias, excede la capacidad física del sistema atmosférico local como para regenerarse por sí mismo (salida del sistema) en un período de tiempo breve, el resultado será un incremento en la concentración local de esas sustancias (almacenamiento). Por lo tanto, de una manera muy general, es posible expresar el balance de masa o energía de un sistema, de la siguiente manera:

$$\text{ENTRADA} - \text{SALIDA} - \text{ALMACENAMIENTO} = 0$$

En este trabajo se considera a **Trama Urbana**, como el sistema básico de un núcleo urbano, es un sistema complejo, que incluye aspectos combinados de energía y masa en su balance final, esta complejidad se debe a que está constituido por una serie de subsistemas, de características físicas y funcionales muy diferentes entre sí, que estarán generando diversos microclimas.

La vegetación dentro del sistema, contribuye en gran a la regulación de este balance, ya que como organismo vivo puede modificar los flujos de masa y energía, tanto de entrada como de salida, del sistema, afectando el balance de manera global.

El **Sistema Trama Urbana - Vegetación**, se ha dividido en dos subsistemas básicos que son: el **Sistema Plaza - Vegetación** y el **Sistema Calle - Vegetación**.

Modificando el esquema de la figura 4.2, podremos ilustrar mejor la organización de un sistema urbano, donde se aprecian los diferentes subsistemas.

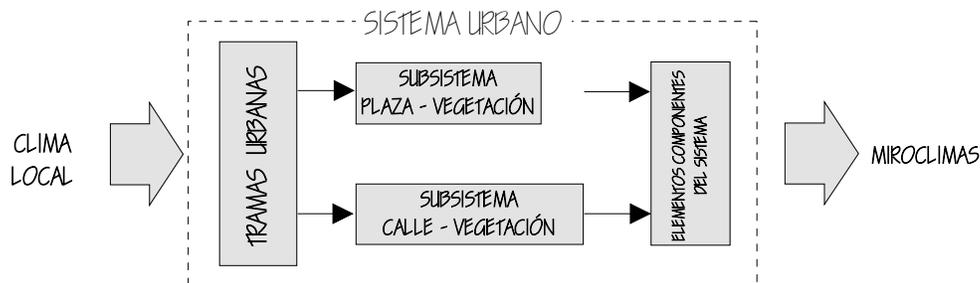


Figura 4.3 Diagrama de un sistema urbano.

El estudio de los sistemas, es un tema extenso y complejo, las ideas expresadas en esta sección, servirán para poder estudiar el funcionamiento de los sistemas climáticos, biológicos y urbanos, que se describirán en detalle a lo largo del presente capítulo.

4.3 MÉTODO DE ANÁLISIS.

Con el fin de estudiar cada subsistema urbano y su microclima, se tomarán como datos de entrada, los parámetros climatológicos a escala local, y como salida, los parámetros microclimáticos.

Una vez definido si el sistema que se va a analizar es una plaza o una calle, se estudiarán cuatro **temas de análisis**, que nos indicarán la configuración general de éste, que son: **ubicación, forma, límites espaciales y componentes vegetales del sistema.**

A su vez cada uno de estos temas se define mediante diversos aspectos, que dependerán de la tipología de cada sistema. Cada aspecto considera una serie de características físicas y formales que se valorarán cualitativamente para generar los parámetros del sistema, que nos servirán de base para hacer la evaluación cualitativa que se estudiará en el siguiente capítulo.

Con estos cuatro temas se pretende abarcar todos los aspectos que definen a un sistema urbano; en el diagrama de la figura 4.4, se puede observar el esquema de un sistema urbano con todos los temas y aspectos del análisis.

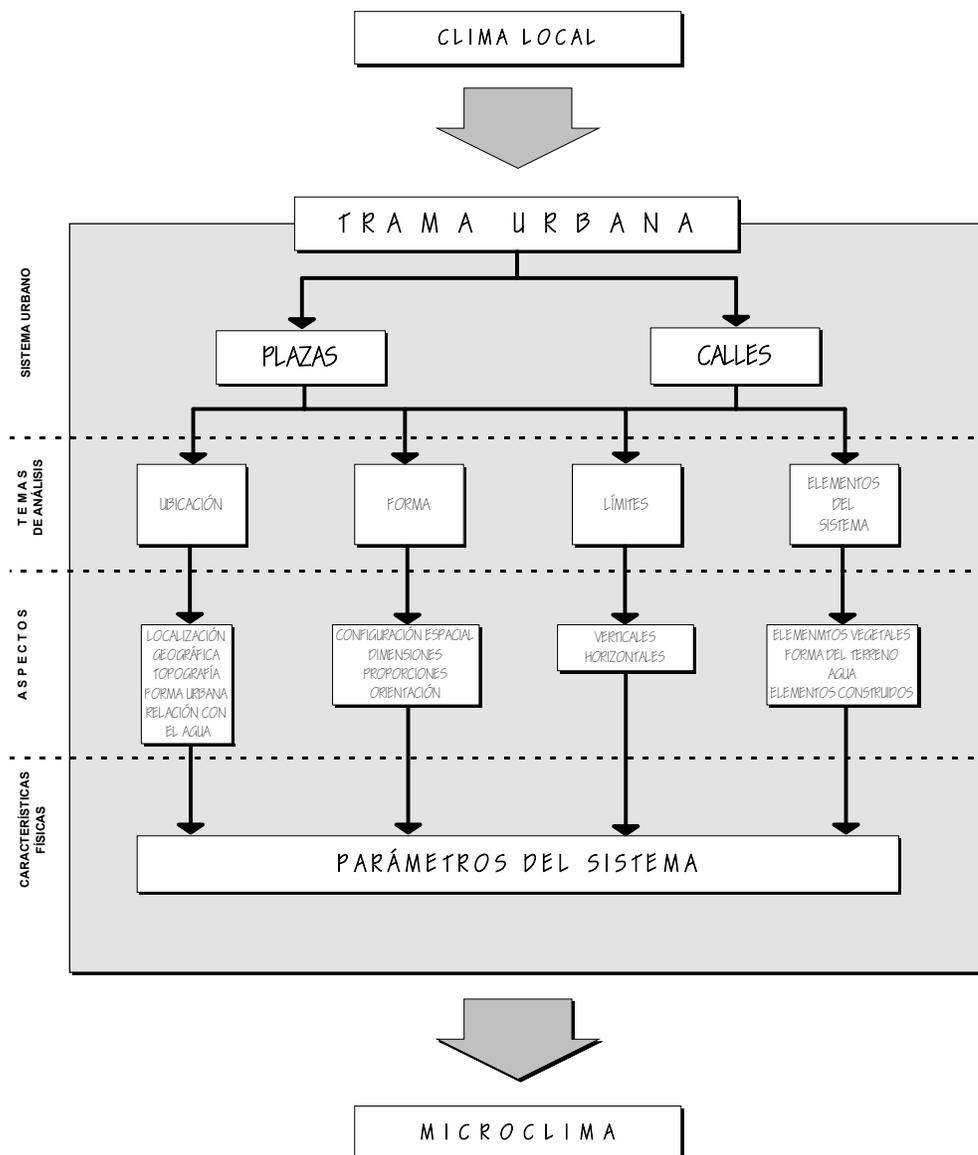


Figura 4.4 Esquema general del método de análisis.

4.3.1 UBICACIÓN.

La ubicación es uno de los temas más importantes a la hora de hacer un análisis microclimático, ya que estará indicando, las primeras modificaciones que sufre el clima local, antes de entrar en contacto con nuestro sistema, es decir las condiciones climáticas en las que se encontrará inmerso nuestro sistema.

Los aspectos que definen a la ubicación son los siguientes:

SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

Mediante **la latitud, la longitud y la altitud**, se localiza con precisión un punto dentro del espacio terrestre. Saberlo es de vital importancia, ya que solo con estos datos es posible conocer de antemano muchas características climáticas del sitio a analizar.

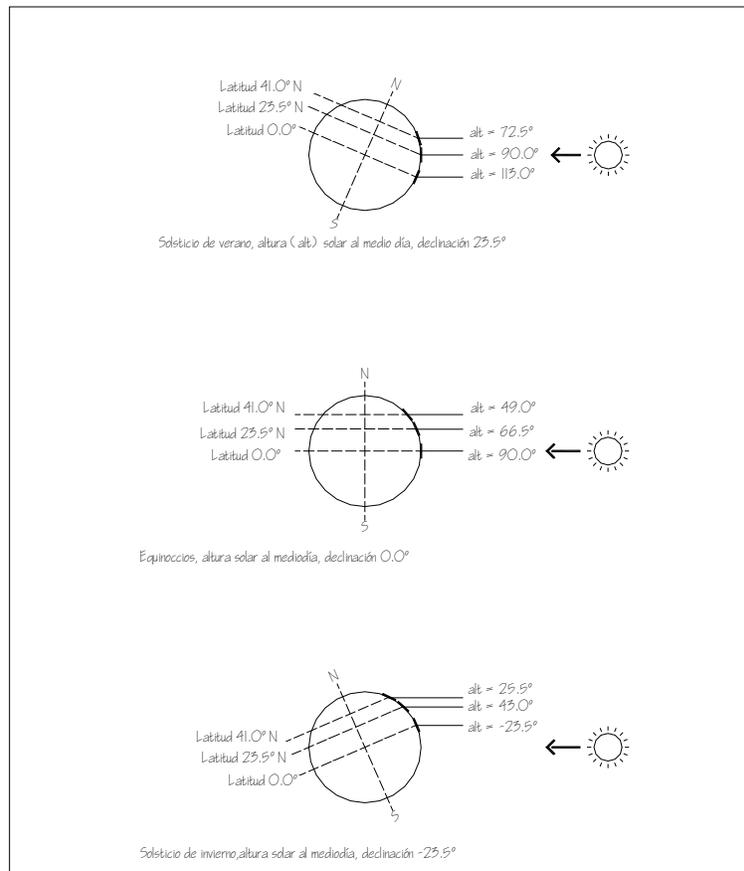


Figura 4.5 La latitud afecta el ángulo de incidencia sobre la superficie terrestre y por lo tanto

Repercusiones Climáticas.

Conociendo la **latitud**, podríamos saber la duración del día y de la noche en las distintas estaciones, o las diferencias entre invierno y verano, casi imperceptibles en latitudes intertropicales, tendiendo a ser extremosas conforme nos acercamos a los polos. También las temperaturas promedio son más altas en latitudes bajas que en las altas. Otro elemento climático afectado por la latitud es la radiación solar, que por regla

general será mayor en el ecuador que cerca de los polos, esto se debe no solo a la inclinación de los rayos solares con respecto a la superficie terrestre sino también al trayecto de estos a través de la atmósfera, que es mayor conforme nos acercamos a los polos.

La **altitud** sobre el nivel del mar, nos puede indicar si el clima tiende a ser cálido o frío, ya que independientemente de la latitud, los lugares ubicados a grandes alturas, serán más fríos que los ubicados cerca del nivel del mar, la prueba está en que, aún en latitudes bajas existen montañas con hielo perpetuo.

la cantidad de radiación que recibe ésta.

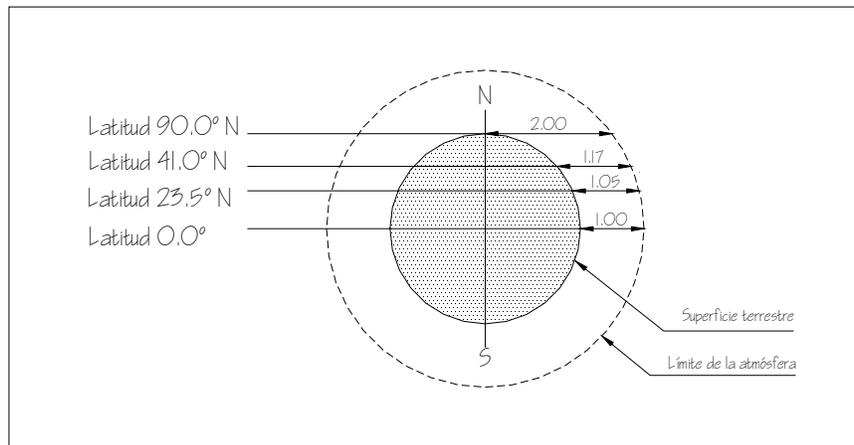


Figura 4.6 La masa relativa de la atmósfera aumenta con la latitud, lo cual disminuye la cantidad de radiación solar que llega hasta la superficie.

TOPOGRAFÍA.

Los aspectos topográficos que pueden afectar más claramente la ubicación de una localidad son: **la altura relativa, la pendiente del terreno y su orientación.**

La altura relativa se refiere a la altura de una localidad con respecto a las zonas que la rodean, esta puede ser en depresión, igualdad o en prominencia. Las repercusiones climáticas en este caso son bastante complejas.

Un sitio más elevado que sus alrededores, estará más expuesto a los cambios climáticos, por lo que las oscilaciones térmicas serán más acentuadas, el viento incidirá con más fuerza y habrá menos obstrucciones para la radiación solar. Por lo que tendrá más posibilidades de ventilación e iluminación y captación de la energía del sol.

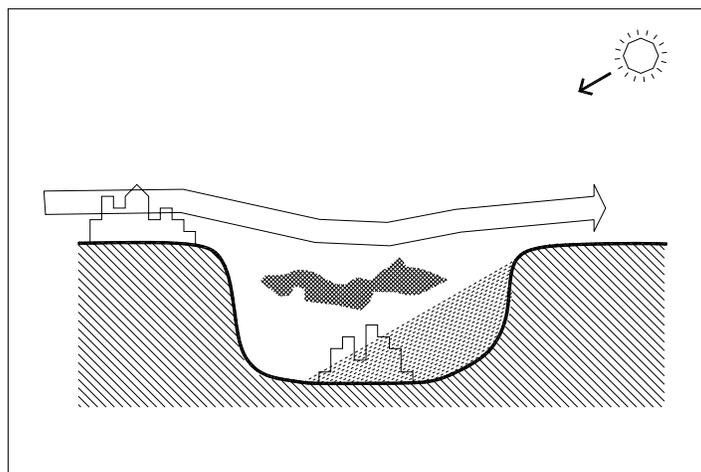


Figura 4.7 La altura de la localidad en relación a sus alrededores afecta a todos los parámetros climáticos.

Repercusiones Climáticas.

Por el contrario en una localidad que se encuentre en el fondo de un valle, las posibilidades de ventilación e iluminación serán menores, sobre todo en épocas frías, cuando la humedad, el aire frío que es más denso y la contaminación atmosférica se acumulan en el fondo del valle, produciendo niebla que dificulta el paso de los rayos solares. En cambio esta situación resulta favorable si lo que se quiere es estar protegido de los vientos fuertes y de los cambios climáticos bruscos.

En la **pendiente** del terreno debemos considerar dos aspectos fundamentales, su **inclinación** y su **orientación**. Los parámetros climáticos afectados por estos aspectos son la radiación solar y la incidencia de los vientos dominantes. Un terreno inclinado hacia el sur (en el hemisferio norte) recibirá más radiación solar, cuanto más alta sea su latitud, sobre todo en invierno. En cuanto a los vientos sobra decir que si un emplazamiento está orientado de cara a los vientos dominantes, tendrá más posibilidades de ventilación que el que se encuentre del otro lado de la cuesta.

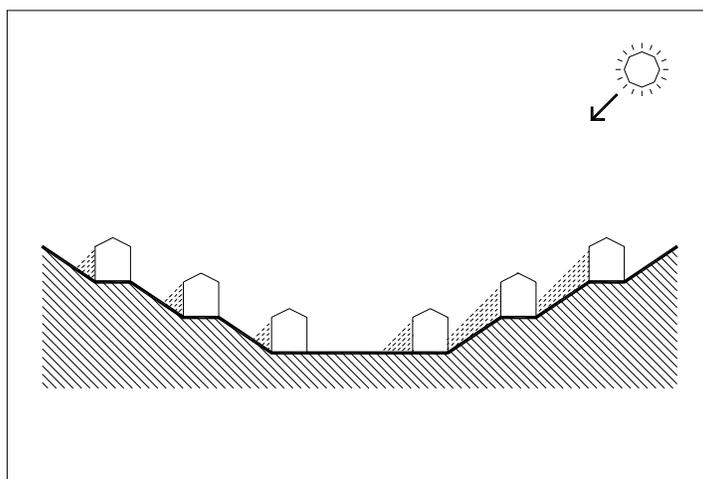


Figura 4.8 La orientación de las localidades en pendiente incide directamente en el soleamiento.

Por último las localidades situadas en las faldas de una montaña estarán expuestas a corrientes de aire de carácter cíclico entre el día y la noche, debido a la diferencia de temperatura entre la cima de la montaña y el valle.

RELACIÓN CON EL AGUA.

Este aspecto se refiere a la cercanía de la localidad con el mar, lagos y ríos, en general con grandes masas de agua.

Repercusiones Climáticas.

Las repercusiones climáticas provocadas por la proximidad a grandes cantidades de agua son principalmente tres:

1) El papel de regulador térmico. En localidades cercanas a la costa del mar o grandes lagos, se observa por lo general una menor oscilación térmica.

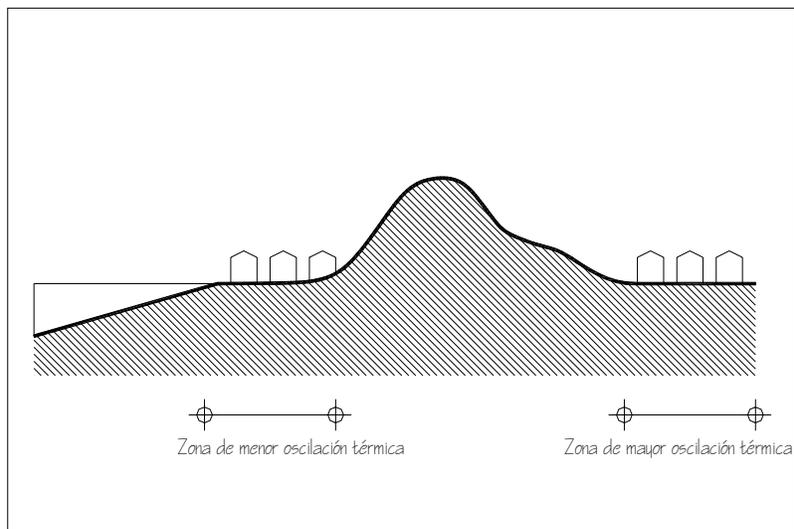


Figura 4.9 Efecto de los grandes cuerpos de agua sobre la oscilación térmica diaria.

2) La exposición a vientos de carácter cíclico. En estos emplazamientos es común observar brisas mar - tierra y tierra - mar, dependiendo de las diferencias relativas de temperatura que se dan en el ciclo noche/día.

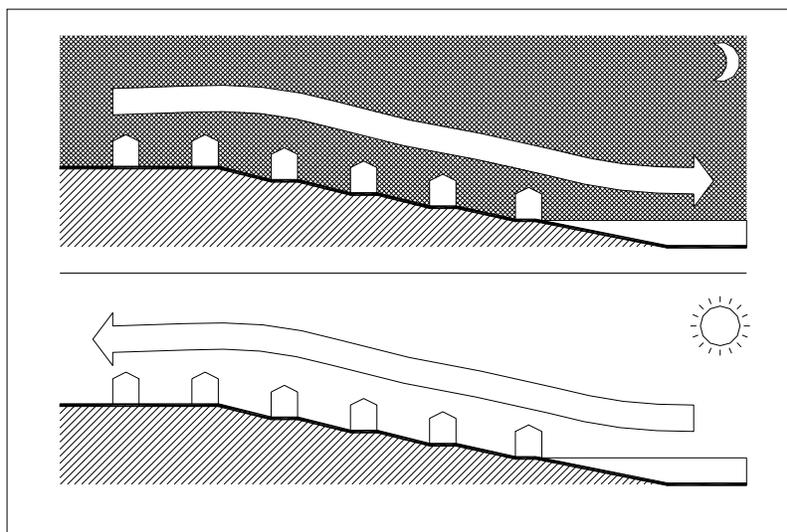


Figura 4.10 En localidades cercanas al mar o grandes lagos, la dirección del viento es diferente durante el día y durante la noche.

3) Mayor presencia de humedad. La presencia de agua es un factor generador de humedad, debido a la evaporación que es arrastrada por las brisas. El viento también se refresca por el enfriamiento evaporativo.

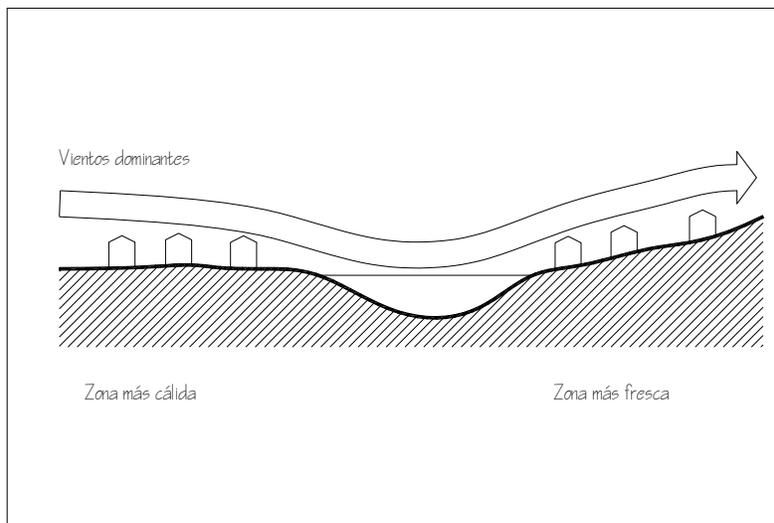


Figura 4.11 El viento cálido y seco al pasar sobre un cuerpo de agua se enfriará y aumentará su contenido de humedad, por esta razón las condiciones ambientales son diferentes antes y después del cuerpo de agua en la dirección de los vientos dominantes.

