

VENTILACIÓN NATURAL EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO: ESTUDIO DE CASO EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

ALAIN JESÚS JACIR ELJADUEI
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE

*Recibido: 28 de mayo de 2024
Aprobado: 5 de agosto de 2024*

RESUMEN

Este artículo es fruto de una reflexión arquitectónica sobre experiencias en bioclimática, tanto en consultorías, como en la práctica docente. Se describe el concepto de la ventilación desde el punto de vista de la arquitectura, la forma en que se comporta el viento alrededor de los edificios y al interior de los espacios, la sombra de vientos y la rosa de vientos, describiendo también los tipos de ventilación natural que podrían aplicarse en el clima cálido húmedo. Y se muestran los resultados de una simulación térmica de un proyecto un local comercial ubicado en la ciudad de Barranquilla, que aplica la ventilación natural como estrategia principal para climatizar.

Palabras clave: ventilación natural, clima cálido húmedo, simulación térmica, temperatura, humedad.

ABSTRACT

This article is the result of an architectural reflection on bioclimatic experiences, both in consulting and teaching practice. It describes the concept of ventilation from the architectural point of view, the way in which wind behaves around buildings and inside spaces, wind shading and wind rose, describing also the types of natural ventilation that could be applied in the hot humid climate. And the results of a thermal simulation of a commercial project located in the city of Barranquilla, which applies natural ventilation as the main strategy for air conditioning, are shown.

Keywords: natural ventilation, warm humidity climate, thermic simulation, temperature, humidity.

INTRODUCCIÓN

El viento es el movimiento del aire causado por las diferencias de presión y temperaturas presentes en las superficies de la tierra y zonas de la atmósfera que son calentadas de manera desigual, debido a otros fenómenos meteorológicos, a la topografía, entre otros. El aire caliente presente en la atmósfera tiende a ascender y en su lugar es ocupado por otro cuya temperatura es más fría y densa. (Retallack, B.J., 1973).

El viento puede ser utilizado como recurso energético en la arquitectura, haciéndolo pasar alrededor de un edificio e incluso introduciéndolo dentro de éste; ésta es una estrategia de diseño propia de la arquitectura bioclimática para el clima cálido húmedo; la ventilación natural contribuye a reducir significativamente la temperatura de los espacios interiores y ayuda a renovar el aire sucio del interior del edificio por aire nuevo y limpio proveniente del exterior.

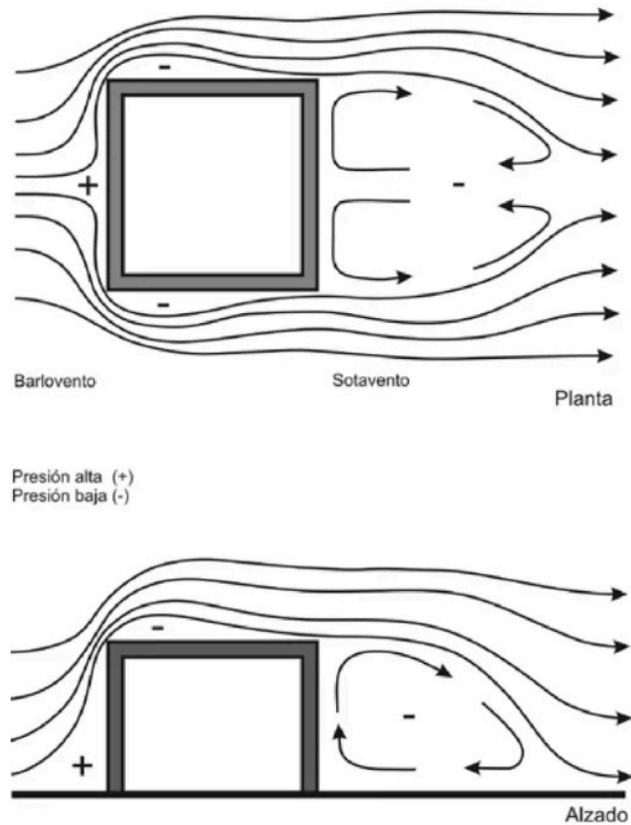
La ventilación natural puede definirse como el ejercicio de introducir aire constantemente a un espacio por una abertura y removerlo por otra; también podría definirse como el efecto de intercambiar aire entre dos ambientes. La importancia de la ventilación natural en los edificios siempre ha existido desde que el hombre comenzó a ocupar espacios interiores, pero comenzó a obtener mayor relevancia durante la revolución industrial, cuando las personas debían trabajar jornadas de muchas horas en espacios con ambientes no higiénicos ni confortables térmicamente, lo que hizo que durante este periodo de tiempo se buscaran maneras de ingresar aire nuevo y sacar el aire contaminado de los espacios para intentar reducir el número de personas enfermas, ya que en muchísimas ocasiones llegaban a morir por la gravedad de los síntomas. (Fuentes, V., 2004).

