



---

## **EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN FUNCIÓN DE LA AGRUPACIÓN Y LAS POSTURAS DE NIÑOS DE CINCO AÑOS Y LA VENTANA DE INGRESO DE AIRE EN UN AULA DE UN JARDÍN INFANTIL DE MEDELLÍN**

**Viviana Castro Gallego (1); Felipe Gallego Delgado (2); Sebastián Velásquez Restrepo (3); Ader García Cardona (4); Julie Waldron Toro (6)**

(1) Estudiante de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, vcastrog@unal.edu.co; (2) Estudiante de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, jfgallegd@unal.edu.co; (3) Arquitecto de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, svelasquezre@unal.edu.co; (4) Profesor Asociado Facultad de Arquitectura-Grupo EMAT de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, agarcia@unal.edu.co; (5) Profesor Asociado Facultad de Arquitectura-Grupo EMAT de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, jawaldro@unal.edu.co

### **RESUMEN**

Para una ciudad del trópico como Medellín, Colombia, con un clima cálido-húmedo andino, la ventilación natural es determinante para el confort térmico y la calidad del aire dentro de un espacio. Estos factores ambientales son importantes para el desarrollo satisfactorio de las actividades tanto lúdicas como formativas que desarrollan niños y profesores al interior de un aula educativa. Se decide hacer una evaluación de val ventilación del aula dividida en dos etapas para ver el comportamiento de las corrientes de aire al interior de un aula cuando está ocupada por niños. En la primera etapa se hacen evaluaciones para tres tipos de actividades grupales, cada una definida por un tipo de agrupación y ubicación al interior del aula. En la segunda etapa las mismas evaluaciones se hacen con un sólo niño ubicado al interior del aula a una serie de distancias de la ventana de ingreso del aire. A partir de los resultados se generaron recomendaciones relacionadas con la disposición de cada una de estas agrupaciones en el aula, en búsqueda del mejor aprovechamiento de la ventilación natural al interior, sin cambiar las dimensiones ni la ubicación de la ventana. Este trabajo presenta un método de evaluación cualitativa del comportamiento del flujo de aire evaluado en un túnel de viento calibrado. Para las pruebas se utilizó humo como elemento trazador. Las evaluaciones para la etapa 1 realizadas al interior del aula cuando es ocupada por 25 niños de 5 años, ubicados en tres tipos de agrupaciones: formación en ronda, formación en L y en grupos de cinco niños. Las evaluaciones de la etapa 2 también fueron realizadas en un túnel de viento, pero sólo con una fracción del aula, la ventana y el niño. Los resultados obtenidos incluyen parámetros como dispersión y homogeneidad del aire sobre el aula y trayectoria del aire y cobertura sobre el campo de actividad de los niños (sombra de viento que produce el niño con relación a las diferentes posturas y posiciones). Los análisis y la etapa de resultados indican que el comportamiento de la ventilación de las ventanas está directamente relacionado con la ubicación, las posturas y las agrupaciones de los niños en el espacio, lo cual puede ser considerado como un aspecto importante que altera las condiciones de bienestar de los niños al interior del aula.

Palabras clave: Ventilación natural, agrupaciones en el espacio, posturas de un niño, sombra de viento, aulas de jardines infantiles.