Cabe decir que estos fenómenos se deben principalmente a la mayor inercia térmica del agua con respecto a la del la tierra y que los efectos disminuyen conforme nos alejemos de la costa.

RELACIÓN CON LA VEGETACIÓN.

Este aspecto se refiere a la ubicación de la localidad con respecto de una gran zona boscosa o selva, ya sea dentro, junto o apartado de esta, así como al tipo de vegetación (caducifolia o perennifolia). Esto es en lo que se refiere a la vegetación natural de la zona, sin embargo también se deban tomar en cuenta los grandes parques urbanos y la densidad de zonas verdes y arbolado vial con respecto al área total y al área construida.

Repercusiones Climáticas.

La vegetación influye en todos los parámetros climáticos, en unos más que en otros. El más afectado es la incidencia de la radiación solar sobre las distintas superficies, la vegetación refleja y sobre todo absorbe gran parte de ésta, dejando pasar solo una pequeña parte hasta el suelo, lo que crea gradientes de temperatura superficial, a veces muy grandes, entre las zonas protegidas y las no cubiertas por vegetación.

Por otro lado las oscilaciones de temperatura son menores en áreas boscosas que zonas descubiertas, esto se debe principalmente a que la radiación emitida por el suelo durante la noche, es reflejada de nuevo hacia el suelo por el follaje de los árboles, y durante el día la vegetación impide que la radiación directa llegue hasta el suelo.

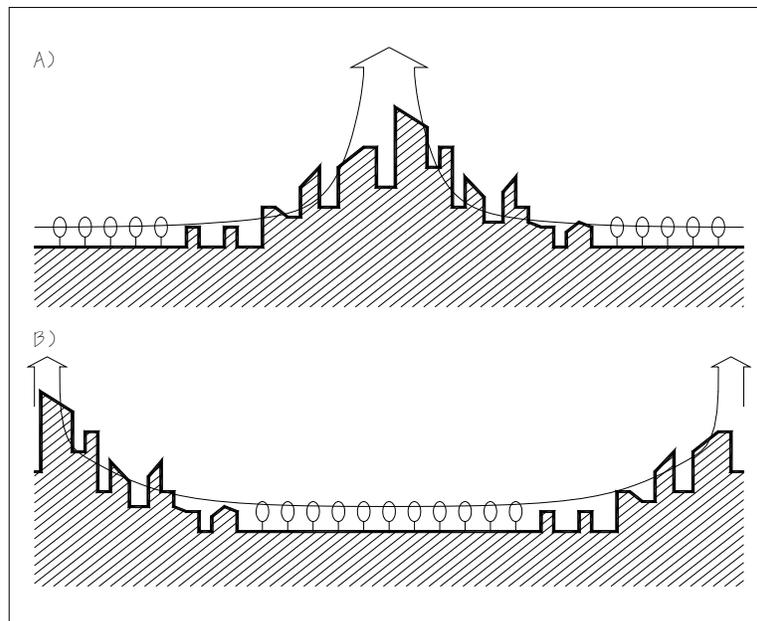


Figura 4.12 Viento que fluye de las zonas con vegetación hacia el interior de las ciudades debido al efecto de la convección, tanto en zonas adyacentes (A) como desde parques urbanos situados en el interior siempre que sean de gran dimensión (B).

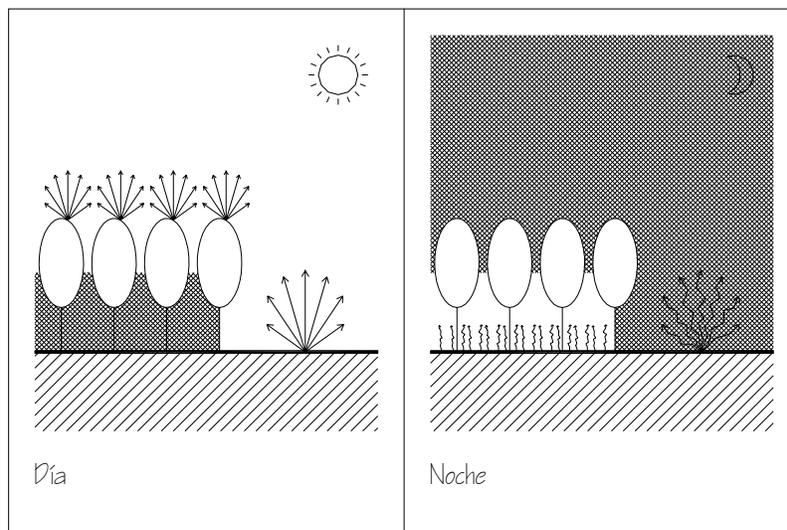


Figura 4.13 Diferencias en la temperatura radiante, debidas a la disminución en la incidencia de radiación durante el día,

Las plantas tienen un efecto de enfriamiento del aire por medio de la evapotranspiración. Para que este efecto de enfriamiento evaporativo sea apreciable, es necesario que la masa arbórea esté confinada ya sea por edificios o bien por obstáculos topográficos, además debe ser extensa y haber una alta densidad de vegetación.

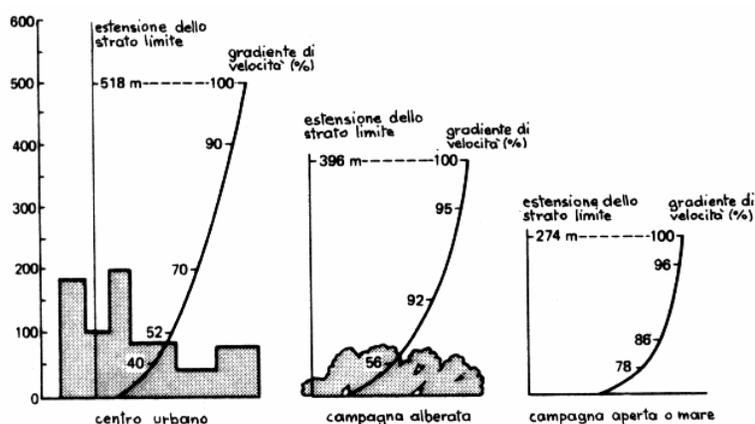


Figura 4.14 Diferencias en la velocidad del viento, causadas por la fricción contra las diferentes superficies: Ciudad, suburbios con mucha vegetación y campo abierto.

El viento también es afectado por la vegetación, por un lado su efecto de pantalla protectora, que puede llegar a obstruir el viento con mayor efectividad que una barrera

sólida, debido a su permeabilidad, que permite una protección más amplia, por otro su función como barrera deflectora, para guiar el viento hacia las zonas donde se necesite ventilación. Otro efecto son las corrientes de aire que se generan por la diferencia de temperaturas entre las zonas urbanas con alta densidad de construcción y las zonas rurales o grandes parques al interior de las ciudades con mucha vegetación más frescas. Efecto similar al que se da con las masas de agua.

FORMA URBANA.

Son los aspectos que se refieren a la influencia del entorno urbano sobre el clima zonal, según las diferentes formas, densidades y tipos de trama urbana.

La **densidad urbana** tiene diversas repercusiones en la iluminación, en la acústica y en las condiciones climáticas, se refiere al porcentaje del área total considerada que está construida.

A mayor densidad, más ruidoso será el entorno, al estar próximos unos edificios de otros, haber calles con más tráfico, etc.

Las implicaciones lumínicas de la densidad se deben principalmente a las obstrucciones del cielo que se presentan en cada caso concreto, teniendo menores posibilidades de iluminación natural las zonas más densamente pobladas.

Repercusiones Climáticas.

En cuanto al clima, la densidad urbana, afecta todos sus parámetros. En una agrupación urbana de cierta importancia, se genera un clima específico, menos extremo que en las zonas rurales, en general se puede afirmar que, una densidad urbana mayor da lugar a un clima más seco, temperaturas más altas, menos viento y menor el soleamiento, debido por un lado, a la alta contaminación y por otro a la cercanía entre edificios. La mayor y más estable temperatura, es ocasionada por la acumulación térmica de los edificios y por la producción de calor de las actividades humanas.

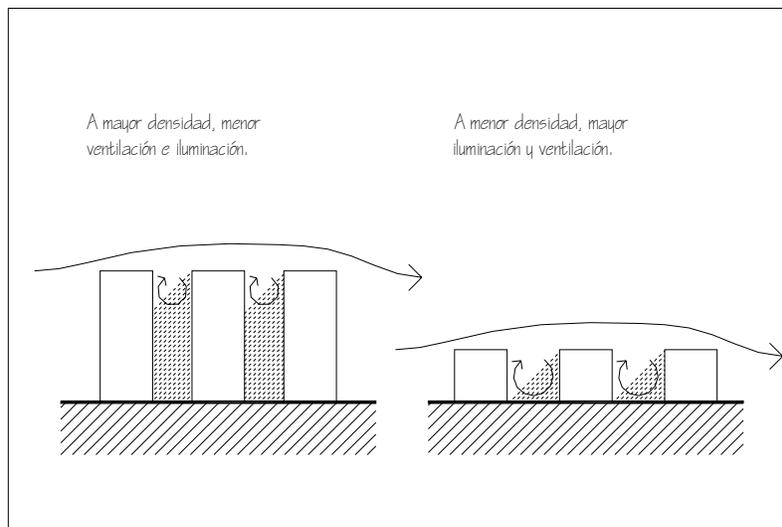


Figura 4.15 La densidad urbana afecta la ventilación y el soleamiento de los edificios.

La **dirección** y **continuidad** de la trama urbana se refieren a la orientación, forma del trazado de las calles y a la continuidad de la trama formada por calles en una sola dirección. Las principales repercusiones de estos aspectos, son climáticas y lumínicas, y en menor medida las acústicas.



Figura 4.16 Distintos tipos de trama urbana

Repercusiones Climáticas.

El tipo de forma urbana influye claramente en la distribución del viento dentro de la trama. En general las zonas con calles irregulares e interrumpidas, tienen condiciones con menos ventilación que las más abiertas y regulares. Las zonas más uniformes, generalmente las de reciente urbanización, pueden presentar situaciones cambiantes, dependiendo de la orientación, en relación al sol y dirección de los vientos dominantes.

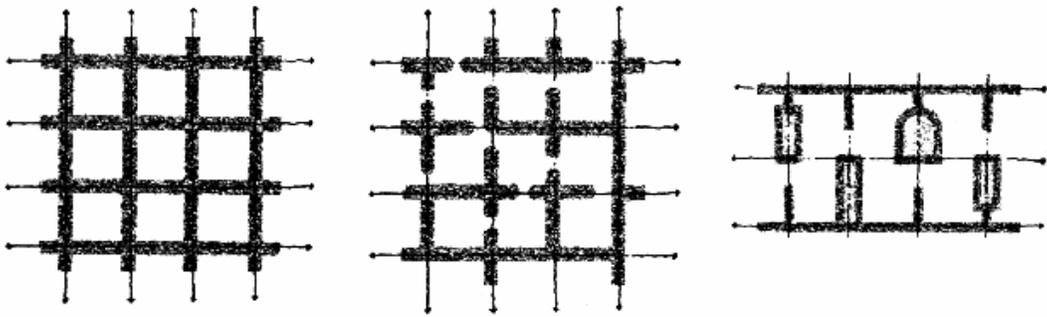


Figura 4.17 La continuidad de la trama, afecta la distribución del viento dentro de ésta.

La **sección media de las calles** es el aspecto de diseño que se refiere a la relación entre la anchura y la altura de las calles y plazas que componen la trama urbana que rodea al sitio de estudio. Su valoración será distinta, dependiendo del tipo de trama urbana.

Repercusiones Climáticas.

Los principales parámetros climáticos afectados son la radiación solar y el viento, aunque como consecuencia de esto, también la temperatura y la humedad también se ven afectadas.

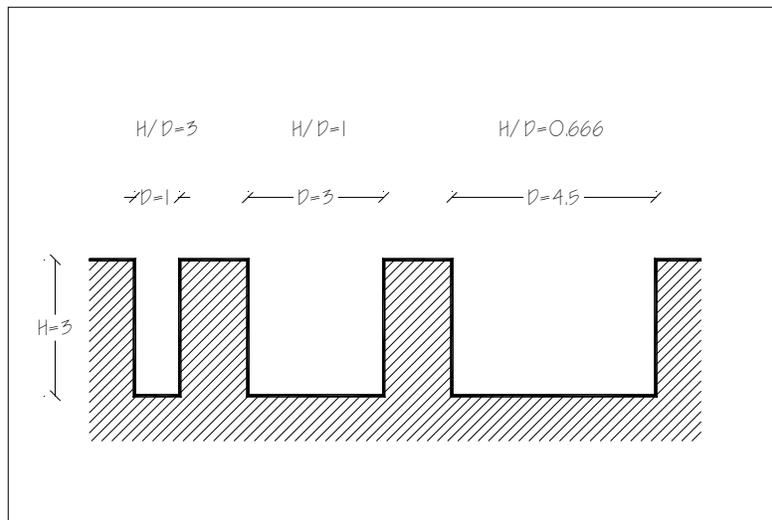


Figura 4.18 Relación H/D para diferentes tipos de calles.

Esta relación se mide obteniendo el cociente de la altura de los límites de la calle entre la anchura de ésta (H/D), de tal manera que para una sección cuya altura de sus límites , sea igual a su anchura $H=D$, la relación será $H/D=1$, para calles estrechas $H/D>1$ y para calles anchas $H/D<1$.

Repercusiones Climáticas.

En tramas urbanas donde predominen las calles angostas, se puede esperar una menor exposición al viento y al sol, y por lo tanto menores temperaturas y mayor humedad.

Y para zonas con calles anchas, habrá mayores posibilidades de ventilación, soleamiento e iluminación natural.

4.3.2 FORMA.

La forma se refiere a la configuración espacial del sistema, a sus dimensiones, a las proporciones entre éstas y la orientación del conjunto. Hasta ahora se han descrito dentro de la ubicación, los aspectos de diseño que determinan el clima zonal en el cual están inmersos los diversos sistemas que componen la trama urbana, que son comunes por lo tanto, a plazas, calles y a la trama urbana en general, de ahora en adelante se describirán los temas y aspectos que conciernen directamente a cada sistema, por lo que se especificará de que sistema se trata.

CONFIGURACIÓN ESPACIAL DEL SISTEMA PLAZA - VEGETACIÓN.

Es el primer aspecto a tomar en cuenta, y se refiere a su **tipología formal**. Es un tema muy amplio, desde el punto de vista urbanístico y arquitectónico, este aspecto lo trata de una manera exhaustiva Rob Krier en su libro “El Espacio Urbano” [1].

Para un análisis con enfoque “ambiental” solo serán de interés tres aspectos fundamentales: la forma básica (cuadrangular, circular y triangular); la transformación de esta forma (alargada o compacta) y el tipo de transformación (regular o irregular).

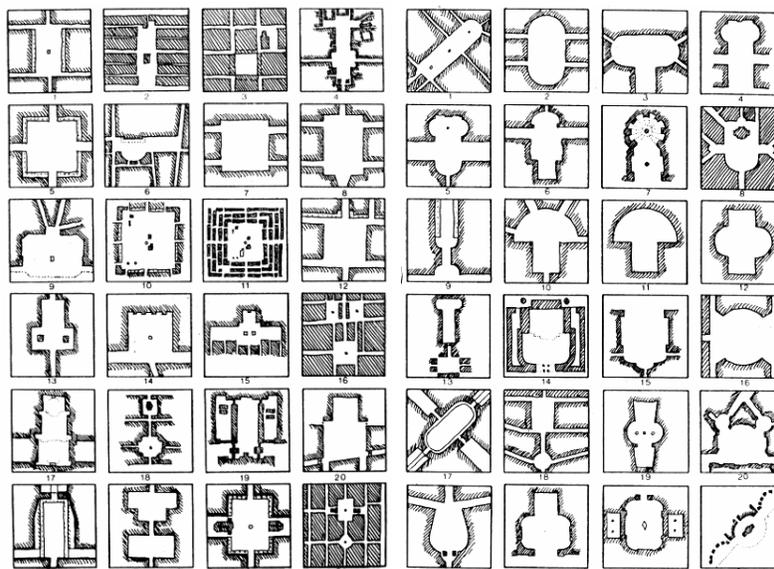


Figura 4.19 Alqunas posibilidades de tipología formal de las plazas (2)

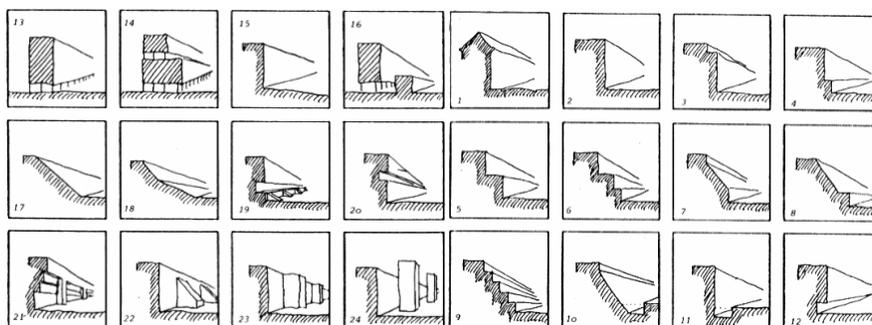


Figura 4.20 Ejemplos de formas en sección.

En cuanto a la forma en sección, se consideran tres posibilidades: rectangular, trapezoidal y escalonada, desde luego estos perfiles se pueden combinar, dando lugar a formas mixtas.

Los parámetros climáticos más afectados por la forma de la plaza, son la radiación solar y incidencia del viento.

Otro aspecto de la configuración espacial de una plaza es su **relación con la trama urbana**, es decir la manera en la que inciden las calles que rodean a una plaza, esta relación es muy importante sobre todo en lo que se refiere a la incidencia y distribución de los vientos en el sistema, ya que se puede decir que a nivel del suelo, las calles son las entradas y salidas principales del viento en una plaza. Por otro lado también es

importante el uso que tengan estas calles, ya que por el contrario de una calle peatonal, el tráfico vehicular aportará al sistema ruido, gases contaminantes, calor y humedad.

Se han diferenciado seis tipos de relación entre una plaza y las calles incidentes:

- 1) Plaza con calles perpendiculares a las esquinas.
- 2) Plaza con calles paralelas a dos de sus costados.
- 3) Configuración en “turbina”.
- 4) Plaza con esquinas edificadas y aberturas centrales.
- 5) Plaza con una abertura central y dos laterales.
- 6) Espacios con una pared abierta.

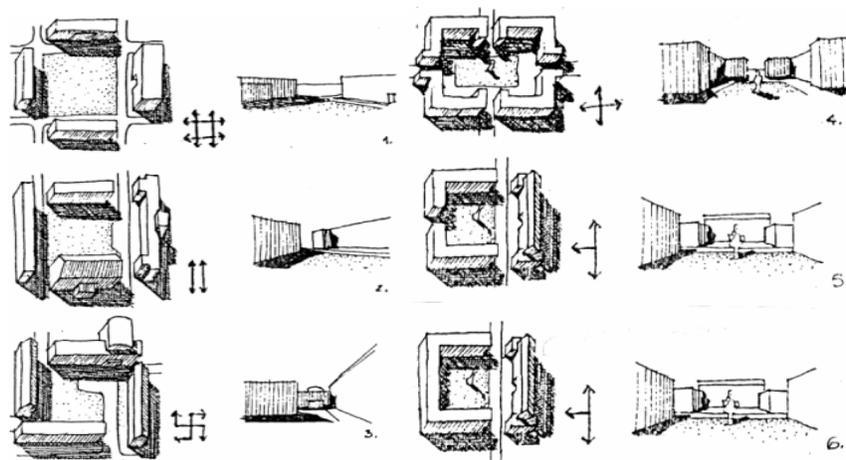


Figura 4.21 Distintas configuraciones de plazas según su relación con las calles incidentes.

CONFIGURACIÓN ESPACIAL DEL SISTEMA CALLE - VEGETACIÓN.

En la configuración de una calle intervienen dos aspectos importantes, uno sería su forma en sección transversal, que tiene tres posibilidades: rectangular, trapezoidal y escalonada, desde luego estos perfiles se pueden combinar, dando lugar a formas mixtas.

El segundo se refiere a como está compuesta, es decir el número de calzadas para la circulación de vehículos automotores, paseos peatonales, etc.

Como se puede apreciar en la figura 4.22, las combinaciones son casi infinitas, por lo que no sería útil hacer ninguna clasificación al respecto.

De este aspecto lo que más nos interesa desde un punto de vista ambiental, es el número de calzadas y como se alterna con los paseos peatonales u otros elementos como canales, zonas verdes, pantallas acústicas, etc.

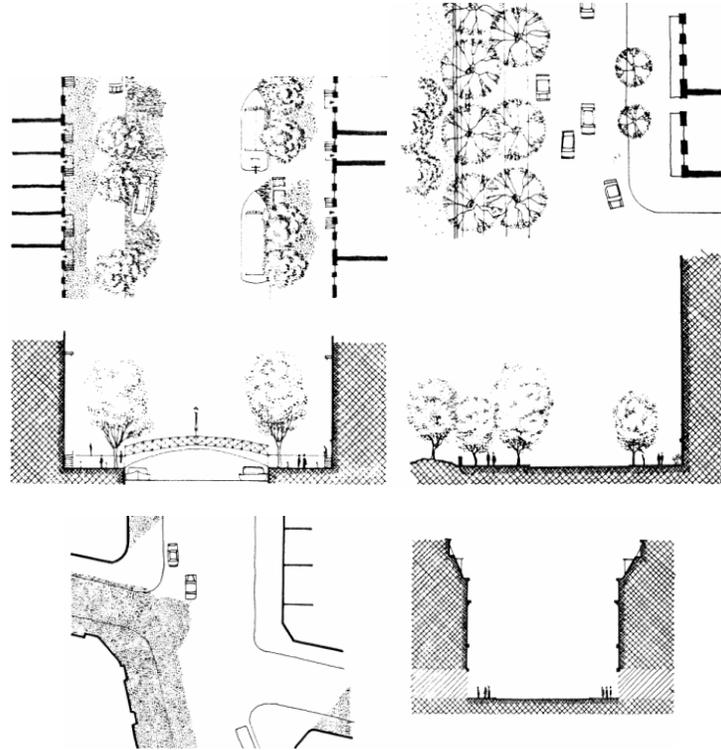


Figura 4.22 Algunos ejemplos de configuraciones espaciales de calles.