CONSIDERACIONES

Viento alrededor de los edificios

Cuando el viento pasa alrededor de un edificio, lo abraza rodeándolo por completo, generando zonas de presión positiva (barlovento) en la cara frontal donde golpea al edificio, y otras de presión negativa (sotavento) en las caras laterales y en la cara posterior; a su vez, se crea una zona de turbulencias en la parte posterior del edificio y se crea el efecto de sombra de viento. (Fuentes, V., 2004).

Ilustración 1
Presión del Viento Alrededor de un Edificio



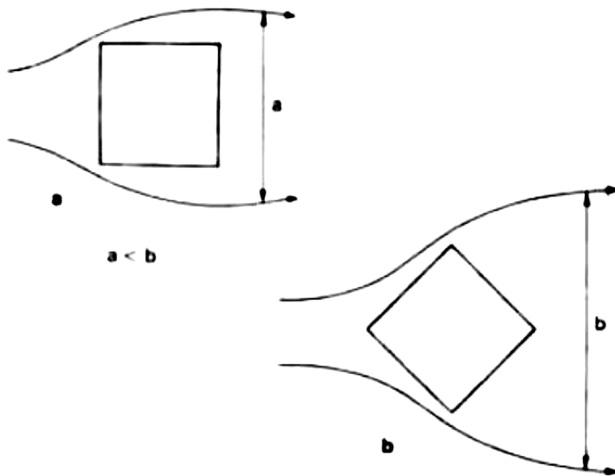
Fuente: Proyecto Clima y Arquitectura. (González, 1986)

El viento, al golpear de manera perpendicular en la cara frontal de un edificio, genera la máxima presión en dicha cara (sotavento) y también aumenta su velocidad; por el contrario, un viento que golpea a 45° en la cara frontal hace que se reduzca la presión en un 50%, y en el interior del espacio la velocidad media del viento aumenta (Olgay, V., 1998).

Según los experimentos de Baruch Givoni, esto sucede debido a que un edificio con un viento a 45° en su cara frontal al aumentar la velocidad de viento corriendo por la cara a barlovento, también generará una sombra de viento mucho más ancha y con ello se crean zonas de presión negativa que aumentan, ubicadas en las caras laterales y posterior, lo que hace que el efecto de succión sea también más fuerte, aumentando la velocidad del viento al interior del espacio. (V. Fuentes, 2004).

Ilustración 2

Efecto de la orientación del edificio en la sombra de viento

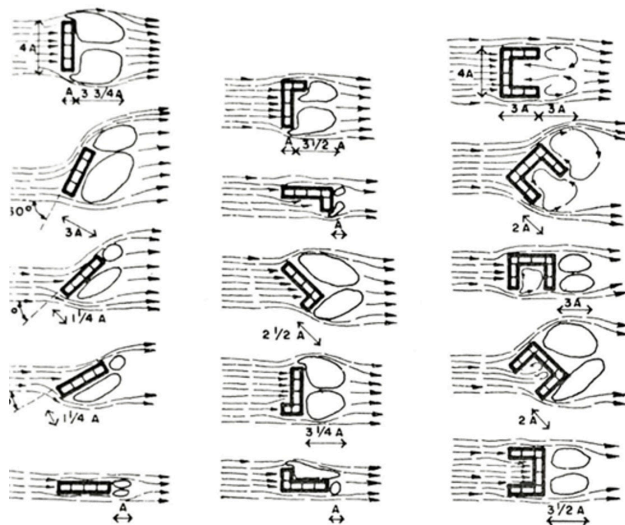


Fuente: Proyecto Clima y Arquitectura. (González, 1986)

La forma y las dimensiones del edificio harán que la sombra de viento sea diferente, algunos autores afirman que la distancia será desde dos hasta 20 veces la altura del edificio, dependiendo de la situación, las dimensiones, y la forma del edificio. (Ashrae, 1993).

Ilustración 3

Efecto de la Forma, Geometría y Proporción del Edificio en la Sombra de Viento.