## **ABSTRACT**

For a tropical city like Medellin, Colombia, with a warm-wet climate, the natural ventilation is determinant for thermal comfort and air quality. These environmental factors are important for a satisfactory development of recreational and formative activities of teachers and children in the classroom. With this in mind, an analysis divided into two stages is done in order to understand the behaviour of the drafts of air inside a classroom when it's occupied by children. In the first stage the behaviour of air drafts inside a classroom when occupied by children performing three collective activities, each one of them defined by a type of grouping and position, were evaluated. In the second stage the same evaluations were done but with only one child inside the classroom with a series of distances from the opening of the classroom. The results were then used as guidelines to suggest an optimized disposition and location of each grouping without changing the dimensions or the location of the opening. This work presents a qualitative evaluation method of air flow that circulates through a calibrated wind tunnel. For the tests smoke was used as a tracer element. The evaluations of the first stage were done inside a classroom when it's used by 25 five year old children, dispersed into three types of grouping: a circle formation, an L formation and in groups of five children. The evaluations for the second stage were also done with a wind tunnel, but with only a fraction of the classroom and one child. The results were obtained taking into account parameters such as air dispersion and homogeneity in the classroom, and air trajectory and coverage over the children's field of activity (wind shadow produced by the child in relation to the different postures and positions). The analysis and results indicate that the ventilation behaviour and the openings efficiency are directly related with the position and grouping of the children in the classroom space, which is an important factor that can alter the well-being conditions of children inside the classroom.

Keywords: Natural ventilation, groupings in the space, children's postures, wind shadow, kindergarten classrooms.

## 1. INTRODUCCIÓN

Medellín es una ciudad con una latitud norte  $6,25^\circ$  y una altitud de 1576msnm, con un rango de temperaturas entre en  $17$  y  $32^\circ\text{C}$ , humedad relativa entre  $30$  y  $80\%$  y velocidades de viento máximas promedio de  $6\text{m/seg}$ .

La ventilación natural es un factor benéfico todo el año y por lo tanto la captación como el aprovechamiento de los vientos del lugar debe tenerse en cuenta para permitir una ventilación natural adecuada. En el caso de los niños la ventilación natural es fundamental debido a su mayor carga metabólica y a la necesidad de renovar constantemente el aire del espacio que habitan

El aula objeto de estudio tiene un área en planta de  $34,72\text{m}^2$  y pertenece al Jardín Infantil Balancines de Medellín. Conforme a lo establecido por la norma NTC 4595 tiene un área de ventanería de  $6,63\text{m}^2$  que corresponde a una relación de área, donde el área de ventanería es  $1/6$  del área en planta.

En la primera etapa se evalúan tres tipos de actividades grupales definidas por tres diferentes agrupaciones al interior del aula: ronda, “L” y subgrupos. Cada una para tres tipos de postura: parado, sentado y acostado. Esto se hace con el propósito de entender las alteraciones al flujo del aire según la ubicación y postura de los cuerpos de los niños.

En la segunda etapa se hace un análisis más detallado, a menor escala de las alteraciones que el cuerpo y la ubicación del niño le generan a la distribución y circulación de la ventilación natural del aula. Se evalúan dos ubicaciones al interior del aula con respecto a la ventana de ingreso del aire, teniendo en cuenta que este punto dónde se ubica el niño representa la ubicación general de las actividades grupales.

## 2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es el entendimiento del cuerpo en el espacio como un factor alterador del comportamiento de la ventilación natural al interior del ambiente construido, según cada agrupación, postura y ubicación con relación a una ventana. Además, visualizar las diferentes sombras de viento propias de cada ubicación y postura del niño con respecto a la ventana de ingreso del aire, entendiendo que cada objeto genera una sombra de viento, representando puntos de bajas velocidades de aire o poca ventilación.

Como objetivo específico se busca demostrar que la norma técnica no tiene en cuenta factores como la ocupación de las personas en el espacio, lo cual incide en la distribución del aire al interior.

## 3. METODOLOGÍA

Para este estudio se seleccionó un jardín infantil adscrito al programa de atención integral a la primera infancia de la Alcaldía de Medellín y el cual forma parte del estudio “*Evaluación Bioclimática en Espacios Educativos para Niños de Preescolar a partir de su respuesta ambiental, en climas Templados Andinos en Colombia*”.

El Aula 4, identificada en la figura 1, se seleccionó para ser evaluada ya que es una de las que presenta las temperaturas más altas entre los jardines infantiles de Buen Comienzo, a pesar de cumplir con lo establecido en la norma NTC 4595 como: geometría, materialidad, área total de ventanería y cantidad de niños. Además su condición de medianería le genera dos caras abiertas paralelas para evaluar la condición de ventilación cruzada.

