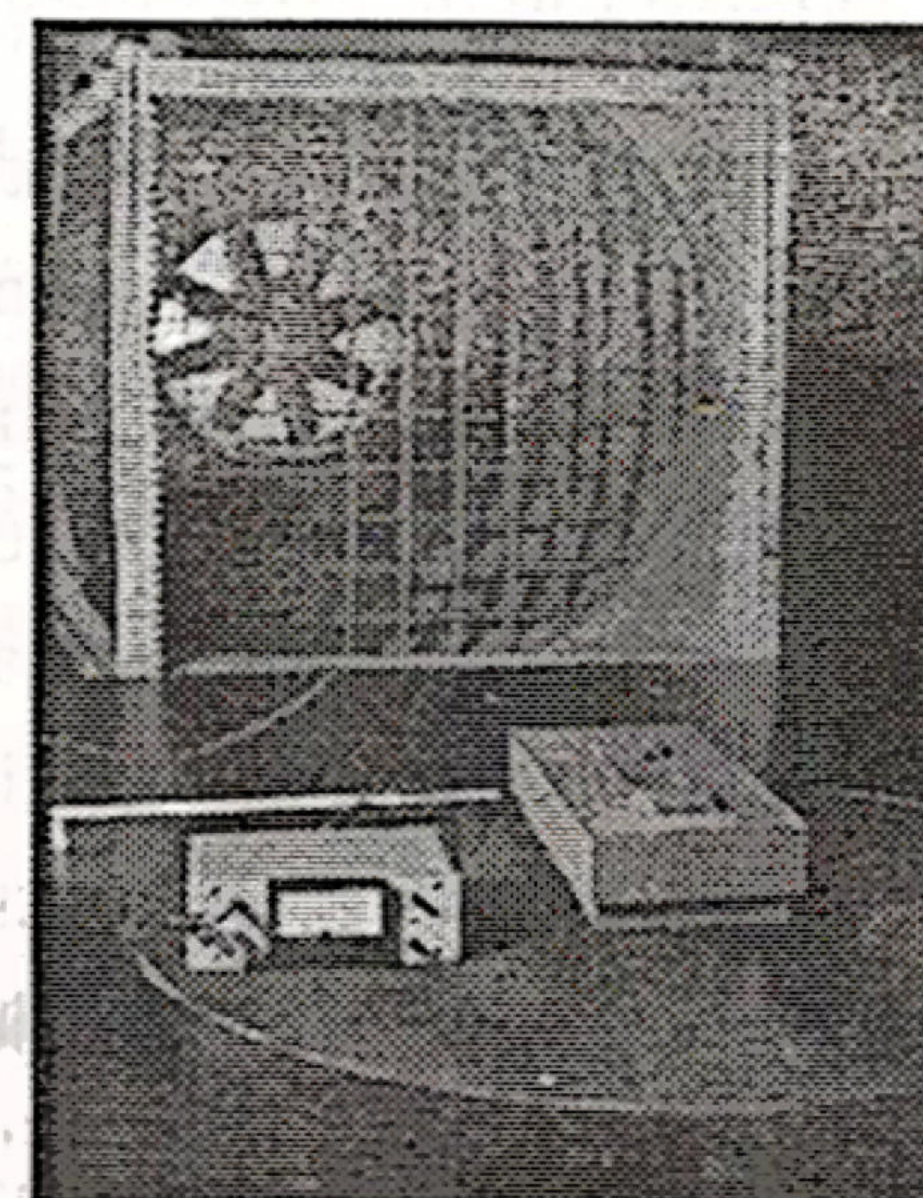
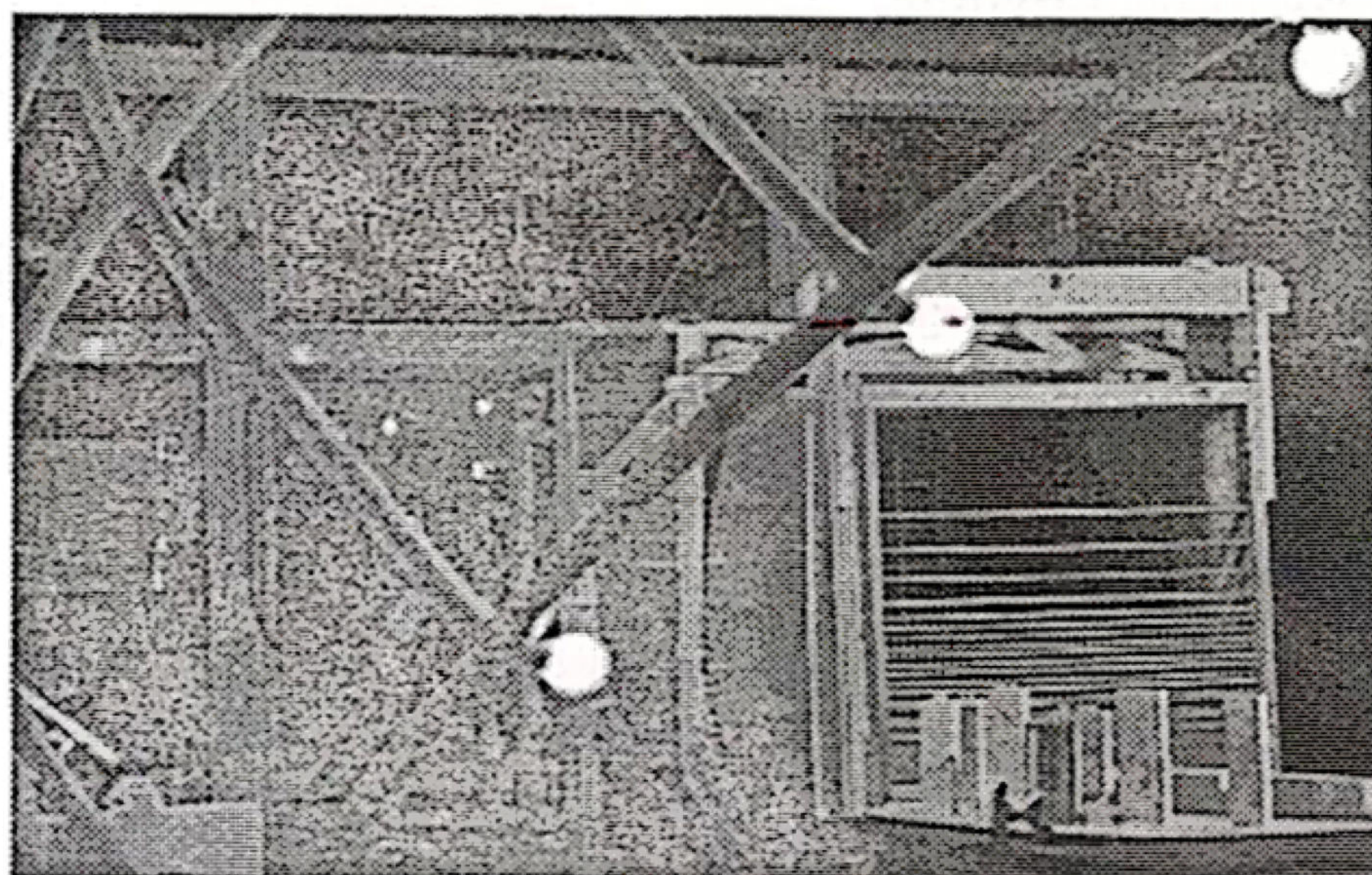


Capítulo 2

Impacto del viento en el diseño urbano

Analía Fernández y Silvia de Schiller



Introducción

Altos índices de contaminación ambiental, ruidos excesivos, polución, suciedad y efluentes industriales peligrosos son algunos de los problemas que invaden a las concentraciones urbanas en todas sus escalas y tamaños. La explosión demográfica y la consecuente densificación y crecimiento en altura de la masa edificada acentúan progresivamente las condiciones de insalubridad y el deterioro de la calidad de vida en la ciudad, generando espacios donde los reducidos niveles de ventilación y asoleamiento poco tienen que ver con las normas de habitabilidad y los códigos vigentes. Asimismo, el impacto descontrolado del sol y del viento en la ciudad son también factores que condicionan la calidad ambiental, produciendo alteraciones en la salud de los habitantes y el constante deterioro de los materiales empleados en la construcción de los edificios.

La calidad ambiental del hábitat construido, modificada en forma constante por la interacción de los fenómenos naturales que inciden en forma e intensidad diversa en cada región del país, depende fundamentalmente de la extensión y naturaleza del área edificada. La densidad y orientación de la trama urbana, la forma de los edificios, la existencia de espacios verdes y de forestación en las calles, dan lugar a la creación de diferentes microclimas urbanos.

Por ejemplo, en algunos sectores de la ciudad, el viento puede alcanzar aceleraciones notables, producto de la implantación de edificios de gran altura en entornos de densidad baja o media, especialmente donde los códigos de ordenamiento urbano han sufrido sucesivas modificaciones a través del tiempo, desajustando criterios urbanos establecidos con anterioridad. Sin embargo, los problemas de viento y asoleamiento resultan inaceptables cuando surgen a consecuencia de nuevos planteos urbanísticos que desatienden el impacto de los factores determinantes del clima, condicionando los niveles de confort térmico dentro y fuera de los edificios.

El diseño de espacios urbanos, la relación entre altura, forma y distancia de los bordes y el uso de la vegetación son factores que determinan los distintos niveles de habitabilidad en los espacios exteriores y su aptitud para el desarrollo de diferentes actividades. Es fundamental que tanto los arquitectos como los planificadores urbanos tomen conciencia de estos problemas e incorporen en sus proyectos y en las normativas edilicias los medios necesarios para implementar soluciones alternativas que mejoren las condiciones de habitabilidad en la ciudad.

Viento y ciudad

Los problemas de estabilidad de las estructuras bajo los efectos mecánicos del viento, ruidos provocados por la vibración de ciertos objetos, rotura de vidrios, techos arrancados, árboles caídos, polvo transportado y acumulación de basura en rincones, son algunas de las manifestaciones visibles del viento en el ambiente

exterior que contribuyen notoriamente al deterioro de la vida ciudadana. A estas manifestaciones se suman las pérdidas de calor por infiltraciones de aire en aberturas, los deficientes niveles de ventilación de los locales habitables y los problemas de discomfort ocasionados en espacios exteriores debido al impacto del viento.