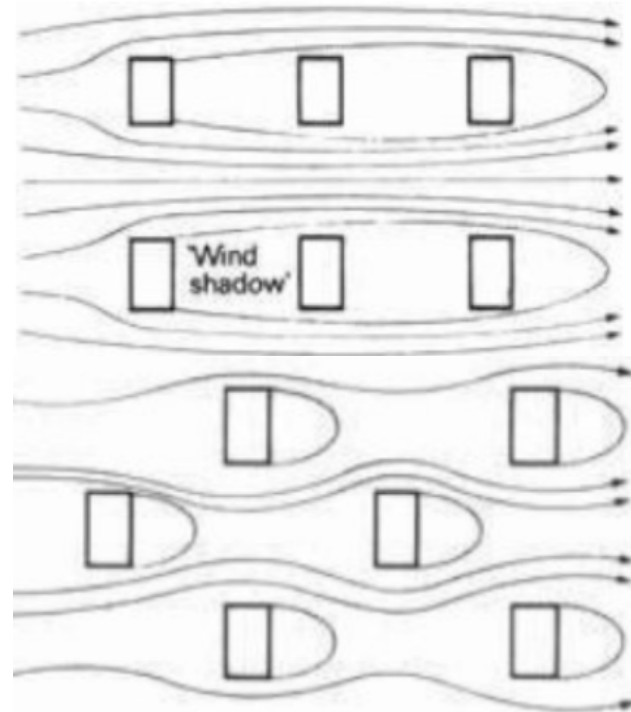
Fuente: Proyecto Clima y Arquitectura. (González, 1986)

Esta es la razón por la cual, en el clima cálido húmedo los edificios no deben ubicarse dentro de las sombras de viento porque

funcionan como una barrera que le impedirá gozar del viento natural, ya que la distancia entre edificios deberá ser la necesaria para que la sombra de viento de un edificio no le obstruya el viento al siguiente edificio, según Olgay, V. (1998), deberá ser de siete veces la altura del edificio, por lo que resultaría más provechoso una distribución sinuosa (contrario a línea recta), tal como se aprecia en la Ilustración 4

Ilustración 4

Efecto en el Flujo del Viento alrededor de los Edificios: en Línea Recta y en Formación Sinuosa.



Fuente: Proyecto Clima y Arquitectura. (González, 1986)

Vegetación como barrera de viento

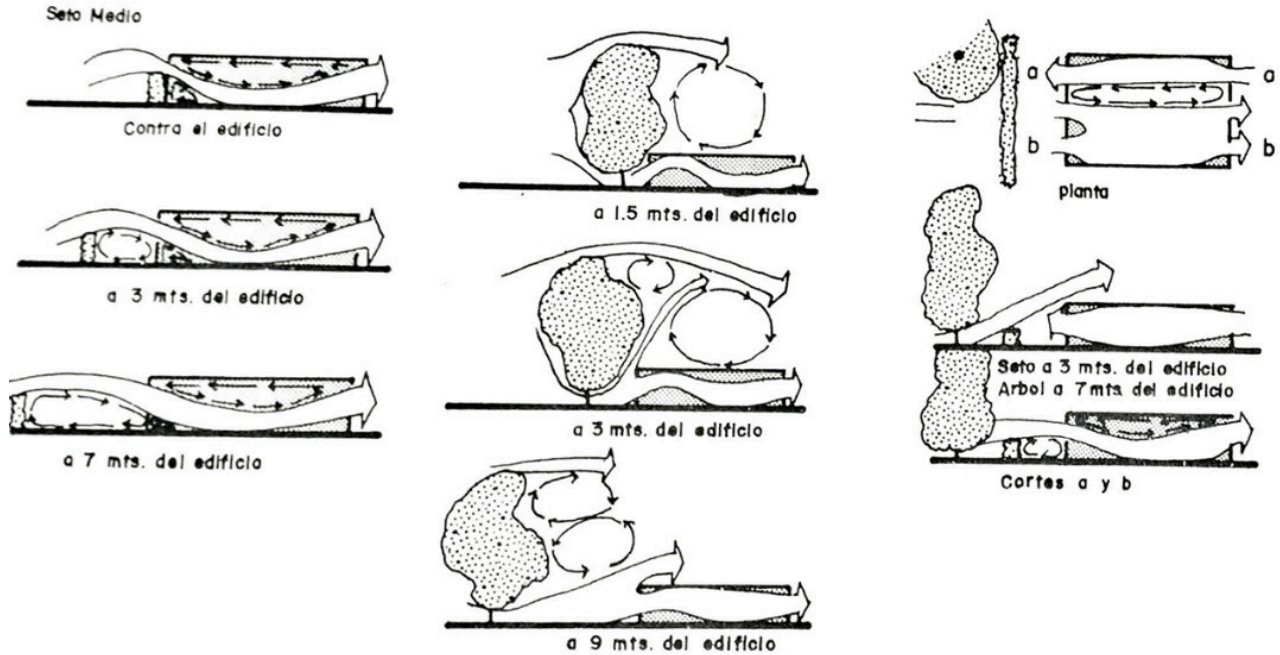
Otro de los factores que se deben tener en cuenta para entender cómo se comporta el viento alrededor de los edificios, es la vegetación. A pesar de que no es posible alterar el movimiento de las grandes masas de aire, es posible controlar la velocidad del aire cuando se mueve a nivel del suelo; a través de la vegetación, (arbustos o setos y arboles) se puede generar una desviación en el flujo del aire que puede ser muy beneficiosa para el proyecto arquitectónico. (Olgay, V., 2017).