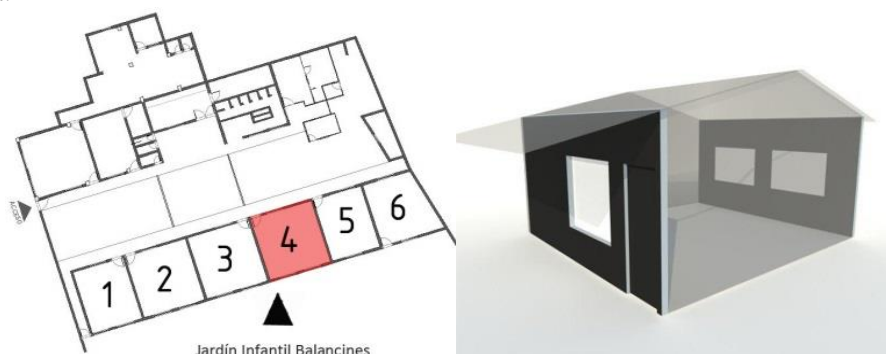


Figura 1: Ubicación del aula en el jardín y dirección del viento.

Para visualizar el patrón del flujo del aire al interior del aula fueron realizadas dos evaluaciones diferentes para las dos etapas en un túnel de viento. El túnel de viento del Grupo EMAT (grupo de investigación de la Universidad Nacional de Colombia: Energía, Medio Ambiente y Tecnología), tiene un motor de 1 caballo de fuerza y tiene la capacidad de generar vientos hasta  $4\text{m/s}$ . El túnel permite observar,

medir y recolectar datos sobre el flujo del aire en modelos a escala y visualizar la trayectoria y el movimiento del aire. En el momento 1 se realizaron dos pruebas de ventilación natural cruzada al interior del aula, una sin niños y la otra con niños.

Movimiento y trayectoria de viento: En el túnel de viento se instalan 5 trazadores de humo, 3 de estos a la altura de un niño y 2 a la altura de un adulto en escala 1:25 (figura 2), simulando el movimiento de la ventilación natural cruzada al interior del aula (figura 3).

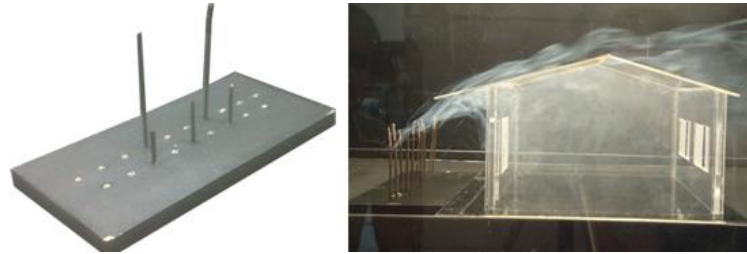


Figura 2: Trazadores de humo    Figura 3: Movimiento del viento

Para la segunda evaluación se utilizan las mismas técnicas de evaluación pero se ubican los niños en el aula, es sus respectivas posturas y agrupaciones (figura 4).