DIMENSIONES, PROPORCIONES Y ORIENTACIÓN DE PLAZAS Y CALLES.

Estos aspectos se refieren básicamente a la **relación entre largo y anchura** del sistema, **altura** de sus límites y **orientación** con respecto a los vientos dominantes y al sol. Las implicaciones climáticas son principalmente sobre la radiación solar y el viento.

Repercusiones Climáticas.

Los **flujos de viento** alrededor de un edificio o estructura aislada, están bien documentados (3, 4). Sin embargo cuando se trata de los espacios dentro de una trama urbana, como es el caso de una plaza o calle, esos flujos no son tan claros, ya que la variedad de casos es muy grande, sin embargo es posible hacer algunas aproximaciones.

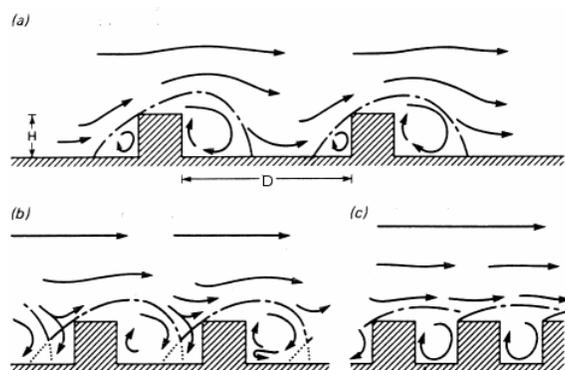


Figura 4.23 Flujos de aire asociados a diversas geometrías urbanas, incrementando la relación H/D .

Según Oke (5) si los límites del sistema están suficientemente separados ($H/D > 0,05$) los campos de flujo no interactúan (fig. 4.23 a).

En espacios más angostos, existe un régimen de transición donde las estelas de un edificio interfieren con las del otro, creándose vórtices secundarios y turbulencias (fig. 4.23 b).

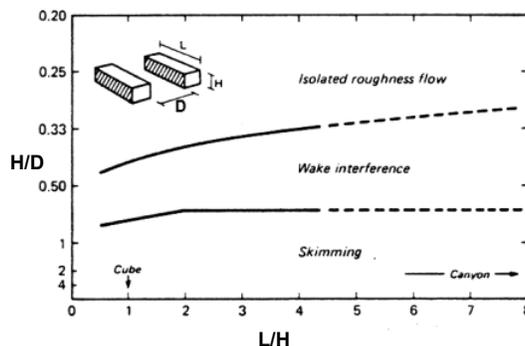


Figura 4.24 Límites entre los tres tipos de flujo, en función de L/H y H/D de una plaza. Basado en resultados obtenidos en un túnel de viento (6)

Para secciones aún más angostas, con $H/D \geq 1$, se establecen regímenes circulatorios estables en cada celda. Hay una tendencia hacia un flujo superficial, donde la masa de aire no entra en la celda (Fig. 4.23 c).

La transición entre los tres tipos de flujos se da con una combinación de H/D y L/H (donde L es la longitud del espacio normal a la dirección del viento). En la figura 4.24 se aprecia como se dan los cambios entre diferentes flujos, según la geometría.

Las proporciones del sistema, también afectan la **velocidad del viento**. Por ejemplo, para espacios con proporción $L/D \geq 1$, cuando la dirección del viento es normal a L , se observa una disminución de la velocidad en el centro de ésta, en relación con la que se puede medir en el tejado de los edificios circundantes. En cambio, si el viento corre paralelo al eje mayor, la velocidad de éste puede ser igual o incluso mayor que en los tejados (para $L/D > 2$).

El **soleamiento** también se ve afectado por la geometría del sistema, y depende de una adecuada relación entre la altura de los límites y la separación entre éstos (H/D), además de la latitud y orientación del sistema. Dependiendo del tipo de clima, puede o no ser conveniente que el sol penetre en el sistema, o bien que lo haga solo a ciertas horas.

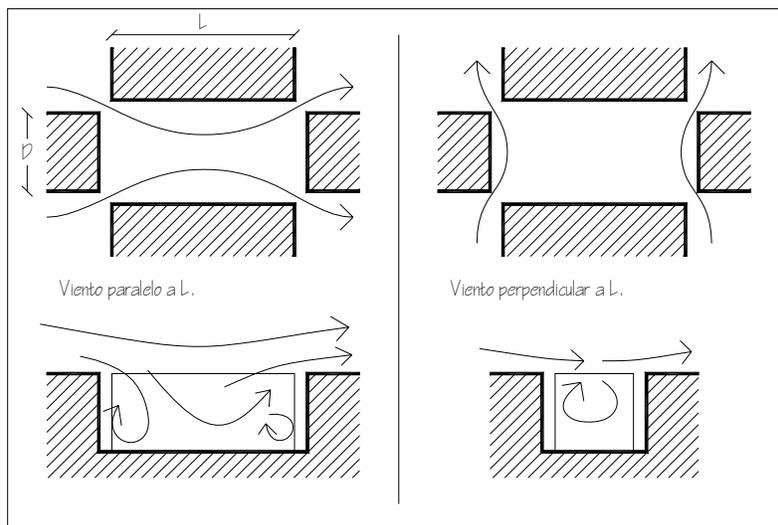


Figura 4.25 Variaciones en la velocidad del viento según la incidencia sobre la plaza.

Para todo punto sobre la superficie, su vista del sol es obstruida cuando el ángulo de altura del objeto que obstruye (ángulo de obstrucción θ) sobrepasa la altura solar. Los parámetros que definen el ángulo de obstrucción son la altura del objeto obstructor (H), sea un edificio o algún objeto del paisaje y la separación entre el punto estudiado y la obstrucción (D). En la figura 4.26 se ilustra un caso del ángulo de obstrucción para una sección de una calle o plaza.

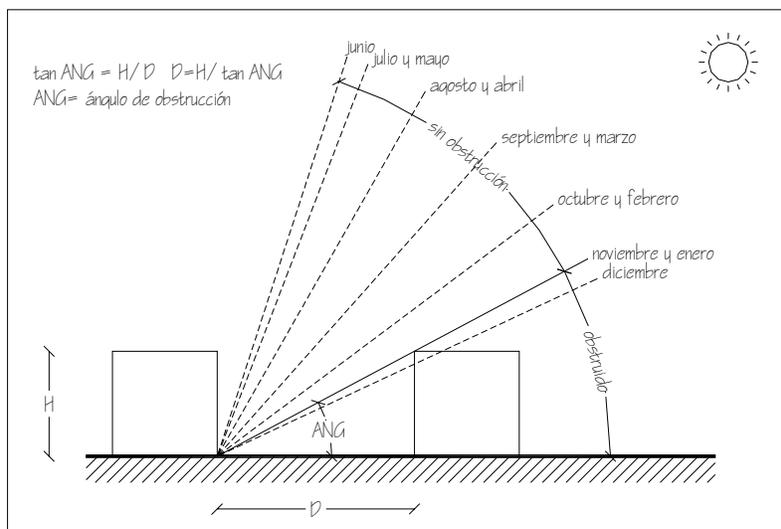


Figura 4.26 Ángulo de obstrucción (7).

La separación óptima entre edificios se puede hallar fácilmente mediante la siguiente ecuación:

$$D = H / \theta$$

El ángulo de obstrucción (θ), debe coincidir con la altura solar que estemos considerando. Para asegurar un soleamiento durante todo el año en una calle o plaza cuyo eje mayor tenga una orientación este - oeste, el ángulo θ deberá ser la altura solar de invierno al medio día.

4.3.3 LÍMITES.

El tercer tema de análisis son los **límites** del sistema. Se refiere a las superficies que lo limitan tanto en sentido vertical como horizontal. Los límites pueden ser, elementos naturales, o hechos por el ser humano. Los límites son un tema de análisis común a plazas y calles.

LÍMITES VERTICALES

Los límites verticales en el caso de un espacio exterior, se refieren a los elementos que le dan forma en planta al sistema. Tanto para una calle como una plaza, sus límites serán los cerramientos o sea las fachadas de los edificios que la bordean y elementos topográficos, como taludes, acantilados, etc.

Cerramientos

Los cerramientos del sistema, tienen influencia sobre todos los parámetros ambientales, por lo que es muy importante determinar sus características físicas y formales a la hora de evaluar sus efectos.

La **perforación** de un cerramiento, se refiere a la capacidad de obstrucción de éste ya sea de la radiación solar, el viento o el sonido, midiéndose siempre como el porcentaje que deja pasar del total del flujo del parámetro en cuestión, de tal manera que una perforación de 0 se refiere a un elemento que no deja pasar nada y de 1, a un elemento que lo deja pasar todo, desde luego los valores de cero o uno son casi imposibles de encontrar, aún en elementos diseñados para tal fin.

La **pesadez** de un cerramiento, depende de la composición constructiva de éste, es decir, de la masa y de la capacidad calorífica del material que lo compongan.

Las repercusiones acústicas en este aspecto están directamente relacionadas con su masa, ya que según la ley de masas, el incremento de la pesadez implica un mejor aislamiento y absorción de los ruidos.

En cuanto a las repercusiones climáticas, consisten en la capacidad del cerramiento para almacenar calor, lo cual es importante tanto en climas fríos, cálidos y extremos, ya que el calor almacenado durante el día será liberado por la tarde y noche.

Manejada adecuadamente la pesadez puede ayudar a extender el uso de un espacio abierto por ejemplo en un clima extremo, ya que durante la mañana los cerramientos se calentarán y por la tarde cuando está más fresco el clima, las superficies estarán irradiando calor haciendo más confortable la estancia en el sitio.

El mismo efecto sería contraproducente en un sistema ubicado en un clima cálido, donde lo deseable sería que las estructuras se enfriasen lo más rápidamente posible, y así aprovechar las horas de menor soleamiento y las brisas de la tarde.

El **albedo** de los cerramientos se refiere a la capacidad de una superficie para absorber o reflejar la radiación solar, por lo que sus implicaciones serán básicamente lumínicas y climáticas. Un albedo de 1,0 se refiere a una superficie que refleja el 100% de la radiación solar, mientras que con uno de 0,0 la absorbe toda. Los colores claros tienen un albedo más alto que los colores oscuros.

Las repercusiones climáticas están en función de la capacidad de una superficie para absorber o reflejar la radiación solar, aún cuando el material que componga el cerramiento tuviese mucha capacidad calorífica, si su albedo es alto, no captará tanta energía térmica como con un albedo bajo.

En cuanto a las repercusiones lumínicas, es necesario considerar el albedo de los materiales, sobre todo para evitar reflexiones que afecten al confort visual.

La **textura** se refiere al grado de rugosidad de la superficie, las repercusiones son principalmente lumínicas y acústicas. Con mayor rugosidad las reflexiones luminosas son por lo general más difusas, con poca rugosidad hay la posibilidad de reflexiones especulares. Los sonidos agudos serán absorbidos mejor por una superficie rugosa, mientras que una superficie pulida reflejará mejor los sonidos agudos y medios.

La **orientación** de una superficie es importante para saber como se interpone o desvía los vientos dominantes, y en que medida absorbe, obstruye o refleja la radiación solar.

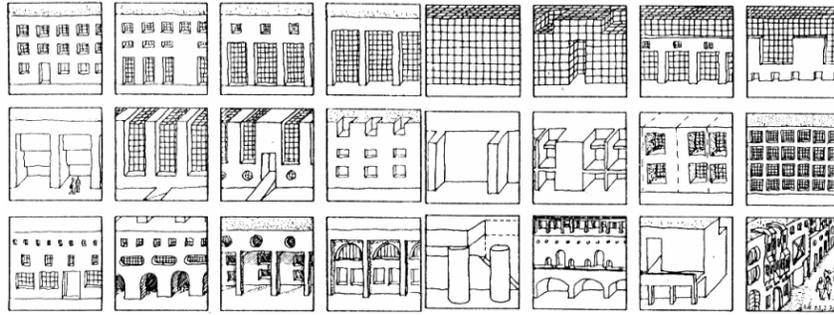


Figura 4.27 Las innumerables combinaciones de materiales y formas en los cerramientos, tiene una s repercusiones ambientales diferentes en cada caso.

Límites Topográficos.

En algunos casos las calles y plazas están limitadas por la misma forma del terreno, en la mayoría de los casos son elementos naturales como las faldas de una montaña, acantilados o barrancos. aunque también pueden ser taludes o excavaciones hechas por el hombre.

Las implicaciones acústicas, lumínicas y climáticas estarán en función de las características del terreno o superficie que se trate, donde también se tendrán en cuenta la **pesadez, albedo, textura, orientación y pendiente.**

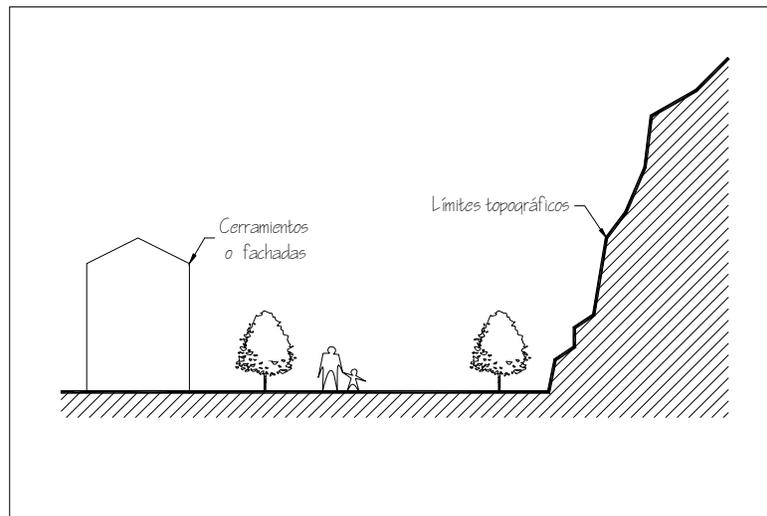


Figura 4.28 Límites verticales de un sistema.

LÍMITES HORIZONTALES.

Los límites horizontales definen el sistema en sentido vertical, en el caso de los espacios abiertos solo existe el límite inferior, ya que el superior sería el cielo. El sistema también puede estar limitado en sentido horizontal por elementos de esta forma, como sería el caso de una calle que corra paralela a la costa o a un río.

Se han diferenciado tres tipos de límites horizontales:

Pavimento.

Este aspecto caracteriza a todas las superficies hechas por el hombre, que recubran el terreno natural. Los aspectos de diseño que caracterizan al pavimento, serán básicamente los mismos que para los cerramientos verticales: **pesadez, albedo, textura** y **orientación**, habría que añadir la **pendiente** del terreno como una característica particular.

Terreno Natural.

El tipo de terreno es un aspecto que se refiere a la composición de los materiales del suelo y su respuesta energética.

El tipo de terreno afecta por un lado a la reflexión de la radiación (albedo), por otro la humedad ambiental e indirectamente a la vegetación. Su capacidad térmica y conductividad, afectan a la inercia térmica del sistema.

Existen cinco tipos básicos de terreno, pudiendo existir casos mixtos entre estos:

a) Terrenos silíceos: Albedo medio o bajo y mayor absorción de radiación; humedad baja y alta inercia térmica.

b) Terrenos calcáreos : Albedo alto y mayor reflectancia de la radiación solar; humedad baja y poca inercia térmica.

c) Terrenos arcillosos: Albedo medio o bajo, menor absorción de la radiación, humedad alta con variaciones, inercia térmica relativamente alta, dependiendo del contenido de humedad.

d) Terrenos de areniscas: Albedo alto, humedad baja, inercia térmica media.

e) **Terrenos volcánicos:** Albedo bajo, humedad baja dependiendo del sustrato, inercia térmica elevada según su densidad.

Agua.

Las superficies cubiertas por agua, ya sean lagos, mares, ríos, incluso fuentes y espejos de agua, tienen una gran influencia en el microclima del sistema. Por un lado la contribución de humedad debida a la evaporación superficial es importante, ya que modifica la temperatura y humedad del aire y por lo tanto la sensación de confort; por otro lado la gran inercia térmica de una masa de agua provoca movimientos convectivos del aire y cambia su temperatura.

Cuando se trate de estanques poco profundos, también será importante considerar las características térmicas del fondo de éste.

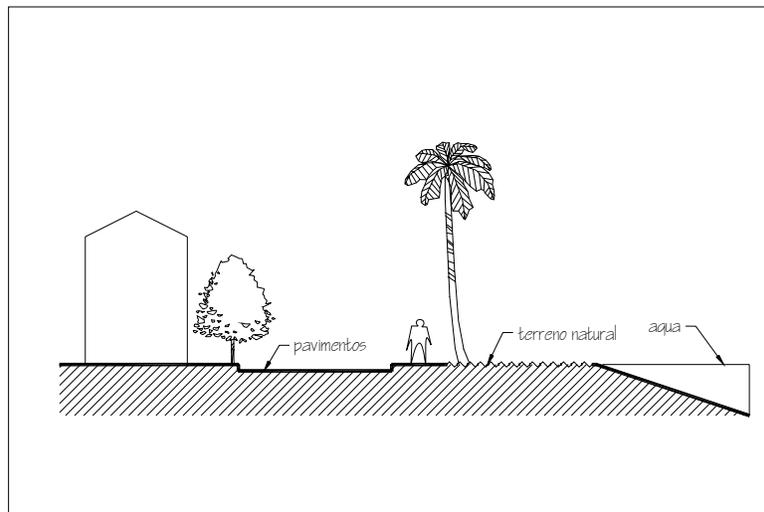


Figura 4.29 Límites horizontales de un sistema.

4.3.4 COMPONENTES VEGETALES DEL SISTEMA.

El último tema de diseño, pero no por ello el menos importante, son los componentes vegetales del sistema. Es con estos elementos, en combinación con otros como el agua y la forma del terreno, con los que pueden hacerse más fácilmente actuaciones concretas por parte del diseñador o creador del espacio, con el fin de modificar el microclima del sistema.

No hay una diferenciación clara en cuanto a que un elemento se utilice exclusivamente en las calles o las plazas ya que cada sistema puede tener una combinación de diferentes elementos.

Se han distinguido cuatro tipos de componentes. En el presente apartado, solo se describirá la configuración espacial de cada uno, así como sus posibles efectos microclimáticos; las características de la vegetación como materia constitutiva principal de estos elementos, se describirá en detalle en el Anexo B.

1) ARBOLADO EN LÍNEA.

Esta configuración es la más común dentro de los componentes vegetales, se usa principalmente para arbolado vial, tanto en calles para tránsito vehicular como peatonales, aunque también se encuentra en algunas plazas. Consiste en una o varias hileras de árboles o arbustos (setos), plantados en línea, a una distancia más o menos regular, normalmente a lo largo de la acera sobre el lado de la calzada, o bien bordeando un camino o un paseo peatonal.

Otra forma en la que podemos encontrar el arbolado en línea es formando una barrera compacta, esta disposición es más frecuente encontrarla en plazas, donde se puede usar como barrera visual, para delimitar alguna zona o bien desviar los vientos.

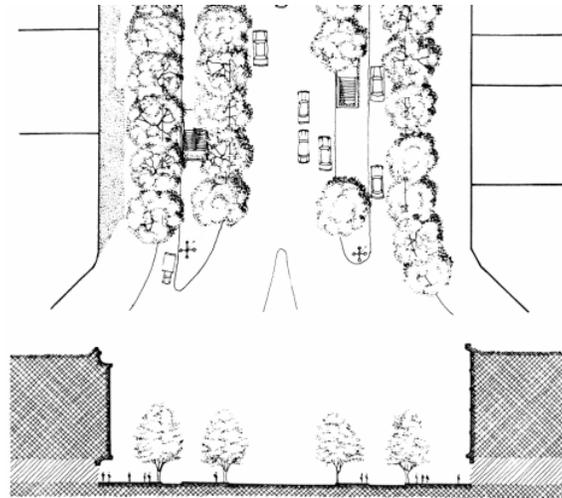


Figura 4.31 Ejemplo de una calle con arbolado en línea.

Configuración Espacial

Las características geométricas del elemento así como sus dimensiones relativas, constituyen la configuración espacial del mismo.

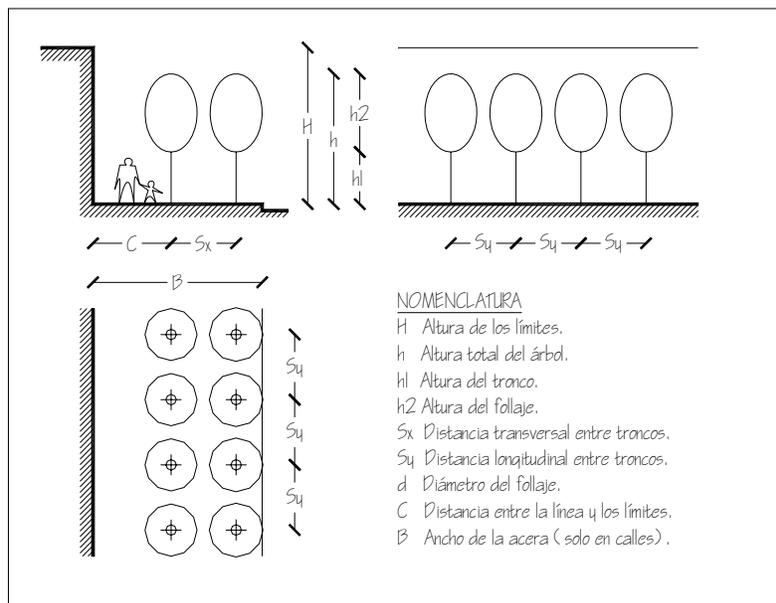


Figura 4.32 Parámetros geométricos del arbolado en línea .