Este fenómeno natural se genera a escala macro o mundial por la diferencia de presiones producida por el desigual calentamiento de la tierra desde el Ecuador hacia los Polos por incidencia de la radiación solar, las diferentes temperaturas existentes entre masas terrestres y oceánicas, y por el movimiento de rotación de la tierra sobre su eje. Además, estas masas de aire se desplazan sobre la superficie terrestre modificando su dirección, sentido e intensidad según la rugosidad del suelo.

Desde el punto de vista del quehacer profesional en el campo arquitectónico y urbanístico, el nivel más interesante del comportamiento del viento es el que corresponde a una franja de decenas de metros de altura, próxima a la superficie terrestre. En esta zona, el viento es frenado por diferentes obstáculos dando lugar al fenómeno de fricción superficial que, sumado al calentamiento por radiación solar de los volúmenes contruidos, genera aceleraciones y turbulencias en los espacios exteriores (Figura 13).

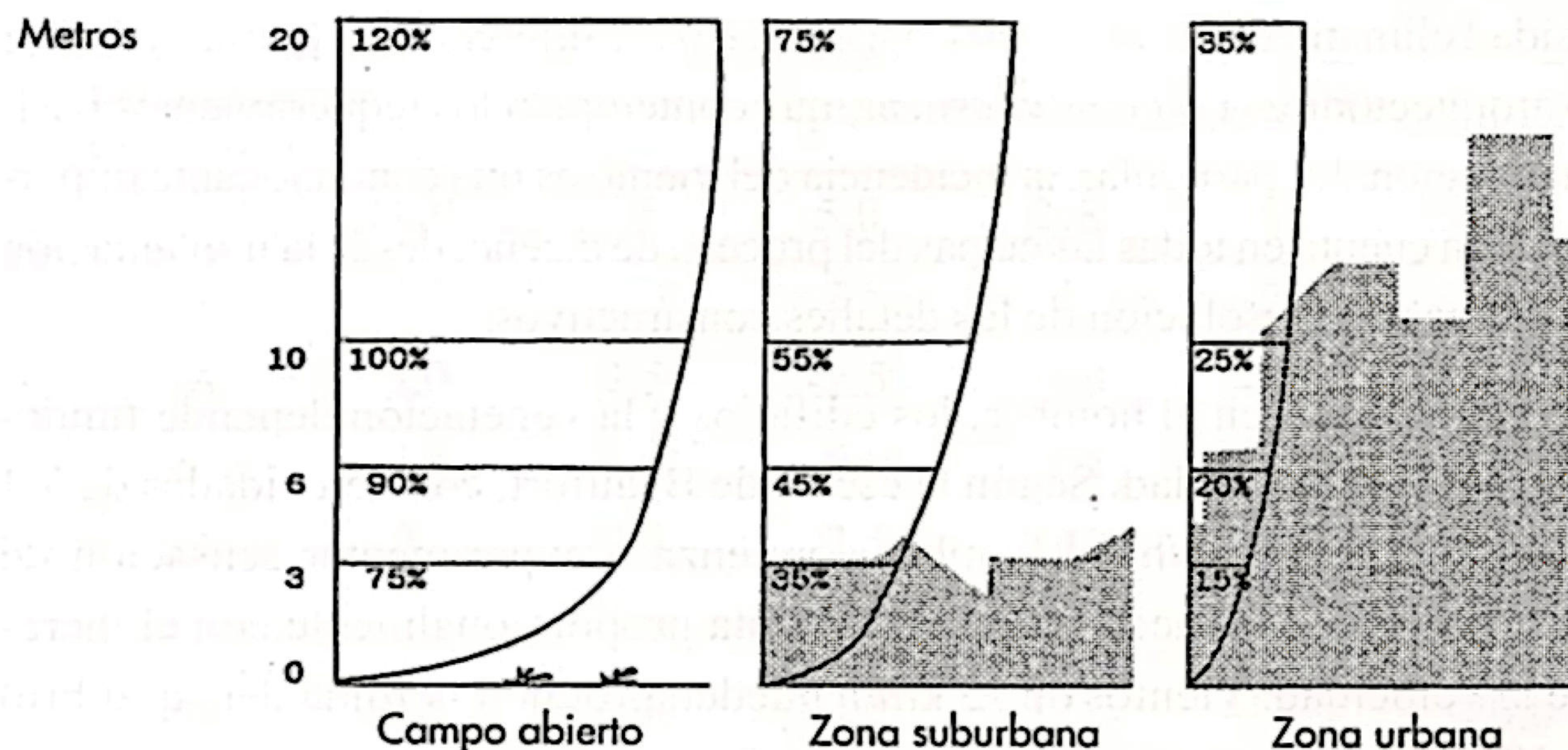


Figura 13: Variación de la velocidad media del viento para tres tipos diferentes de ambiente, en función de la altura y rugosidad del suelo, según Davenport (1969).

En zonas urbanas, la velocidad del viento disminuye notablemente si la comparamos con los datos de la estación meteorológica más cercana. En estas zonas también intervienen factores naturales como la topografía, la vegetación y los espejos de agua que modifican las características del viento determinando el clima local, limitado por un área de algunos kilómetros de diámetro. En cambio, el microclima urbano pertenece a una escala menor, localizándose en agrupamientos edilicios o entornos de edificios, plazas u otros elementos del paisaje urbano. En esta área, de pocos metros de diámetro, pueden producirse importantes modificaciones ambientales debido a la intervención de diversos factores que regulan o acentúan los problemas de confort térmico en los espacios exteriores, particularmente si se trata de climas con características extremas.

Viento y clima

Las características del clima, tales como temperatura, humedad, precipitación y viento, determinan las estrategias de protección de vientos o aprovechamiento del movimiento de aire, según los distintos condicionantes ambientales, para lograr confort.

La diversidad climática de la República Argentina exige diferentes respuestas de diseño, tanto arquitectónicas como urbanísticas, que contemplen los requerimientos básicos de cada región. En particular, la incidencia del viento es una condicionante importante a tener en cuenta en todas las etapas del proceso de diseño, desde la implantación en el terreno hasta la resolución de los detalles constructivos.

El impacto del viento en el hombre, los edificios y la vegetación depende fundamentalmente de su velocidad. Según la escala de Beaufort, con velocidades de 3,4 a 5,4 m/seg (12 a 20 km/h) el hombre comienza a experimentar sensación de discomfort por su efecto mecánico, que aumenta proporcionalmente con el incremento de la velocidad. Vientos de 75 km/h pueden producir pérdida del equilibrio (Olgyay 1963).

Además de las molestias que genera la acción mecánica del viento, el hombre experimenta el efecto térmico que producen las distintas velocidades del aire. Por ejemplo, con temperaturas inferiores a los 10 °C, las personas sufren importantes sensaciones de discomfort térmico por el efecto de enfriamiento por convección forzada que causa la acción del viento. La sensación térmica percibida es proporcional a la velocidad del viento (Tabla 1). Por lo tanto, sería deseable que en el diseño de nuevos sectores urbanos en climas fríos y ventosos se prevean estrategias de protección de viento a escala urbana y edilicia, con espacios reparados del viento. Es importante que estas estrategias se complementen y compatibilicen simultáneamente con el aprovechamiento del asoleamiento invernal, según la intensidad de la radiación solar de cada lugar.

En climas con temperaturas elevadas, un cierto caudal de aire en los espacios interiores evita el aumento excesivo de la temperatura interior debido al impacto de la radiación solar transmitida a través de la envolvente. Si además se cuenta con altos porcentajes de humedad, el efecto directo del flujo de aire sobre el cuerpo humano acelera las pérdidas de calor por convección y por evaporación reduciendo las molestias de la transpiración.

Velocidad de viento km/h	Temperatura del aire en °C						
	10,0	7,5	5,0	2,5	0	-2,5	-5,0
8	7,5	5,0	2,5	0	-2,5	-5,0	-7,5
16	5,0	2,5	-2,5	-5,0	-7,5	-10,0	-12,5
24	2,5	0,0	-5,0	-7,5	-10,0	-12,5	-17,5
32	0	-2,5	-7,5	-10,0	-12,5	-17,5	-22,5
40	0	-5,0	-7,5	-10,0	-15,0	-17,5	-22,5
48	-2,5	-5,0	-10,0	-12,5	-17,5	-20,0	-25,0

Tabla 1: Sensación térmica por efecto de enfriamiento producido por el viento en un rango de temperaturas de -5 °C a 10 °C (SMN 1985).

El efecto de refrescamiento del movimiento de aire depende de la humedad del aire, tipo de ropa usada y nivel de actividad física de las personas. Por ejemplo, en el interior de los edificios, una velocidad de aire inferior a 0,1 m/seg puede producir sensación de encierro (Olgyay 1963).

Los valores perceptibles por el hombre superan los 0,25 m/seg, lográndose un efecto de enfriamiento de 1,3 °C con temperaturas de 20 °C. En las mismas condiciones de temperatura y humedad, si se incrementa la velocidad del viento a 1 m/seg, el efecto de enfriamiento percibido es de 4,5 °C (Tabla 2). Así, tanto el caudal de aire como la velocidad son dos condiciones importantes para producir sensación de refrescamiento en climas cálidos y húmedos.

Viento m/seg	Impacto en el hombre	Temperatura del aire			
		15	20	25	30
		Efecto enfriamiento °C			
<0,1	Puede producir sensación de encierro.	0	0	0	0
0,25	Movimiento indicado por humo. Enfriamiento perceptible con bajas temperaturas.	2,0	1,3	0,8	0,5
0,5	Sensación de frescura a temperaturas confortables. Frío con temperaturas bajas.	4,0	2,7	1,7	1,0
1,0	Movimiento de papeles sueltos. Confortable con temperaturas cálidas. Máximo confort nocturno.	6,7	4,5	2,8	1,7
1,5	Excesivo para trabajo de escritorio, límite para actividad sedentaria.	8,5	5,7	3,5	2,0
2,0	Aceptable solamente en condiciones cálido-húmedas en ausencia de alivio alternativo.	10,0	6,7	4,0	2,3

Tabla 2: Efecto de enfriamiento por movimiento de aire en el interior de edificios, según Benjamin Evans (1957).

