CÁLCULO DE COEFICIENTES DE EFICIENCIA DE VENTILACIÓN NATURAL PARA LA EVALUACIÓN Y PREDICCIÓN DE LA VENTILACIÓN EN EDIFICIOS

María Jimena Orozco Mesa (1); María Alejandra Orozco Sosa (2); Jorge Hernán Salazar Trujillo (3)

(1) Estudiante de Arquitectura, email: morozcome@unal.edu.co, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arquitectura, Calle 59 A N 63-20 Edificio 24. Medellín, Colombia.
(2) Estudiante de Arquitectura, email: morozcoso@unal.edu.co, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arquitectura, Calle 59 A N 63-20 Edificio 24. Medellín, Colombia.
(3) Msc. Profesor Titular, email: jhsalaza@unal.edu.co, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Arquitectura, Calle 59 A N 63-20 Edificio 24. Medellín, Colombia.

RESUMEN

Los diagnósticos de ventilación natural en edificaciones ya ocupadas requieren mediciones que pueden representar molestias para sus ocupantes y que requieren una labor logística importante. Se explora aquí una alternativa económica para valorar la ventilación de una edificación que además puede ser útil para estimar el desempeño de la ventilación en edificaciones similares pero ubicadas en otros sitios. El método emplea la caracterización del viento del lugar a partir de los registros de estaciones meteorológicas cercanas y los datos obtenidos en mediciones de ventilación de corto plazo para calcular los coeficientes de eficiencia de ventilación de la edificación discriminados por rangos de velocidad y dirección del viento. Cruzar registros anuales de viento con los resultados de una campaña de monitorización de ventilación en el interior permite estimar el desempeño anual del edificio con respecto a la ventilación natural, caracterizar la manera como la edificación se ventila y explorar cómo la condición de ventilación podría variar al considerar otros emplazamientos hipotéticos. Los resultados permiten estimar el comportamiento anual de la ventilación de un edificio, comparar el rendimiento de un sistema de fachada ante las condiciones de ventilación característicos de un sitio y estimar el desempeño de la ventilación de un edificio en el caso de que estuviera ubicado en otros lugares.

Palabras clave: ventilación natural, coeficiente de eficiencia, anemómetros, estación meteorológica.

ABSTRACT

Natural ventilation diagnostics in occupied buildings require measurements that can represent discomfort for their occupants and that require significant logistical work. An economic alternative to assess the ventilation of a building is explored here, which can also be useful to estimate the performance of ventilation in similar buildings but located elsewhere. The method uses the characterization of the local wind using the records of nearby meteorological stations and the data obtained in short-term ventilation measurements to calculate the ventilation efficiency coefficients of the building discriminated by ranges of wind speed and direction. Crossing annual wind records with the results of a ventilation monitoring campaign inside allows estimating the annual performance of the building with respect to natural ventilation, characterizing the way the building is ventilated and exploring how the ventilation condition it might vary when considering other hypothetical locations. The results allow to estimate the annual behavior of the ventilation of a building, to compare the ventilation performance of a certain kind of building envelope under the characteristic ventilation conditions of a site and to estimate the performance of the ventilation of a building in the case that it was located in other places.

Keywords: natural ventilation, efficiency coefficients, anemometer, meteorological stations.

1. INTRODUCCIÓN

Los análisis de ventilación natural son algo frecuente en la franja ecuatorial porque las condiciones de estabilidad térmica propias del trópico hacen que el potencial de ventilación natural de una edificación sea muy superior a las de una edificación similar en un lugar con estaciones. Los beneficios de ventilar naturalmente en el trópico están ampliamente documentados en la literatura bioclimática porque son la vía para remover la humedad, evitar el recalentamiento, promover un menor consumo energético y favorecer la calidad del aire. Con tantos beneficios es entendible que cualquier manual de diseño bioclimático recomiende la ventilación natural desde sus primeras páginas. La situación contemporánea mundial, en un entorno de confinamiento inducido por la pandemia que inició en 2020 aportó un nuevo elemento al listado y hoy el tema de la ventilación natural es un imperativo de Salud Pública.

Los fenómenos físicos relacionados con la ventilación son bastante complejos y por lo tanto, computacionalmente demandantes. No es accidental que las simulaciones de ventilación natural mediante técnicas CFD continúen trabajando con métricas estáticas, a pesar de que para otros parámetros de desempeño ambiental como la iluminación natural, la temperatura operativa o el consumo energético de las edificaciones hace bastantes años se trabaja con métricas dinámicas. No se pretende afirmar que las métricas estáticas sean menos convenientes que las métricas dinámicas y que deberíamos intentar abandonar las primeras tan pronto como sea posible. Unas y otras sirven para cosas diferentes y ambas son útiles para tomar decisiones de diseño informadas.

Las métricas estáticas informan de estados particulares del desempeño: una condición promedio y algunas condiciones extremas. Pero este tipo de métricas no informan acerca del desempeño típico, el probable, el frecuente. Los análisis solares para los dos solsticios a la hora de máximo requerimiento de sombra, por ejemplo, siguen siendo una aproximación efectiva para el diseño de los dispositivos de sombra. Pero que un dispositivo haya sido correctamente dimensionado no informa acerca de su desempeño. La pregunta típica en el diseño de dispositivos de sombra es acerca de cuántas horas de incomodidad se derivan de un eventual abaratamiento de la inversión en fachada. Y responder a esta pregunta implica valorar desempeños en muchas horas y fechas para luego hacer algún tipo de procesamiento que permita comprender la relación costo/beneficio implícita en esa fachada en particular. Cuando se dimensionan los vanos para favorecer la ventilación natural de los espacios arquitectónicos sucede algo muy similar, pero además fuertemente acentuado por la extrema variabilidad del fenómeno eólico.

