

# Calidad de vida en la vivienda social de San Andrés, Colombia, mediante la gestión bioclimática de flujos de aire

Quality of life in social housing in San Andres, Colombia, through bioclimatic air flow management

*Claudio Varini\* y Simulaciones: Sara Luciani*

---

Citar este artículo como: Varini C., Simulaciones: Luciani S. (2015). Calidad de vida en la vivienda social de San Andrés, Colombia, mediante la gestión bioclimática de flujos de aire. *Revista Nodo*, 9(19), pp. 101-110.

---

## Resumen

El artículo aborda el tema de la vivienda de interés social en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia. A partir del modelo de vivienda multifamiliar desarrollado por el autor para el Programa Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático-INAP, *Casaclima San Andrés*, se realizan una serie de simulaciones para evaluar el comportamiento de dicho modelo en cuanto a flujos de ventilación, temperatura y humedad relativa en su interior, bajo diversas condiciones (ventanas abiertas y cerradas, entre otras). Se concluye que el modelo, que retoma la tecnología de construcción en madera, tradicional en el archipiélago, es una solución que aporta confort térmico a sus habitantes, y reduce el impacto ambiental que generan construcciones en otro tipo de materiales, como el concreto.

## Palabras clave

Bioclimática, cambio climático, confort pasivo, vivienda social, San Andrés isla, vivienda bioclimática, arquitectura adaptada al clima.

## Abstract

The article discusses the issue of social housing in the San Andrés and Providencia, Colombia. From multifamily housing model developed by the author for the National Pilot Program for Adaptation to Climate - INAP, *Casaclima San Andrés Change*, a series of simulations to evaluate the performance of the model in terms of flows of ventilation and temperature they are made relative humidity inside, under various conditions (open and closed windows, etc.).

We conclude that the model, which incorporates technology wood construction, traditional in the archipelago, is a solution that provides thermal comfort to its inhabitants, and reduces environmental impact generated constructions in other materials, such as concrete.

## Keywords

Bioclimatic, climate change, passivecomfort, Social Housing, San Andres island, green housing, Adaptive climate architecture.

Fecha de recepción: 30 Enero 2014 Fecha de aceptación: 18 abril 2015

\* Doctor en Arquitectura, Università Degli Studi Florencia. Correo electrónico: claudio-varini@unipiloto.edu.co



**Figura 1.** Modelo de vivienda vista desde sur-oriente  
Fuente: elaboración propia.

## Introducción

En Colombia las condiciones habitacionales de la vivienda manifiestan situaciones problemáticas. De acuerdo con el DANE, los hogares en déficit son 3.828.055, correspondiente al 36,21% del total, de los cuales 2.520.298, correspondiente al 23,84%, presentan déficit cualitativo (DANE, 2013). Según lo anterior, más de un hogar de cada tres no responde a las condiciones habitacionales esperadas de servicios, calidad espacial y condiciones higiénicas; y casi uno de cada cuatro presenta condiciones precarias, es decir: que pueden ser mejoradas y/o recuperadas, mitigando o saneando esas deficiencias.

Las viviendas sociales que actualmente se construyen en la isla de San Andrés, debido a su forma (volumenes directamente sobre el terreno) y materiales (bloques y losas de hormigón), generan sobrecalentamiento en los espacios interiores, por lo que sus habitantes prefieren permanecer fuera de ellas. Se plantea como alternativa un retorno a los orígenes, en términos de materiales (madera y sus derivados) y forma (construcción sobre pilotes, cubierta inclinada con aleros), con el fin de brindar condiciones de confort a los habitantes de las viviendas de interés social del archipiélago, cuyas condiciones climáticas se caracterizan por las altas temperaturas (IDEAM, 2005).