En este caso está determinada por la separación entre los troncos (**Sy** distancia longitudinal y **Sx** distancia transversal), la distancia entre la parte baja de la copa y el suelo (**h1**), las dimensiones de la misma (**h2** y **d**) y la altura total del árbol (**h**).

También es importante conocer las dimensiones del sistema en este caso: la altura de los límites (**H**), la longitud considerada (**L**), la anchura total de la calle (**D**), de las aceras (**b**), de las calzadas (**a**), la distancia entre el tronco de los árboles y los límites del sistema (**c**).

Cuando se quiere crear una barrera compacta, se utilizan diferentes especies en un mismo elemento, normalmente arbustos o setos para cubrir la parte baja de una barrera de árboles (**h1**), también se pueden plantar árboles de follaje compacto, cuya dimensión **h1** sea reducida, como los cipreses.

Acciones Microclimáticas

El factor más afectado por este elemento es la incidencia de radiación solar sobre las personas y las superficies del sistema, evitando que éstas se calienten, lo que afecta directamente la temperatura radiante. Además la vegetación refleja la radiación infrarroja emitida por el suelo y otras superficies, evitando así el enfriamiento radiativo.

Las especies caducifolias son especialmente útiles en estos casos, ya que durante la época cálida proporcionan sombra y durante la fría, al perder sus hojas, permite la incidencia de los rayos solares en el sistema.

El viento también es afectado de diferentes formas por el arbolado en línea, el efecto más evidente es desviar el viento.

Cuando la dirección de este es normal a la línea de árboles, la vegetación lo desvía en sentido vertical, produciéndose una sombra de viento después de la barrera, que protege la zona inmediata a la barrera, y cuando es oblicua, lo desvía en sentido horizontal, en cuyo caso lo que hace es redireccionar el viento al sitio donde sea necesario.

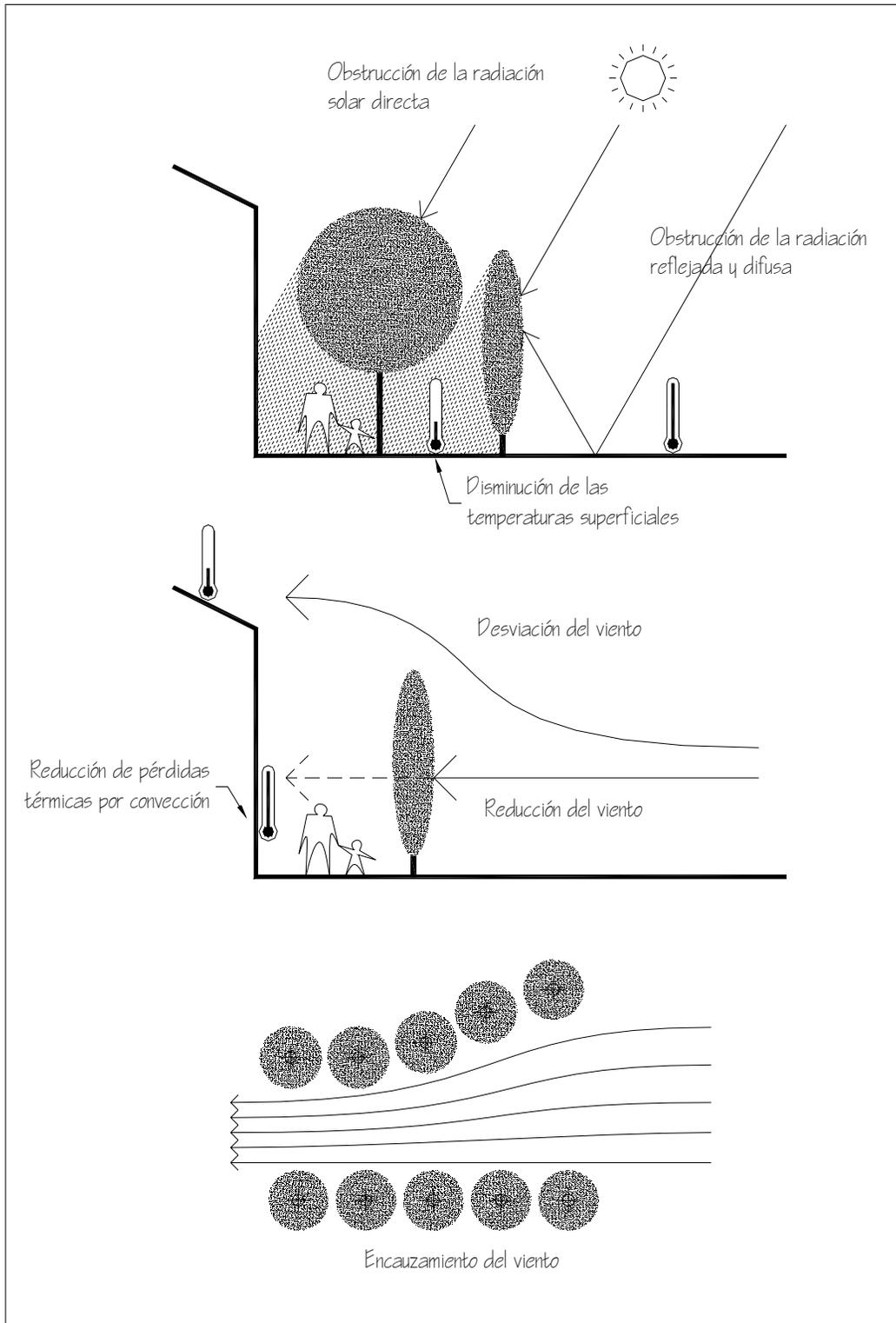


Figura 4.33 Acciones microclimáticas del arbolado en línea sencilla

Dada la constitución física de la vegetación, es imposible crear una barrera sólida, como un muro de ladrillo, más que bloquear el viento lo “filtra” disminuyendo así su velocidad.

En ambos casos (radiación y viento), es importante considerar las especies perennifolias, que conservan su follaje durante todo el año.

Esto tiene efectos positivos y negativos: por ejemplo, durante el invierno una barrera vegetal puede desviar eficientemente los vientos, reduciendo las pérdidas por convección de un edificio, sin embargo si está mal ubicada también obstruirá el soleamiento, tan necesario en esta época. Por el contrario en verano si se ubica mal con relación al viento, obstruirá las brisas que ventilan el espacio, aunque proporcionen sombra.

Los efectos microclimáticos de este elemento no solo dependen de su configuración espacial, también debemos considerar las propiedades físicas de la vegetación, como son: el factor de sombra, el índice de área foliar, densidad del follaje, el albedo y época de foliación (ver anexo A).

2) GRUPO DE ÁRBOLES.

Los árboles en grupo son un elemento que se encuentra con mayor frecuencia en las plazas ajardinadas y parques urbanos, pueden ser grupos compactos o bien tener elementos más espaciados que permitan la circulación entre ellos.



Figura 4.35 Ejemplo de un grupo de árboles.

Configuración Espacial

La configuración espacial del elemento, es decisiva en el grado de impacto ambiental. Además de los parámetros ya mencionados como son **h**, **h₁**, **h₂** y **d**, por tratarse de un grupo de árboles, será necesario considerar la forma de la retícula en la que están plantados, así como la separación de los troncos en ambos sentidos (**S_x** y **S_y**). Cuando se trate de grupos heterogéneos, la composición de éstos es importante, ya que cada elemento tendrá unas características físicas y formales diferentes.

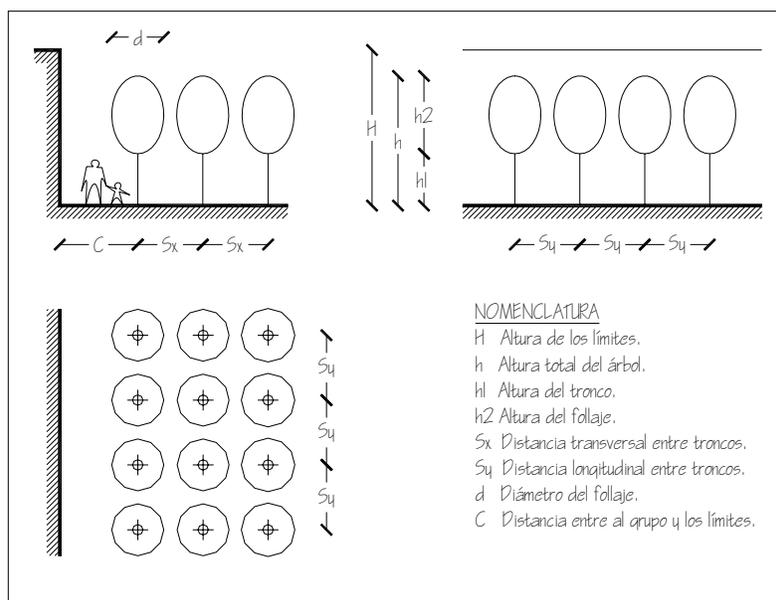


Figura 4.36 Configuración espacial de un grupo de árboles.

La configuración de la plaza también es importante, sus parámetros son: separación entre límites (**D_x** y **D_y**) altura de los mismos (**H**), distancia entre el grupo de árboles y los límite(s), forma, podas de recortr, etc. .

Acciones Microclimáticas

Las repercusiones ambientales de este elemento dependerán de: la densidad de árboles con respecto al área total considerada, la configuración espacial del elemento, su relación con los límites del sistema y las características propias de la vegetación.

Generalmente, un grupo de árboles tiene un mayor efecto sobre la radiación solar, que el arbolado en línea, debido a que forma una capa más uniforme y de mayores

dimensiones, entre el sol y las personas, obteniéndose la mayor sombra en el centro del grupo, al haber menos reflexiones laterales (efecto de borde).

El viento también es afectado de manera diferente por este elemento, la sombra de viento producida por un grupo de árboles disminuye conforme se aumenta su anchura (perpendicular a la dirección del viento), por ejemplo, con la misma longitud, 22 veces su altura (H), una barrera sencilla puede producir una sombra de viento hasta de 8 H, mientras que un grupo de árboles de 22 H de anchura, solo produce una sombra de 2 H.

La zona de mayor protección está en el centro del elemento, el viento se puede reducir del 50 al 90 %, dependiendo de la densidad del grupo y de la penetrabilidad de la vegetación.

La temperatura ambiente, en casos específicos, si puede modificarse. En un grupo grande y denso de árboles, es posible observar diferencias de temperatura con respecto a zonas adyacentes, urbanizadas y sin vegetación.

Para ello es necesario que la densidad de vegetación sea alta, de tal manera que la radiación solar que llegue hasta el suelo sea mínima y que viento se reduzca al máximo, ya que las corrientes de aire disiparían los efectos de la vegetación.

Por otro lado el suelo debe estar bien irrigado, así se incrementa la evapotranspiración. Es mejor si el terreno tiene una higroscopicidad alta para que pueda absorber humedad.

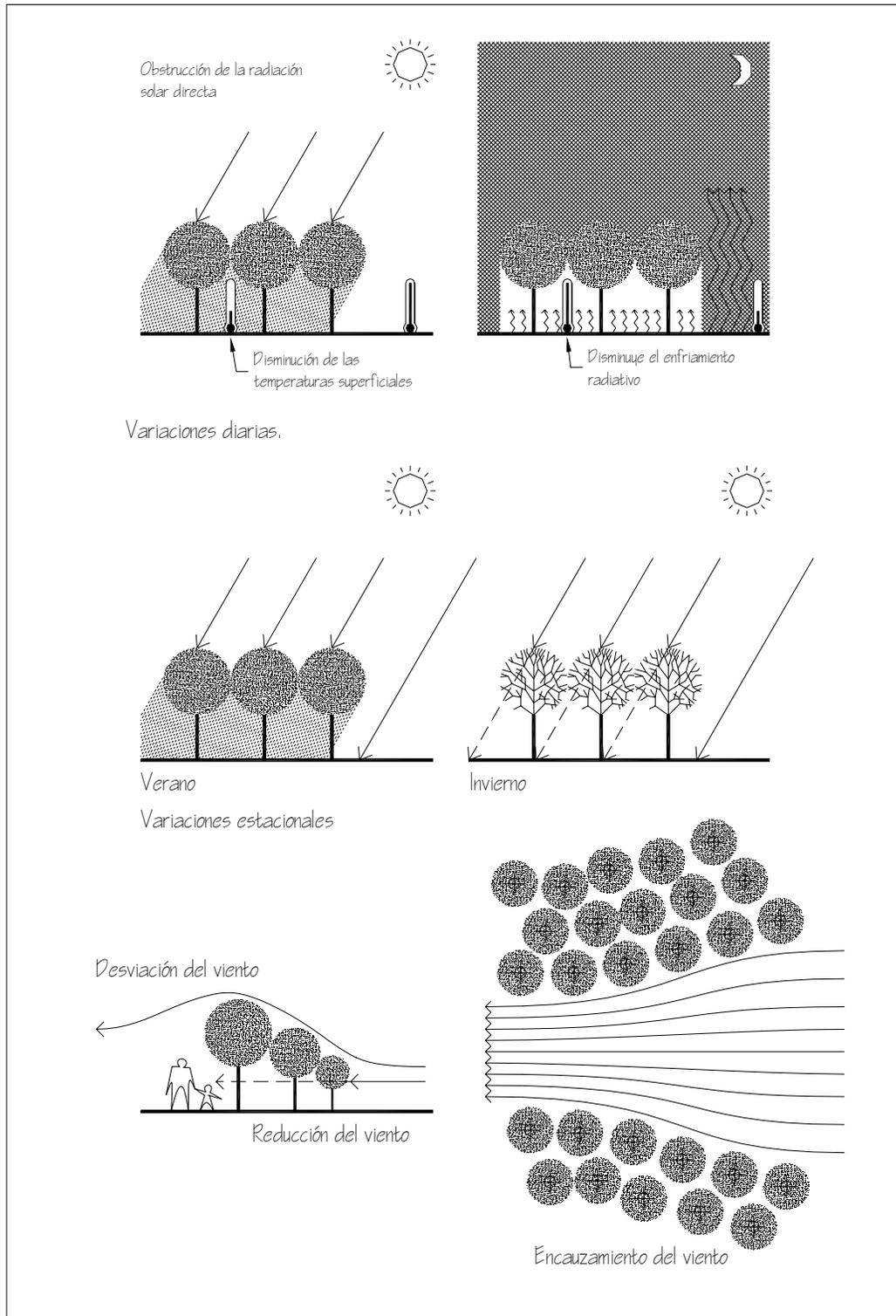


Figura 4.37 Acciones microclimáticas de un grupo de árboles.

3) COBERTURA SUPERFICIAL.

Este elemento consiste en una capa de vegetación pegada una superficie. Se considera cobertura superficial, cuando no sobresale más de 50 cm de la superficie que la soporta.

Las coberturas superficiales tienen multitud de usos dentro de lo que es el diseño de espacios exteriores, pueden ser áreas transitables o bien servir como límites de una zona específica, combinando texturas, colores y formas, según las especies que se utilicen.

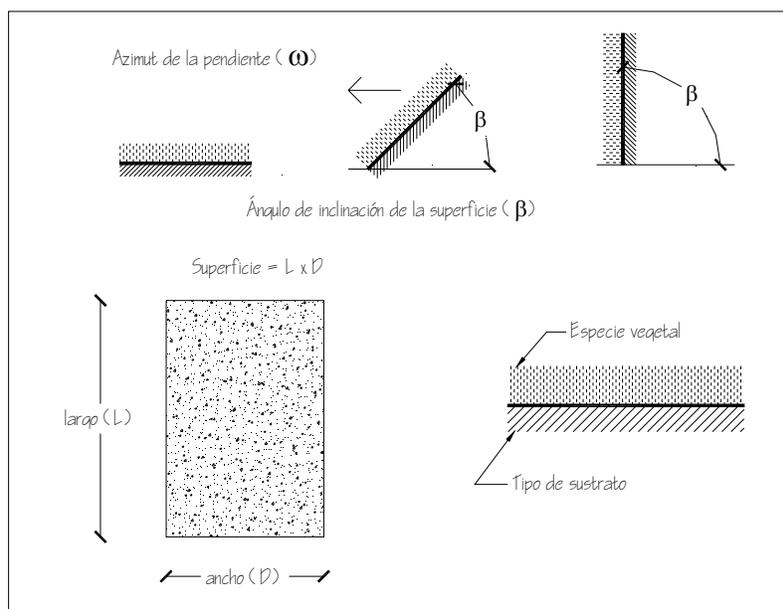


Figura 4.39 Configuración espacial de las coberturas superficiales.

Configuración Espacial

Dada su sencillez, son pocos los parámetros a definir:

- Inclinación**, lo primero es definir si la superficie es vertical horizontal o inclinada, y en su caso determinar el ángulo de inclinación con respecto de la horizontal de la cara que soporte la capa vegetal.
- Orientación de la superficie con respecto al sur (azimut).
- Las **dimensiones: largo, ancho y altura**. Éstas servirán para determinar el área del elemento.

- d) La **fracción de la superficie total que está cubierta por vegetación**. Este parámetro puede ser importante para saber la influencia del elemento dentro del sistema.
- e) Por último, el **tipo de sustrato** y el uso, ya que la especie vegetal que se utilice, dependerá de estos factores.



Figura 4.40 Ejemplo de coberturas superficiales.

Acciones Microclimáticas

La acción principal de una cobertura vegetal, es cambiar las propiedades físicas del sustrato sobre el que está colocada.

Básicamente lo que cambia es: el albedo, la emitancia, la capacidad de almacenamiento térmico, la rugosidad, y cuando se trata de muros o cubiertas, también puede cambiar la conductancia térmica del sustrato.

Las principales repercusiones climáticas serían: aumento de la absorción y reducción de la reflexión de radiación solar.

En superficies verticales, como la piel de los edificios, reduce los efectos de la incidencia del viento, puede dificultar el enfriamiento radiativo y reduce el calentamiento por aportes directos de la radiación solar.

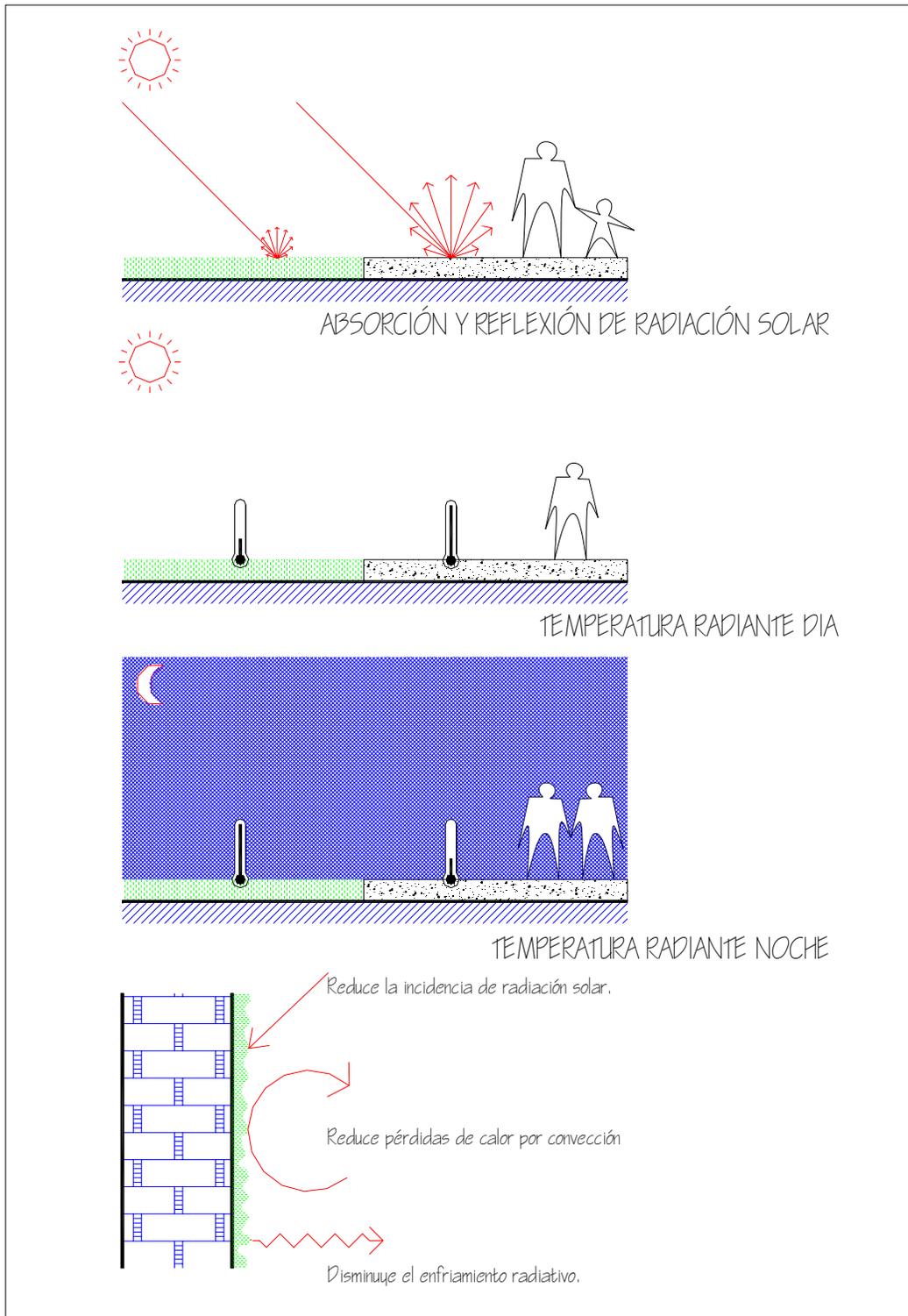


Figura 4.41 Acciones microclimáticas de la cobertura vegetal.

