

Termorregulación natural en espacios cerrados con base en el mecanismo de las piñas de coníferas.

Christian Camilo Rayo, Isabella Vidal.

Facultad de Diseño Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

*Autor de correspondencia: Isabella.vidalc@upb.edu.co

Resumen

A partir de la biomimética, se estudió cómo los organismos, en este caso las piñas coníferas, utilizan su mecanismo de defensa de apertura y cierre para resguardar las semillas de los cambios climáticos extremos; posteriormente, se emplearon estos principios para su implementación en el desarrollo de una fachada de doble piel con la finalidad de aplicarlos en espacios cerrados y generar una mayor eficiencia en cuanto a la circulación del flujo de aire en su interior. Gracias a la morfología de las coníferas, se llevó a cabo la identificación de patrones y el comportamiento de cada uno de sus elementos para el análisis de su mecanismo de apertura y cierre en relación a su configuración material. A partir de la configuración geométrica que se logró identificar de los patrones de las coníferas, se pretende adaptar este principio a un sistema de ventilación natural mediante el comportamiento y la disposición de las fibras de chapillas de madera natural ante la presencia y ausencia de humedad que presentan para generar un mayor flujo de aire en espacios cerrados. Para esto se realizaron sistemas de doble piel basados tanto en la aplicación de componentes morfológicos con un alto funcionamiento en cuanto a materiales que reaccionan ante la humedad, como también en el uso de mecanismos basados en las propiedades intrínsecas de algunas chapillas naturales que interactúan para un óptimo flujo de aire en espacios cerrados.

Abstract

Based on biomimetic, it was determined how some organisms, like conifer pineapples in this case, use their defense mechanism to shelter their seeds from extreme climatic changes; to use this principle to apply on the develop of a double-skinned facade, applying it indoors to generate a better air flow inside.

By means of morphological characterization of conifers and the analysis of its opening-closing mechanism, also considering its material configuration, there was made an identification of patterns and the behavior of its elements. This was done to identify the optimum relation between morphology and materials, to apply it on a system which allows a better indoor air flowing. About them, we realize a couple of tests with natural wood screen and certain geometries with the purpose of observing their behavior and the fibers in response to the presence and absence of dampness.

Finally, the creation of new double skinned systems was taken in place, based as much in the application of morphological components with high performance in terms of material reaction to humidity, as in the use of mechanisms based on the intrinsic properties of some natural wood screens that interact for an optimal air flow in closed spaces.

Palabras Clave: *Biomimética, Ventilación natural, Espacio cerrado, Conífera, Mecanismo.*

1 INTRODUCCIÓN

La ventilación es la principal estrategia de climatización utilizada en los climas cálidos, tanto secos como húmedos. La ventilación natural permite la renovación del aire al interior de un espacio cerrado, el cual se produce por la acción del viento o por el cambio de temperaturas en el punto de entrada y salida del aire; en ambientes cálidos y eventualmente húmedos, el movimiento de aire alrededor del cuerpo humano provoca un mayor intercambio térmico con el cuerpo y por lo tanto enfriamiento, por lo que amplifica el rango de la sensación de confort, y al mismo tiempo este flujo de aire ayuda a eliminar contaminantes u olores presentes en el interior del espacio cerrado (Freixanet, 2004). Por medio de la biomimética se busca dar solución a este problema tomando como referente natural a las piñas de conífera, las cuales poseen un mecanismo de apertura y cierre el cual les permite su reproducción y adaptación a ambientes exteriores (Mejía, 2010). Dicho mecanismo es analizado con el fin de encontrar como el comportamiento de las piñas puede ser empleado para permitir la termorregulación natural en espacios cerrados. Actualmente es un tema de interés en el mundo investigativo entender el mecanismo de las piñas con el fin de llevarlo a aplicaciones industriales, como lo son los materiales tecnológicos que responden a agentes climáticos o externos. En un estudio realizado en el 2013 (Randall M.Erb, 2013) investigaron acerca del cambio de forma en la naturaleza y analizan en ella los materiales naturales que cambian de forma usando microfibras en orientaciones específicas con el fin de contraerse o expandirse en respuesta a agentes externos del ambiente; los investigadores replican este comportamiento en materiales sintéticos fabricados en compuestos artificiales. La técnica que utilizan se basa en la orientación de mecanismos con y sin refuerzo, combinando estas orientaciones de las fibras se crean compuestos que varían en su microestructura, lo cual genera movimientos reversibles, efectos de torsión y cambios de forma en lugares específicos de la estructura. En la Figura 1 se muestra la caracterización de las fibras en las escamas de la piña, la morfología de ésta en estado de humedad o clima seco y su respuesta a estos estímulos (apertura o cierre).