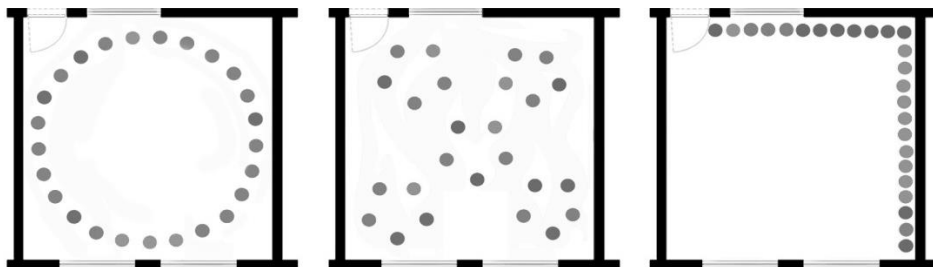


Figura 4: Tipos de agrupaciones

Para la segunda etapa se realizaron dos evaluaciones: en la primera se evalúa la sombra de viento causada por el cuerpo del niño, sin ventana y la segunda el comportamiento del viento cuando el niño está al interior de un espacio, con ventana. La ventana de ingreso del aire tiene un área total de  $2,45\text{m}^2$  y su antepecho se encuentra a  $0,75\text{m}$  del suelo. En ambas evaluaciones el usuario es un niño de 5 años en dos posiciones y tres posturas diferentes (figura 5).

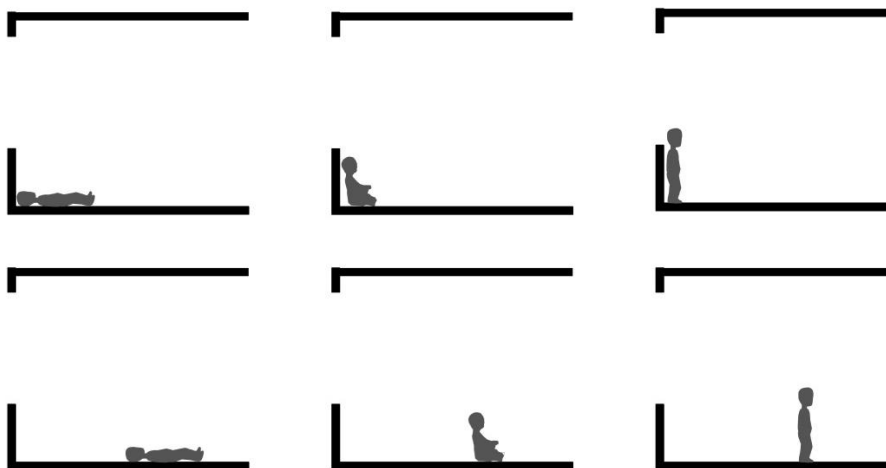


Figura 5: Ubicaciones del niño con respecto a la ventana

Al interior del túnel de viento se instala una maqueta del muro con la ventana del aula y un niño de 5 años en escala 1:5. También se instalan 5 trazadores de humo y se coloca la figura del niño en las posiciones y posturas determinadas. El humo funciona como elemento trazador, simulando el movimiento de la ventilación natural cruzada al interior del aula (figura 6).



Figura 6: Movimiento y trayectoria del humo.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Etapa 1: Movimiento y trayectoria de viento

#### 1. Ronda

- a. Parados: El aire entra sin bloqueos directos, pero la forma circular de la agrupación produce una redirección hacia el interior de esta. La salida del aire se produce de forma directa aunque cierto porcentaje se desvía hacia el interior ascendiendo hacia la parte superior del aula (figura 7).
- b. Sentados: El aire entra sin bloqueo, aunque se produce una redirección hacia el interior y exterior de la ronda, disminuyendo la salida directa de aire (figura 7).
- c. Acostados: El aire entra sin bloqueo, un porcentaje mayor sale directamente por la ventana de salida, y el porcentaje restante retorna por la parte superior y los laterales del aula (figura 7).