Con la ayuda de la vegetación se puede lograr redirigir el viento para aprovecharlo o rechazarlo en un espacio interior, a través de la configuración de las alturas y densidades de los árboles o ar-

bustos (setos) para que funcionen como barreras o canales que lo lleven hacia donde el diseñador así lo requiera. En algunos casos

serán árboles altos, pero en otros podrán ser arbustos pequeños, lejos o cerca del edificio, en combinaciones diferentes.

Ilustración 5
Efecto de la Vegetación en el Flujo del Viento al introducirse al Edificio



Fuente: Proyecto Clima y Arquitectura. (González, 1986)

El viento en el interior de los espacios

La ventilación natural cumple dos funciones dentro del diseño de los edificios: la primera, tiene que ver con los aspectos higiénicos asociados a la calidad de aire al interior de los espacios, la cual se logra gracias a la renovación del aire natural a través de las aberturas de entrada y salida; y la segunda, está relacionada con los propósitos de la climatización, ayudando al control de la temperatura (Fuentes, V., 2000).

El ambiente interior de los edificios contribuye a la salud y bienestar de las personas que los habitan, debido a varios factores, uno de ellos es la calidad del aire, según el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, el síndrome del edificio enfermo es aquel en el que más del 20% de sus ocupantes presentan quejas de salud asociados a las condiciones de sus instalaciones; por lo general son edificios que cuentan con aire acondicionado, pero también se incluyen edificios ventilados naturalmente. (NTP 289, 2019).

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) agrega que los edificios enfermos pueden clasificarse en dos categorías:

una, el edificio temporalmente enfermo debido a que los síntomas en sus ocupantes dejan de aparecer después de un año y, la otra, el edificio permanentemente enfermo el cual, a pesar de haber recibido intervenciones de adecuación, sus ocupantes continúan con los síntomas a largo plazo. (OMS, 1986)

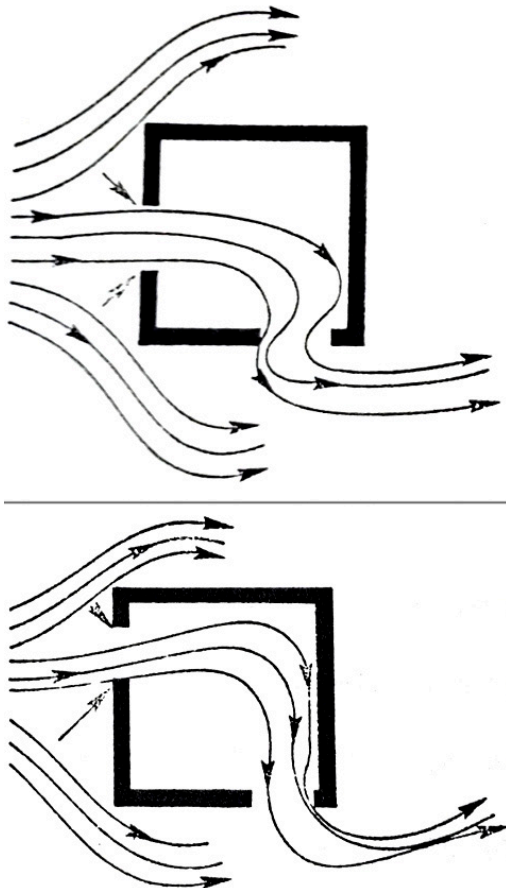
La ventilación natural en el clima cálido húmedo es una de las estrategias más favorables que los arquitectos pueden aplicar en el diseño de edificios para lograr un microclima confortable al interior de sus espacios. Esta práctica es parte del proceso de diseño bioclimático, y que a su vez se encuentra dentro de la línea de diseño sostenible. (Jacir, A., 2019)

Es importante que el viento no supere los 1,5 m/s en el interior de los espacios ya que podría ser considerado molesto, debido a que podría por ejemplo levantar papeles en una oficina y desordenarlos, aunque cabe resaltar que el uso de la ventilación para fines de climatizar es muy útil en el clima cálido húmedo.