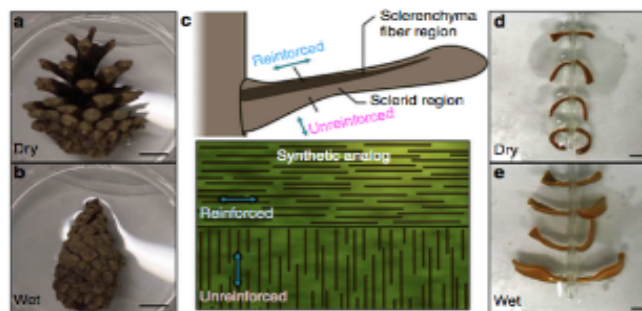


Figura 1. Caracterización de las muestras de experimentaciones realizadas en materiales compuestos que imitan la constitución de las microestructuras de las piñas, se replican las orientaciones de las microfibras y la reacción a la humedad. (Randall M.Erb, 2013)

A partir del estudio de la morfología de la piña conífera se han realizado diferentes experimentos donde se implementa el mecanismo de apertura y cierre de esta, a continuación, se mostrarán algunos de estos.

Water Reaction

Water Reaction es un diseño basado en la biomimética de la piña de los pinos, creada por el diseñador Chao Chen (Chen, 2015); que, por las propiedades del material, cambia la forma de sus componentes automáticamente al detectar la humedad sin ningún sistema mecánico o eléctrico (Figura 2). Esta propuesta aún continúa siendo un prototipo al cual se le busca hacer mejoras de los componentes para su fabricación con materiales más resistentes.

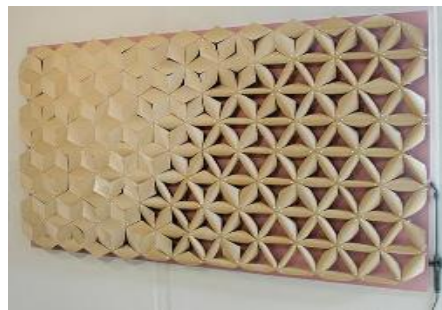


Figura 2. Sistema de doble piel o fachada que incorpora el *Water Reaction* que permuta la forma de los componentes individuales en presencia de humedad.

El objetivo de este trabajo es optimizar el flujo de viento en espacios cerrados, de acuerdo con los conceptos analizados de la piña se busca implementar una superficie de doble piel que permita el paso del viento, esta superficie se diseña a partir de los patrones morfológicos identificados y del mecanismo, y dinámica de apertura y cierre de las piñas, con el fin de disminuir el consumo energético y hacer uso de la ventilación natural como suministro o recurso natural.

2 METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó la caracterización morfológica de la composición morfológica del cono de conífera, donde se tienen en cuenta variables como geones principales (formas geométricas simple que componen un objeto), dimensiones y geometría de cada una de sus partes, patrones naturales, procedencia, edad y características de las semillas. Para esta caracterización se empleó una cámara Nikon d3100. Posteriormente se realizó un estudio por medio del cual se analiza cómo se representa en la conformación geométrica de la piña la sección áurea, el número de Fibonacci y el comportamiento de un fractal. Adicionalmente con el fin de que el modelo final cumpla con los comportamientos determinados a partir de la piña de pino, se analizó el comportamiento funcional de la piña con base en los mecanismos de apertura y cierre. Posteriormente, se relacionaron los patrones morfológicos y funcionales para observar cuales permitían un mejor comportamiento,

para verificar finalmente cuáles patrones permitieron un mayor flujo de aire al ser sometidos en un túnel de viento casero.