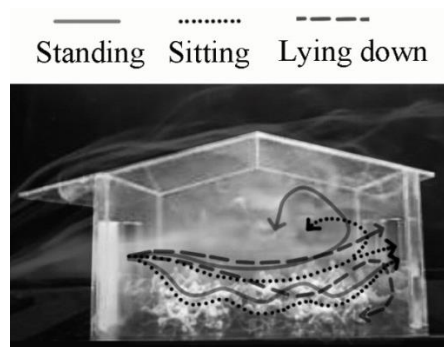


Figura 7: Movimiento y trayectoria de viento

#### 2. Subgrupos

- a. Parados: Se produce una mayor distribución del humo al interior del aula y por ende de los grupos, actuando la masa de los cuerpos como obstáculos. Prevalece una leve desviación del humo hacia la parte superior y una mayor fluidez en la salida de este (figura 8).
- b. Sentados: Se produce una desviación de aire desde el ingreso del mismo a través de los grupos y una menor desviación del aire hacia la parte superior del aula (figura 8).
- c. Acostados: Se produce una mayor homogeneidad de la huella de viento, focalizada en los puntos donde están las agrupaciones, generando un contraste que evidencia tanto la huella como la sombra de viento marcada en esos puntos (figura 8).

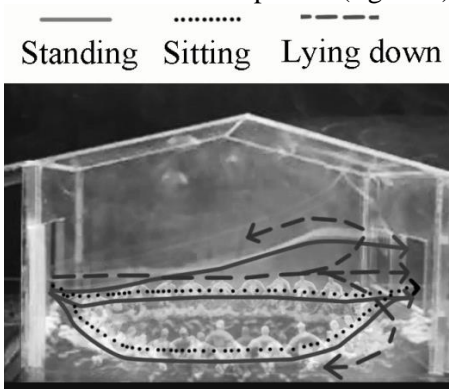


Figura 8: Movimiento y trayectoria de viento

3. L

- a. Parados: Desde el momento en que el aire ingresa al aula se evidencia un desplazamiento hacia la parte inferior de ésta, lo cual hace que desde el ingreso hasta salida el aire permanezca en contacto con el campo de actividad de los niños (figura 9).
- b. Sentados: El aire entra sin bloqueo, pero no se produce una circulación directa hacia la salida, debido a que el volumen de los niños desvía el flujo de aire (figura 9).
- c. Acostados: El aire entra sin bloqueo lo que le permite a un porcentaje alto de aire circular directamente hasta la salida, y el porcentaje restante de aire retorna al espacio por la parte superior e inferior del aula (figura 9).

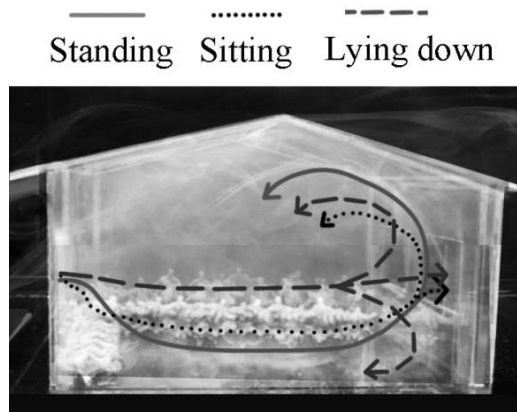


Figura 9: Movimiento y trayectoria de viento

**Etapa 2:**

**Trayectoria del aire en el túnel de viento (con y sin ventana):**

Posición 1 (cerca de la ventana) (figura 10):

- a. Parado: Se evidencia una gran influencia del antepecho respecto a la trayectoria sin él, debido a que se genera una aceleración del aire que ingresa, redirigiéndose hacia la parte superior del aula después de hacer contacto con el niño. La cabeza es la parte del cuerpo que más influye en dicha trayectoria.
- b. Sentado: Se puede deducir que el cuerpo del niño, a pesar de estar en la sombra de viento que produce el antepecho, afecta la trayectoria del aire manteniéndola a media altura en el aula.
- c. Acostado: Con el cuerpo en esta posición se evidencia su poca interacción con la trayectoria del aire y la ventana del aula, ya que el antepecho se encuentra bloqueando totalmente el cuerpo, pero aun así la presencia del niño cambia la trayectoria del flujo, ya que se evidencia como la aerodinámica del espacio es alterada por la forma del cuerpo del niño.