4) PÉRGOLA.

La pérgola es el único de todos los elementos, que no está constituido exclusivamente por vegetación. Consiste en una estructura, que puede ser de madera, metal, hormigón, o algún otro material constructivo, que sirva para soportar alguna especie de planta trepadora.

La única condición que debe cumplir esta estructura, es que sea lo suficientemente delgada para obstruir lo menos posible el paso de los rayos solares.

La función básica de la pérgola es la de proveer de sombra, aunque variando su inclinación, puede servir también como barrera contra el viento, acústica o visual.



Figura 4.43 Ejemplo de una pérgola.

Configuración Espacial.

Básicamente son cinco los parámetros que debemos definir:

1. Distancia entre el suelo y el lecho inferior de la vegetación (**h1**)
2. Largo y ancho (**Lx** y **Ly**)
3. Inclinación (β).
4. Orientación con respecto al sur (ω).
5. Fracción de la superficie total que está obstruida por la estructura de la pérgola (**Fo**).

Cuando se trate de pérgolas formadas por varios tableros con distintas inclinaciones y orientaciones, se considerará cada uno por separado.

Además de estos parámetros propios de las pérgolas, será necesario conocer las dimensiones del sistema, así como la ubicación del elemento dentro de éste.

Los parámetros de la vegetación a considerarse en este caso son el factor de sombra y el albedo de la especie vegetal.

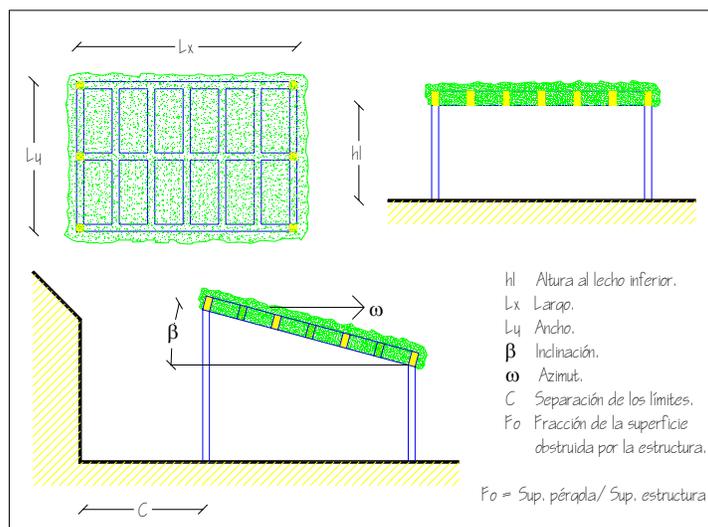


Figura 4.44 Configuración espacial de la pérgola.

Acciones Microclimáticas.

Dependiendo de su configuración espacial, las repercusiones ambientales de la pérgola serán diversas.

Por ejemplo si es horizontal, su efecto será básicamente reducir la incidencia de la radiación solar sobre la superficie que encuentre debajo.

Si es vertical, los efectos más notorios serán sobre la velocidad y la trayectoria del viento. En menor escala y solo para alturas solares muy bajas, también la radiación solar será afectada.

Puede haber configuraciones mixtas, en cuyo caso se incrementarán las acciones microclimáticas del elemento.

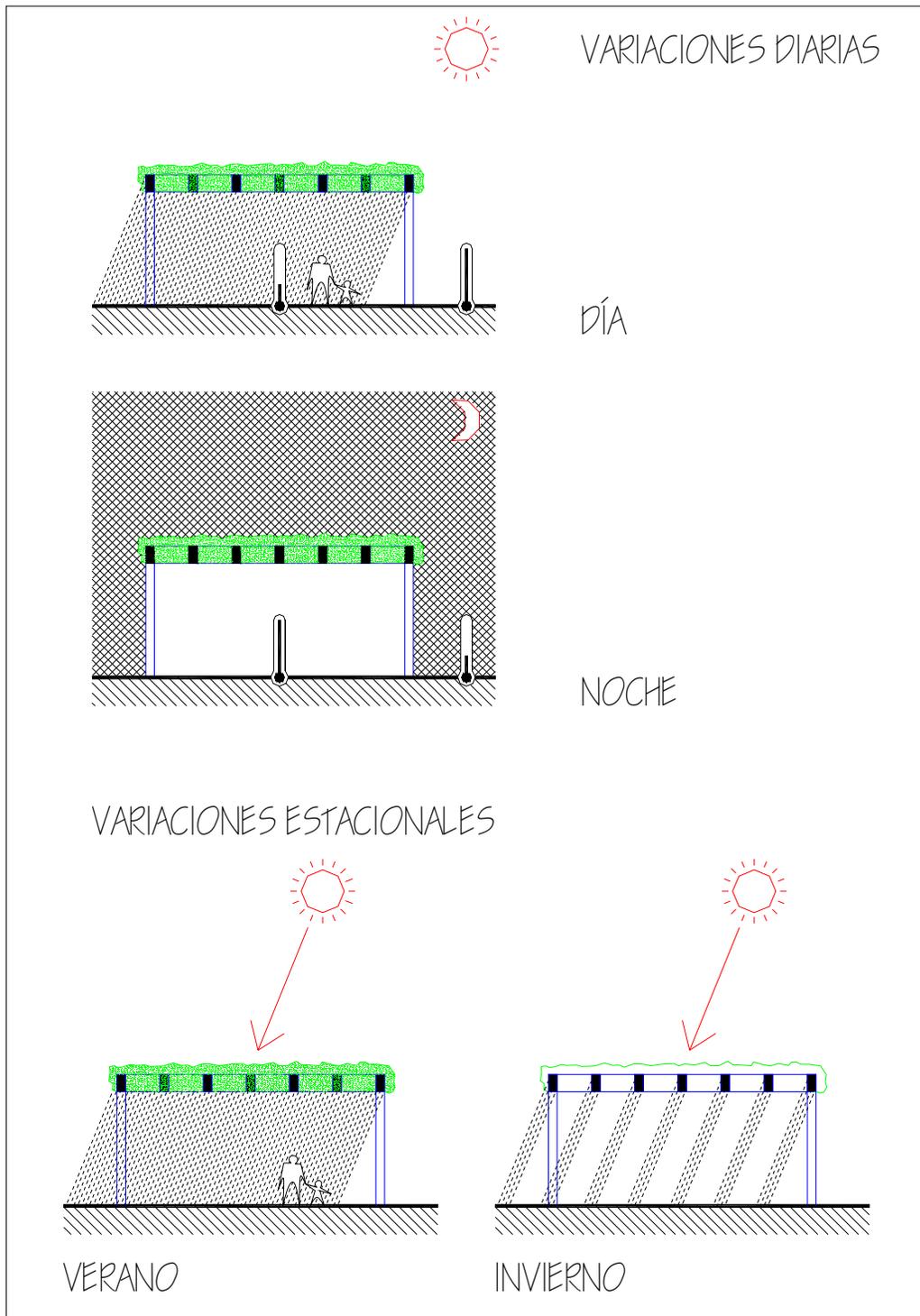


Figura 4.45 Acciones microclimáticas de la pérgola.

4.4 ANÁLISIS DE CASOS REALES.

De acuerdo con el método de análisis establecido en el apartado anterior, aquí se estudiarán los sistemas urbanos, plaza y calle, su relación con la vegetación y sus efectos microclimáticos. Para cada sistema se analizarán varios escenarios reales, donde se trató de tener una casuística representativa de los distintos escenarios urbanos.

En cada uno de los casos de estudio, se harán mediciones de los principales parámetros climáticos y de algunos parámetros del sistema, siempre enfocando los efectos microclimáticos de los elementos vegetales.

Los parámetros a medir serán los siguientes:

- Temperatura ambiente de bulbo seco **T_{bs}** (°C).
- Temperatura ambiente de bulbo húmedo **T_{bh}** (°C).
- Iluminancia en terreno despejado **E_o** (lux).
- Iluminancia a la sombra de la vegetación u otros objetos **E** (lux).
- Radiación solar global y difusa sobre la horizontal **R** (w/m²).
- Dirección y velocidad del viento **W** (m/s).
- Temperaturas superficiales de los elementos vegetales y construidos del sistema **T_{sup}** (°C).

Los resultados de la mediciones se presentarán en tablas, gráficas, etc. según sea conveniente para su mejor análisis.

Para el sistema Plaza - Vegetación, se han seleccionado tres plazas ajardinadas: la Plaza Mossèn Clapés, una plaza ubicada en la ETSECCPB de la UPC y el Parque Espanya Industrial.

En cuanto al sistema Calle - Vegetación, se han elegido tres calles con distinta configuración espacial y orientación: la Rambla Catalunya, la Carretera de Sants y la Calle Moianès.

Todos los casos de estudio están ubicados en Barcelona

4.4.1 SISTEMA PLAZA - VEGETACIÓN.

CASO 1: PLAZA DE MOSSÈN CLAPÉS.

La Plaza de Mossèn Clapés ubicada en el Barrio de Sant Andreu en Barcelona, es una plaza ajardinada cuyo elemento principal es una gran pérgola cubierta por vegetación de hoja caduca. El atractivo principal, es que se puede estudiar en detalle el comportamiento de la pérgola, ya que se encuentra aislada del resto del conjunto.

Ubicación

Esta plaza se encuentra al noroeste de la ciudad, en el Barrio de Sant Andreu, su eje principal va de este a oeste, está rodeada por edificios de entre 8 y 10 plantas de altura. Existe una leve pendiente orientada hacia el este, sin embargo, ésta no afecta ni el soleamiento ni ningún otro parámetro climático.

La masa de agua cercana más significativa es el mar Mediterráneo, sin embargo, al no ser este un barrio adyacente a la costa, los efectos del mar son a escala del clima local.

La trama urbana que rodea a la plaza es de tipo irregular y la dirección de las calles es muy diversa, tampoco existe una continuidad en la trama, ya que hay un gran número de calles cerradas, por lo regular de sección angosta.

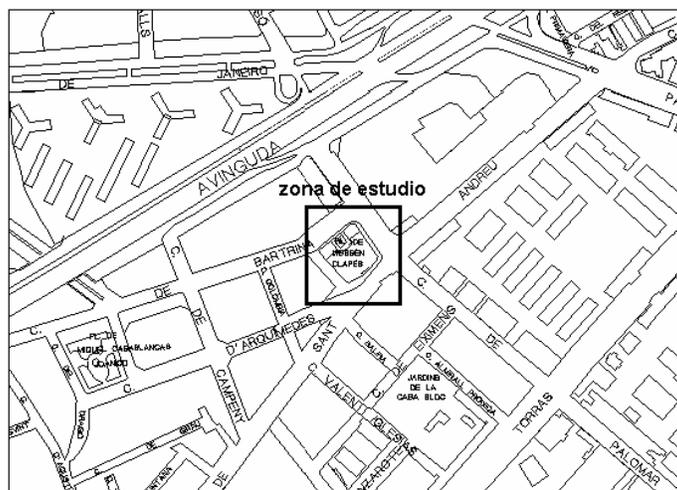


Figura 4.46 Ubicación de la plaza Mossèn Clapés

Forma.

La forma de la plaza es trapezoidal, sus ejes van en dirección norte-sur y este - oeste, al estar rodeada de tres de las calles principales del barrio, los edificios que la limitan están lo suficientemente separados como para garantizar el acceso del sol, salvo en horas muy cercanas al alba o al ocaso, ya que el cociente de la altura de los límites entre el ancho de la plaza (H/D) es, para el eje norte - sur 0,17 y para el eje este - oeste 0,19.

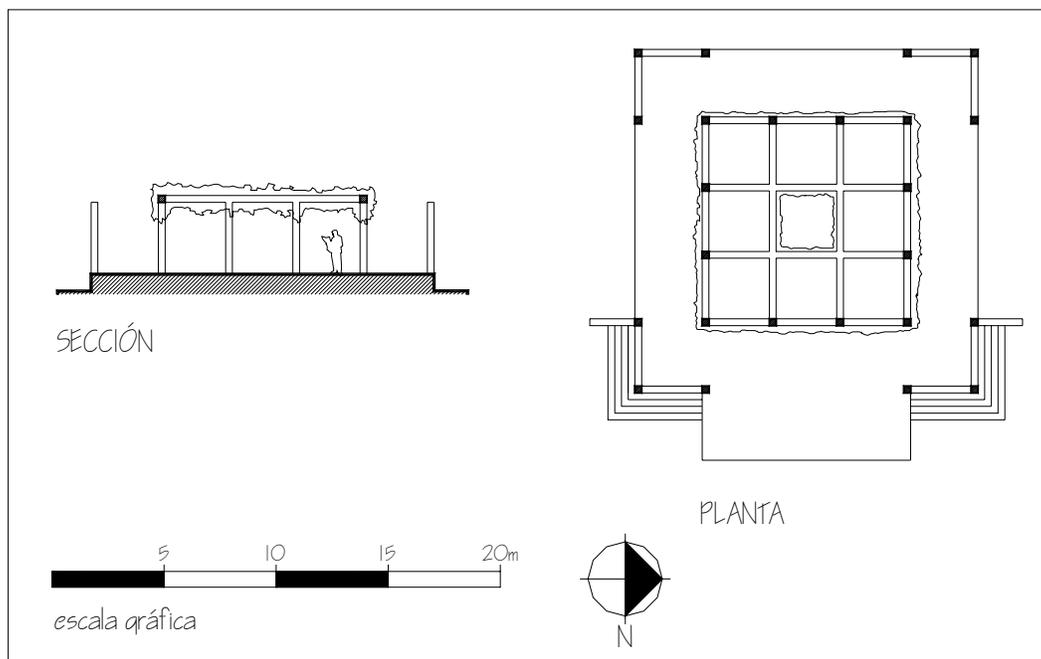


Figura 4.47a Planta y sección de la pérgola.

Límites.

La plaza está limitada en sus cuatro lados por edificios de 8 y 10 niveles. Como se trata de edificios de tipo habitacional, se podría hablar de una alta perforación en las fachadas, pero para nuestro propósito, lo consideraremos como obstrucciones sólidas, tanto para el viento como para los rayos solares.

En cuanto al color de las fachadas, es heterogéneo, predominando los colores claros, por lo que se tendrán reflexiones y absorciones moderadas de la radiación solar.

El pavimento de la plaza incluyendo el de la pérgola es de hormigón en placas, color gris. Este material es capaz de almacenar una gran cantidad de calor durante las horas

que recibe la radiación solar, el cual es liberado durante varias horas después del ocaso. A pesar de que el gris no es muy claro (debido a la suciedad y manchas diversas), cuando el sol incide directamente sobre el pavimento, puede llegar a provocar deslumbramientos.



Figura 4.47b Vista general de la plaza.

Elementos Vegetales.

La pérgola, que es el elemento principal de esta plaza tiene forma cuadrada, de 12 m. por lado, dividida en módulos de 3 x 3 m. cada uno y 3 m. de altura

Por sus proporciones y orientación, este elemento es apropiado para obstruir el sol durante el verano.

Está recubierta con glicinia (*Wisteria sinensis*), que es una especie de tipo caducifolia. La glicinia es ampliamente usada en pergolados, debido a su rápido crecimiento y a que durante la primavera nos ofrece una bella floración de color violeta.

Durante el verano tiene un follaje muy tupido, y por lo tanto una baja transmisión de los rayos solares, en cambio en el invierno al perder sus hojas, deja pasar gran parte del sol, aunque dependiendo de la cantidad de ramas, la obstrucción puede ser considerable.



Figura 4.49 Vista de la pérgola en verano.

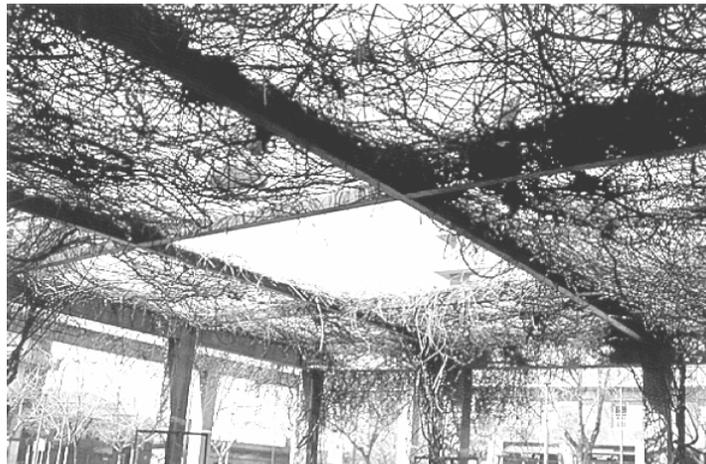


Figura 4.50 Vista de la pérgola en invierno.

Análisis Microclimático

Según lo observado durante las mediciones, los efectos principales se dan sobre la radiación. La luminancia (E), disminuye considerablemente en el interior de la pérgola, con respecto a la medida sobre ésta (E_0), (ver tabla 4.1).

Durante el verano este efecto es muy pronunciado, el factor de sombra (E/E_0) va de 0,029 en las horas próximas al alba a 0,010 al medio día solar.

En invierno el factor de sombra disminuye, pero no tanto como se esperaba, 0,317 al alba y 0,203 cerca del medio día. Esto se debe a la obstrucción de las ramas, es mucho mayor de lo que parece, entre 20% y 30%.

MEDICIONES HECHAS EN VERANO

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
5:30	92	3200	0,029
6:00	227	7790	0,029
6:30	361	12380	0,029
7:00	681	31940	0,021
7:30	1000	51500	0,019
12:00	1180	113300	0,010
13:00	937	108000	0,009
16:00	802	95500	0,008

MEDICIONES HECHAS EN INVIERNO

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
6:30	426	1345	0,317
11:40	18400	72200	0,255
12:40	12400	61100	0,203
13:45	11600	28000*	0,414
16:30	2110	5800*	0,364

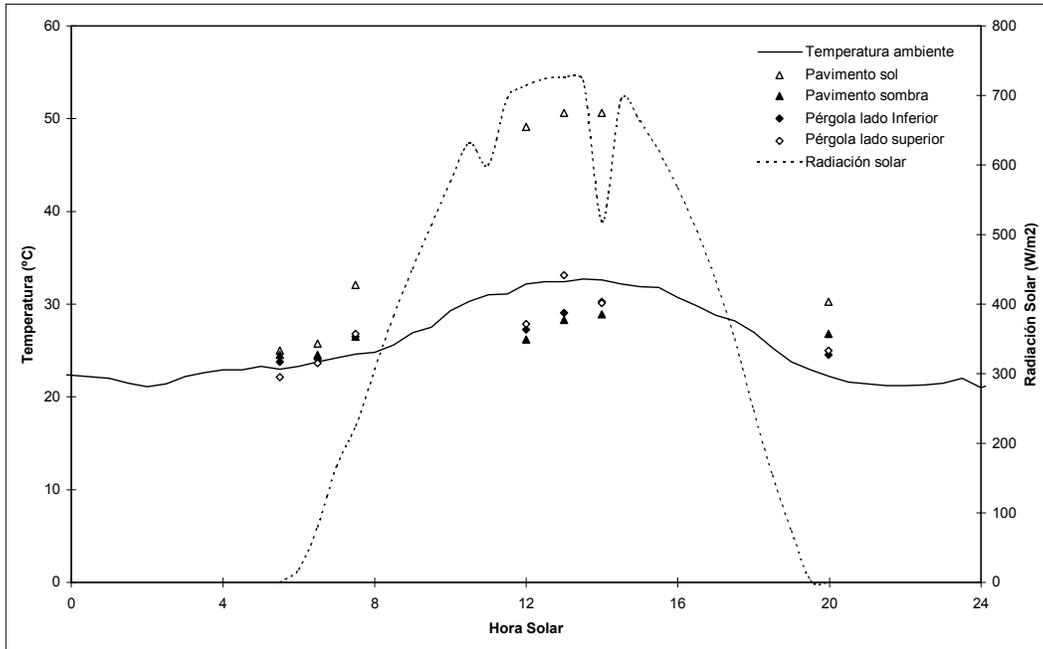
*valores medidos con cielo cubierto.

Tabla 4.1 Comparación de la iluminancia medida sobre la pérgola de Glicinia (E) y bajo ésta (Eo)

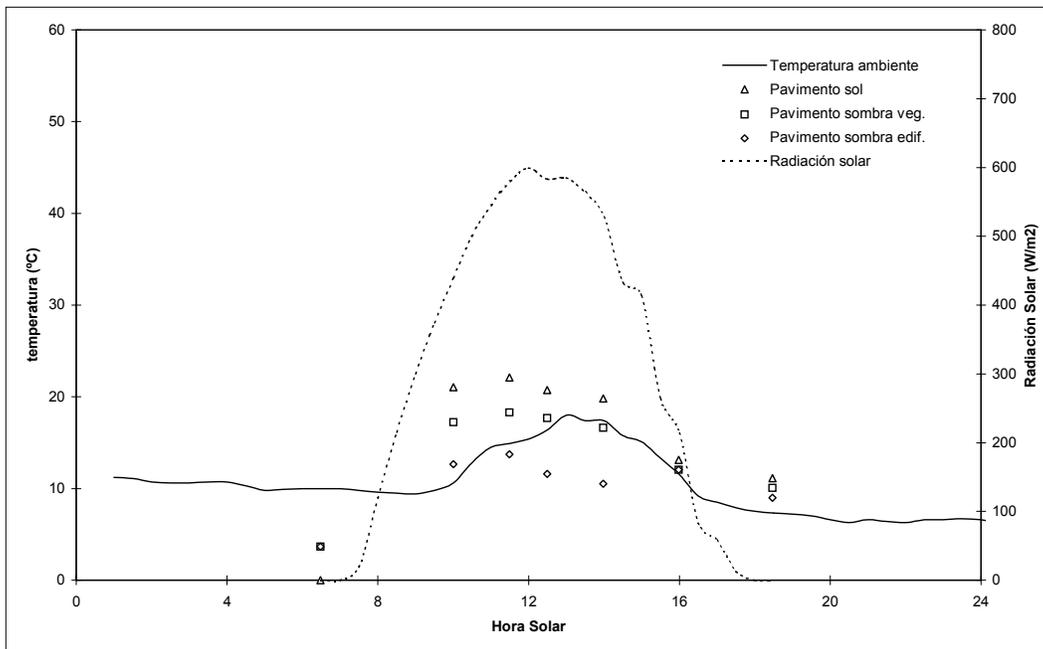
Otro aspecto ambiental modificado por la pérgola, es la radiación terrestre, es decir la radiación de onda larga emitida o absorbida por las por las superficies y demás objetos presentes en el sistema. Dado que los objetos emiten radiación infrarroja de acuerdo con su temperatura superficial, si conocemos dicho parámetro podremos estimar cuanta radiación están emitiendo, o al menos apreciar si emiten más o menos en comparación con otras superficies. En este caso durante un día de verano y otro de invierno, se han medido las temperaturas superficiales de las distintas superficies que rodeaban a la pérgola, así como la del suelo debajo de ésta y la del follaje que la cubría.