El viento al interior de los edificios debe necesariamente atravesar por las zonas de mayor uso y a la altura del cuerpo humano, ya que si el viento pasa por encima no se sentirá su efecto.

Es importante tener en cuenta la ubicación de la abertura de entrada y su tipo. Al hacer dos versiones de la ubicación en planta de una ventana y analizar el efecto en el flujo del viento se puede ver que al ubicar una abertura de entrada de aire (vano, ventana, puerta, calado, entre otros) justo en el centro del muro que recibe el viento de manera perpendicular, se tiene como resultado dos presiones iguales a ambos lados de la abertura, causando la introducción del aire directamente al interior del espacio, pero en cambio, si se modifica la abertura de entrada de manera que no esté centrada, las presiones serán iguales a los lados de la abertura, generando que el viento se introduzca en el espacio interior de manera diagonal. (González, E.,1986)

Ilustración 6
Efecto de la Ubicación de los Vanos de Ingreso y Salida en el Patrón del Flujo del Viento al Interior de un Edificio



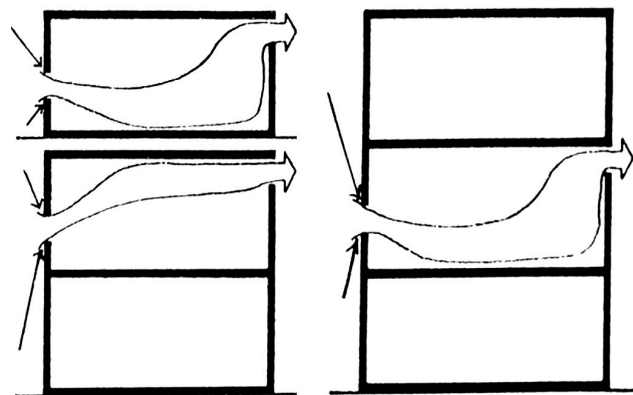
Fuente: Proyecto Clima y Arquitectura. (González, 1986)

Así mismo sucede cuando se aprecia una abertura en una habitación en tres versiones diferentes: la primera versión es un edificio de un piso con la abertura para ingresar viento que está ubicada en una parte inferior del espacio y la salida en la parte superior al lado opuesto, mostrando un flujo de viento determinado.

Al tener la misma habitación en una versión de segundo piso, las presiones en los muros alrededor de la abertura cambian, produciéndose mayor presión en el muro más alto (mayor superficie) y dirigiendo el flujo del viento hacia la parte superior del espacio hasta la abertura de salida.

Y la última versión es la misma habitación, pero en un edificio de tres pisos, con la abertura en la mitad, entre dos pisos, con lo que se generan presiones en los muros de una manera tal que, cuando el fluido del viento se introduce por la abertura de entrada, se repite casi el mismo efecto que en la primera versión, teniendo como resultado un flujo de viento que pasa por zonas habitadas refrescando a los usuarios a su paso. (González, E., 1986)

Ilustración 7
Efecto de la Altura y los Elementos de Fachada en el Flujo del Viento al Interior de los Espacios.
Caso de: Un Piso, Dos Pisos y Tres Pisos.

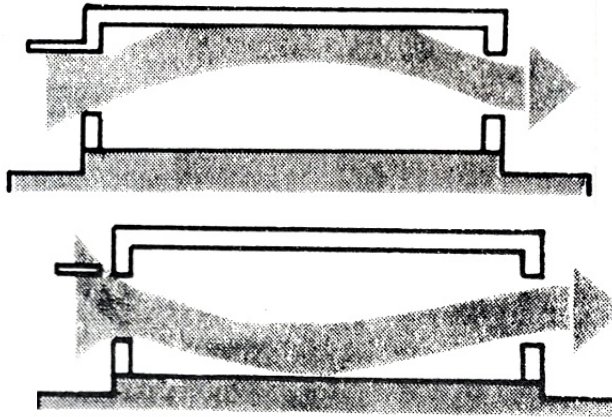


Fuente: Proyecto Clima y Arquitectura. (González, 1986)

Los aleros son elementos que podrían generar desviación en el fluido del viento al interior de los espacios, al tener un alero pegado al edificio para generar sombra, éste modifica de manera defectuosa el flujo haciéndolo subir alejándose de la zona habitada, y para corregirlo solo se debe separar un poco del edificio para que las presiones por encima del alero y el muro de fachada hagan que el viento baje hasta la zona habitable.