La elaboración de estos modelos experimentales elaborados como producto de la caracterización morfológica y funcional de la piña de los pinos se dividen en tres fases experimentales, en las cuales cada una tuvo una gran importancia para ayudar a volver mucho más detallado la fase que seguía, haciendo que tanto el modelo como el proceso pasaran por pequeños ajustes para lograr realizar la verificación del flujo de aire a través de un patrón que mostrara características similares al mecanismo de apertura y cierre de la piña de pino; estas fases fueron:

Primera fase: Análisis del comportamiento/mecanismo por medio de modelos experimentales

Para la experimentación se construyeron varios modelos del patrón, en dimensiones de 19 x 20 cm, La construcción dichos modelos se realizó considerando el material, patrón (unión de los geónes abstraídos). Para realizar este proceso se tuvieron en cuenta los patrones escogidos a partir de la matriz (Figura 3), la cual se hizo con el fin de observar cómo se ensamblan los geónes obtenidos en los diferentes patrones y como estos patrones se aplican a los principios de sección aurea y Fibonacci, mostrando cómo sería la disposición o distribución de cada uno de los patrones sobre una pared de doble piel. Con base en lo anterior, se construyeron modelos con papel, acetato y chapilla de diferentes tipos, teniendo en cuenta el espesor del material, la dirección de las vetas de la chapilla. Lo anterior, con el fin de optimizar el movimiento de estas al cambio de temperatura por medio de adición de agua (a temperatura ambiente) con un spray y aire caliente (60°C) por medio de un secador. Para brindarle estabilidad a las estructuras elaboradas, se construyeron tres marcos con palillos de bambú para darle rigidez a la estructura, esto con el fin de poder soportar la chapilla y facilitar su observación todas bajo las mismas condiciones.

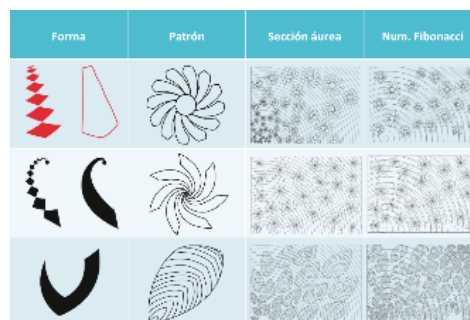


Figura 3. Matriz de patrones conformados por los geónes abstraídos, aplicados a los principios de Sección Aurea y Fibonacci

Ya ensamblados los marcos y patrones, se procedió con la etapa de verificación de la relación la cual consistió en someter las muestras a dos tipos de ambientes: húmedo y seco. El primero, se logró humedeciendo cada uno de los patrones con atomizador con agua fresca a temperatura ambiente. El segundo ambiente se obtuvo empleando un secador de cabello marca Remington que alcanza una temperatura de 60° aproximadamente.

Segunda fase: Construcción de modelos experimentales

Para la verificación del modelo experimental se elaboraron 4 marcos de madera de pino de 28x28 cm de 2 cm de espesor, a los cuales se les adhirió un sistema que actúa como soporte para sostener el patrón, este consta de un aro de MDF cortado a láser con un diámetro externo de 22.8 cm y un desfase interno de 1 cm. Este aro se sujeta a un listón de MDF que atraviesa el marco de manera longitudinal, y se sujeta a este por medio de grapas. Inicialmente se realizó una plantilla del patrón en empleando el programa Rhino ceros. Una vez separados los geónes, se alinean en posición horizontal en una plantilla de 20 x 100 cm (este es el ancho en el cual vienen las chapillas sapelly y el largo máximo que permite la cortadora láser), esto se realizó con el motivo de que todos los geónes queden con el mismo sentido de las vetas que trae la madera, cada geon tiene una dimensión de 3.5 x 10 cm. Una vez cortados todos los geónes del mismo patrón en las diferentes chapillas se procede a pegarlos al sistema de sujeción que ya tienen los marcos (Figura 4 (a)).

Tercera fase experimental: Análisis de flujo de aire

Se realizó un túnel de viento casero que se adaptó al contorno del marco y tenía una longitud de 150 cm; en uno de sus extremos se adaptó un extractor y en el otro había un agujero de 6 cm de diámetro por donde ingresaba el humo proveniente del hielo seco, en la mitad del túnel estaba ubicado el patrón (Figura 4 (b)).