En la gráfica se aprecian hasta 20 °C de diferencia entre el pavimento soleado y la temperatura del aire, a la hora de mayor temperatura. El pavimento bajo la sombra de la vegetación estaba incluso 2 °C por debajo de la temperatura ambiente. La vegetación estaba prácticamente a temperatura ambiente, tanto en la parte sombreada como en la soleada.

Durante el invierno, sigue estando más caliente el pavimento soleado que el sombreado por la vegetación, pero las diferencias no son tan grandes (4,2 °C), ya que la pérgola sin hojas obstruye menos radiación, tampoco hay mucha diferencia con la temperatura ambiente (5 °C), esto se debe en parte a que hay menos radiación solar en esta época del año.



Gráfica 4.1 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar, en verano.



Gráfica 4.2 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar, en invierno.

En cuanto al viento, está más afectado por entorno urbano que por la pérgola, ya que su forma horizontal, sin obstrucciones laterales, permite el paso de las brisas.

En la humedad y la temperatura ambiente, no se apreciaron modificaciones, ya que el área cubierta por vegetación es relativamente pequeña.

CASO 2: PLAZA ETSECCPB-UPC CAMPUS NORD.

Esta es una pequeña plaza ubicada dentro del Campus Norte de la Universidad Politécnica de Cataluña, algunas de las características interesantes de esta plaza, es que tiene superficies cubiertas por pasto, superficies pavimentadas y frondosos árboles de especies caducifolias.

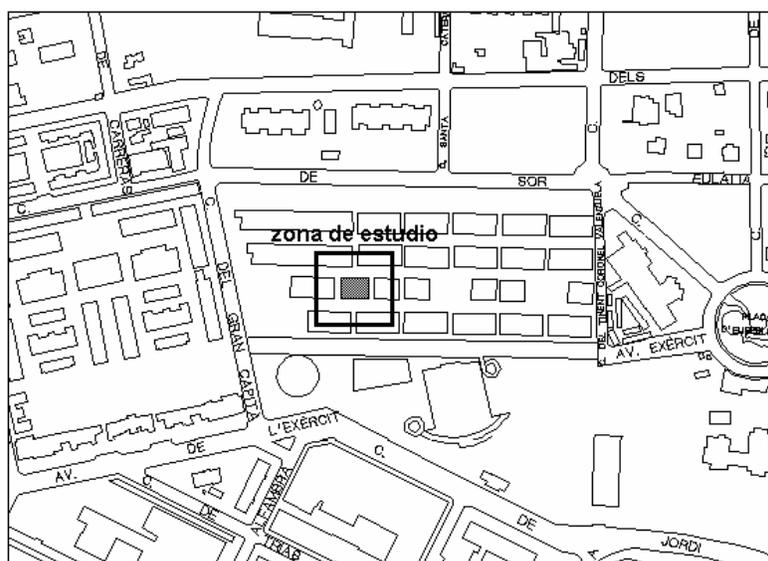


Figura 4.51 Croquis de ubicación de la plaza donde se puede apreciar el entorno urbano.

Ubicación.

El Campus Nord de la UPC está ubicado en las faldas de la Serra de Collserola, al noroeste de Barcelona. La altura sobre el nivel del mar es de 100 m aproximadamente.

La altura relativa de la zona excepto el lado noroeste, es mayor que la de sus alrededores, ya que se encuentra a los pies de una montaña, por lo que tiene una ligera pendiente hacia el sudeste (6%).

La densidad urbana de la zona es bastante baja siendo pocos los edificios altos, que rodean al Campus.

La trama urbana es irregular y discontinua, pero dada la baja densidad, esto afecta poco la dirección y velocidad del viento.

Forma.

La planta de la plaza es rectangular, su eje mayor corre en dirección noreste - sudoeste y el menor noroeste - sudeste.

Tiene una pendiente en dirección del eje menor aproximadamente del 10%.

La proporción H/D es favorable para el soleamiento y la ventilación en ambos ejes, 0,66 en el eje mayor y 0,88 en el menor.

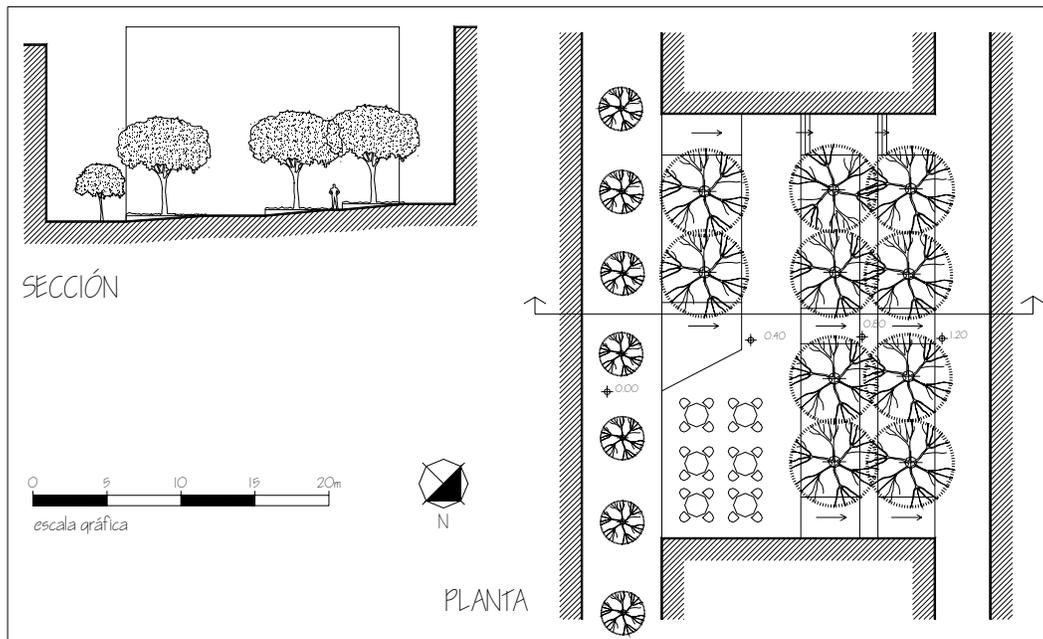


Figura 4.52 Planta y sección de la plaza.

Límites.

La plaza está limitada por edificios de 3 y 4 plantas en sus cuatro costados. Todas las fachadas están terminadas con ladrillo rojo natural.

Los edificios son elementos con una perforación reducida, por lo que constituyen un obstáculo sólido para la radiación solar y el viento.

El suelo de la plaza, está cubierto por zonas de césped y zonas pavimentadas con baldosas de barro y de piedra artificial.

Elementos Vegetales.

Existen en la plaza 3 tipos de elementos vegetales: grupos de árboles, cobertura vegetal horizontal y arbolado en línea. El arbolado en línea por el momento, no es un elemento importante, ya que está constituido por árboles muy jóvenes, sin embargo en un futuro dada su ubicación (sudoeste) será un elemento sombreador considerable. El grupo de árboles está constituido por 6 ejemplares de Tipuana tipu, aunque la literatura indicaba que era una especie caducifolia, estos árboles nunca llegaron a perder por completo su follaje, al menos durante el año de observación. Finalmente la cobertura vegetal, consiste en varias zonas con césped, con unos sectores bajo la sombra de los árboles y otros expuestos al sol.



Figura 4.53 Vista general de la plaza en verano.



Figura 4.54 Vista de la plaza en invierno.

Los períodos de observación se hicieron en un día de verano y otro de invierno, ambos días estuvieron excepcionalmente despejados, lo que permitió observar de manera muy clara, la evolución de las temperaturas de las distintas superficies en relación con la temperatura ambiente y la radiación solar.

MEDICIONES HECHAS EN VERANO			
HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
5:00	33	337	0.098
8:00	3200	47300	0.068
9:30	4300	87600	0.049
10:30	4960	106100	0.047
12:00	4920	111100	0.044
13:00	4250	108500	0.039
14:00	3300	92700	0.035

MEDICIONES HECHAS EN INVIERNO			
HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
7:00	300	337	0.890
12:00	14400	76500	0.188
13:00	14000	74600	0.187
14:00	11500	62500	0.184
17:00	275	1203	0.228

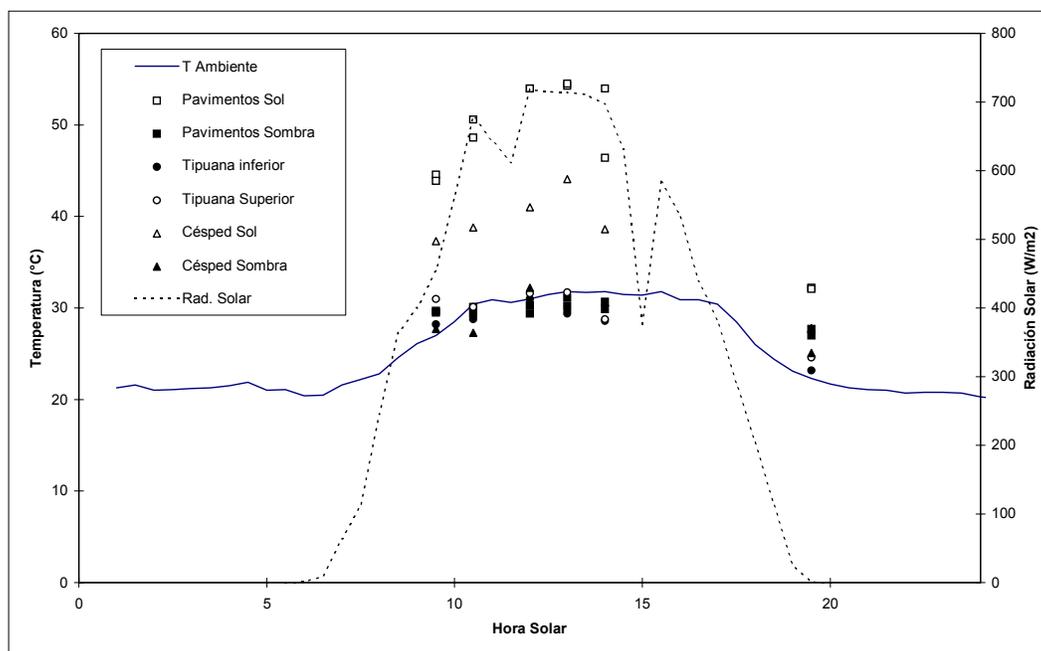
Tabla 4.2 comparación de la iluminancia medida sobre la vegetación (Tipuana Tipu) (E) y bajo ésta (E_o),

Al igual que en el caso anterior las proporciones de la plaza, permiten el soleamiento de ésta durante la mayor parte del día, a lo largo de todo el año. Las especies de árboles existentes (Tipuana tipu) que son caducifolias proporcionan sombra sobre las zonas de descanso en verano y permiten el soleamiento de las mismas en invierno. Desagradablemente una mala planeación, dejó fuera de la zona de sombra a las mesas de la cafetería, de hecho durante el verano, las mesas permanecían desiertas durante las

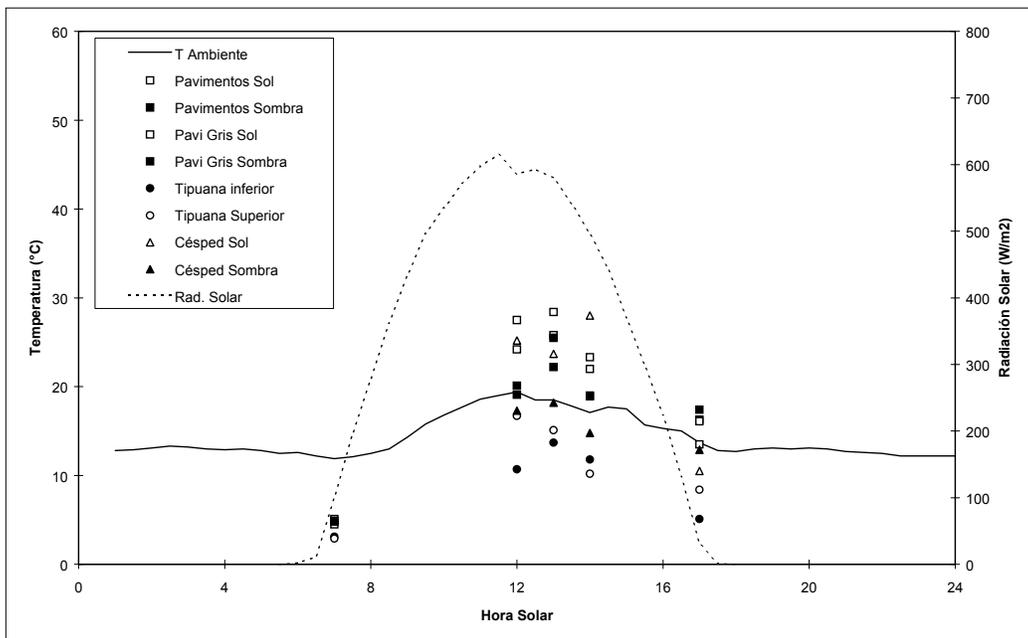
horas de máximo soleamiento, desplazándose la gente hacia las áreas sombreadas, más frescas.

La plaza está resguardada del viento por los edificios que la limitan, la dirección de éste es indefinida y generalmente baja, no se observaron velocidades superiores a los 4 m/s, lo que resulta desfavorable en el verano.

Como en el caso anterior las temperaturas de las superficies expuestas al sol están muy por encima de la temperatura ambiente, las porciones de césped soleadas alcanzan temperaturas hasta 14°C mayores que la ambiente, mientras que en los pavimentos y los muros la diferencia es de 25°C, la copa de los árboles y el césped sombreado, permanecen próximos a la ambiente.



Gráfica 4.3 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar, en verano.



Gráfica 4.4 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar, en invierno.

CASO 3: PARQUE ESPANYA INDUSTRIAL.

El Parque de Espanya Industrial, podría catalogarse como oasis urbano. Es un caso interesante ya que además de la vegetación, tiene otros elementos paisajísticos como es un pequeño lago artificial.

Ubicación.

Este caso de estudio está ubicado en el barrio de Sants al sudoeste de la ciudad. El entorno urbano está formado por calles en general estrechas, la trama urbana es irregular, discontinua y con orientaciones varias.

La mayor masa cercana de agua es el mar Mediterráneo, sin embargo su influencia es a nivel de clima local, ya que se encuentra relativamente lejos, incluso existen obstáculos topográficos (Montjuic), sin embargo el mismo parque tiene un pequeño lago artificial, de cuya influencia se hablará más adelante.

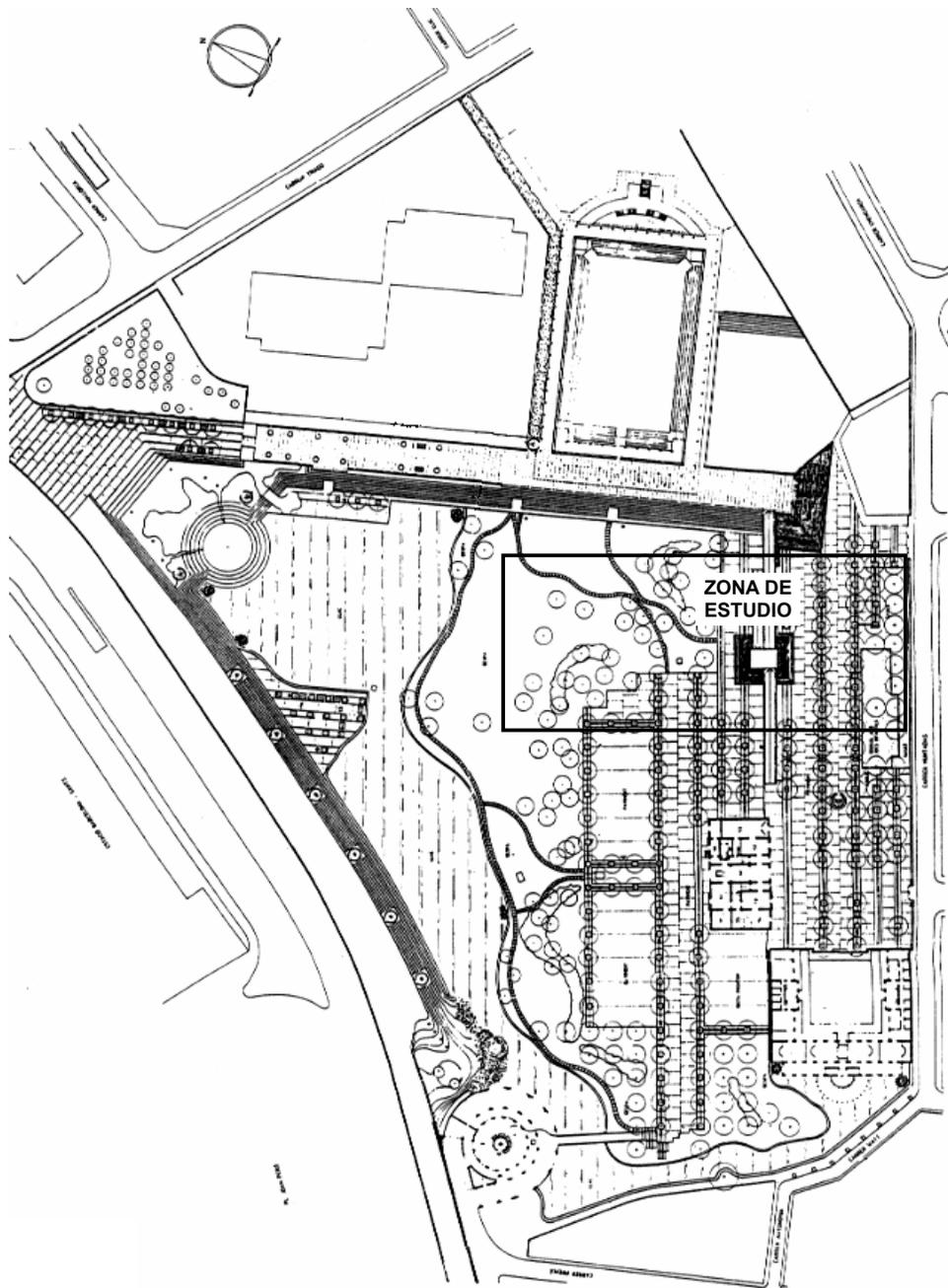


Figura 4.56 Planta del parque con la zona de estudio marcada.

Límites.

Al este, norte y noroeste, el parque está limitado por unas gradas y escaleras, de 3 m de altura, que sirven para salir del mismo, al sur y sudoeste por calles angostas de poco tráfico y edificios de 7 y 8 plantas. Estos edificios obstruyen de manera importante parte del soleamiento de uno de los grupos de árboles que se estudiaron, principalmente en los meses de invierno.

Elementos Vegetales.

Los elementos vegetales observados, fueron el grupo de árboles del lado sur, la zona de césped adyacente al lago y un conjunto de plantas trepadoras que cubrían la pared que soporta una de las rampas de acceso al parque.



Figura 4.57 Vista general del parque.

Análisis Microclimático.

Como en los otros casos de estudio, se hicieron las mediciones en un día de verano y otro de invierno, además de los principales parámetros climáticos, se midieron las temperaturas superficiales de los elementos vegetales y de las superficies verticales y horizontales que constituían el sistema.

El elemento vegetal más importante, estaba constituido por un gran grupo de árboles, todos los ejemplares eran de la misma especie: *Platanus acerifolia* (plátano común).



Figura 4.58 Zona de estudio en Verano.



Figura 4.59 Zona de estudio en Invierno.

La evolución del factor de sombra fue parecido al de los otros casos, habiendo ligeros cambios, que suponemos se debieron a la especie y al estado de los árboles, que no tenían mucho follaje debido al estrés hídrico, ya que fue un verano bastante cálido.

En invierno el factor de sombra bajo considerable mente, ya que esta especie tiene pocas ramas.

En la tabla 4.3 se pueden comparar los factores de sombra a lo largo del día, tanto en verano como en invierno.