Trayectoria del flujo a través del Niño  
 Trayectoria del flujo a través del Niño y la Ventana

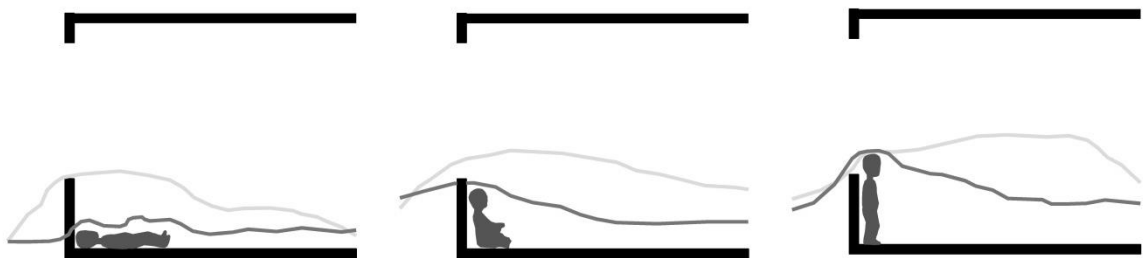


Figura 10: Posición 1, parado, sentado y acostado

2. Posición 2 (a 2 metros de la ventana) (figura 11): A esta distancia de la ventana se ve claramente como la trayectoria se ve influenciada tanto por la ventana como por el cuerpo del niño.
  - a. Parado: El aire al ingresar al aula tiende a permanecer estable a una altura media, y al encontrar el cuerpo como obstáculo la trayectoria del flujo de aire se redirecciona hacia la parte superior haciendo que el aire no tenga contacto con la mayor parte del cuerpo de los niños, sólo con la cabeza.
  - b. Sentado: Al ingresar al aula la trayectoria del aire que entra en contacto con el antepecho genera una sombra de viento homogénea con la producida por el cuerpo del niño para después tender hacia la parte inferior del aula, situación beneficiosa porque se garantiza el contacto del aire con la mayoría de los niños que habitan el aula.
  - c. Acostado: En esta posición se evidencia el cambio de trayectoria del aire con los dos obstáculos principales, el antepecho y el cuerpo del niño, se deduce que si no hubiera presencia del cuerpo, la trayectoria del aire tendería a precipitarse al suelo del aula.



Figura 11: Posición 2, parado, sentado y acostado

### Área de sombra de viento de la ventana y el niño (con y sin ventana):

Se evidencia que en los ensayos de sombra de viento, poseen mucha más área las sombras producidas por el antepecho de la ventana comparadas con la sombra producida por el niño, esto puede deberse a la constitución material y permeabilidad del aire en cada uno de los obstáculos.

También se nota claramente que la sombra de viento producida por el cuerpo del niño en todos los casos está contenida dentro de la sombra de viento producida por el antepecho, siendo la cabeza el punto de conexión máximo entre las dos, sólo en posición “parados”.