La Zona Ecuatorial es la región del planeta donde la ventilación natural ofrece más beneficios, pero justamente en esta región es donde el viento es más escaso y errático. Por supuesto que muchas zonas costeras están excluidas de esta afirmación, pero en general adonde se encuentran los vientos Alisios del Norte y los vientos Alisios del Sur hay una oferta eólica escasa. Justamente la literatura en meteorología hace mención a la Calma Ecuatorial, hecho que conduce los estudios de ventilación natural a una esquina problemática. Es difícil decidir si conviene dimensionar las ventanas para una velocidad de viento promedio, si es mejor calcularlas para una velocidad de viento notoriamente menor, o si conviene ser pesimistas y recurrir al caso crítico, que es aplicar un modelo de ventilación por efecto chimenea para asegurar que los espacios se ventilen bien durante las frecuentes (y en ocasiones prolongadas) horas de calma en que no hay viento alguno.

Sería muy útil que en el proceso de diseño de una envolvente arquitectónica se pudiera valorar su desempeño mediante el cálculo de alguna métrica que informe acerca del desempeño de la ventilación natural de los espacios contenidos en ella. Algo que computara el número de horas anuales en que el ingreso de aire por las ventanas estuvo por debajo de un valor mínimo de referencia, por ejemplo. Pero esto haría necesario un archivo climático con una resolución temporal muy superior a la que actualmente los archivos EPW y TMY ofrecen, que es de un dato por hora. Ciertamente un fenómeno tan variable reclama un grano más fino, pero incluso un cálculo eólico con los 8.760 instantes que conforman un año climático típico que fuera realizado en una plataforma CFD requeriría un par de meses de tiempo computacional asumiendo que cada simulación tardara 10 minutos. Es claro que conviene idear una aproximación alternativa.

Un estudio previo orientado a diagnosticar las condiciones de ventilación de un edificio de oficinas y que permitió determinar cual de dos de sus plantas se ventilaba mejor, hizo necesario instalar sensores remotos programables y medir, con un anemómetro de hilo caliente, la velocidad de ingreso del aire por sus ventanas. Para esa investigación se recopilaron miles de datos en el interior del edificio de manera continua durante los varios meses en que se realizó el trabajo de campo. La información recopilada está lejos de completar un año, pero durante el tiempo en que se hicieron los registros hubo muchas oportunidades de medir la ventilación del edificio ante las condiciones de viento más frecuentes en el lugar.

En el trópico la variabilidad climática anual es escasa, pero al mismo tiempo la variabilidad diaria puede ser muy elevada y por este motivo cada día puede ofrecer fenómenos climáticos muy contrastados. Trabajos previos (Salazar et al, 2020) habían permitido corroborar la hipótesis de que en el trópico una monitorización térmica de largo plazo no hace más que medir muchas veces el mismo fenómeno y que por este motivo campañas de monitorización de corto plazo pueden dar como resultado datos con igual nivel de fiabilidad que una campaña anual. A partir de esa idea se decidió trasladar el enfoque hacia los estudios de ventilación natural, con la hipótesis de que haber medido la ventilación natural de un edificio ante condiciones de viento suficientemente diversos podría dar elementos con qué estimar su desempeño anual de ventilación de una manera aproximada.

2. OBJETIVO

Calcular los coeficientes de eficiencia de la ventilación natural de un edificio empleando los registros de ingreso de aire por sus ventanas y los datos de velocidad del viento de una estación meteorológica cercana, para explorar las posibilidades de usar bases de datos meteorológicas en la estimación del desempeño anual de la ventilación de un edificio durante el diseño de sus fachadas.

3. METODO

3.1. Lugar y caso de estudio

La ciudad de Medellín está localizada en un profundo valle interandino (Latitud: 6.217, Longitud: -75.567, Altitud: 1.580 msnm). Las montañas que rodean la ciudad superan en más de 1000m el nivel del fondo del valle y en consecuencia, el viento es muy suave, 23% del tiempo menor a 1.5m/s y también muy variable, entre 0.5m/s y 3.5m/s de acuerdo a la hora del día (IDEAM, 2017). No obstante, las particulares condiciones climáticas del Trópico Andino hacen posible que a pesar de tan escaso viento, buena parte de las edificaciones en la ciudad no requieran climatización artificial durante muchas horas del día.

Medellín es una ciudad con varios pisos térmicos y una complejidad topográfica muy marcada, razón por la cual las condiciones de ventilación entre un barrio y otro pueden cambiar notoriamente. La ciudad cuenta con una red de sensores que monitorea continuamente las condiciones meteorológicas en tiempo real denominada Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá (SIATA, 2021). Esta red cuenta con numerosas estaciones meteorológicas ubicadas en diferentes zonas de la ciudad y que permanentemente pueden ser consultadas en línea. Para este estudio se seleccionaron 4 estaciones meteorológicas en las que se miden velocidad y dirección del viento. De ellas, la codificada como SIATA 202, es la estación de donde provienen los datos con los cuales se calcularon los coeficientes de eficiencia de la ventilación del edificio aquí estudiado. Se seleccionaron otras tres estaciones (197, 68 y 354) para realizar estimativos acerca del desempeño que tendría un edificio con idéntica fachada y orientación, pero en el caso hipotético de que se ubicara en otros sectores de la ciudad con una condición topográfica y eólica diferente.