Contrariamente al caso anterior, en climas cálidos, con gran intensidad de la radiación solar y bajos porcentajes de humedad en el aire, el impacto del viento puede producir importantes niveles de discomfort debido al efecto deshidratante de la evaporación excesiva y las partículas de polvo transportadas por las masas de aire en movimiento.

En climas templados, con inviernos fríos y veranos cálidos y húmedos, el proyectista deberá compatibilizar los requerimientos de protección de vientos fríos más frecuentes en invierno con el posible aprovechamiento de brisas provenientes de espejos de agua, bosques u otros sectores que contribuyan al refrescamiento requerido en los meses de altas temperaturas. En Buenos Aires, por ejemplo, la frecuencia de los vientos provenientes de distintas direcciones es similar, resultando gráficamente en una rosa de viento regular en casi todas las orientaciones (Figura 14). En este caso, el análisis de la velocidad y de las características propias de cada una de las direcciones de viento brinda datos más indicativos acerca de los requerimientos a contemplar en este clima (Fernández y de Schiller 1993). En este sentido, el conocimiento y análisis de todas las características del clima de una región constituye una valiosa premisa de diseño en proyectos a escala urbana.

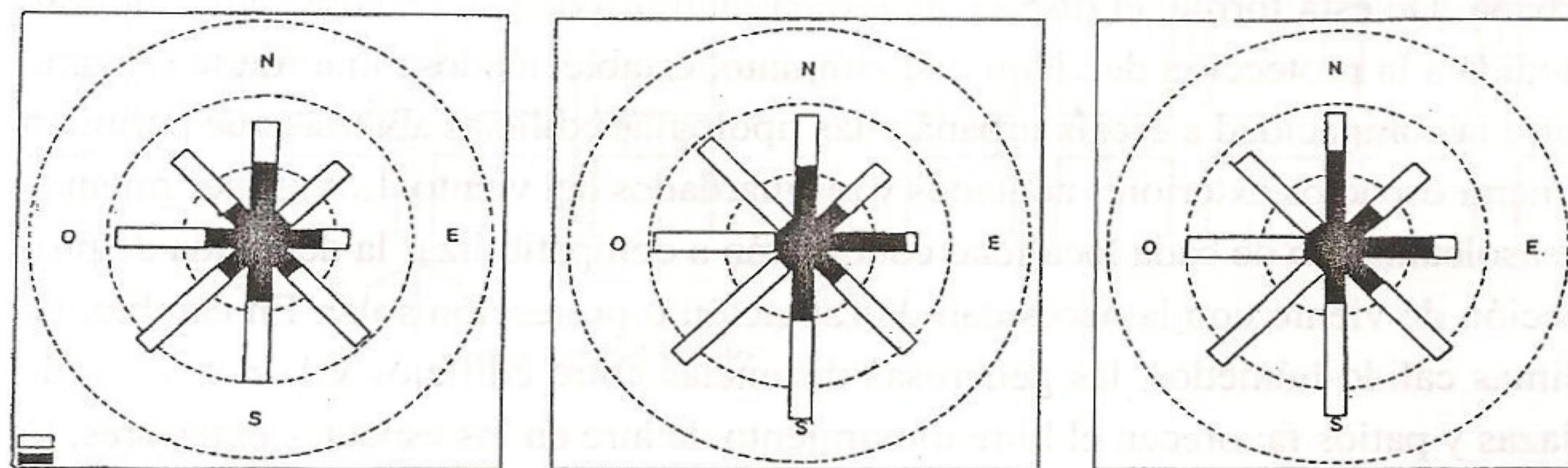


Figura 14: Rosa de viento. Frecuencia de viento en invierno, equinoccios y verano según datos de la Estación Meteorológica Observatorio Central correspondientes a la década 1971-1980 (SMN 1986).

La arquitectura de nuevos sectores urbanos puede contribuir a crear microclimas favorables al desarrollo de actividades dentro y fuera de los edificios. Además, es

importante considerar el impacto que las nuevas construcciones puedan producir en el entorno, modificando sustancialmente las condiciones de habitabilidad existentes. De esta forma, clima y hábitat construido interactúan permanentemente. El clima influye sobre los edificios y las ciudades, al tiempo que estos modifican las características climáticas de su entorno y las condiciones naturales del lugar.

Viento y forma urbana

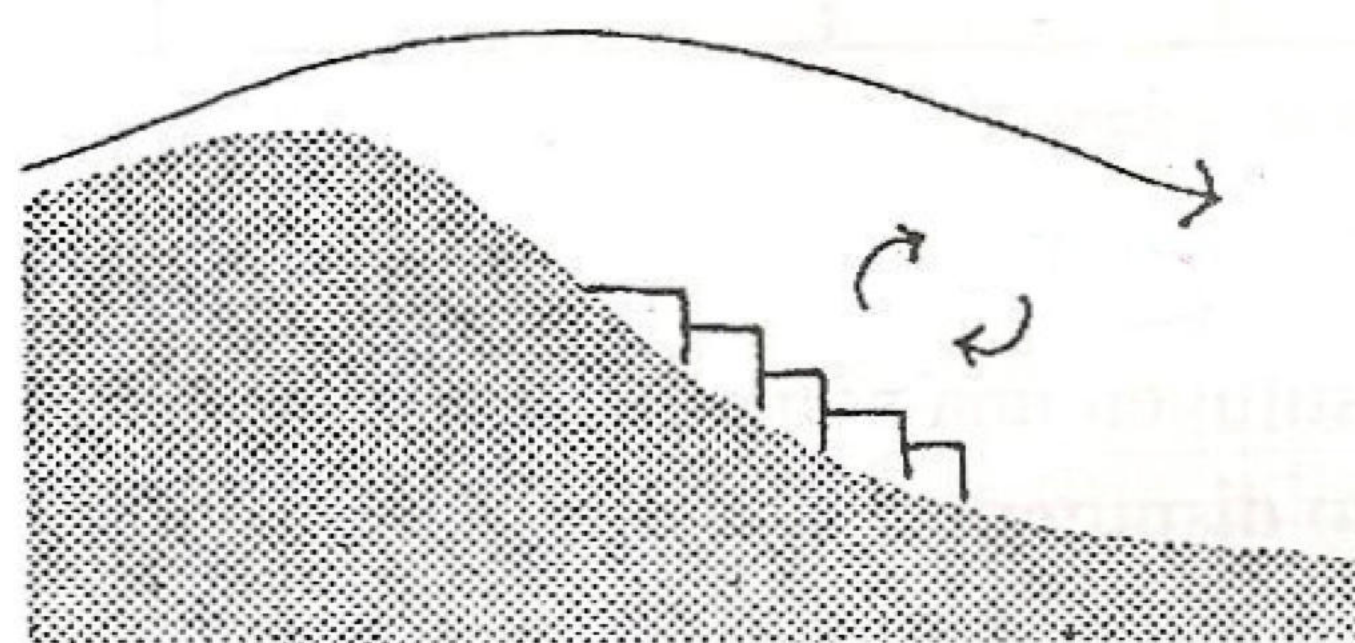
Muchos ejemplos de arquitectura vernácula muestran claramente la incidencia del clima como una de las principales condicionantes en la elección de sitios adecuados para emplazar asentamientos humanos, así como en el desarrollo espontáneo del agrupamiento y forma de la masa edificada. Cadenas de montañas, valles, colinas, grandes extensiones de agua y masas de vegetación generan diferentes alteraciones locales en las características del viento. Esta situación posibilita seleccionar el espacio adecuado para ubicar nuevas construcciones según las necesidades básicas de cada región climática.

La proporción de espacios vacíos y llenos en el diseño del agrupamiento es uno de los factores decisivos para optimizar las condiciones microclimáticas de un área urbana. De esta forma, el diseño de agrupamientos compactos contribuye en gran medida a la protección de viento del conjunto, estableciéndose una fuerte relación entre la compacidad a escala urbana y las tipologías edilicias abiertas que permiten generar espacios exteriores acotados y resguardados del viento. Los requerimientos de asoleamiento de cada localidad conducirán a compatibilizar la demanda de protección de viento con la necesidad de captación o protección solar. En cambio, en climas cálido-húmedos, las generosas distancias entre edificios y la provisión de plazas y patios favorecen el libre movimiento de aire en los espacios exteriores, lo que a su vez incide positivamente en los espacios interiores (Figura 15).

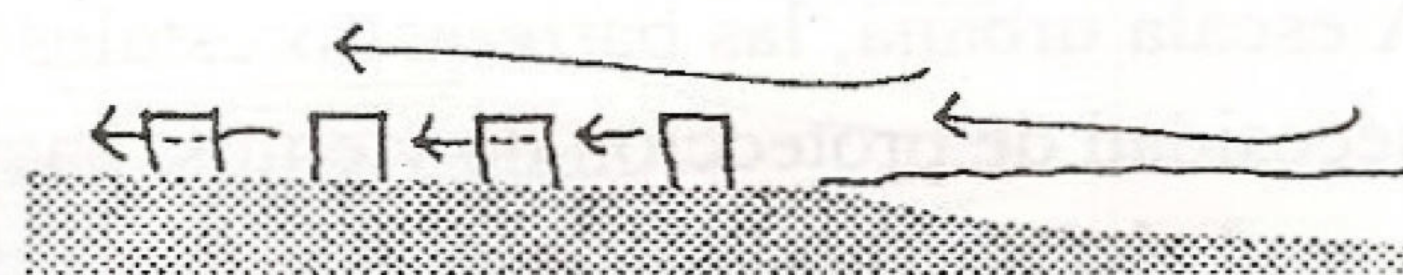
En la ciudad, el viento no puede mantener la dirección natural que tiene en los espacios, libres ya que los volúmenes edificados lo encauzan obligatoriamente en

otras direcciones generando canalizaciones, aceleraciones y turbulencias. En un clásico damero ortogonal urbano, las calles constituyen verdaderos corredores que canalizan el flujo de aire por estas vías al tiempo que se generan aceleraciones de orden diverso (Figura 16).