MEDICIONES HECHAS EN VERANO

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
5:00	110	1000	0.110
7:00	3140	40000	0.079
9:00	7200	102600	0.070
11:00	7450	118400	0.063
12:00	8450	98200	0.086
13:20	5500	109500	0.050
15:25	4130	26200*	0.158
16:40	4440	46300	0.096

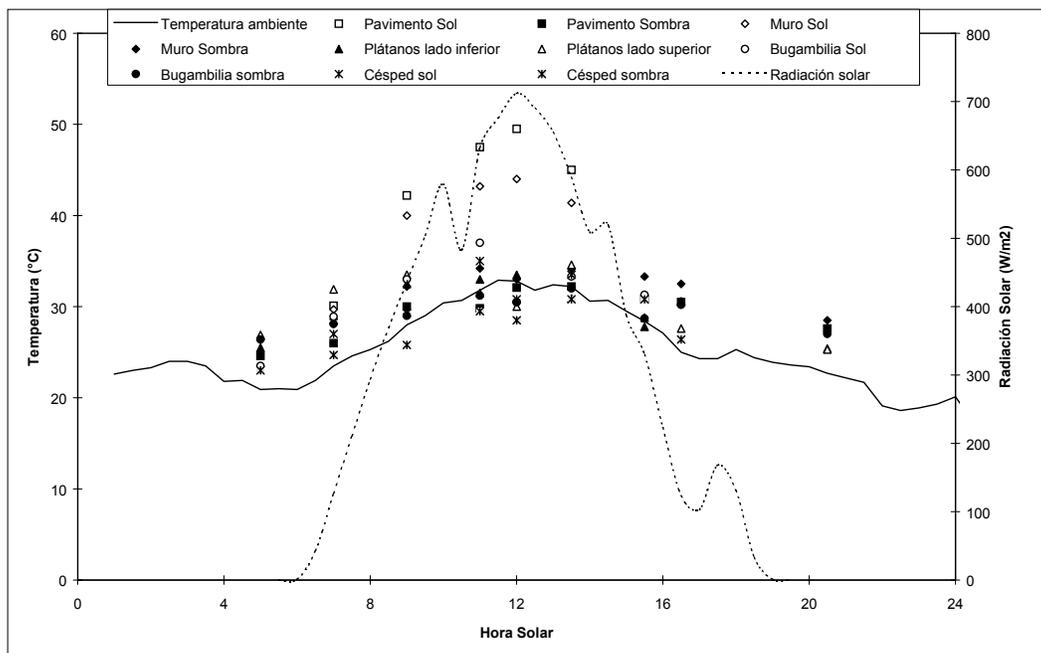
*cielo nublado

MEDICIONES HECHAS EN INVIERNO

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
7:00	300	350	0.857
12:00	24500	79500	0.308
13:00	25500	72500	0.352
14:00	19000	60600	0.314
17:00	1450	2500	0.580

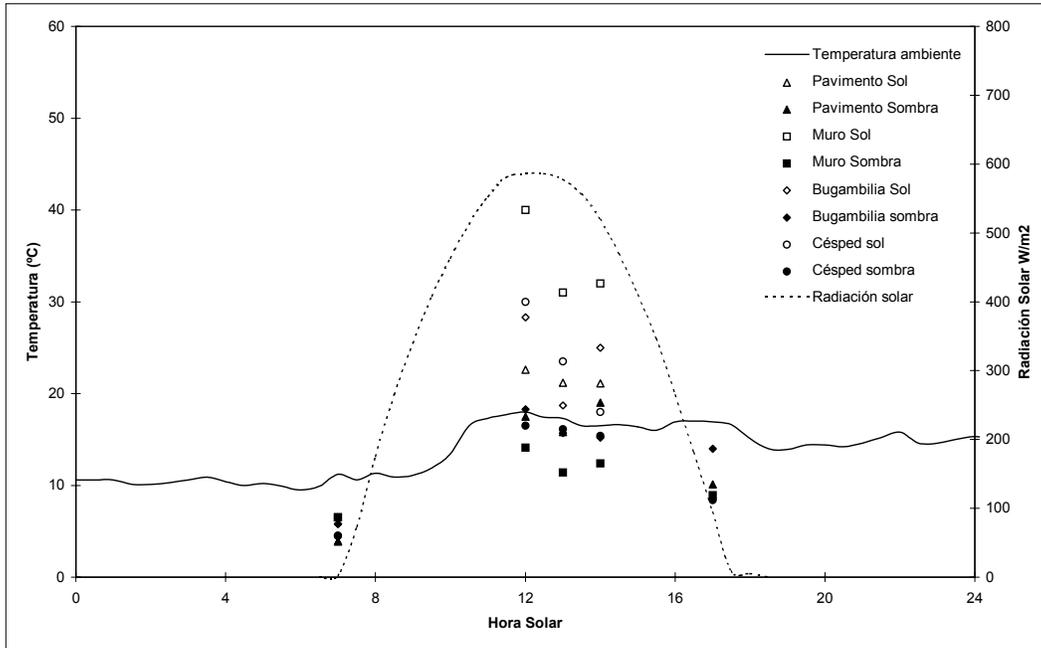
Tabla 4.3 Comparación de las iluminancias sobre y bajo el grupo de árboles (Platanus acerifolia) y el factor de sombra correspondiente.

Las temperaturas superficiales se midieron en el grupo de árboles (inferior y superior), en el césped, al sol y a la sombra, en las plantas trepadoras sobre los muros de la rampa de salida. En cuanto a las superficies sólidas, se midieron los pavimentos y los muros de la rampa, tanto al sol como a la sombra.



Gráfica 4.5 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en verano.

Su evolución se puede observar en la gráfica, donde se ve claramente la influencia de la radiación solar, ocasionando diferencias de temperaturas bastante altas en verano y mucho menores en invierno.



Gráfica 4.6 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en invierno.

4.4.2 SISTEMA CALLE - VEGETACIÓN.

CASO 4: RAMBLA CATALUNYA.

Rambla Catalunya es una calle ubicada en el barrio del Ensanche de Barcelona, el elemento principal de ésta es un amplio paseo peatonal central, con vegetación caducifolia.

Ubicación.

La calle está ubicada en el barrio del Ensanche, en el centro de Barcelona. La zona es en general plana, observándose una leve pendiente hacia el lado del mar (sudeste).

La trama urbana es regular y continua, este barrio de la ciudad tiene la particularidad de estar formado por una trama reticular con manzanas de 100 metros por lado. La dirección retícula es noroeste - sudeste, desviada 45° del meridiano.

A pesar de que la zona se encuentra lejos del mar, se nota su influencia, al aumentar la humedad relativa cuando viene el viento del sudeste, generalmente por la tarde.

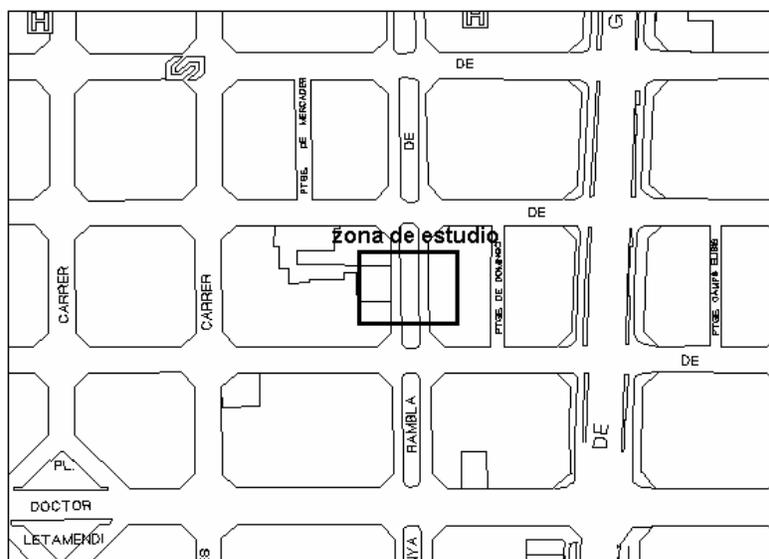
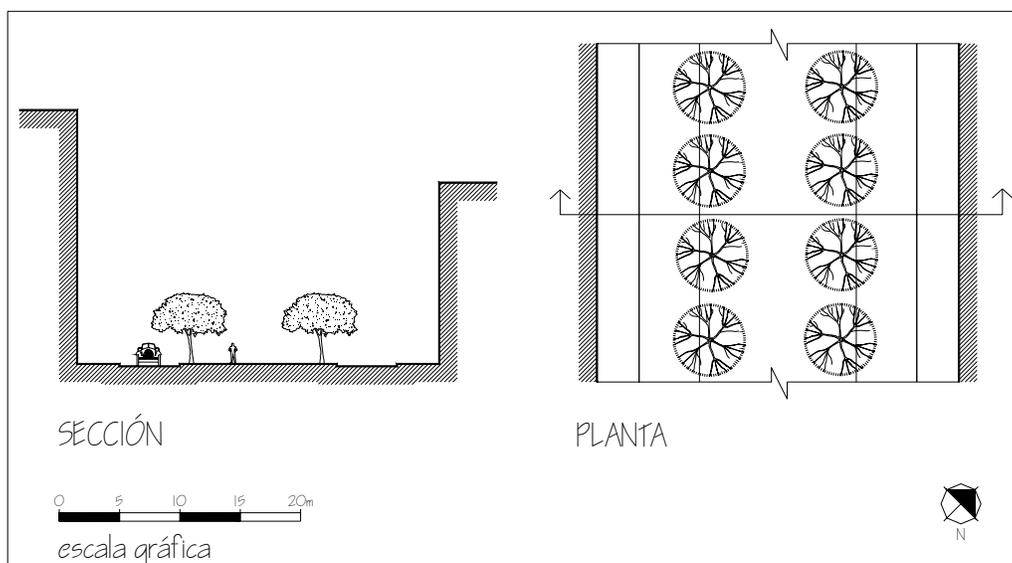


Figura 4.60 Ubicación de la sección estudiada de Rambla Catalunya.

Forma.

La configuración espacial de la calle, consiste en dos aceras laterales muy angostas sin vegetación, dos calzadas vehiculares de dos carriles cada una, y un amplio paseo peatonal central, bordeado por árboles en línea.

La proporción $H/D < 1$ y a orientación de la calle (noreste - sudoeste), permite el soleamiento casi todo el año.



4.61 Planta y sección de la zona analizada.

Límites.

La calle está limitada al sudeste y al noroeste por edificios de 7 y 8 niveles, con colores en fachada de tonalidades gris y ocre, el material predominante es la piedra artificial, las aceras son de baldosas de hormigón color gris claro, las calzadas vehiculares y el paseo peatonal son de asfalto, color gris oscuro.

Elementos Vegetales.

El único elemento vegetal de la calle, son dos hileras de árboles de hoja caduca (*Tilia europea*). Los árboles están en buen estado y son de dimensiones tales que, en verano el 60% del paseo central permanece sombreado.



4.62 Vista general de la calle.

Análisis Microclimático.

La radiación solar, debido a las proporciones entre la anchura de la calle y la altura de los edificios que la limitan, así como a la dirección de la trama urbana, penetra durante la mayor parte del día, sobre todo por las mañanas, lo que resulta muy agradable en invierno.



Figura 4.63 Vista de la calle en verano.



Figura 4.64 Vista de la calle en invierno.

También durante esta época, la vegetación existente al ser caducifolia, permite el soleamiento de toda la calle.

En verano aproximadamente un 60% de la calzada peatonal central permanece sombreada por los árboles durante todo el día.

La dirección y velocidad del viento no están afectados por la vegetación, debido a que la posición de ésta dentro del sistema, es paralela a la trama urbana, que es la que realmente influye.

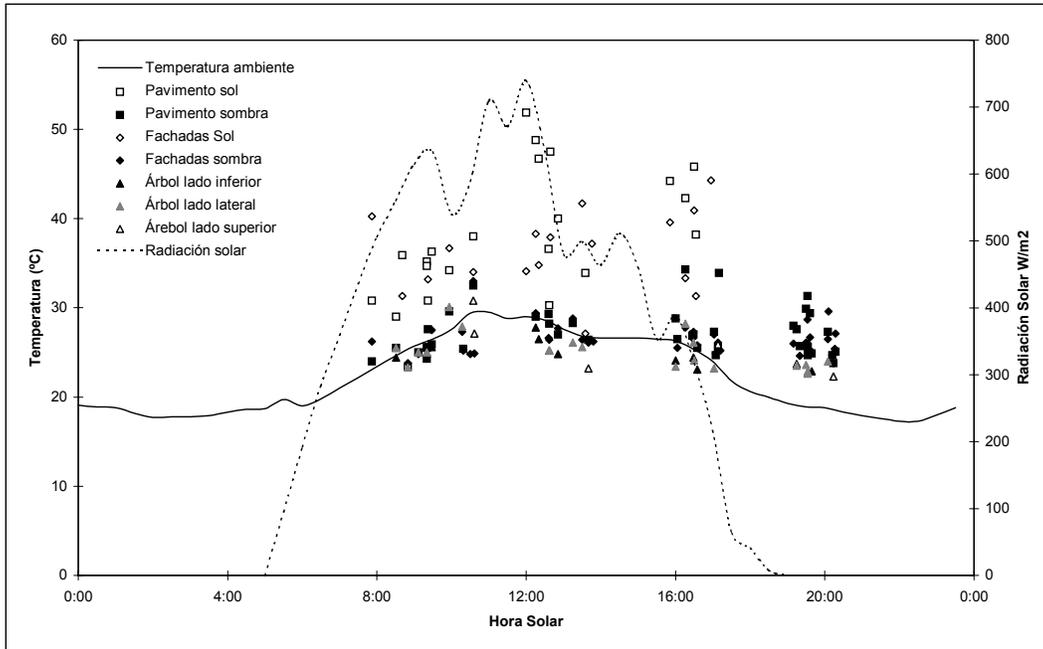
MEDICIONES HECHAS EN VERANO

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
8:30	10700	75700	0.141
9:30	9700	102900	0.094
10:30	10400	122700	0.085
12:30	8300	140800	0.059
13:30	8500	142600	0.060
16:00	6200	73600	0.084
17:00	2900	29700	0.098
19:00	550	600	0.920

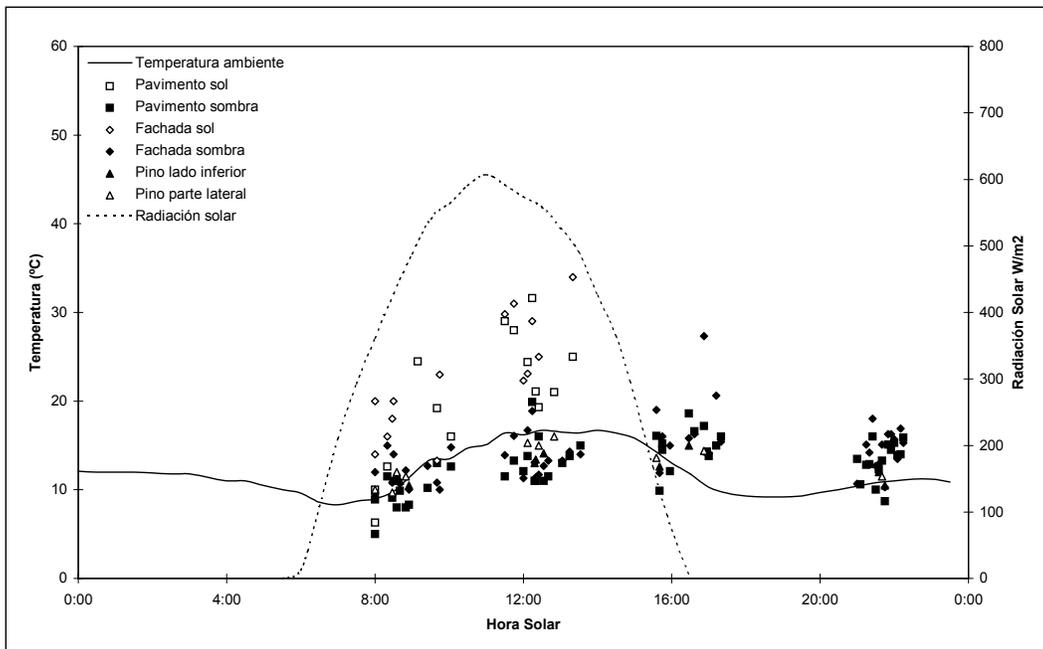
MEDICIONES HECHAS EN INVIERNO

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
8:12	19700	23000	0.857
9:00	24900	43000	0.579
10:03	26300	64600	0.407
12:00	27800	90500	0.307
13:03	31600	89900	0.352
16:01	7700	24600	0.313
17:04	2300	3970	0.579

Tabla 4.4 Comparación de luminancias medida fuera y dentro de la zona de sombra de los árboles del sistema.



Gráfica 4.7 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en verano.



Gráfica 4.8 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en invierno.

La humedad está claramente más afectada por la dirección del viento que por la presencia de vegetación ; se observó que ésta aumentaba apreciablemente cuando el viento provenía del mar (dirección NE).

La temperatura de la superficies que limitan la calle, permanece muy cercana a la del aire cuando están a la sombra, en cambio, cuando reciben los rayos solares, la diferencia de temperaturas entre éstas y el aire puede llegar a 25° C, la copa de los árboles permanece a una temperatura similar a la ambiente.

CASO 5: CARRETERA DE SANTS.

La Carretera de Sants, es una de las calles principales de este barrio, los puntos interesantes son: una alineación este - oeste perfecta, y los elementos vegetales, arbolado en línea en ambas aceras.



Figura 4.65 Ubicación de la sección estudiada de la calle.

Ubicación.

Como se mencionaba anteriormente, la carretera se encuentra en el barrio de Sants al sudoeste de Barcelona.

La relación con el mar es escasa a nivel microclimático, ya que la zona está alejada de la costa, incluso existen obstáculos topográficos como la montaña de Montjuic, sin

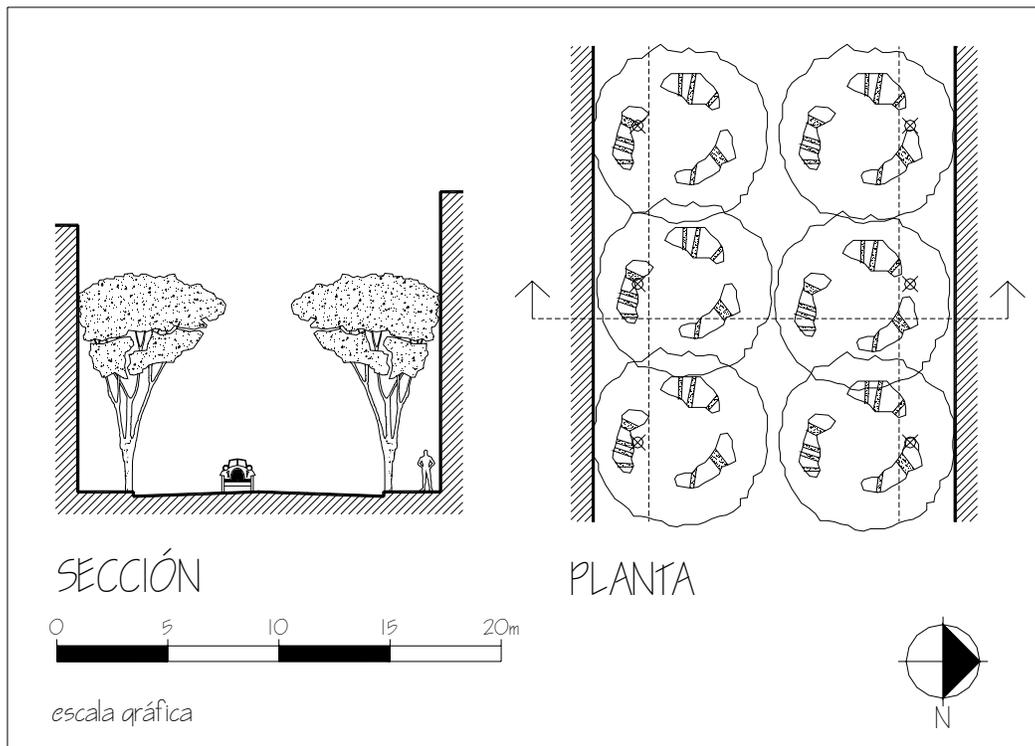
embargo a nivel de clima zonal la colindancia de la ciudad con el Mar Mediterráneo y la Serra de Collserola, afecta los vientos y la humedad, entre otros parámetros.

El entorno urbano es de calles estrechas y perpendiculares a la carretera.

Forma.

La configuración espacial es simple, se trata de una calle con una calzada central de 6 carriles para tráfico vehicular y dos aceras laterales de 2 m de ancho, con arbolado en línea sencilla.

La proporción H/D es casi 1, lo cual favorece el soleamiento de la fachada y la acera norte.



4.22 Planta y sección de la zona analizada.



4.67 Vista general de la calle

límites.

La calle está bordeada casi en su totalidad, por edificios de entre 6 y 8 niveles, son elementos sólidos que no permiten el paso del viento y el sol.

Aunque la composición de los cerramientos es heterogénea, predominan los colores claros, sin embargo la reflexión de la luz es pobre, ya que la superficie tiene una rugosidad alta.

Elementos Vegetales.

Como se había mencionado, los únicos elementos vegetales del sistema, son árboles en línea en ambas aceras.

Son de especie caducifolia (*Platanus acerifolia*), los plátanos son una especie muy utilizada para arbolado vial, por su resistencia al ambiente urbano y su rápido crecimiento, además de las ventajas climáticas de proporcionar sombra en verano y permitir el soleamiento en invierno.

Estos árboles son bastante grandes, entre 20 y 25 metros de altura, en verano forman una sombra que cubre toda la calzada central y las aceras.



Figura 4.68 Vista de la calle en verano.

Análisis Microclimático.

Debido a que su eje corre en dirección este - oeste, la fachada del lado sur de la calle, nunca recibe los rayos solares directamente. En cambio el lado norte lo recibe tanto en invierno como en verano, la mayor parte del día.

El viento normalmente corre en la dirección de la calle, algunas veces hacia el este y otras hacia el oeste, de no ser así, se observaban turbulencias o calma.



Figura 4.69 Vista de la calle en invierno.