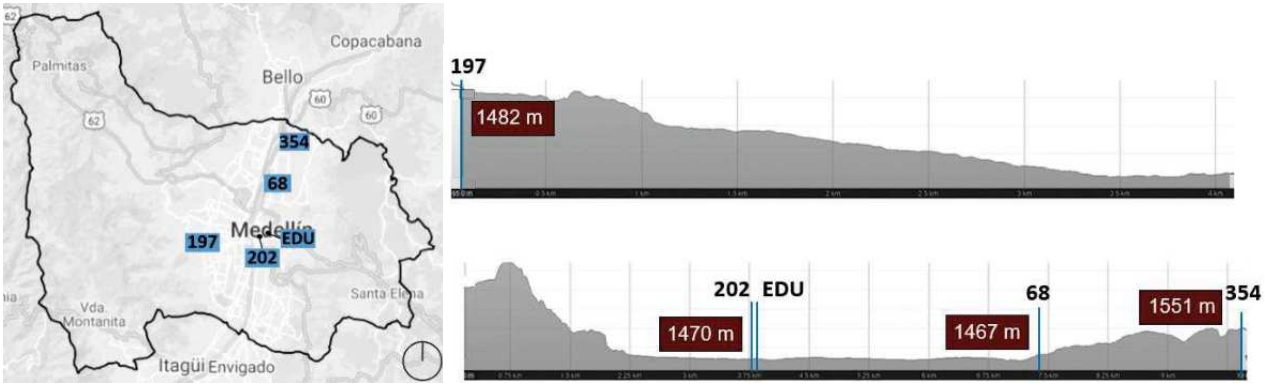

Figura 1- Izquierda: Ubicación de las estaciones meteorológicas de la ciudad de Medellín seleccionadas para realizar este estudio.

Derecha: Perfiles de la ciudad y ubicación altimétrica de las estaciones.

El edificio sede de la Empresa de Desarrollo Urbano (EDU) está localizado en el centro de la ciudad de Medellín, alberga una amplia diversidad de actividades y tiene una fachada singular: una piel interior con ventanas corredizas convencionales pero recubiertas con una segunda piel construida con prefabricados en GRC (Glass Reinforced Concrete) de color blanco y un patrón de geometría triangular muy tupido, Figura 1.

La ventilación de las plantas de oficina dependen de sus ventanas y a la fecha, la práctica habitual es que se abran al inicio de la jornada laboral y se cierren al final de la jornada, permaneciendo cerradas durante toda la noche, Figura 2.



Figura 2 - Sede de la Empresa de Desarrollo Urbano (EDU), edificio de doble piel diseñado por la propia institución. Se resaltan las plantas del cuarto y octavo piso donde se midió la velocidad de ingreso del aire.

La fachada de doble piel aumenta las incertezas para estimar la ventilación natural de una edificación. Como el edificio está construido y ocupado se aprovechó la oportunidad para instalar anemómetros en sus ventanas y medir la efectividad real con la que se están ventilando sus espacios de oficina. En la ventana oriental de las plantas 4 y 8 se instalaron anemómetros referencia T-DCI-F300-1x3 producidos por ONSET Corporation y para el almacenamiento de los datos se emplearon Data Logger HOBO-U12-012 (ONSET, 2020). La sensibilidad de este equipo es muy alta, permite medir ráfagas a partir de 0.15m/s con un nivel de precisión de ± 1%. Los equipos se instalaron a 2.20m de altura con respecto al piso, teniendo precaución de alinear el medidor con la dirección perpendicular al plano de la fachada. Esta altura de instalación obedece a los resultados de mediciones preliminares, en las que se pudo notar que por la sensibilidad del equipo una instalación a una menor altura generaba mediciones erróneas por cuenta de las personas al pasar junto a las ventanas. Se realizaron mediciones continuas durante cuatro meses, con registros cada 3 minutos, lo que representa 20 datos/hora o 480 datos/día por punto. En la etapa de procesamiento estos registros se promediaron por bloques para reducir la frecuencia a 4 datos/hora y aminorar la elevada oscilación característica de este tipo de mediciones, similarmente a como se procesan los datos de velocidad de viento en las estaciones meteorológicas. Figura 3.



Figura 3 - Izquierda: Fachada interior con ventanas corredizas de operación manual y una segunda piel de paneles prefabricados de GRC (Glass Reinforced Concrete) blanco y un patrón triangular homogéneo para todas las orientaciones. Derecha: Planta del octavo piso. Se resalta la ubicación del anemómetro sobre la fachada oriental

Para evitar la intrusión de fauna y prevenir una inundación ante una eventual tormenta nocturna las ventanas permanecen cerradas durante las noches y los fines de semana. Al inicio de cada jornada, de lunes a viernes y en el horario laboral las ventanas corredizas de los pisos 4 y 8 se abrieron para obtener un área de ventilación de 0.92m² por planta durante el resto del día. La colaboración del personal que labora en el edificio hizo posible esta simplificación logística, para no tener que registrar el área de apertura de las ventanas día a día. Por este motivo todas las bases de datos de interior y exterior fueron procesadas para valorar exclusivamente los registros durante la jornada laboral en días hábiles. Los registros simultáneos de velocidad y dirección del viento en el lugar fueron obtenidos de una estación meteorológica ubicada a 400m del edificio y codificada como SIATA 202. De las mediciones realizadas en el edificio, se seleccionaron únicamente los datos del mes de junio de 2019, excluyendo los días festivos y fines de semana, dando como resultado 23 días con registros cada 3 minutos durante el horario laboral (7:00 a 19:00 horas).