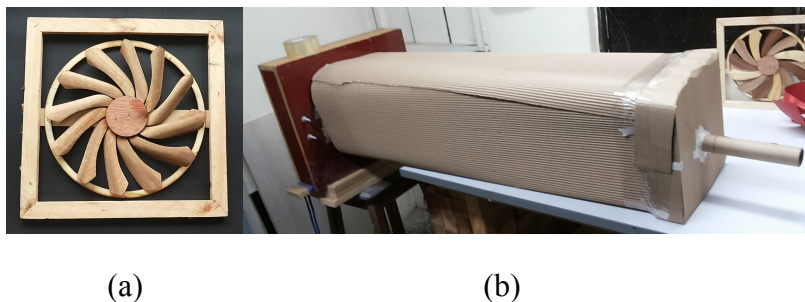


Figura 4. (a) Modelo experimental obtenido en la segunda fase. (b) túnel de viento casero utilizado en el análisis de flujo de aire en la tercera fase.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar la caracterización morfológica de las piñas se observó que aquellos especímenes más jóvenes tenían un color verdoso y contenían mayor humedad. En contraste, aquellas de mayor edad presentaban, además de una textura porosa, seca y escamosa, una coloración café oscuro. Al realizar un corte transversal en una piña joven (color verde) y una de mayor edad (café oscuro) se evidenció que las piñas verdes mantienen su forma intacta, es decir, tienen un porcentaje de humedad alto, mientras que las piñas de color café tienden a fragmentarse con mayor facilidad debido a que presentan un bajo grado de humedad. Adicionalmente, se encontró que las piñas recolectadas del cementerio Monte Sacro tienen mayores de dimensiones con una geometría que tiende a ser más esférica y simétrica en contraste con las provenientes del Parque Arví que eran cónicas y alargadas tal como se observa en la Figura 5. El geon que predomina es el cono Gibba y

Reflexa, el tamaño de la apófisis está relacionado directamente con el tamaño de la piña y el tipo de apófisis más común es el piramidal

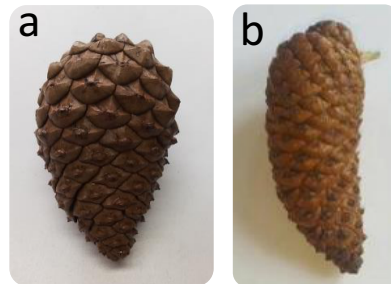


Figura 5. (a) cono de conífera recolectado en el Cementerio Jardines de Monte sacro el cual tiene una geometría cónica. (b) Cono de conífera recolectado en el Parque Arví con una geométrica alargada

Al realizar los ensayos de humectación y secado se observó, para la primera condición, que la chapilla reaccionó contrayéndose en el sentido de las betas. Por otra parte, para la segunda condición, se verificó que el sentido de las vetas infliere directamente en la curvatura que tome el geon de chapilla, es decir si se curva hacia arriba o hacia abajo y el grado de contracción de esta. Se observó también que las chapillas tendieran a pandearse más cuando la dirección del geon va en sentido de las manecillas del reloj, aumentando esta reacción por efecto del aire caliente del secador sobre ella después de haber estado humedad. A través de esta nueva fase de experimentación se ponen en comparación los primeros modelos realizados los cuales tenían un marco con palillos de bambú estos no ofrecían la estabilidad suficiente para el experimento y los patrones no tenían total libertad, en la segunda verificación con marcos rígidos el movimiento de la chapilla es mucho más libre gracias a las disposiciones de las betas y a los pocos puntos de sujeción que presenta el sistema. Los modelos de esta etapa se realizaron con un solo patrón, el cual fue el resultado de la primera verificación y arrojó los mejores resultados, con la segunda el modelo tiene gran libertad con la chapilla de roble como se evidencia en la Figura 6, por la disposición de las vetas y por su capacidad de absorber humedad y de recuperarse con la ausencia de esta.



Figura 6: Modelo experimental después de mojarse.