Ilustración 8

Efecto de los Aleros Adosados o Separado de la Fachada en el Flujo del Viento al Interior del Edificio



Fuente: Proyecto Clima y Arquitectura. (González, 1986)

Ventilación Cruzada (Diferencia de Presión)

Este tipo de ventilación se logra cuando se tienen dos aberturas, una para ingreso y otra para la salida del aire, necesariamente la abertura de ingreso debe estar ubicada a barlovento, que es donde se encuentra la presión positiva, y la segunda abertura, en este caso la de salida, debe estar a sotavento que es donde se encuentra la presión negativa. (Fuentes, V.,2004).

Ventilación unilateral

Por lo general, cuando un espacio cuenta con una sola abertura para ventilar, la ventilación es deficiente, y no se logra, pero puede realizarse un cambio en el diseño para poder generar la ventilación natural, a través de dispositivos que propicien la formación de presiones positivas y negativas para que pueda establecerse el flujo de viento. (Fuentes, V.,2004).

Ventilación Stack (Diferencias Térmicas)

Es aquella en la cual, la abertura de ingreso se encuentra más abajo que la abertura de salida, ya que el aire caliente tiende a estratificarse, disponiéndose el aire caliente en la parte superior y el aire frío en la parte inferior, debido a las diferencias térmicas y las diferencias de densidad. (Fuentes, V., 2004).

Según Steven Szokolay, se debe considerar el efecto stack como un efecto convectivo debido a que se aprovecha el ascenso del aire debido a las diferencias de presión entre un aire frío y otro caliente. El efecto aumentará entre mayores sean las diferencias de temperaturas y a su vez aumentará a mayor diferencia de alturas entre la abertura de ingreso y la de salida.

Rosa de los Vientos como Instrumento en Arquitectura

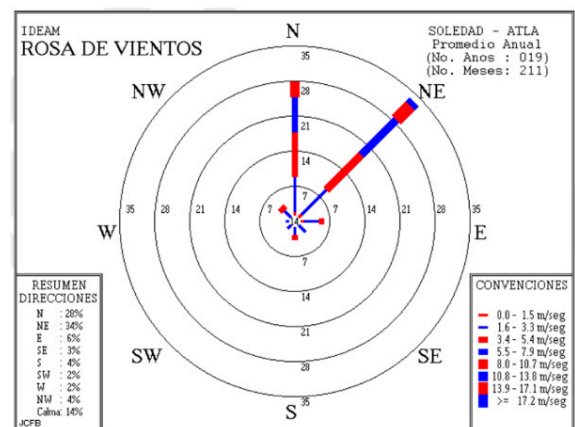
Cabe resaltar que, para orientar el edificio y poner en práctica lo anterior, es de vital relevancia tener en cuenta el eje eólico del lugar, el cual se debe consultar con la entidad encargada de meteorología del país en el cual se esté realizando el diseño, en el caso de Colombia es el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Una rosa de vientos² se divide en 4 partes: en el centro, la representación gráfica de las variables de “resumen de direcciones” indicando de dónde proviene el viento predominante, medido en porcentaje (parte inferior izquierda) y las convenciones sobre la velocidad del viento medido en m/seg. En la representación gráfica del centro se pueden ver una serie de barras concéntricas que vienen de alguna dirección de los puntos cardinales y terminan en el centro; los círculos concéntricos coincidirán con el resumen de direcciones, siendo el círculo exterior el que recibe el valor del porcentaje superior alcanzado por alguna de las orientaciones, y es sobre estos círculos concéntricos que se trazan las barras de velocidad de viento, que tomaran el espesor que se muestran en las convenciones. (Retallack, B.J.,1973).

La Ilustración 9 muestra un ejemplo de Rosa de vientos, en este caso, la correspondiente al aeropuerto Ernesto Cortissoz, que se utiliza tanto para Barranquilla como para el municipio de Soledad, Atlántico, en el cual está ubicada la estación meteorológica.

Ilustración 9

Rosa de Viento del Aeropuerto Ernesto Cortissoz (Soledad), también utilizada para Barranquilla



Fuente: Rosa de los vientos de Barranquilla. IDEAM (ideam.gov.co)

² Gráfica que se elabora para un sitio y periodo determinado (generalmente mes y/o año), en la que, sobre los cuatro puntos cardinales y sus intermedios, se indican la dirección, la velocidad y la frecuencia de los vientos, medidas por las estaciones meteorológicas con anemógrafos a una altura normalizada de 10 m sobre el suelo.