El artículo analiza y evalúa el comportamiento térmico y fluido-dinámico del modelo multifamiliar propuesto por *Casaclima San Andrés. Lineamientos para la construcción de la casa adaptada al cambio climático*, desarrollado en el marco del proyecto Programa Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático-INAP (Varini, 2010). El modelo fue concebido para clima tropical húmedo, en un territorio donde son presentes manifestaciones climáticas que amenazan la calidad de vida de los habitantes de la isla (especialmente huracanes e inundaciones). El modelo considera además dos factores: el respeto de la cultura material del archipiélago, representado por viviendas policromas de madera sobre pilotes, y el carácter social de la vivienda, que implica mínimos costos en la construcción. Se analizan soluciones pasivas para el control de las ganancias térmicas del proyecto, con especial atención a la importancia de la envolvente arquitectónica.

## El lugar y el clima

La isla de San Andrés está ubicada en la latitud de 12° 35' 37" Norte. Su temperatura promedio anual es de 27,6°C, y por encontrarse en la zona intertropical se presentan mínimas variaciones térmicas a lo largo del año (23,5°C como temperatura mínima promedio, y 31,3°C como temperatura máxima promedio mensual). La humedad relativa promedio es de 83%, y las horas de sol por año son 2686, con un promedio de 7,4 horas/día y una variabilidad a lo largo del año de  $\pm 20\%$ . El régimen de lluvias, propio del Caribe, está caracterizado por el modelo unimodal, es decir, un periodo seco (de diciembre a mayo) alternado a periodo húmedo (de junio a noviembre), donde el 47% de las precipitaciones se presentan especialmente en las noches. Los vientos prevalentes son los Alisios, provenientes del Este y el Noreste; su velocidad mínima oscila entre 0,2 y 0,6 m/s (brisa débil), mientras que su velocidad máxima está entre 19,0 y 25,2 m/s (temporal a temporal duro); la velocidad promedio está entre los 7 y los 8 m/s (Ideam, 2010) correspondiente al régimen de brisa moderada.

Cabe subrayar que las características climáticas de San Andrés son próximas a gran parte del territorio colombiano continental, puesto que el 60,54% del país cuenta con clima tropical cálido húmedo (Ideam, 2005). Aun siendo peculiar de cada región el régimen de vientos, en los valores fundamentales de temperatura y humedad relativa las regiones clasificadas como de clima cálido húmedo por el Ideam, no presentan diferencias sustanciales. Por tanto, las soluciones propuestas para San Andrés pueden ser transferidas con buena aproximación a otras regiones colombianas. No obstante, la exposición a riesgos derivados a vientos huracanados debe circunscribirse tan solo a la franja costera Caribe.

## El papel de la envolvente

La envolvente arquitectónica es el vehículo de transferencia de los flujos calóricos que surgen de la diferencia de temperatura existente entre el entorno exterior—definido por las condiciones climáticas locales— y los espacios interiores de la arquitectura. Cuando las condiciones climáticas exteriores son extremas, ya sea por calor o frío, la envolvente asume la función de hacer confortables las temperaturas al interior de la construcción, generando así, de manera pasiva, condiciones apropiadas para el desarrollo de las actividades para las cuales ha sido concebida la arquitectura (vivienda, trabajo, etc.).

Desde 2010 Ecoenvolventes viene estudiando los efectos de los agentes atmosféricos y la capacidad de las envolventes arquitectónicas para generar condiciones de confort de manera pasiva, al tiempo que trabaja por minimizar el impacto ambiental generado por la arquitectura (energía embebida de los materiales y vida útil). Además, desarrolla soluciones apropiadas para condiciones climáticas tropicales en territorio colombiano. Como resultado, la investigación ha desarrollado especialmente, el diseño de soluciones de vivienda basadas en tecnologías constructivas en seco (sin uniones químicas entre sus partes sino mediante

uniones mecánicas), así como la experimentación y el análisis de los proyectos realizados.