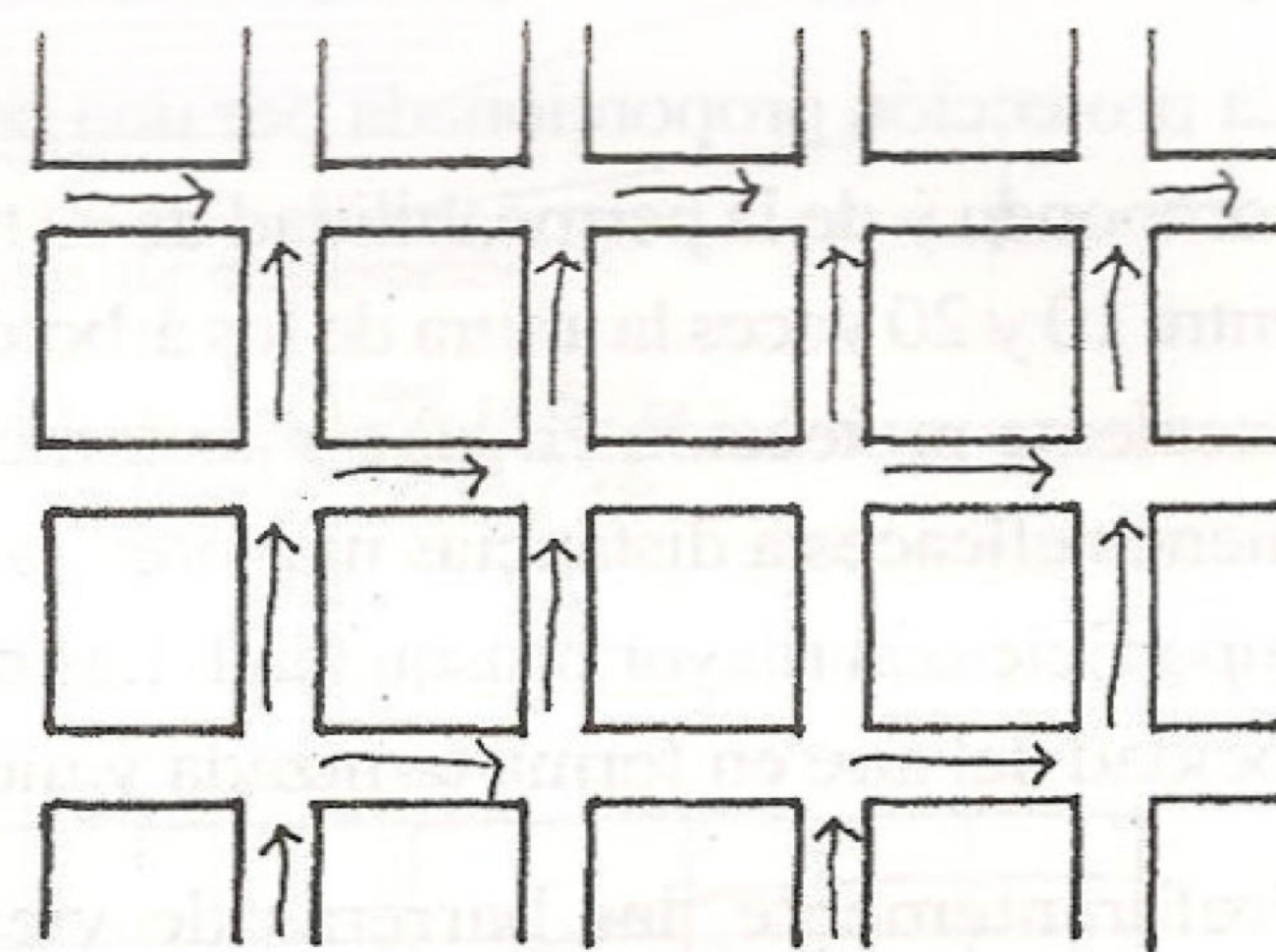
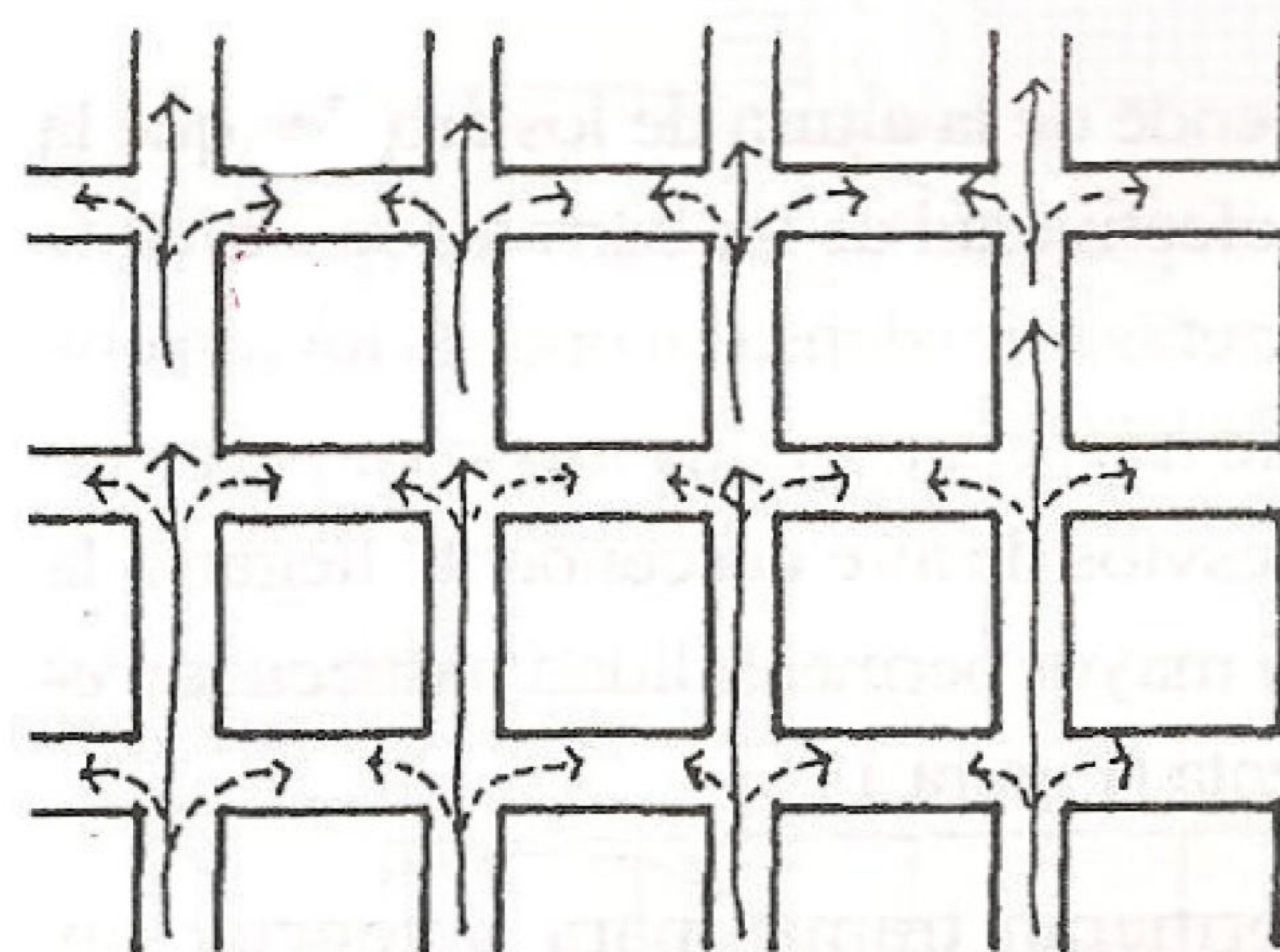
Figura 15: En climas frío-ventosos, es posible emplazar nuevos asentamientos urbanos en laderas a sotavento por sus reducidas velocidades de viento, intensa radiación solar y gran amplitud térmica. El emplazamiento de sectores urbanos en zonas próximas a grandes espejos de agua constituye una ventaja en climas cálido-húmedos, favoreciendo la captación de brisas para producir refrescamiento.



Clima frío ventoso



Clima cálido húmedo



Dirección del viento

Figura 16: Canalización del flujo de aire en calles y áreas estructuradas espaciales adquiriendo distintos efectos y velocidades según la orientación de la trama urbana (Rivero 1985).

El nivel de confort y el consumo energético de los espacios interiores depende, en gran medida, de las dimensiones, proporciones y orientación de los espacios exteriores que los limitan, constituyendo un importante factor térmico natural para la

ciudad. Los parques y amplios espacios verdes hacen que disminuya la temperatura del aire y la amplitud térmica diaria, constituyendo sitios confortables para desarrollar actividades recreativas y de esparcimiento social. La selección de especies vegetales que respondan a las condicionantes climáticas y al tipo de suelo de cada región será un valioso elemento en el diseño de la estrategia de modificación de las condiciones ambientales.

Barreras de árboles

A escala urbana, las barreras forestales constituyen una solución tradicional a la necesidad de protección de vientos, haciendo disminuir su velocidad a escala regional al aumentar la rugosidad del terreno. El uso de barreras de viento en forma sistemática y planificada en las ciudades permite reducir la velocidad promedio del viento entre un 20 y 80 por ciento.

La protección proporcionada por una barrera depende de la altura de los árboles que la componen y de la permeabilidad de su tejido. La efectividad de las barreras se extiende entre 10 y 20 veces la altura de los árboles. Las barreras muy densas u opacas logran una excelente protección en las zonas inmediatamente adyacentes a las mismas, pero son menos eficaces a distancias mayores ya que los desvíos de aire descendente llegan a la superficie con mayor brusquedad. Las barreras de mayor permeabilidad reducen la velocidad del aire en forma tamizada y menos violenta (Figura 17).

Preferentemente, las barreras de viento conformarán tramas para potenciar los efectos de protección de viento a escala urbana. La distancia entre ellas es un factor esencial ya que ello permite producir cambios en la rugosidad del suelo y en el perfil de velocidad del viento, logrando una disminución general a escala peatonal (Figura 18).

La plantación de barreras forestales en sus distintas escalas exige un desarrollo progresivo. Éstas deberán asegurar su efectividad en cada una de las etapas de

Figura 17: Protección proporcionada por una barrera forestal parcialmente permeable. La velocidad del viento disminuye entre un 25 y 60 por ciento en las zonas próximas a la barrera (Evans y de Schiller 1988).