La forma correcta de leer la rosa de vientos es buscar en el resumen de direcciones cuál es la orientación que mayor porcentaje presenta, en este caso se puede ver que el Norte cuenta con un 28% y el Noreste cuenta con un 34%, esto quiere decir que el eje eólico de la ciudad de Barranquilla es el viento proveniente del Noreste, y cabe aclarar que cualquier otra interpretación distinta a esta, podría generar confusión y desinformación entre los diseñadores.

Como se puede apreciar, la rosa de vientos se encuentra graficada sobre una serie de circunferencias concéntricas, (360°), en consecuencia, si el Norte es el punto en donde comienzan los 0° y terminan los 360° (total de grados de una circunferencia), entonces el viento proveniente del Noreste medido en grados sería de 45°.

Aspectos Metodológicos

Se intervino un local comercial existente, en el cual se ubicaría un negocio de comida (Jacir, A., 2017) sobre una vía comercial en el norte de Barranquilla (clima cálido húmedo), en el cual se quiere aplicar la estrategia de diseño bioclimático de ventilación natural a partir de un diseño de abertura de ingreso de viento a barlovento y salida a sotavento a través del efecto stack con una campana a una altura diferente de abertura de salida.

Para ello, inicialmente se realizó la lectura de la rosa de vientos de la ciudad de Barranquilla, tomando los datos climáticos oficiales de la página web del IDEAM, de los reportes de climatología del aeropuerto Ernesto Cortissoz localizado en el municipio de Soledad, Atlántico, y, a partir de estas lecturas, se pudo establecer que el viento predominante del lugar o eje eólico es el Noreste (Jacir, A., 2023)

A continuación, se realizó una simulación con la ayuda de un software de simulación térmica para la semana del 18 al 21 de junio, al cual se le introdujeron todos los datos climáticos de la ciudad y también todos los datos de los elementos arquitectónicos del proyecto a analizar, el cual cuenta con varios dispositivos de diseño bioclimático, entre los cuales se encuentran un alero para sombreado solar al noreste en la fachada principal.

Para el tema de la ventilación natural se llevó a cabo la comparación entre tres posibles escenarios:

- Escenario # 1 con una sola ventana al exterior (ventilación unilateral) tanto en la cocina como en el salón.
- Escenario # 2 con un sistema de ventilación cruzada aumentando la altura del local haciéndolo a doble altura con ventanas en la fachada principal al NE y en la fachada trasera al SO.

- Escenario #3 con un sistema de dos campanas extractoras en la cocina y una campana extractora en el salón, las cuales podrían a su vez ser ayudadas en ocasiones por extracción mecánica.

DISCUSIÓN

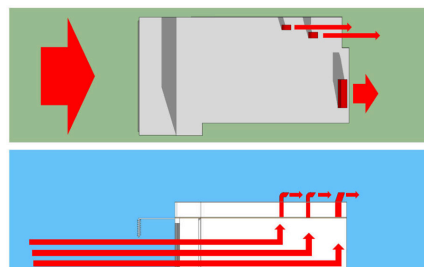
Las simulaciones muestran que la ventilación natural, en el caso de la cocina del escenario #1 que es el escenario base con una sola ventana para ventilar, se logran 50,5° C y en el salón se logran 34,15° C; en el escenario #2 el de la ventilación cruzada a partir de aberturas de entrada por la fachada principal (a barlovento) y mayor altura del local para poder agregar aberturas de salida en los muros en las partes de sotavento, en la cocina se obtuvieron 43,45° C y en el salón se obtuvieron 34,10° C; por último, en el escenario #3 con aberturas de ingreso en la fachada principal (a barlovento) y aberturas de salida por campanas de efecto stack ubicadas en la cubierta, para las que se obtuvieron en la cocina, 43,88° C y en el salón, 31,28° C.

A pesar de que la ventilación cruzada diera mejor resultado que el efecto stack con las campanas en la cocina, aumentar la altura para una mejora que realmente no es tan significativa en materia de temperatura a diferencia que lo logrado por el efecto stack, no justifica la inversión; por lo tanto, se seleccionó tanto para la cocina, como para el salón, el efecto stack con campanas.

Con lo anterior, quedan entonces dos aberturas de ingreso de viento ubicadas en la zona de barlovento (presión positiva) recibiendo el viento predominante o eje eólico a 90°, tanto en la cocina como en el salón y tres aberturas de salida de viento a través de tres campanas (efecto stack) ubicadas en la zona de sotavento (presión negativa) con diferencia de altura con respecto a las aberturas de ingreso, dos campanas en la cocina y una campana en el salón, tal como se aprecia en la Ilustración 10.