Ecoenvolventes trabaja en San Andrés desde finales de 2012, tomando como objeto de estudio una tipología de construcción sencilla —tal como se usa en las regiones costeras y en proximidad de las riveras de los ríos—, caracterizada por ser edificada sobre pilotes y contar con cubiertas de dos o cuatro aguas. Se interviene así, con las herramientas y la experiencia maduras en un caso y localidad puntual (San Andrés), sobre un contexto más amplio, pues como ya se dijo, el 60,54% del territorio colombiano cuenta con clima tropical cálido húmedo (Ideam, 2005).

El proyecto apunta a dos aspectos: (i) la evolución de una tecnología constructiva, tradicional y consolidada en San Andrés, y el refinamiento del diseño arquitectónico para mejorar las condiciones de vida al interior de la vivienda; y (ii) la posibilidad de transferir las soluciones planteadas para San Andrés a otras regiones, especialmente a las que más la necesitan, es decir, la franja de personas más vulnerable a los efectos del clima y más expuestas a los efectos del cambio climático, como inundaciones o incremento de la temperatura (Ruiz, 2010), que son las de menores recursos.

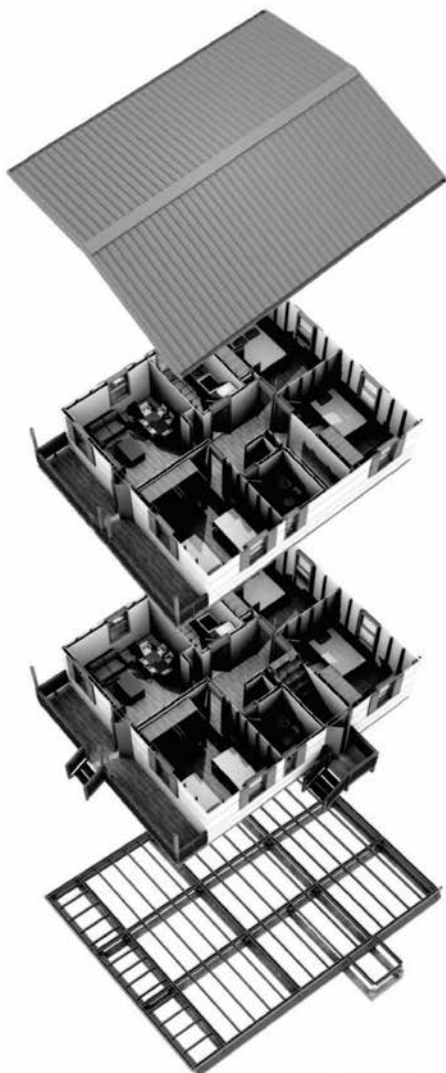
En el artículo se hace un análisis de tres modelos de construcción a través de los comportamientos fluido-dinámicos derivados de diferentes configuraciones de sección y de las aperturas para inmisión y extracción de aire.

## Objeto de estudio

Se considera como objeto de estudio la influencia de los flujos de aire aplicados a construcciones destinadas a vivienda social, caracterizadas por geometrías sencillas y soluciones pasivas de control térmico. Lo anterior permite definir tanto los determinantes de diseño como la eficiencia de las soluciones bioclimáticas pasivas, con el fin de generar confort térmico sin el uso de equipos de aire acondicionado o ventiladores.

Las simulaciones se realizaron considerando una estructura en madera con densidad de 420 kg/m y conductividad de 0.147 W/mK, una envolvente conformada, tanto en piso como en fachadas y cubierta, por tableros de fibras orientadas (*Oriented Strand Board*) con densidad de 650 kg/m y conductividad de 0.13 W/m.K, y cubierta en tejas de acerogalvanizado en caliente y pre-pintado al horno.

## El modelo



**Figura 2.** Modelo de vivienda con sombras generadas el 21 de diciembre a las 15:30 horas, vista desde sur-oriente. Fuente: elaboración propia.