3.2. Coeficientes de ventilación

Los coeficientes de eficiencia que se emplean en los cálculos de ventilación natural son el resultado de dividir la velocidad con la que ingresa el aire por un vano, por la velocidad del viento en ese mismo instante en el exterior de la edificación. Estos coeficientes hacen parte de los anexos de la mayor parte de los libros acerca de la ventilación natural de edificaciones (Yarke, 2005), (Fuentes, 2004), (Toledo, 1999) y suelen ser el resultado de trabajos experimentales realizados con modelos reducidos en túneles de viento. La técnica aplicada aquí no difiere mucho de este enfoque, ya que el edificio se empleó como un laboratorio a escala real. Esto permitió medir los coeficientes de eficiencia característicos de una doble piel con un patrón triangular de aristas redondeadas que no fue posible encontrar en la literatura especializada porque normalmente las tablas de eficiencia publican coeficientes para vanos con formas muy simples.

Los coeficientes aquí obtenidos integran en una sola cifra los efectos de fricción que ocasionan las ventanas corredizas en la primera piel, todos los efectos de turbulencia de la segunda piel y además, las relaciones de emplazamiento entre el edificio y la dirección del viento dominante en cada instante. La teoría anuncia que la velocidad de ingreso del aire al edificio siempre debería ser inferior a la velocidad exterior en el mismo instante, y que por lo tanto los coeficientes de eficiencia de ventilación siempre son valores menores de 1.0, situación que para la base de datos para el mes de Junio de 2019 se verificó en el 83% de los registros. Análisis detallados permitieron identificar que cada vez que las velocidades exteriores habían sido muy bajas, la velocidad interior había sido, en apariencia, mayor. Esto sucedía mayoritariamente al principio del día y en los periodos previos a que el viento se estabilizara, momento a partir del cual el efecto anómalo desaparecía casi por completo.

Aislando los instantes en que se obtuvieron coeficientes de eficiencia mayores de 1.0 se pudo concluir que las estaciones meteorológicas emplean anemómetros de aspas, con los efectos normales de fricción e inercia de este tipo de equipos. Por su parte, las mediciones realizadas en el interior del edificio se hicieron empleando anemómetros de hilo caliente con un nivel de sensibilidad notoriamente mayor y que además carecen del efecto de inercia. Esto explicó porqué los momentos con velocidades de viento muy bajas se registran como ceros en la estación meteorológica y en apariencia hay más viento en la ventana que en el exterior. Una vez se filtraron los registros en los que las velocidades de viento exterior estuvieron por debajo del umbral de 0.8m/s la condición anómala aminoró notablemente. Figura 4.

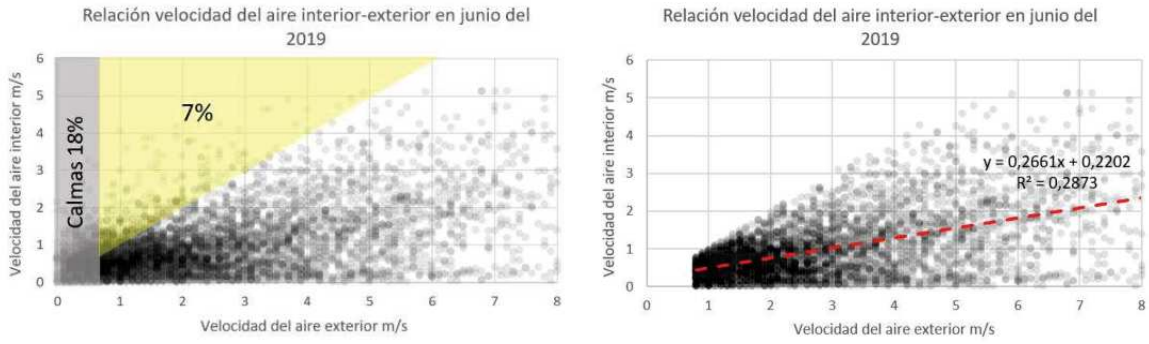

Figura 4- Izquierda: Comparación de las velocidades que se presentaron en el interior y el exterior del edificio. En las abscisas velocidad del viento exterior registrada en la estación meteorológica y en las ordenadas, velocidad del aire al ingresar al edificio. Derecha: Base de datos filtrada.

Según la literatura citada, un vano tiene un coeficiente de eficiencia característico según la dirección con la que el viento incide sobre él. Los coeficientes más elevados se obtienen con un viento que incide perpendicularmente a la fachada y decaen abruptamente a partir de un ángulo característico. Un análisis

preliminar de los datos indicó que el coeficiente de eficiencia de la fachada de doble piel es del orden de 0.27, pero la dispersión de los datos es tan grande (R2=0.29) que se ratificó la hipótesis de que la base de datos debería ser agrupada por direcciones de viento porque el sector de la ciudad donde se ubica el edificio presenta dos direcciones de viento predominantes y otras direcciones de viento menos frecuentes. La base de datos con las velocidades de viento exterior se agrupó en cuadrantes para calcular la frecuencia con que el viento incidió en cada una de las direcciones consideradas. Figura 5.