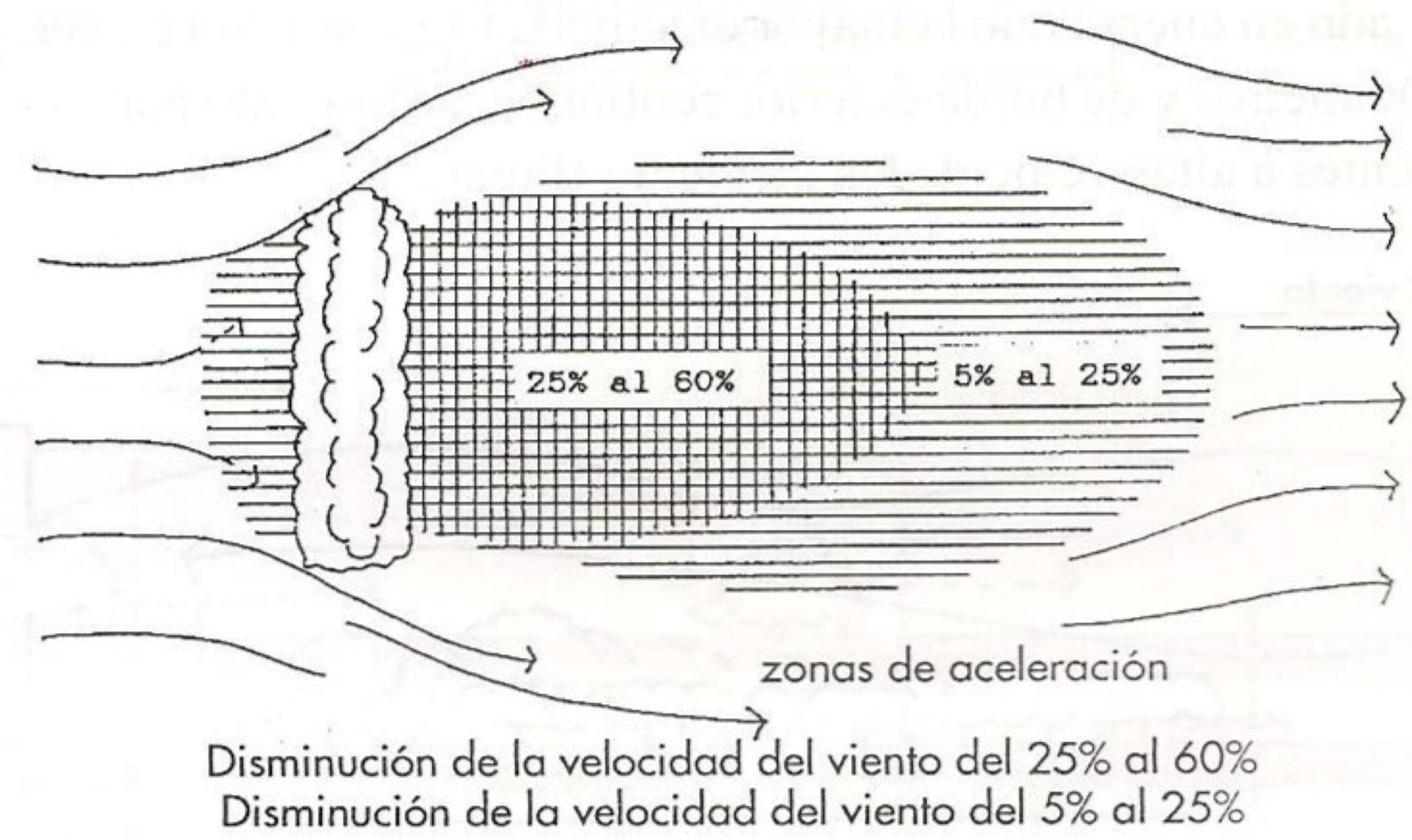
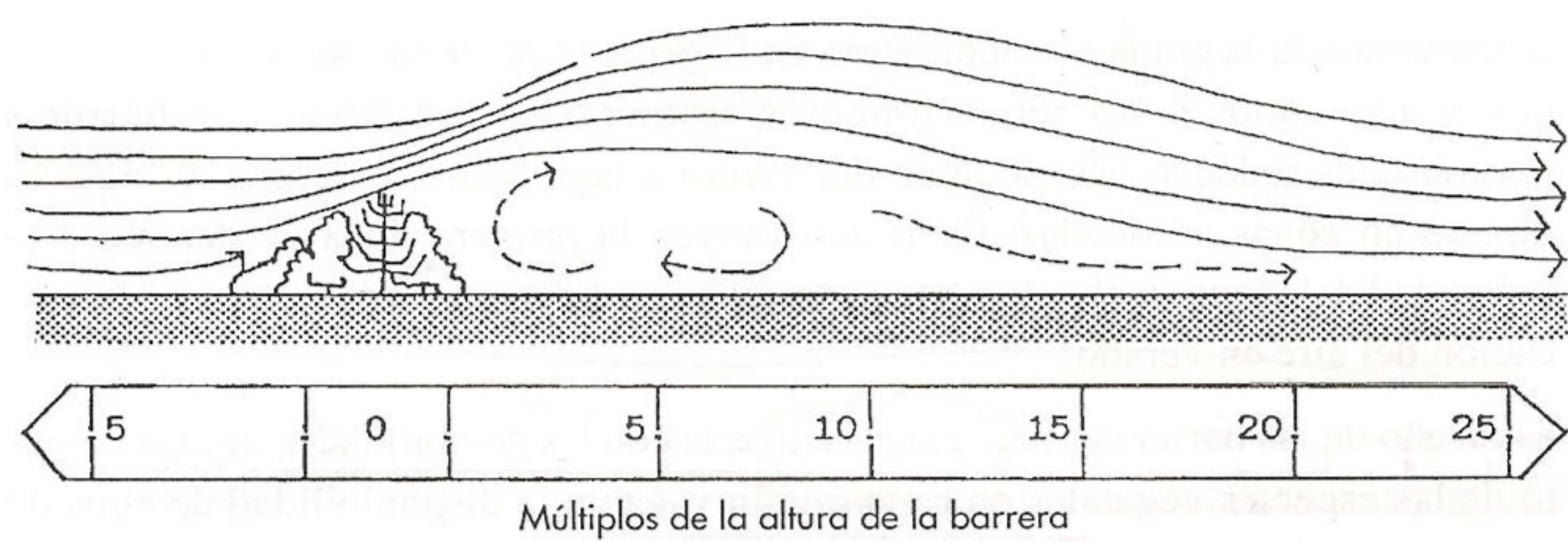
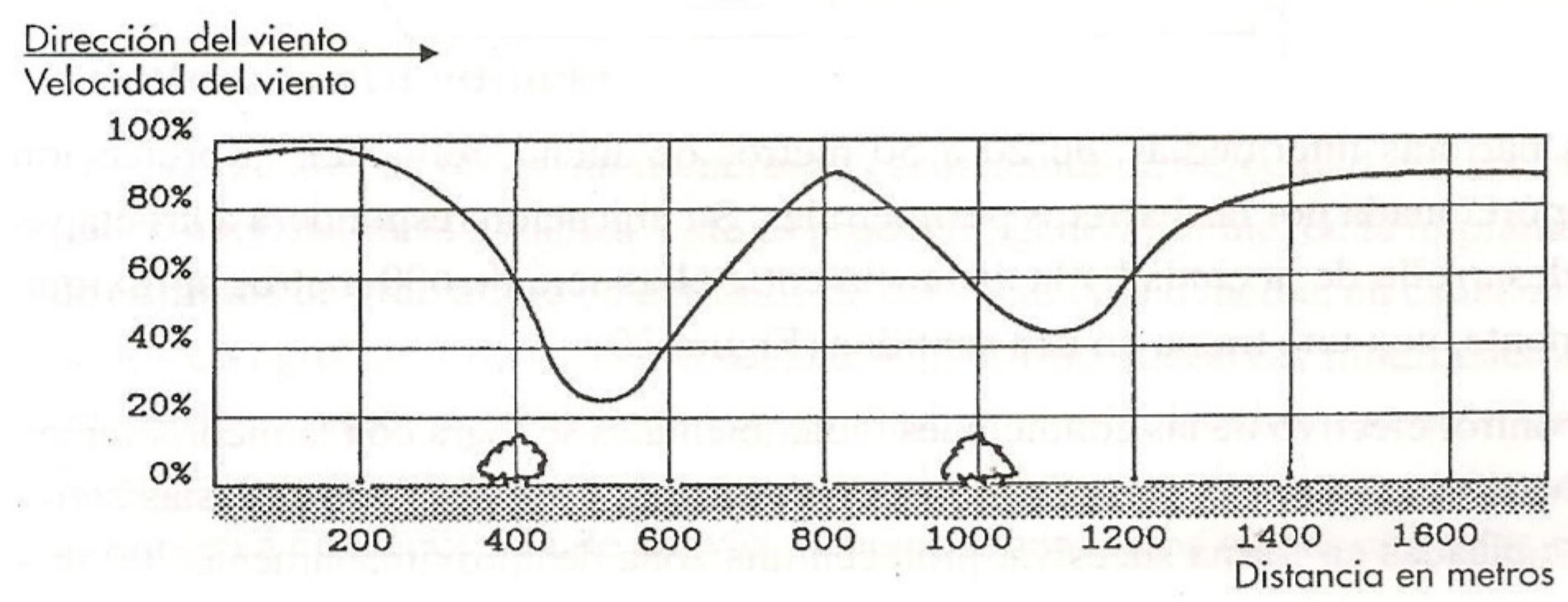


Figura 18: Con el uso de barreras sucesivas se logra modificar el gradiente de velocidades de viento, disminuyendo notablemente su impacto en los niveles próximos al suelo.



crecimiento de la ciudad, colaborando en la generación de microclimas controlados y adecuados a los requerimientos ambientales del lugar. Las barreras perimetrales reducen la velocidad del viento a baja altura, evitando el impacto directo en zonas edificadas. Éstas constituyen la primera línea de defensa a la velocidad del viento y el polvo y proporcionan un leve refrescamiento y humidificación del aire en verano.

El diseño de las barreras tiene relación directa con las posibilidades de crecimiento de las especies vegetales en cada región y según la disponibilidad de agua de riego, teniendo en cuenta que la mayor efectividad se logra con barreras de ancho mayor a 200 metros y de borde exterior continuo, conformado por especies vegetales resistentes a altas velocidades de viento (Figura 19).