1. Posición 1 (cerca de la ventana) (figura 12):

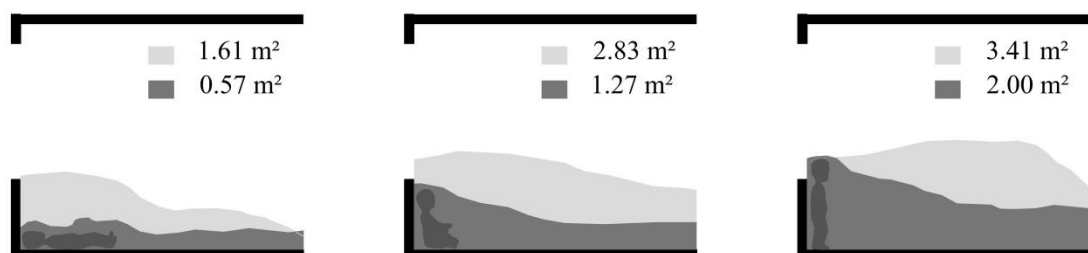


Figura 12: Posición 1

2. Posición 2 (a 2 metros de la ventana) (figura 13):

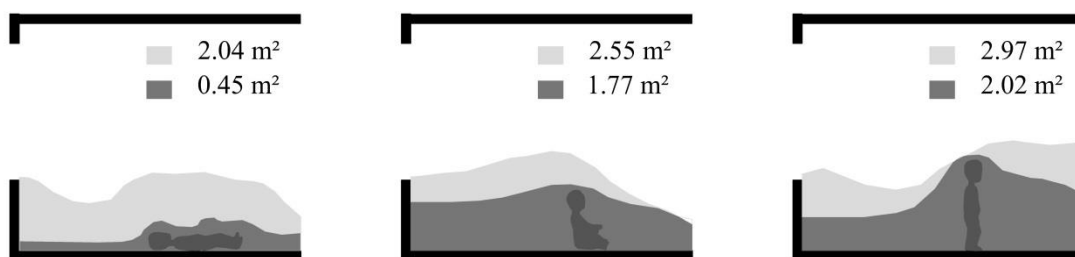


Figura 13: Posición 13

## 5. CONCLUSIONES

### Etapa 1: Movimiento y trayectoria de viento (figura 14)

1. Ronda: En la agrupación en ronda se produce un flujo redireccionado del aire alrededor de la agrupación, lo que le permite una mayor evacuación e interacción con los niños, afectando mucho más las zonas cercanas al ingreso y salida de aire. (Distribución media de aire / Mayor evacuación de aire.)
2. Subgrupos: En la agrupación de sub-grupos se produce una mayor interacción entre el viento y los niños, ya que el aire circula a través de todos los niños logrando la mejor distribución de este al interior del aula, aunque esto disminuya la cantidad de aire evacuado. (Mayor distribución de aire / Menor evacuación de aire.)
3. L: En la agrupación en L se produce un flujo más directo hacia la salida, ya que el grupo de niños se encuentra alineado contra la pared. Esto hace que la evacuación sea más rápida pero haya una menor interacción entre los niños y el viento (Menor distribución de aire / Mayor evacuación de aire.)

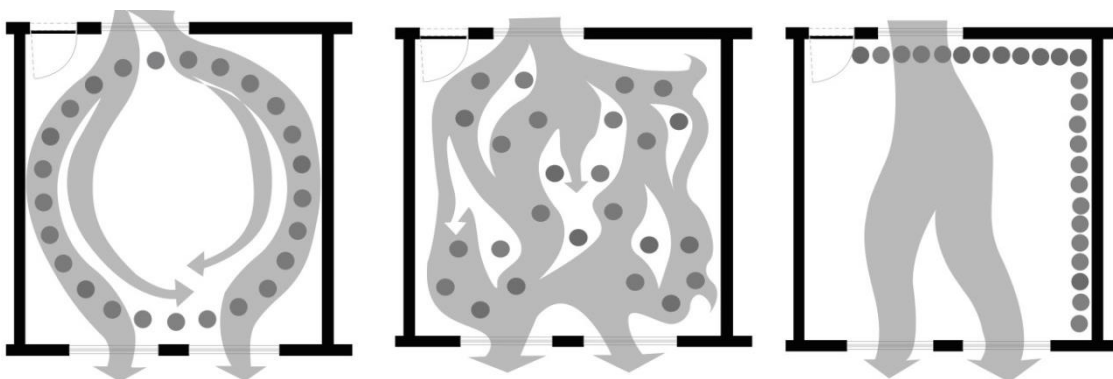


Figura 14: Movimiento y trayectoria de viento, ronda, subgrupos y L

### Etapa 2:

#### Trayectoria del aire en el túnel de viento (con y sin ventana):

La sombra de viento que produce el antepecho de la ventana es siempre afectada por la presencia del niño, sin importar la posición ni la postura, mientras que la trayectoria del aire en la parte superior de la ventana permanece constante y sin ser afectada por el niño.