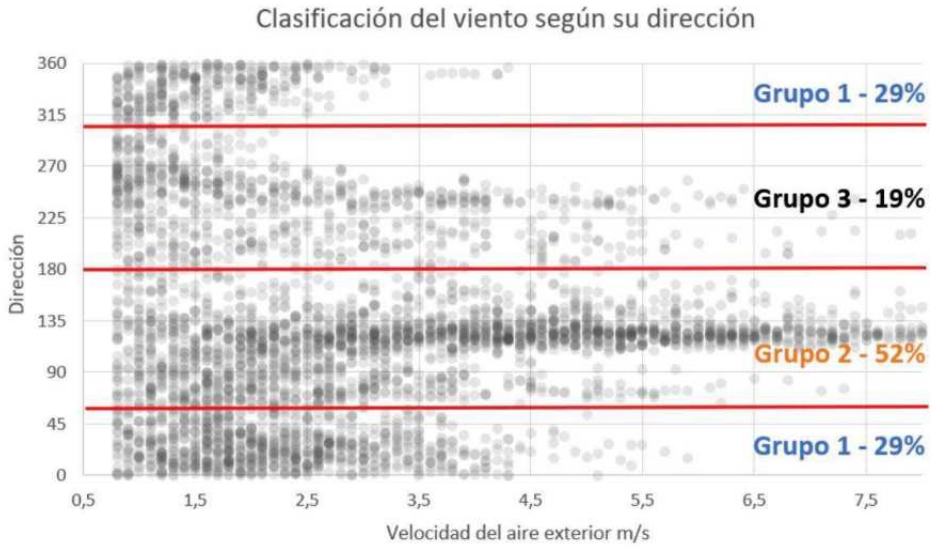

Figura 5 - Clasificación en cuadrantes de los datos de viento exterior de la estación SIATA 202 para junio 2019 según la dirección del viento. Los porcentajes corresponden a la frecuencia con la que el viento provino de esa dirección.

Para cada uno de los tres grupos de dirección del viento se repitió el proceso de cruzar velocidad interior con velocidad exterior, con el propósito de verificar si la dispersión de los datos se reducía. Contrariamente a lo esperado, los niveles de dispersión permanecieron prácticamente iguales. Los valores R2 de las cuatro direcciones analizadas demostraron que existe poca relación entre cómo se ventila el edificio y la dirección del viento en el exterior, por lo que no es posible predecir el nivel de ventilación del edificio usando exclusivamente la dirección de donde proviene el viento. Figura 6.

Ventilar naturalmente un espacio a través de una doble piel implica un alto nivel de turbulencia si se le compara con una edificación con fachada simple y vanos convencionales sin obstáculos para el ingreso del aire. Los registros experimentales demostraron que efectivamente un sistema de fachada de doble piel trae implícitas importantes variaciones en los coeficientes de eficiencia de acuerdo a la velocidad del viento. Por esta razón se hizo una última clasificación de los datos de viento exterior, agrupando ya no sólo por dirección del viento, sino también por rangos de velocidad. Con esta modalidad de clasificación que dio como resultado 8 grupos de análisis se obtuvieron los coeficientes de eficiencia de ventilación del edificio en estudio. Figura 7.

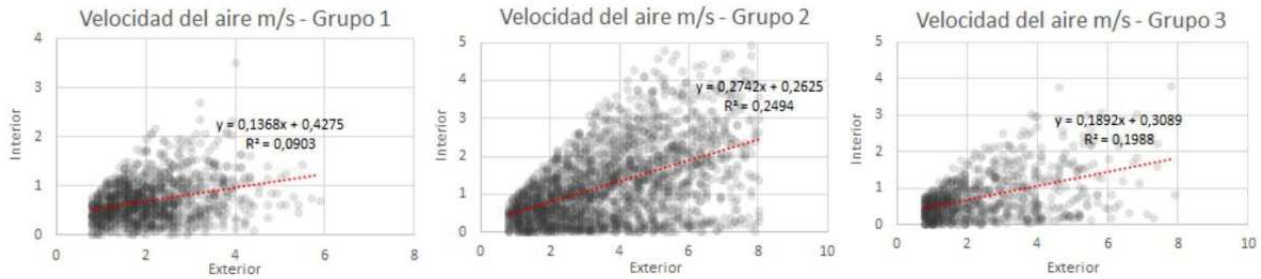

Figura 6 - Comparación de las velocidades que se presentaron en el interior y el exterior del edificio. Clasificación según la dirección según la estación meteorológica 202.