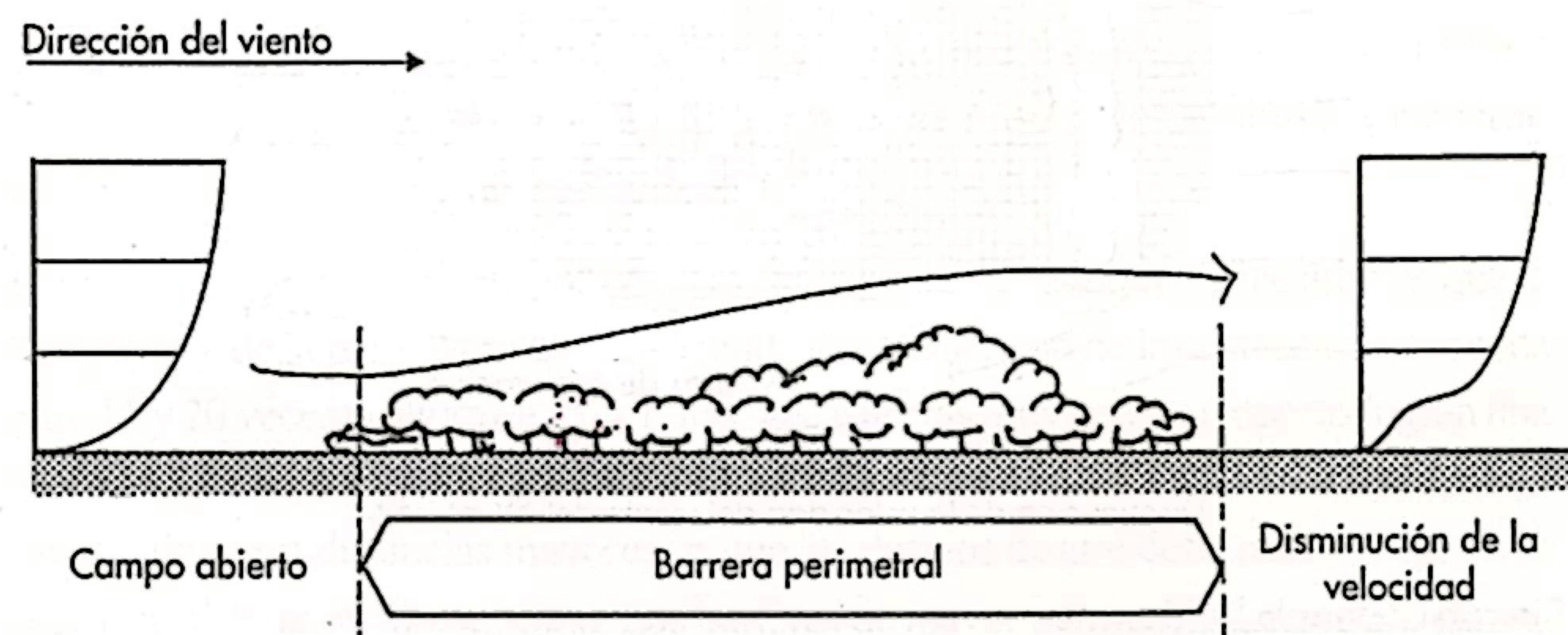


Figura 19: Modificación del perfil de velocidades de viento en sectores urbanos producto de la incorporación de barreras perimetrales (Evans y de Schiller 1988).

Las barreras intermedias, de 20 a 50 metros de ancho, refuerzan la protección proporcionada por las barreras perimetrales. Su ubicación responderá a las etapas de desarrollo de la ciudad y la distancia entre ellas será de 600 metros aproximadamente, con una trama en dos sentidos (Figura 20).

El control efectivo de las condiciones bioambientales se logra con la incorporación de barreras rompeviento dentro de la masa edificada y sus alrededores. Estas barreras, ubicadas en forma sucesiva, protegen una zona de aproximadamente 200 me-

tros, debiéndose repetir con ese intervalo para aumentar la rugosidad del terreno y modificar el perfil del viento (Figura 21).

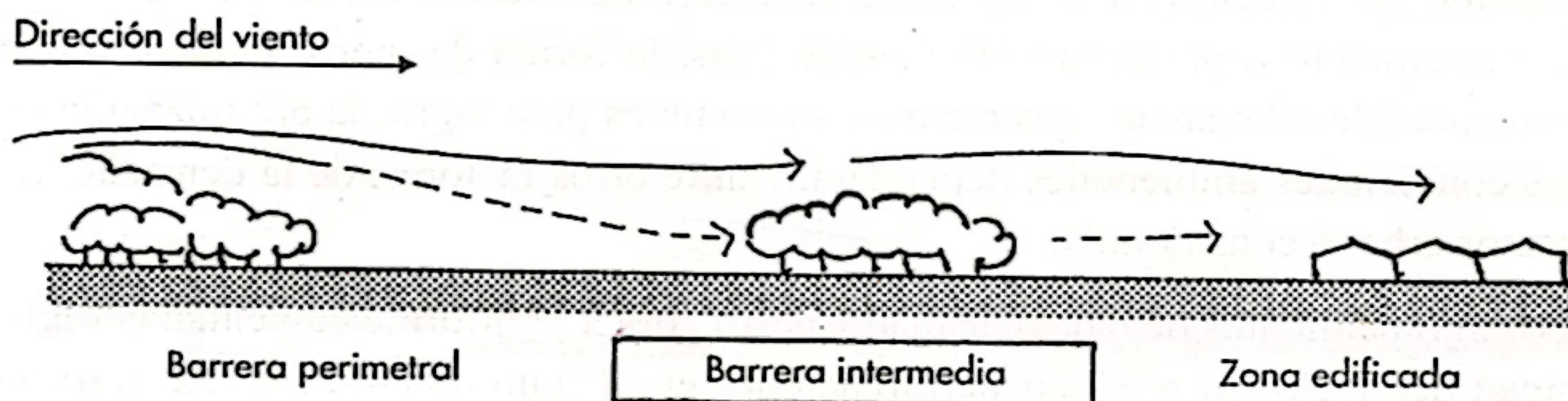


Figura 20: Ejemplo de ubicación de las barreras intermedias dentro de una configuración urbana.

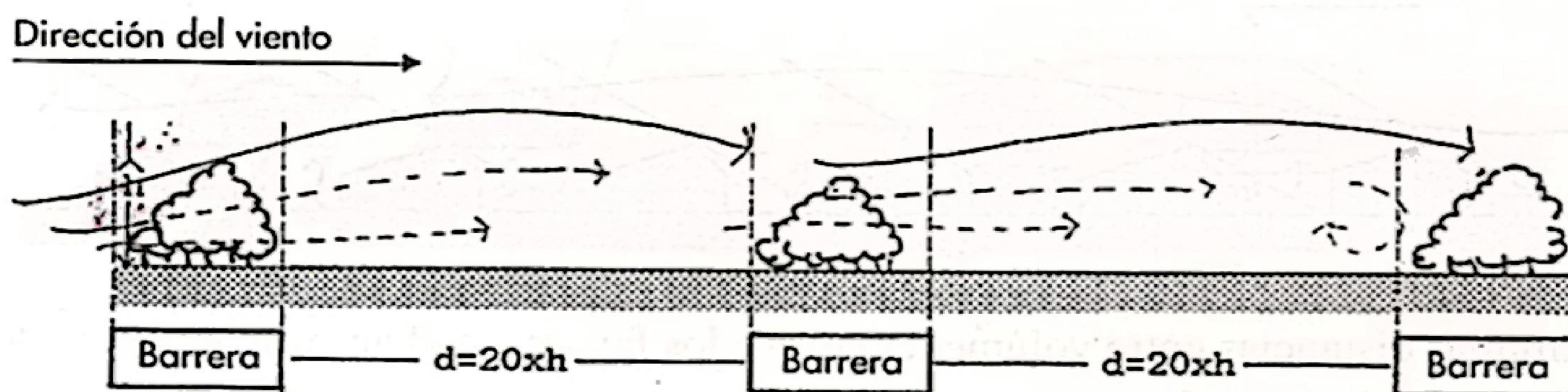


Figura 21: Distancia apropiada entre barreras rompeviento.

Viento y perfil edilicio

En las ciudades se observan numerosos casos donde la velocidad del viento adquiere aceleraciones notables. Esto es producto, generalmente, de la implantación de edificios de gran altura en entornos de densidad baja o media, en especial donde los códigos de ordenamiento urbano han sufrido sucesivas modificaciones a través del tiempo, desajustando criterios urbanos establecidos con anterioridad. Sin embargo, los problemas de viento y asoleamiento resultan inaceptables cuando surgen a consecuencia de nuevos planteos urbanísticos que desatienden el im-

pacto de los factores determinantes del clima de cada región, generando condiciones de discomfort térmico dentro y fuera de los edificios (Fernández 1995).

Cuando las características del clima requieren aprovechar brisas para producir refrescamiento o protección de vientos fríos, la forma del perfil edilicio posee considerable relevancia. Los recursos disponibles para lograr la optimización de las condiciones ambientales dependerán, entre otros factores, de la densidad del sector urbano considerado.

Los agrupamientos de baja densidad y perfil edilicio uniforme aumentan la rugosidad del suelo sin producir perturbaciones en el flujo de aire. En este caso, la distancia entre los edificios es el factor principal para definir el posible movimiento de aire en los espacios exteriores (Figura 22).