Se observa una alteración mayor de la trayectoria del aire cuando el niño se encuentra en la posición 2 ya que el aire lleva una altura constante y al entrar en contacto con el niño y el sillar, éste cambia su trayectoria lineal de manera notoria, mientras que en la posición 1 al estar justo al lado del antepecho, se produce un efecto de un solo obstáculo para el aire, permitiéndole recuperar su trayectoria natural luego de pasar por el antepecho.

#### Área de sombra de viento de la ventana y el niño (con y sin ventana):

La sombra de viento que producen la ventana y el niño es diferente en cada posición y cada postura sin importar que la sombra de viento del niño esté totalmente al interior de la sombra de viento de la ventana, lo



que indica que la forma de la sombra de viento total sería una sumatoria de las dos sombras y no solamente la sombra mayor cuando la sombra menor está al interior de ella.

En la postura acostado, se observa que el área de la sombra de viento de la ventana se incrementa al alejar el niño del antepecho, mientras que en las otras dos posturas se disminuye el área de la sombra de viento, por lo que se podría pensar que cuando el niño está en una posición paralela al flujo de viento puede generar mayor sombra de viento, siendo un comportamiento contrario a los conceptos de la aerodinámica, aunque se tiene que tener en cuenta que el flujo no es perfectamente laminar y la cuantificación de áreas es un promedio de varios momentos del flujo laminar.

## **Recomendaciones**

1. Ronda: Para esta agrupación se recomienda que los niños estén sentados porque según los resultados obtenidos se observa que esta agrupación genera un re direccionamiento del aire alrededor de la ronda lo que permite un mayor cubrimiento de los niños por parte del viento. Además así el niño esté contra la ventana, al estar sentado, no redirige el aire hacia la parte superior del aula de una manera tan significativa como cuando está parado, sino que permite que el aire, en la mayoría de su trayecto, cubra el campo de actividad de los niños.
2. Subgrupos: Para esta agrupación, que tiene cierta margen de aleatoriedad, los niños pueden estar en cualquier postura (parado, sentado o acostado), haciendo la salvedad que cuando estén parados, los niños no deben estar ubicados cerca de la ventana para evitar el re direccionamiento del aire del que se había hablado previamente.
3. L: No es una agrupación recomendable desde los parámetros evaluados de la ventilación natural al interior del aula porque es la que menos distribución tiene y por lo tanto menos contacto con los niños. Teniendo esto en cuenta, se recomienda que los niños se agrupen de esta manera durante la mañana que son los momentos del día que presentan las temperaturas más bajas.

En los dos momentos se hace evidente que la dinámica de la ventilación natural del aire al interior del aula se ve influenciado por la presencia del niño con respecto a la ventana de ingreso del aire. Haciendo un análisis en planta, se pudo observar que a mayor dispersión de los niños en el aula se tiene una mejor distribución del aire al interior de la misma. Según la postura y la ubicación de los niños se puede garantizar una mayor permanencia del aire en el campo de actividad de los niños, siendo esto beneficioso en términos del confort térmico y la calidad del aire al interior del aula.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

IDEAM.MetereologiaAeronautica, [En línea], disponible en:

<http://www.meteoaeronautica.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=1674>

La Ventilacion Natural, el viento como elemento de diseño arquitectónico bioclimático [En línea], disponible en:

<http://www.tuobra.unam.mx/obrasPDF/publicadas/070629175445.html>

Norma Técnica Colombiana NTC 4595. Ingeniería Civil y Arquitectura. Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares. [En línea], disponible en: [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-96894\\_Archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-96894_Archivo_pdf.pdf) [March 2006]

Garcia, A, (en prensa, 2011). Evaluación Bioclimatica en Espacios Educativos para Niños de Preescolar a partir de su respuesta ambiental, en climas Templados Andinos en Colombia.

Programa Buen Comienzo. [En línea], disponible en:

<http://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://ed23570d6a90bb4fff7f68b98bb>