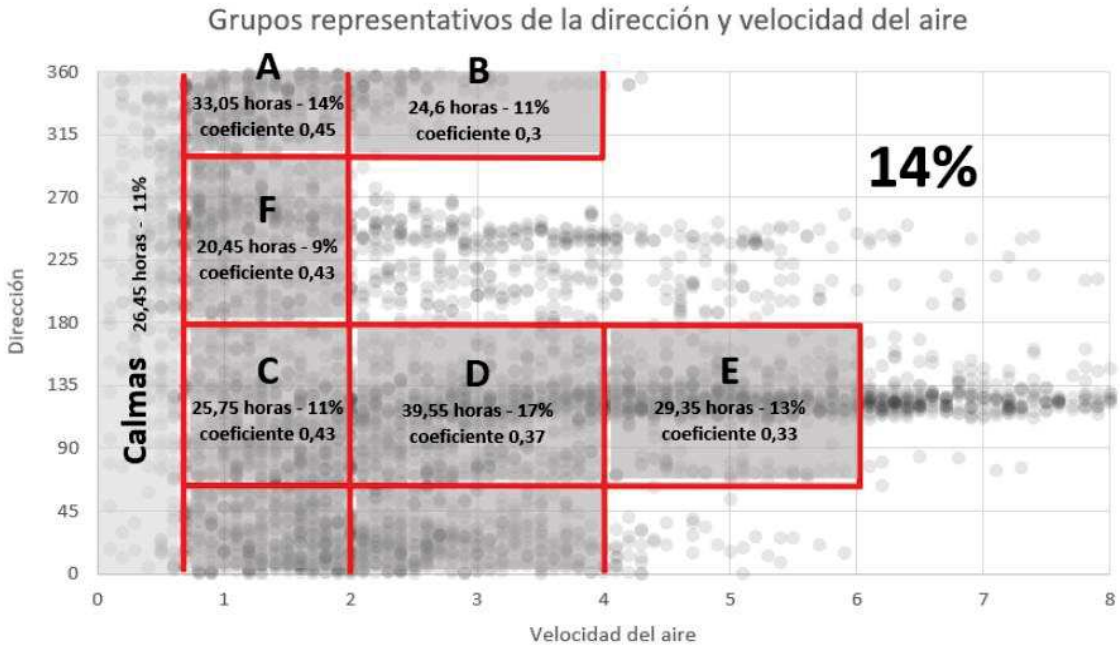

Figura 7 - Registros meteorológicos de viento agrupados según dirección y velocidad. Se indica el peso relativo de cada grupo en los registros de ventilación mensual y el correspondiente coeficiente de eficiencia para cada grupo.

Esta última clasificación en 8 grupos y donde las calmas representan el 11% de los datos, agrupan el 86% de los registros. Para simplificar el procesamiento de datos en esta primera exploración que fue hecha de manera manual se decidió ignorar algunos registros por su infrecuente velocidad y que corresponden al 14% de los datos. No se descarta un procesamiento más detallado que trabaje con la totalidad de los registros de viento exterior, pero cuando esto se haga será necesario tener en consideración que esos valores atípicamente altos corresponden a ráfagas que muchas veces duran unos pocos segundos. Convendría revisar más detalladamente si esas ráfagas exteriores también se manifiestan en el interior del espacio evaluado o si el efecto de turbulencia de la doble piel amortigua su efecto y por lo tanto, es preferible ignorarlas como aquí ha sido hecho.

3.3. Cálculo de caudales de ventilación

El punto de partida para estimar los caudales de ventilación de una edificación es el número de instantes en que el viento de algún lugar proviene de una u otra dirección, registros que deben haber sido agrupados por velocidades según los mismos criterios empleados para la obtención de los grupos con que fueron calculados los coeficientes de eficiencia. Los datos correspondientes al mes de junio de 2019 de cada una de las tres estaciones meteorológicas aquí estudiadas (197, 68 y 354) se procesaron para computar el número de horas al mes en que hubo viento de una u otra dirección en cada una de las tres localidades en análisis.

En segundo lugar se emplearon los 6 coeficientes de eficiencia de ventilación resultantes de la etapa anterior. Para cada grupo de velocidad y dirección del viento hay un coeficiente característico, todos ellos obtenidos a partir combinar los datos de viento de la estación 202 con los registros de velocidad de aire medidos en las ventanas del edificio. Vale resaltar que el primer conjunto de datos, en horas/mes, es una propiedad del sitio. Por su parte, los coeficientes de eficiencia son una propiedad de la forma arquitectónica y se expresan en porcentaje.

Para realizar los balances de ventilación natural se calcularon los caudales de ventilación multiplicando la velocidad media de cada grupo por su correspondiente eficiencia. En el proceso se asumió un área de ventilación constante, equivalente al área de ventana que permaneció abierta cuando se hicieron las mediciones en el edificio. La sumatoria de caudales instantáneos permitió estimar el volumen de aire que hubiera fluido a través de la edificación durante las horas laborales del mes de junio de 2019 si el edificio de la EDU hubiera sido construido en cada uno de los tres lugares hipotéticos. Los datos de viento de la estación 202 fueron usados para construir el Caso Base y hacer las comparaciones de ventilación mensual con respecto a otras ubicaciones, cruzando los registros de viento de cada una de las estaciones meteorológicas con los coeficientes de eficiencia de ventilación medidos en el edificio existente.

4. RESULTADOS

Se procesaron los datos de viento del mes de junio 2019 de cuatro estaciones meteorológicas diferentes. La primera de ellas en la vecindad del edificio estudiado (202) y las otras tres en otros sectores de la ciudad Medellín. Este proceso permitió separar cada base de datos según el número de instantes pertenecientes a los grupos A a F. Para cada estación meteorológica y para grupos de ventilación se calculó el caudal de ventilación a partir de la fórmula Q=VEA, siendo V la velocidad media de cada grupo, E son los coeficientes de eficiencia de la EDU para cada grupo y A el área de apertura de la ventana que permaneció abierta cuando se hicieron las mediciones en el edificio. Los caudales por grupo, la sumatoria mensual y los comparativos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Caudal de aire que fluiría por la ventana del piso 8 del edificio de la EDU de estar ubicado en diferentes lugares de la ciudad de Medellín a partir de los datos de viento de junio 2019. Los datos para este análisis corresponden a 23 días laborales con 12 horas/día para un total máximo de 276 horas/mes*