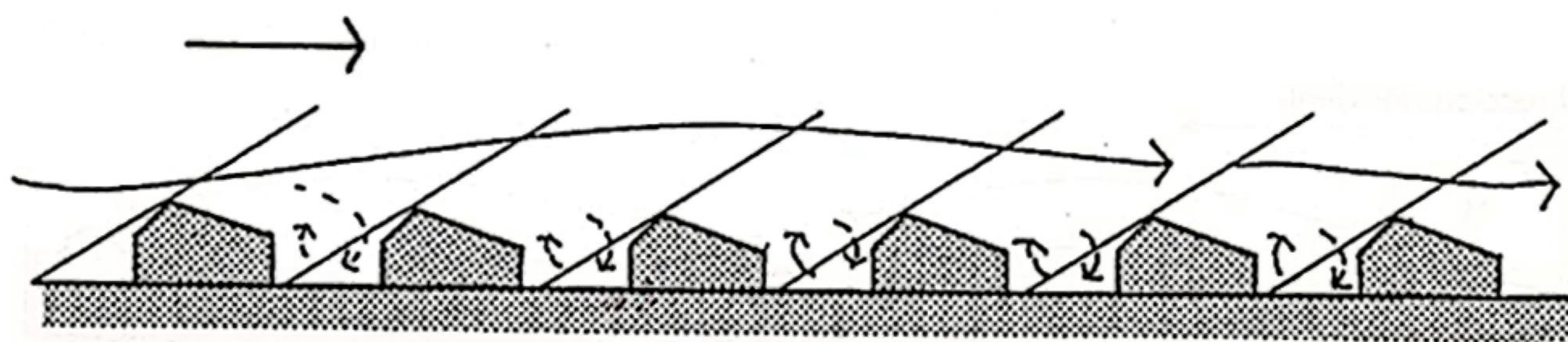


Figura 22: Protección de vientos en agrupamientos de baja densidad y perfil edilicio uniforme.

Amplias distancias entre volúmenes edificados favorecen el aprovechamiento de brisas para lograr refrescamiento natural en los edificios y en su entorno inmediato. Esta situación se potencia conformando amplios patios y plazas expuestos a los vientos predominantes (Figura 23). Otra solución alternativa para aprovechar las brisas es elevar las construcciones sobre el nivel del suelo para posibilitar el movimiento de aire a escala peatonal y reducir la zona en “sombra de viento”. Este recurso permite además incrementar la velocidad del flujo y proporcionar espacios protegidos del sol en climas con altas temperaturas (Figura 24).

Si en un perfil uniforme se incorpora un edificio de mayor altura, el ambiente eólico resultante modifica sustancialmente las características del sector urbano próximo al mismo. En los niveles más bajos se producen aceleraciones y turbu-

lencias del movimiento de aire que generan discomfort en las personas. Además, la extensión de la zona en sombra proyectada por el edificio limita las posibilidades de asoleamiento de las parcelas vecinas (Figura 25).

Figura 23:
Aprovechamiento del movimiento de aire en agrupamientos de baja densidad.

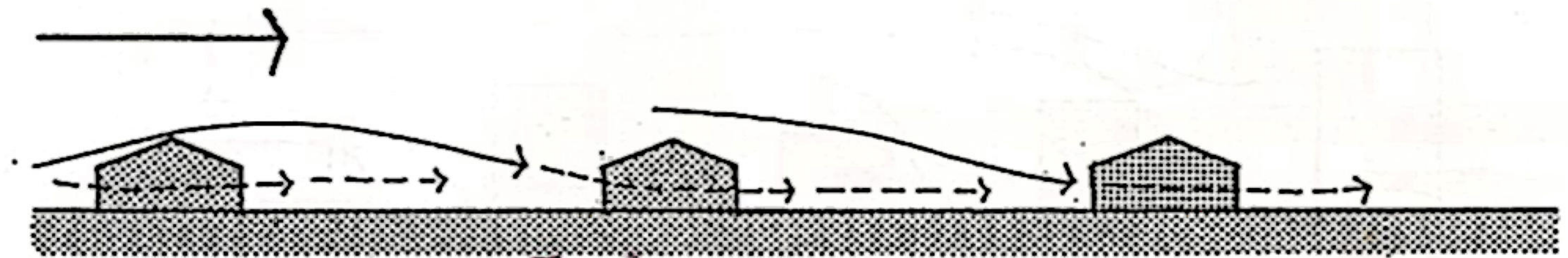


Figura 24: *Edificios elevados sobre el nivel del suelo para generar espacios protegidos del sol y favorecer el movimiento de aire.*

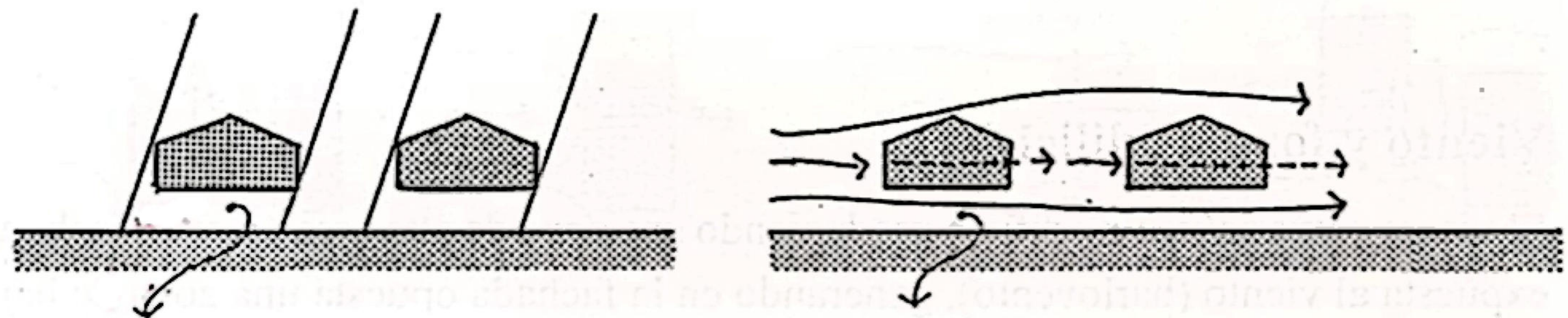
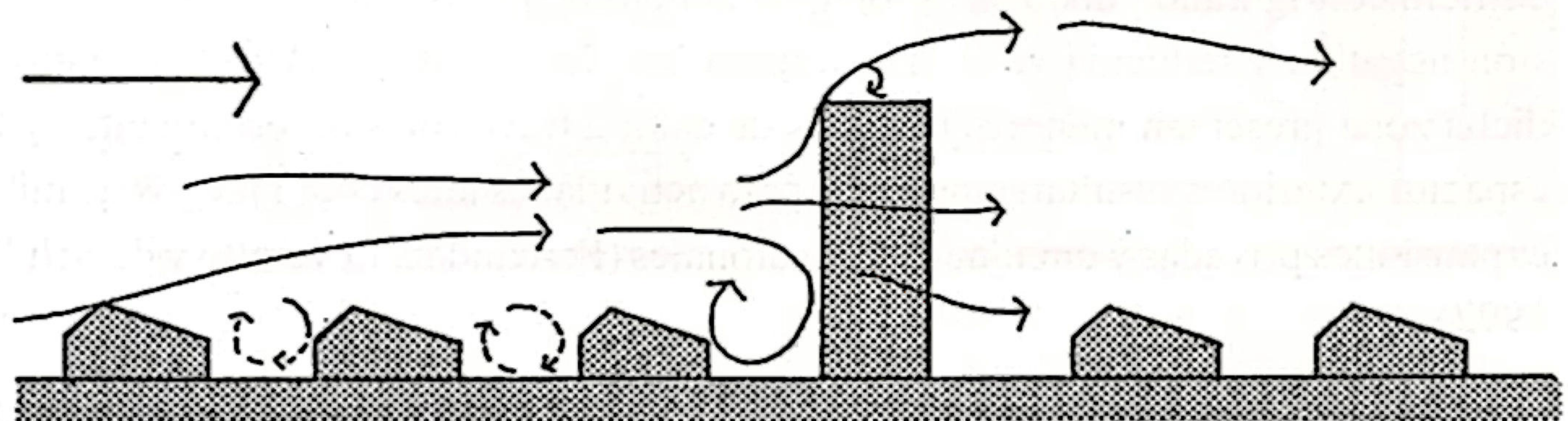


Figura 25: *Incorporación de un edificio alto en sectores urbanos de baja densidad. A escala peatonal se generan importantes problemas de viento.*



En los sectores urbanos de alta densidad, la resolución heterogénea de las alturas de la masa edificada contribuye a generar zonas de alta y baja presión que provo-

can desviaciones del flujo de aire hacia niveles más bajos, beneficiando las condiciones de habitabilidad de los espacios exteriores en climas cálidos y húmedos (Figura 26).

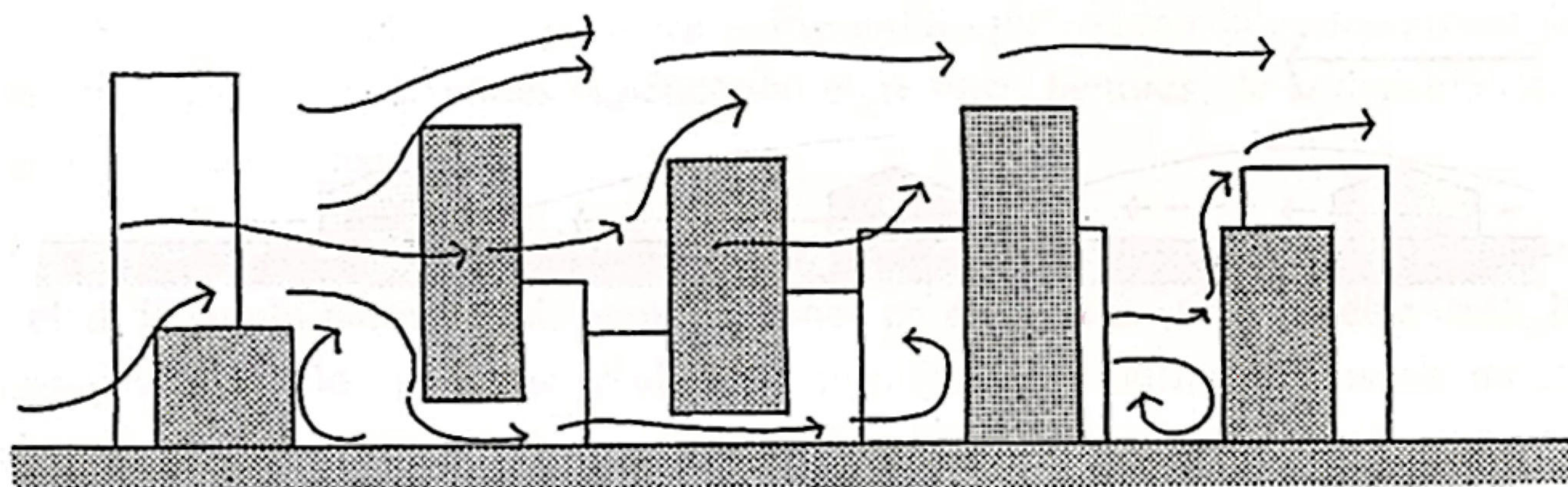


Figura 26: Sectores urbanos de alta densidad. Este recurso constituye una importante desventaja en climas frío-ventosos.