Ilustración 10

Proyecto Shawarma House Gourmet. Aplicación de Ventilación Natural con Ventanas de Ingreso del Viento en Barlovento y Campanas de Salida de Viento en Sotavento.



Fuente: Proyecto de Grado Maestría en Arquitectura Bioclimática. (Jacir, A., 2016)

Tabla 1
Proyecto Shawarma House Gourmet. Resultados de Simulaciones Térmicas de Diferentes Sistemas de Ventilación Natural

VENTILACION NATURAL					
MATERIAL		1 sola ventana al exterior por espacio (Escenario #1)	ventilación cruzada (Escenario #2)	Efecto Stack campanas (Escenario #3)	
Espacio	Fecha	Temperatura Operativa (°C)			Diferencia en °C
Salón	18-jun	32.52	32.81	30.22	2.872857143
	19-jun	33.77	33.69	30.96	
	20-jun	35.19	34.93	32.05	
	21-jun	35.37	35.07	32.4	
	22-jun	33.9	33.77	30.6	
	23-jun	34.03	33.93	31.15	
	24-jun	34.29	34.56	31.58	
			34.15285714	34.10857143	
Cocina	18-jun	48.68	41.85	42.51	7.05
	19-jun	49.56	42.75	43.38	
	20-jun	51.22	44.1	44.57	
	21-jun	51.43	44.23	44.58	
	22-jun	50.53	43.53	43.58	
	23-jun	50.7	43.58	44.1	
	24-jun	51.38	44.11	44.44	
			50.5	43.45	

Fuente: Proyecto de Grado Maestría en Arquitectura Bioclimática. (Jacir, A., 2016)

CONCLUSIONES

Al aplicar las estrategias de diseño para el clima cálido húmedo teniendo en cuenta las presiones alrededor del edificio, se logra introducir el flujo del viento por la fachada noreste (presión positiva a barlovento) tanto a la cocina como al salón, dejándolo pasar a través de los espacios y a la altura de los usuarios logrando refrescarlos al mover el aire caliente y renovar el aire viciado reemplazándolo por aire nuevo proveniente del exterior, para luego extraerlo por las campanas ubicadas en la cubierta que miran hacia el suroeste (presión negativa a sotavento).

Se ve cómo el efecto de la ventilación natural es muy beneficiosa

para este tipo de clima, y para fines prácticos se define un solo tipo de ventilación para todo el proyecto, en vez de combinarlos, eligiendo lógicamente el que logró mayor reducción de temperatura interior que en este caso fue el efecto stack por medio de las campanas, ya que la diferencia tanto de presiones como de alturas entre las aberturas resulta mucho mejor que la ventilación cruzada; además, que la ventilación cruzada implicaría mayores costos por tener que aumentar la altura de todo el edificio en ambos espacios. Se logra una reducción de 2,87°C en el salón pasando de 34,15°C a 31,28°C, y en el salón se logra una reducción de 6,62°C, pasando de 50,5°C a 43,88°C, esto durante la semana de verano, que es la semana teóricamente más caliente del año.

REFERENCIAS

- Retallack, B. J. (1973). Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico Clase IV. Capítulo VII - Viento en superficie. OMM: Ginebra (Suiza), 1973. 266 p.
- Fuentes, V. y Rodríguez, M. (2004). Ventilación natural. Cálculos básicos para Arquitectura. UAM Azcapotzalco.
- Olgay, V. (1998). Arquitectura y clima. Gustavo Gili. SL
- NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo
- Ashrae (1993). Handbook: Fundamentals.
- WHO (1986). Indoor air quality research EURO Reports and Studies No 103, WHO Regional Office for Europe.
- Jacir, A. (2023). Clasificación climática en el diseño arquitectónico: estudio de caso de clima cálido húmedo para Barranquilla, Colombia. Revista Arte & Diseño, 17(02), 28 - 36. <http://ojs.uac.edu.co/index.php/arte-diseno/article/view/3339>.
- Jacir, A. (2017). Proyecto Restaurante Shawarma House gourmet en un clima cálido húmedo con estrategias de climatización pasiva en zona comercial. [Conferencia en la Escuela de Arquitectura y Diseño de América latina y el Caribe Isthmus - Universidad de Colima].
- González, E. (1986). Proyecto, clima y Arquitectura. Gustavo Gili.