CAUDALES PARA GRUPOS REPRESENTATIVOS DEL PISO 8 EN EMPLAZAMIENTOS HIPOTÉTICOS PARA EL MES DE JUNIO DEL 2019								
ESTACIONES	A m3	B m3	C m3	D m3	E m3	F m3	CAUDAL m3/mes	%
202 AMVA	21,33	18,91	15,85	23,83	30,05	35,72	145,69	100%
197 UdeM	23,72	5,23	33,26	48,76	5,04	11,35	127,36	87%
354 Villa Niza	27,34	87,51	9,63	13,32	5,02	10,92	153,74	106%
68 Jardín Botánico	11,85	10,73	13,93	6,89	3,21	86,88	133,48	92%

Conocer los caudales para cada grupo representativo de velocidad y dirección del edificio en relación a la estación 202, permitió establecer valores comparativos de la ventilación del mismo edificio pero en emplazamientos hipotéticos diferentes, mostrando que el comportamiento del viento, sin importar que fueran zonas de la misma ciudad, presentó direcciones y velocidades predominantes diferentes para cada estación. Figura 8.

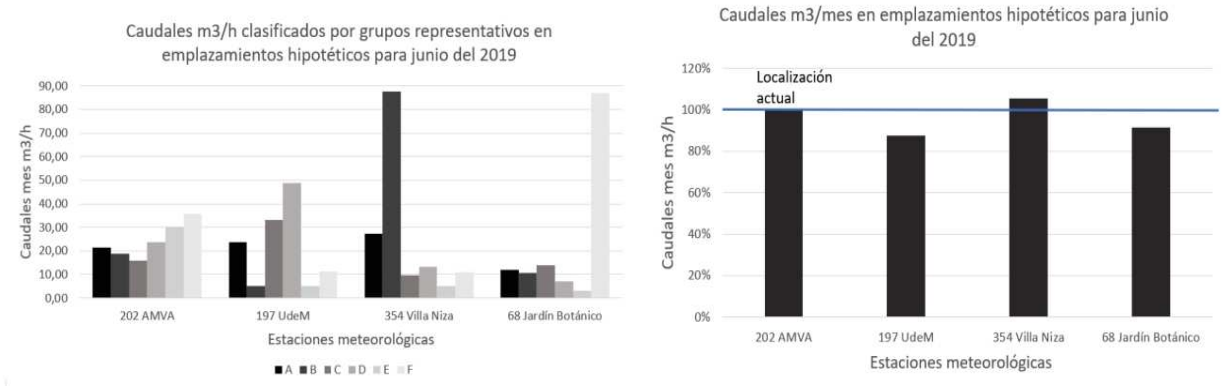

Figura 8 - Izquierda: Valor del caudal en cada grupo representativo para cada estación.
Derecha: Desempeño del edificio para cada estación meteorológica.

El desempeño del edificio presenta una variación moderada para cada estación, mostrando un mejor desempeño de la ventilación si el edificio estuviera ubicado cerca a la estación 354 Villa Niza y un menor desempeño en zonas cerca a las estaciones 197 Universidad de Medellín y 68 Jardín botánico, las estaciones 354 Villa Niza y 68 Jardín botánico presentaron un valor de caudal muy elevado para unos grupos, mientras que la estación 202 presentó valores bajos y similares. A partir de analizar la Figura 7, se observa que el grupo A presenta el coeficiente más alto con 0.45 lo cual indica que tener un lugar con datos en esos rangos de dirección y velocidad en una mayor cantidad de horas que el edificio, es el lugar donde se presentaría mejor desempeño en comparación a la localización actual, en este caso el emplazamiento más favorable sería la zona 354 Villa Niza.

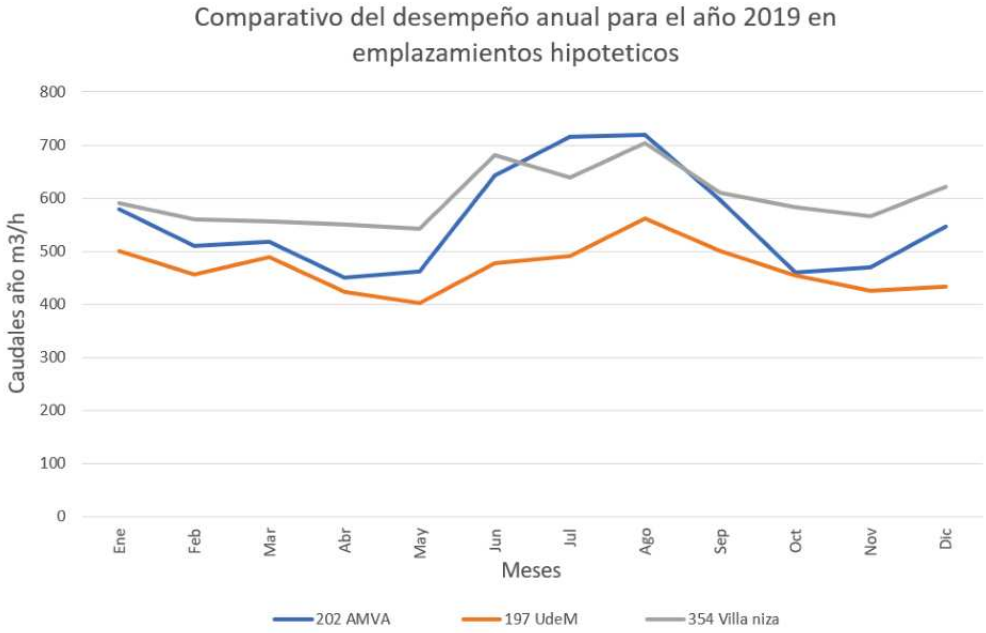

Figura 9 – Comparación del desempeño anual en tres emplazamientos diferentes de la ciudad para el año 2019.