Viento y forma edilicia

El viento actúa sobre un edificio produciendo una zona de alta presión en la fachada expuesta al viento (barlovento), generando en la fachada opuesta una zona de baja presión (sotavento). El flujo de aire regresa al suelo a una distancia considerable del edificio configurando una zona protegida denominada “sombra de viento”, de presión negativa y reducida velocidad (Figura 27). Los edificios ubicados dentro de dicha zona presentan menores pérdidas de calor a través de sus cerramientos y los espacios exteriores resultarán no aptos para actividades tales como juegos de niños, expansiones privadas y circulaciones peatonales (Fernández, Leveratto y de Schiller 1992).

Los edificios altos desvían el viento hacia el nivel del suelo produciendo velocidades excesivas y condiciones desagradables en los espacios exteriores y en su entorno inmediato. El principal problema resulta de la fuerte aceleración que se produce en las esquinas y los remolinos frente al edificio, que se incrementan proporcionalmente con la altura y el largo del edificio (Figura 28).

Figura 27: Zonas de presión positiva y negativa por efecto del viento sobre los edificios. Las pérdidas de calor por infiltraciones en aventanamientos ubicados en la fachada a sotavento son sustancialmente menores con respecto a la cara opuesta.

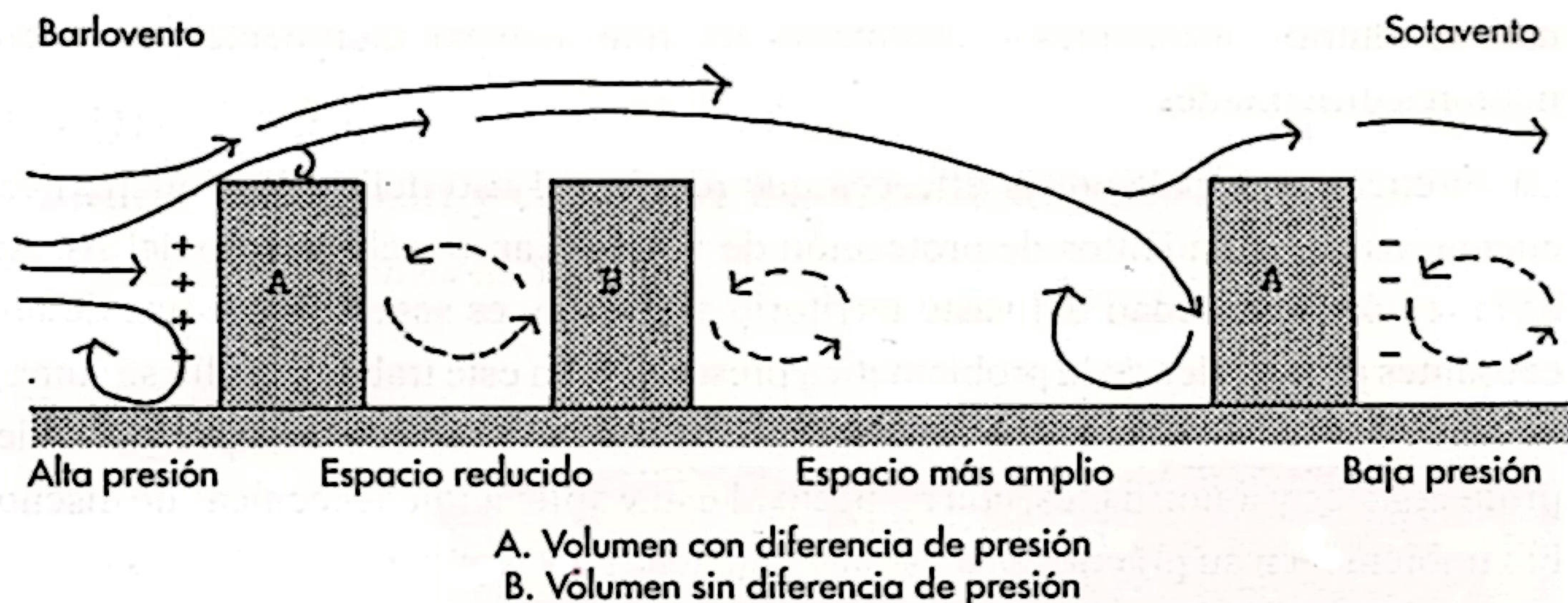
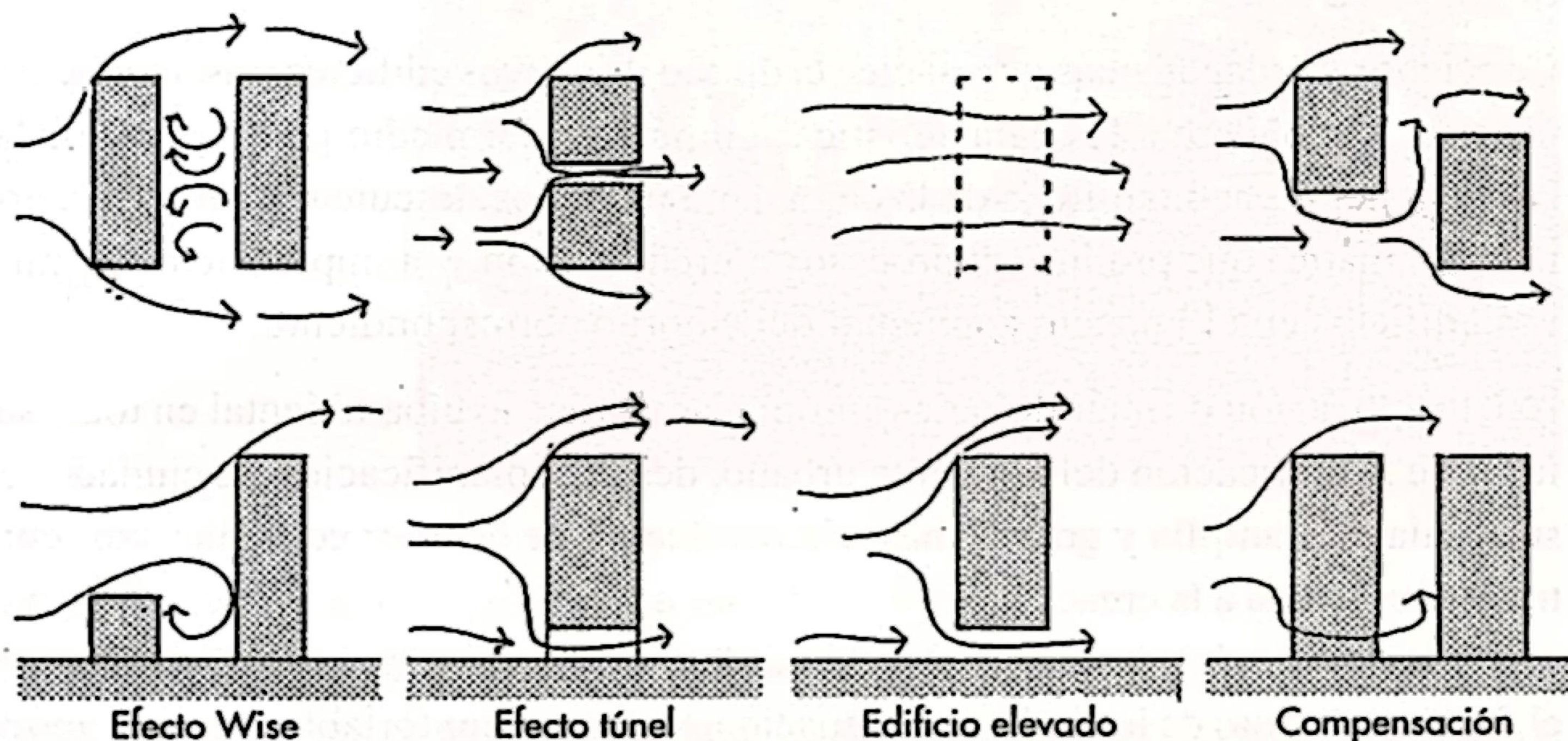


Figura 28: Efectos de movimiento de aire en edificios altos.



Reflexiones finales

El perfil urbano de numerosas ciudades de la Argentina ejemplifica claramente los problemas eólicos ocasionados por la forma urbana y edilicia. Si bien puede tratarse de regiones con velocidades y frecuencias de viento moderadas, la varie-

dad de alturas, densidades y volúmenes permite detectar fácilmente sitios con mayores dificultades.

La carencia de legislaciones eficaces que regulen el uso del suelo, teniendo en cuenta los requerimientos de protección de viento y aprovechamiento del sol en cada región y localidad del vasto territorio argentino, es seguramente una de las causantes principales de la problemática presentada en este trabajo. A ello se suma, tal vez consecuentemente, la escasa importancia atribuida al tema por parte de profesionales y autoridades, con respecto al uso y aplicación de técnicas de diseño bioambiental en su práctica profesional, situación que agudiza aún más los difíciles caminos de la regulación del desarrollo urbano y la concreción de proyectos de gran envergadura.

Conviene recordar además que, si bien el diseño de nuevos edificios y asentamientos urbanos responderá a las características climáticas del medio para optimizar las condiciones de habitabilidad de la ciudad, no podemos descuidar la modificación microclimática que produce el proceso de urbanización y la implantación de nuevos edificios en el impacto ambiental del entorno correspondiente.

Así, la aplicación de metodologías apropiadas de diseño bioambiental en todas las fases de la edificación del ambiente urbano, desde la planificación de ciudades en su escala más amplia y general hasta la resolución de detalles constructivos, contribuirá sin duda a la creación de microclimas adecuados. La capacidad para generar el desarrollo de actividades de contenido social y privado, así como favorecer el funcionamiento de la ciudad con situaciones urbanas confortables, será un aporte importante al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.