MEDICIONES HECHAS EN VERANO

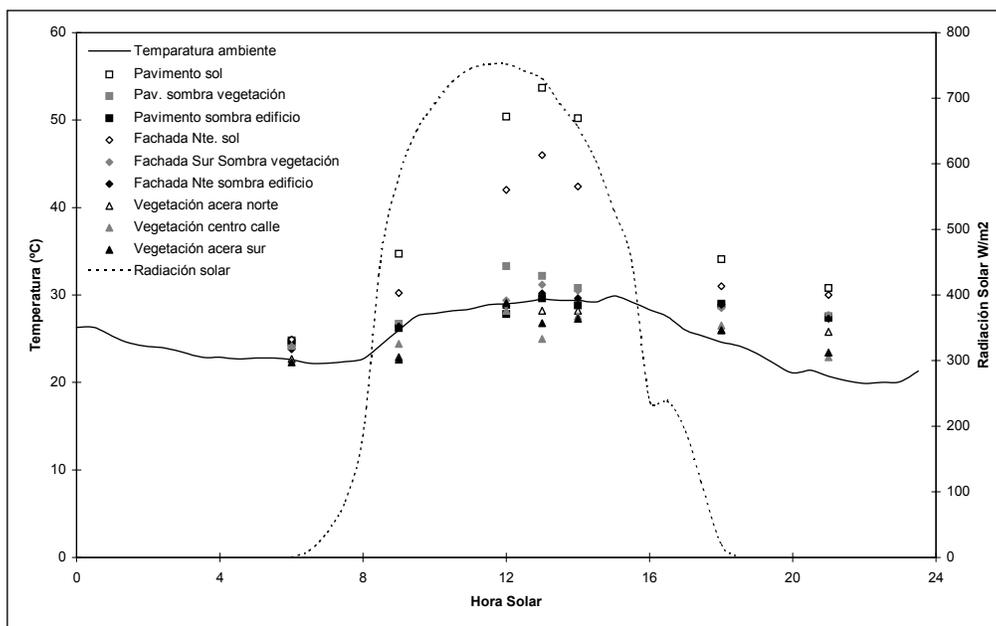
HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
5:30	200	2500	0.080
9:00	7800	72000	0.108
12:00	7310	111300	0.066
13:00	6700	109000	0.061
14:00	5100	96500	0.053
18:30	230	2370	0.097

MEDICIONES HECHAS EN INVIERNO

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
7:00	300	350	0.857
12:00	24500	79500	0.308
13:00	25500	72500	0.352
14:00	19000	60600	0.314
17:00	1450	2500	0.580

Tabla 4.5 Comparación de luminancias dentro y fuera de la influencia de la sombra de la vegetación.

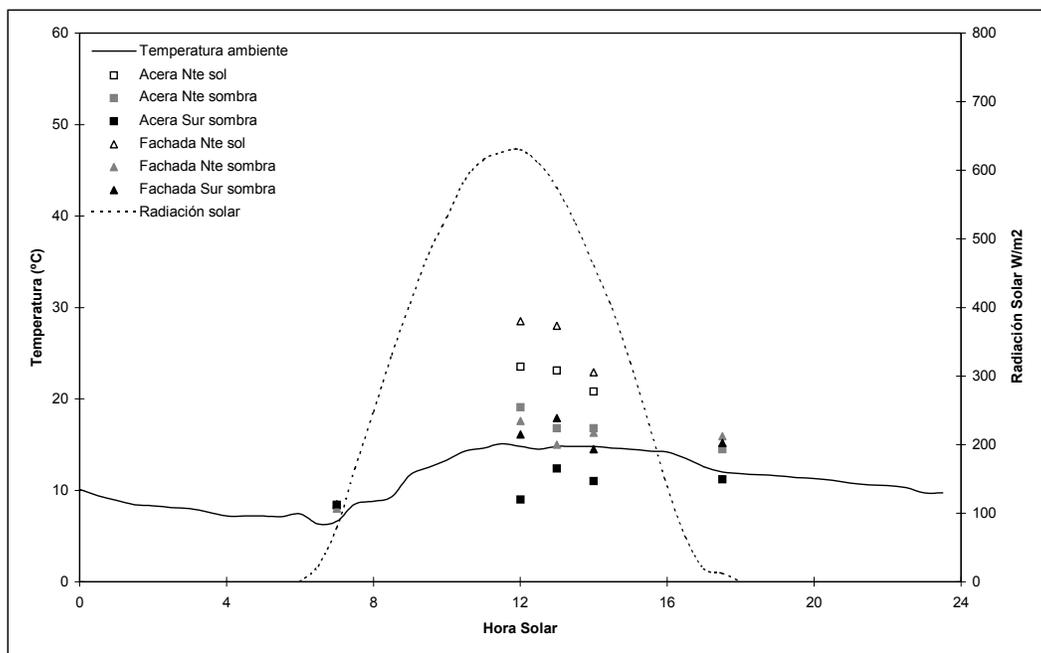
El parámetro climático más afectado por la vegetación es sin duda, la radiación solar. A la hora de mayor radiación en verano (12:00 hora solar), el factor de sombra fue 0,07 para la sombra de vegetación y 0,05 para la sombra de los edificios. La diferencia se debe en parte a que los edificios son obstrucciones opacas a la radiación solar y los árboles dejan pasar aunque sea una pequeña parte de ésta, por otro lado en la acera sur, además de la radiación difusa, hay que tomar en cuenta la reflejada por las fachadas.



Gráfica 4.9 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en verano.

Como consecuencia de lo anterior, también se modifican las temperaturas superficiales del sistema. Se observaron diferencias hasta de 25,5 °C, entre las superficies soleadas y las sombreadas, estas últimas tenían una temperatura similar a la ambiente.

El viento, en este caso no sufrió alteraciones apreciables debido a la vegetación; la influencia de la trama urbana era más notable.



Gráfica 4.10 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en invierno.

CASO 6: CALLE MOIANÈS.

Ubicación.

La calle Moianès, está ubicada también en el barrio de Sants, es perpendicular a la Carretera de Sants, el punto de medición está situado a 400 m del caso anterior. Sin embargo las condiciones del entorno cambian considerablemente, es mucho más denso, la trama tiene direcciones varias, por otro lado en tráfico vehicular es menor.



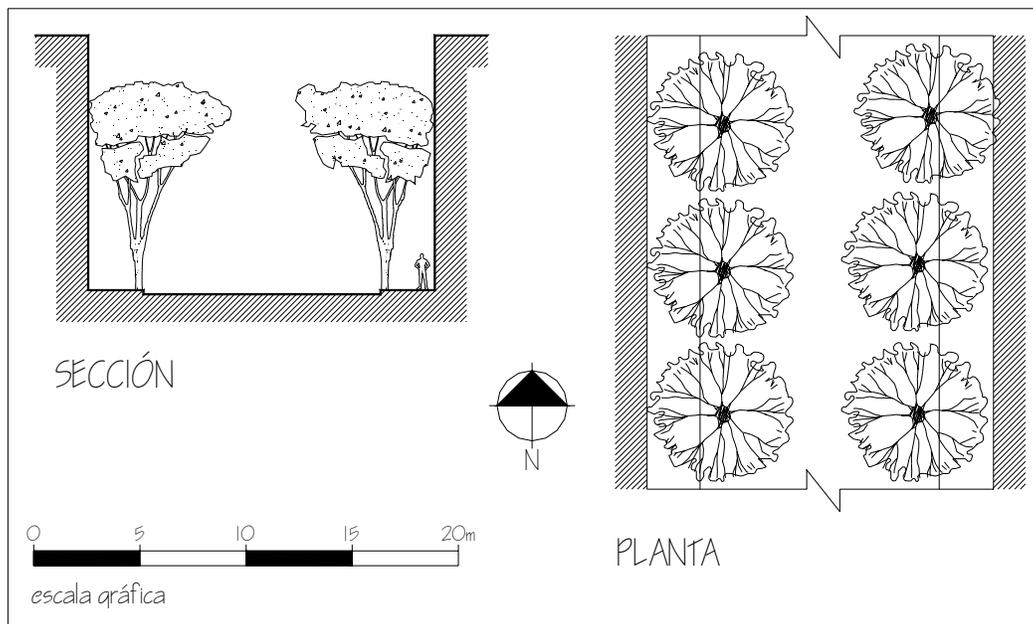
Figura 4.70 Ubicación de la sección estudiada de la calle.

Forma.

La configuración espacial de esta calle es similar al caso anterior, pero con una proporción $H/D > 1$, ya que solo tiene tres carriles en la calzada central y las aceras son de 1,5 m de ancho. La altura de los edificios permanece entre 6 y 8 niveles. La orientación de su eje es norte - sur.

Límites.

Moianès está limitada por edificios de 6 y 8 plantas. predominan los colores oscuros, ya que las fachadas están en mal estado.



4.71 Planta y sección de la zona analizada.

Elementos vegetales.

Los elementos vegetales del sistema son dos hileras de árboles de hoja caduca (*Faxinus excelsior*) de talla bastante grande (20 - 25 m de altura).

La densidad del follaje de estos árboles demostró ser bastante alta, además de ser una característica de la especie, en este caso, debido a la estrechez de la calle, las copas de éstos se juntaban en el centro de la calzada, formando una especie de túnel.



4.72 Vista general de la calle

Análisis Microclimático.

Este es un buen ejemplo de como el microclima puede cambiar en poca distancia.

A pesar de estar solo a 400 m de distancia del punto de medición del caso anterior, las condiciones ambientales de Moianès son apreciablemente diferentes de las de la Carretera de Sants.

Lo primero que se nota es el soleamiento, ya que Moianès es perpendicular a Sants, con lo cual, ambas fachadas y aceras, reciben el sol en algún momento del día.



Figura 4.73 Vista de la calle en verano.

MEDICIONES HECHAS EN VERANO

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
5:30	63	2750	0.023
7:30	233	30700	0.008
9:30	524	95800	0.005
12:30	510	119200	0.004
14:30	380	99000	0.004

MEDICIONES HECHAS EN INVIERNO*

HORA SOLAR	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
7:00	400	480	0.833
12:00	45300	80500	0.562
13:00	26000	66200	0.393
14:00	25200	51300	0.491
17:00	1450	2500	0.580

Tabla 4.6 Comparación de luminancias dentro y fuera de la influencia de la sombra de la vegetación.

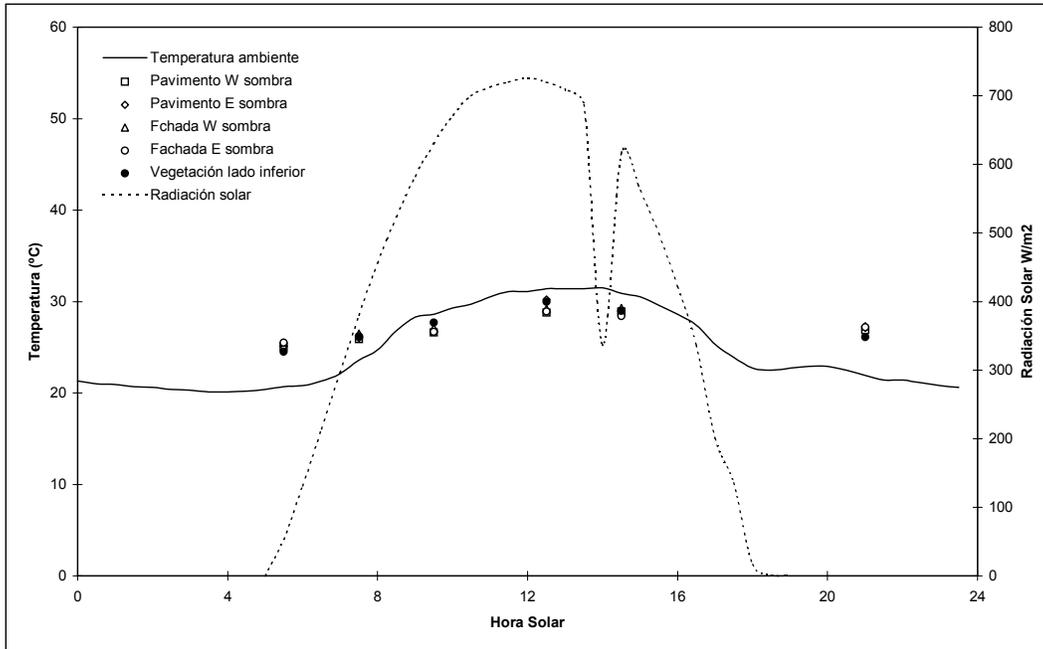
La vegetación también influye en las diferencias microclimáticas, ya que el *Fraxinus excelsior* tiene un factor de sombra menor que el *Platanus acerifolia* de Sants, ocasionando menor soleamiento tanto en invierno como en verano.

Por otro lado las proporciones de la sección también cambian, al ser más estrecha recibirá menos sol y estará menos ventilada.

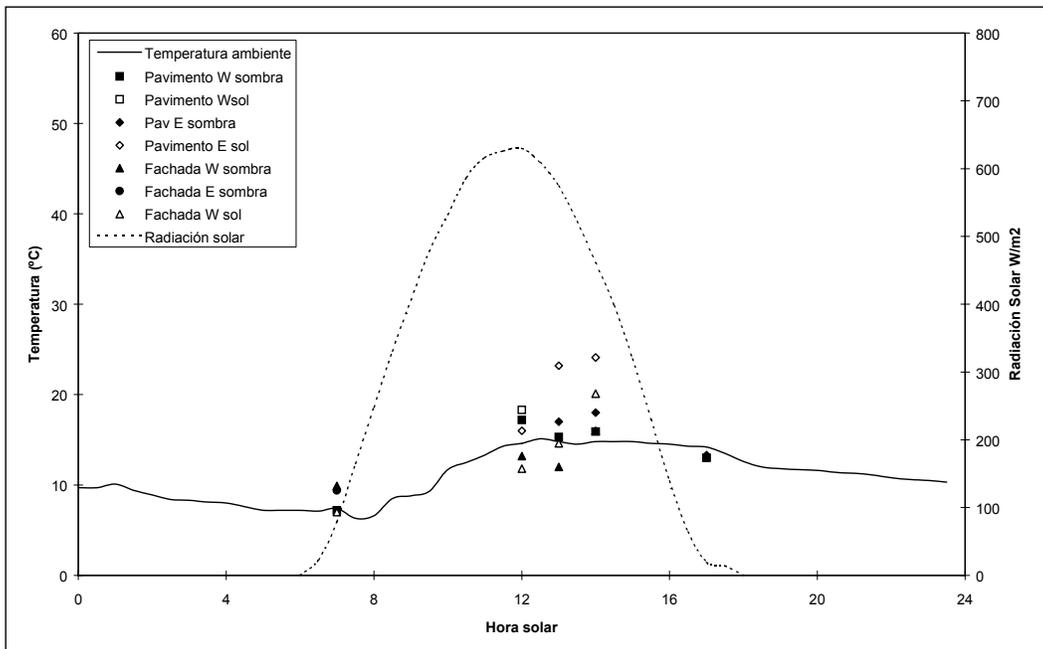
Todo lo anterior influye en las temperaturas de las diversas superficies, que como se puede ver en la gráfica, las diferencias con la temperatura ambiente son menores, y por lo tanto habrá una temperatura media radiante menor.



Figura 4.74 Vista de la calle en invierno.



Gráfica 4.11 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en verano.



Gráfica 4.12 Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en invierno.

4.4.3 DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS.

El análisis de estos casos, ha ayudado a comprender, verificar, incluso a descubrir, como los distintos aspectos del sistema (ubicación, forma, límites) y sobre todo la vegetación, pueden llegar a cambiar las condiciones ambientales en un radio de acción muy pequeño, tanto en sentido vertical como horizontal, entre lugares que pudieran parecer similares. De lo anterior se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1) Se encontraron cuatro tipos de elementos vegetales dentro de los espacios exteriores urbanos: arbolado en línea, arbolado en grupo, pérgola y cobertura vegetal.

2) Los efectos más notables del arbolado ya sea en línea o en grupo y de la pérgola, son la obstrucción de la radiación solar directa.

3) Al conservarse prácticamente a temperatura ambiente, los elementos vegetales constituyen un elemento sombreador ideal, ya que como no se calientan con el sol, hacen el papel de un cielo raso “frío”, por lo tanto no contribuyen a aumentar la temperatura radiante.

4) El arbolado resultó ser mejor elemento sombreador que la pérgola, además de producir más sombra se calienta menos. Lo anterior se debe a que en comparación con la pérgola, la superficie total de las hojas de los árboles es mucho mayor que la superficie de su silueta ocupando además un mayor volumen de aire.

5) La vegetación caducifolia es una herramienta útil en el control climático, ya que permite el soleamiento en invierno mientras que proporciona sombra en verano. Pero hay que tener en cuenta las ramas, ya que como se observó en algunos casos, constituyen una obstrucción hasta del 50% en ramajes muy densos. Esto incluye a todos los elementos.

6) Las coberturas vegetales absorben la radiación solar sin calentarse, ya que utilizan gran parte de la energía solar para sus funciones metabólicas, un pequeño porcentaje es reflejado y otro se almacena en el substrato. Cuando la superficie está debidamente irrigada, gran parte de este calor almacenado se puede disipar por enfriamiento evaporativo. Dado lo anterior la cobertura vegetal evita las reflexiones de rayos solares, las emisiones de radiación de onda larga y el calentamiento del aire por convección.

7) El viento en entornos urbanos está más influido por la forma, dirección y densidad de la trama que por la vegetación, sin embargo en plazas ajardinadas los elementos vegetales pueden disponerse de tal manera que desvíen o encaucen el viento convenientemente.

8) Las especies perennifolias pueden funcionar tanto como elementos de sombra y como pantallas deflectoras del viento, pero teniendo en cuenta que mantienen su follaje durante todo el año, pueden tener también efectos negativos, al desviar los vientos necesarios en verano o proyectar sombras innecesarias en invierno, por lo que habría que estudiar cuidadosamente su ubicación desde un principio.

4.5 RESUMEN DEL CAPÍTULO.

En la primera parte del capítulo se desarrolló un proceso de análisis cualitativo de los sistemas urbanos básicos. El método parte de que la Trama Urbana es un sistema complejo, que incluye aspectos combinados de energía y masa en su balance final, esta complejidad se debe a que está constituido por una serie de subsistemas, de características físicas y funcionales muy diferentes entre sí, que estarán generando diversos microclimas.

El Sistema Trama Urbana - Vegetación, se ha dividido en dos subsistemas básicos que son: el Sistema Plaza - Vegetación y el Sistema Calle - Vegetación.

Con el fin de estudiar cada subsistema urbano y su microclima, hemos estructurado un método donde los datos de entrada son los parámetros climatológicos a escala local y los de salida los parámetros microclimáticos.

Una vez definido si el sistema que se va a analizar es una plaza o una calle, se estudian los cuatro temas de análisis, que nos indican la configuración general de éste, que son: ubicación, forma, límites espaciales y componentes vegetales del sistema.

A su vez cada uno de estos temas se define mediante diversos aspectos, que dependen de la tipología de cada sistema. Cada aspecto considera una serie de características físicas y formales que se valoran cualitativamente para generar los parámetros del sistema, los que servirán de base para hacer la evaluación cualitativa que se estudiará en el siguiente capítulo.

En la segunda parte del capítulo se han analizado 6 casos de estudio: 3 plazas ajardinadas y 3 calles, todas con una configuración espacial diferente y diversos elementos vegetales

Cada sistema se analizó tomando en cuenta los temas y aspectos de diseño mencionados anteriormente.

Finalmente se hizo un análisis microclimático, donde se tomaron mediciones y observaciones de los principales parámetros climáticos y físicos de cada caso.

De este análisis se obtuvieron la siguientes conclusiones:

- La vegetación modifica la radiación de diferentes maneras, por un lado obstruye, absorbe y refleja la radiación solar, por otro al no calentarse ni la vegetación ni las superficies ni los objetos sombreados o recubiertos por ésta, disminuye la temperatura radiante del sistema, principal factor de la sensación de confort en los espacios exteriores.
- El viento también es modificado por los elementos vegetales, aunque puede estar más influido por la trama circundante y por los límites, que por la vegetación. Sin embargo es posible desviar y encauzar el viento con elementos vegetales una vez dentro del sistema.
- Hay que tomar en cuenta que existen especies caducifolias y perennifolias, las primeras pierden su follaje en invierno y las segundas lo conservan todo el año, lo que puede tener efectos positivos en una época y negativos en otra. Por ejemplo que el mismo elemento que da sombra en verano, impida el soleamiento en invierno.

4.6 BIBLIOGRAFÍA.

- Cornoldi, A., Los, S. "**Hábitat y energía**", Colección Tecnología y Arquitectura, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1982.
- Izard, J. L., Guyot, A. "**Arquitectura bioclimática**" Colección Tecnología y Arquitectura, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1980.
- Mascaró, L. R. "**Ambiência urbana = Urban enviroment**". Sagra-D. C. Luzzatto, Porto Alegre, 1996.
- Mazria, E. "**The passive solar energy book, a complete guide to passive solar home, greenhouse and building design**", Rodale Press, Emaus, Estado Unidos, 1979.
- Olgay, V. "**Design with climate**", Princeton University Press, Princeton, 1973.
- Oke, T. R. "**Boundary layer climates**". 2ª ed. Routledge, London, 1990.
- Robinette, G. O. "**Landscape Planning for Energy Conservation**". Van Nostrand Reinhold Co. New York, 1983.
- Serra F., R. "**Clima lugar y Arquitectura, manual de diseño bioclimático**", edita CIEMAT, Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 1989.
- Serra F., R. "**Arquitectura y energía natural**". Edicions UPC, Barcelona, 1995.

4.7 REFERENCIAS

- 1 Krier, R. **“El Espacio Urbano”**. Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1981.
- 2 Krier, R. op. cit.
- 3 Meroney, R. N. **“Turbulent diffisión near buldings”**, en E. Plate (editor), *Engineering Meteorology*. Elsevier Science Pub. Amsterdam, 1982.
- 4 Hosker Jr., R. P. **“Flow arround isolated structures and building clusters”**. ASHRAE Transactions, 91 (2b) Feb. 1985.
- 5 Oke, T.R. **“Street Design and Urban Canopy Layer Climate”** Energy and Buildings, 11 (1988), 103-113. Elsevier Sequoia, The Netherlands.
- 6 Oke (1988), op. cit.
- 7 Yannas, S. **“Solar Energy and Housing Design, Vol. 1”**. Architectural Association Publications, Londres, 1994.