5. CONCLUSIONES

La metodología empleada para el estudio del desempeño de la ventilación en el edifício, demostró que la agrupación de los datos por velocidad del aire y dirección permite tener mayor precisión en el cálculo de los coeficientes de eficiencia, teniendo en cuenta que la ventilación es un fenómeno complejo, contar con coeficientes para las diferentes variables permitirá a los arquitectos diseñar con mayor certeza el sistema de fachada.

Las mediciones realizadas en el edificio de la EDU, mostraron la presencia de flujos turbulentos posiblemente ocasionados por el sistema de fachada de doble piel, como se observa en la figura 7, los grupos que presentan velocidades mayor a 2m/s tienen coeficientes menores, esto se debe a las diferencias en los comportamientos de la velocidad exterior e interior, evidenciando que a mayor velocidad exterior, disminuye la eficiencia al interior, debido a las turbulencias generadas por la fachada, sería conveniente realizar mediciones en un edificio con un vano convencional.

El emplazamiento hipotético 354 Villa Niza presentó una mejoría en el desempeño del 6%, sin embargo, la localización actual continúa siendo la mejor ubicación para el edificio, pues los caudales para cada grupo se encuentran mejor distribuidos de manera que en las direcciones y velocidades que ventee tendrá un comportamiento similar, contrario a las otras 3 estaciones, en las cuales hay diferencias marcadas en la distribución de los caudales por cada grupo, en donde solo una de las direcciones predomina.

La comparación de los emplazamientos hipotéticos demuestra que a pesar de estar ubicados en la misma ciudad presentan comportamientos diferenciales, la utilización de bases de datos de estaciones meteorológicas cercanas al proyecto, permiten un mayor acercamiento a las condiciones del sitio por lo que no es recomendable diseñar con base a la rosa de los vientos general de la ciudad, esto no es preciso y se debe evaluar el entorno y las variables de la ventilación en cada sector.

Trazar una predicción del desempeño de la ventilación, a partir del procesamiento de datos de un solo mes puede resultar insuficiente para realizar una predicción precisa, sin embargo, la Figura 9 demuestra que

el desempeño anual del edificio, tiene un comportamiento muy parecido al que se indicaba en la Figura 8 en donde la estación Villa Niza presenta mejor desempeño que la ubicación actual y el emplazamiento en UdeM, se evidencia además que en los meses del año en los que aumenta la velocidad del aire en la ciudad de Medellín, el desempeño del edificio cambia de comportamiento por el aumento notorio de caudales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARSANO, Alpha Yacob. CLIMA+: An Early Design Natural Ventilation Prediction Method. Thesis Master of Science in Architecture Studies. Massachusetts Institute of Technology. Boston, 2017.

BITTENCOURT, Leonardo; CANDIDO, Christina. Introducción a la Ventilación Natural. Maceió: Edufal, 2015.

DAEMEI, A. OSMAVANDANI, P. NIKPEY, M. Study on Vernacular Architecture Patterns to Improve Natural Ventilation Estimating in Humid Subtropical Climate. Civil Engineering Journal, 2018, Vol. 4. No. 9. Pp. 2097- 2110

DANIELS, K. The technology of ecological building: basic principles and measures, examples and ideas. Alemania Birkhauser. 1997.

FUENTES, Víctor; RODRIGUEZ, Manuel. Ventilación Natural, Cálculos básicos para Arquitectura. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.

GARCIA, A. BOLAÑO, M. MEDINA, D. ARANGO, J. (2018). Evaluación integrada de iluminación natural, ventilación y ruido en tres aulas infantiles de Medellín. Colombia. MACDES 2018. Quinto Congreso Internacional en Medio Ambiente Construido y Desarrollo Sustentable. Habana, Cuba.

GARCÍA, A. GALLEGO, Valentina. HERNÁNDEZ, Priscila. (2018). Los calados como elementos moduladores del viento y el ruido. Variaciones sobre geometrías piramidales y porcentajes de apertura en muros calados. MACDES 2018, La Habana, Cuba.

Grupo EMAT. (2020). Perforated blocks efficiency from natural ventilation perspective in warm-humid climates. PLEA 2020. Coruña, España.

ICONTEC - INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. NTC 5183: Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores. 2003.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. Atlas de Viento de Colombia.

Bogotá,Colombia. 2017. ISSN: 978-9588067964. Recuperado en noviembre de 2020, de: http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html

IDEAM. Boletín Climatológico de Colombia. Bogotá, Colombia. [ref. 15/12/2020]. Disponible en Web: www.ideam.gov.co. ONSET Corporation. Product Catalog. [Ref. 15/122020]. Disponible en: www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-012/. SIATA. Red de Alerta Temprana del Valle de Aburrá. [en línea]. Medellín, Colombia. [ref. 15 de diciembre 2020].

TOLEDO, Eustáquio. Ventilacao Natural das Habitacioes. Maceió: Edufal, 1999.

YARKE, Eduardo. Ventilación Natural de Edificios. Fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de Ingenieros y Arquitectos. Buenos Aires: Editorial Nobuko, 2005.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa de Desarrollo Urbano EDU por permitir la instalación de los equipos de medida que hicieron posible recopilar los datos de velocidad de aire necesarios para realizar esta investigación.