La sujeción de los geónes del centro del marco rígido le da un punto de apoyo donde no limita el movimiento, pero el otro punto de fijación que va en el aro, le permite guiar la curvatura del geon lo que le confiere una curvatura guiada, debido a lo restringido del movimiento. En el momento que se soltaron dichos puntos de fijación con el aro el patrón comenzó a curvarse de una manera

mucho más fluida, donde los geónes por su geometría comenzaron a curvarse más de un lado de que del otro dándole una apariencia de hélice de barco, este tipo de comportamiento solo se vio reflejado con el roble debido a que las otras chapillas no recuperaban su forma, o tardaban demasiado en volver a un estado semejante pero no igual al inicial, la chapilla de roble tiene la propiedad de volver a regenerar su forma inicial hasta un 80%. Una vez sometido el modelo que cumplió con la verificación de la relación más óptima entre la morfología y el material al túnel de viento, se observa claramente que el modelo en el momento del inicio de la prueba permite un paso del aire muy reducido (Figura 7), debido a que es una superficie plana que se opone al flujo normal de viento. Cuando el modelo finalmente reacciona a los 6 minutos de iniciada la prueba, la humedad presente en los geónes debido a la mezcla de hielo seco y agua caliente (alrededor de 80 - 96°C) hace reaccionar la chapilla, haciendo que esta comience a curvarse lentamente, reacciona a la humedad del humo que toca la superficie de la chapilla, permitiendo un mayor flujo de aire a través de él (Figura 8); al curvarse en forma de hélice el viento que pasa a través del patrón sale haciendo una especie de espiral, permitiendo que se distribuya por todo el espacio.



Figura 7 y 8: La imagen de la izquierda muestra el modelo cerrado y como pasa poco flujo de viento, la imagen de la derecha es el modelo abierto y como pasa mucho más flujo de viento

Para que los geónes volvieran a recuperar su estado inicial transcurre alrededor de 10 minutos, donde entran pequeñas corrientes de aire fresco y con una temperatura más cálida a comparación de la producida por la reacción del hielo seco con el agua caliente, mientras esta sucede la curvatura va desapareciendo y el flujo de viento se va reduciendo cada vez más entre los espacios que hay entre los geónes que conforman el patrón.

4 CONCLUSIONES

- Aplicado en un sistema de doble piel o exoesqueleto, el sistema funciona de manera que en presencia de corrientes de aire húmedo los patrones tiendan a reaccionar permitiendo que ingrese un mayor flujo de aire a través de él, esta reacción se da por la transición de un ambiente relativamente seco a un flujo de aire húmedo. La transición entre estado inicial y curvatura es mucho más rápida que de la curvatura al estado inicial, debido a lo impredecible de los factores climáticos.
- Este sistema puede ser muy práctico en espacios cerrados donde haya un flujo de personas constante; debido a que la humedad producida por la transpiración, la respiración, y el calor producido por los cuerpos al estar en una constante actividad sumado al calor producido por posible maquinaria en dicho espacio, activaría de una manera constante el mecanismo

de apertura y cierre en el sistema de doble piel, permitiendo que el flujo de aire (ventilación natural) se renueve constantemente aumentando el confort de las personas en este espacio.

- En ésta investigación se llevó cabo la creación de nuevos sistemas de doble piel basados no solo en la aplicabilidad de componentes morfológicos con un alto funcionamiento, sino también en el uso de mecanismos basados en las propiedades intrínsecas que tienen los materiales que reaccionan a la humedad. Después de realizar los modelos experimentales nos dimos cuenta que si el modelo fuera más grande, funcionaría mejor.

5 REFERENCIAS

Freixanet, Victor Armando Fuentes. 2004. Ventilación Natural, Calculos basicos para arquitectura. [En línea] Universidad Autonoma Metropolitana, 2004. [Citado el: 10 de Abril de 2016.]

Mejía, Samuel Arturo Uribe. 2010. CIENCIAS NATURALES. [En línea] 10 de Mayo de 2010. [Citado el: 14 de Abril de 2016.]

Randall M.Erb, J. S. (2013). Self-shaping composites with programmable bioinspired microstructures. *Nature communications* .

Chen, C. (2015). *CHAO CHEN PRODUCT DESIGNER + SKETCHER*. Obtenido de <http://www.chaochen-design.com/water-reaction-1.html> (Apellido, Año)

Climent, J. (04 de 10 de 2014). Variabilidad morfológica de las piñas en pinus canariensis.

Romero, A. (10 de 07 de 2005). Fibonacci y el número áureo. *Revista digital universitaria*.

Rosenfel, A. A. (01 de 09 de 2014). *Algarabía*. Obtenido de Algarabía: <http://algarabia.com/ciencia/seccion-aurea-la-divina-proporcion/>

Ecured. (10 de 01 de 2010). *Ecured*. Obtenido de Ecured: http://www.ecured.cu/Números_de_Fibonacci