El modelo físico de referencia es una construcción sencilla, de planta cuadrangular, desarrollada en dos pisos, que contiene apartamentos de dimensiones inferiores a 100 m<sup>2</sup> (figura 1), configuración que permite evidenciar los efectos que pueden ser generados por vientos fuertes y huracanos. Se eligió la tipología de vivienda multifamiliar sobre dos pisos para oponer una superficie relativamente extensa a la radiación solar. La compactación del volumen corresponde a condiciones reales de uso y conveniencia económica, por la relación entre volumen y superficie externa.

Las soluciones dirigidas a mitigar los efectos de las ganancias térmicas por radiación solar son las siguientes:

- Cubierta con pendiente y aleros. La superficie de cubierta recibe gran parte de la radiación solar y la interposición de un zarzo entre ella y el techo de segundo piso permite mitigar el efecto de ganancia térmica, reduciendo la temperatura en los espacios del segundo piso. La inclinación de la pendiente se debe a tres motivos: drenar rápidamente el agua por las lluvias especialmente intensas; generar una altura óptima para el efecto chimenea; evacuar eficazmente el aire caliente. Los aleros generan una sombra que reduce la carga térmica sobre muros y ventanas en las horas centrales del día. La superficie que genera sombra es del 26% superior a la de planta de la vivienda.
- Postigos como pantalla que minimiza las ganancias térmicas con radiación solar incidente (calor específico del vidrio común: 0,84 kJ/kg K frente a 2,5 kJ/kg K del OSB).
- Colores claros para incrementar el efecto albedo (0,25-0,40 como factor de absorción).
- Para la generación de condiciones de confort interno se delega al aire un papel importante como el de generar flujos capaces de evacuar el calor en exceso que se genera en espacios confinados y de refrescar las superficies especialmente las de piso por la noche. Para este



fin se implementan soluciones sencillas de ventilación:

- Ventilación natural a nivel del suelo y entre los pilotes para permitir flujos frescos que alimenten los espacios interiores. La temperatura del aire en circulación está condicionada con las superficies del terreno siendo las superficies empadizadas la mejor solución para mantener la temperatura del aire rasante entre los pilotes más fresca (Yilmaz, 2008).
- Ventilación de espacios y consecuente refrescamiento de las personas por las ventanas, especialmente efectivas después del atardecer para acelerar su refrescamiento y la disipación del calor acumulado por las superficies de piso siendo estos de gres, como elemento que genera una, si bien modesta, inercia térmica. Se trata de una simple ventilación cruzada, es decir: un flujo que penetra en el espacio interior y sale en la misma dirección en función del viento o la brisa externa.
- Aperturas en entrepiso para la ventilación de espacios interiores. Esta ventilación se da de manera directa en primera planta e indirecta, mediante un ducto vertical desde los pilotes en correspondencia de las ventanas. Este flujo vertical rasante a las paredes permite evacuar la temperatura radiante que se genera en las superficies acristaladas y permite evacuar el aire recalentado por efecto chimenea mediante salidas altas puestas en diagonal.
- Ducto central con funciones de extracción del aire, de piso a techo. Este ducto recibe una parte del aire que circula a nivel de los pilotes para que, a su vez, arrastre olores, vapor y calor que se genera en los espacios de los apartamentos. El ducto culmina a nivel de cumbrera. La tapa dilatada recibe aire con buena velocidad y caliente que viene deflexionada por la pendiente de cubierta, generando así, por forma y altura, las condiciones óptimas para en funcionamiento del efecto chimenea.

La forma y los materiales del proyecto, mediante el uso prevalente de tableros de madera para la envolvente y madera laminada para la estructura, son intencionalmente propuestos para minimizar las ganancias de calor, el aire es utilizado para mitigar los efectos térmicos.

Se trata en estos dos últimos casos de ventilación inducida por efecto chimenea, es decir: un flujo que entra desde abajo en el espacio confinado y es dirigido por una diferencia de presión generado por el calor presente en las superficies expuestas a la radiación solar y por el movimiento hacia arriba del aire más caliente.

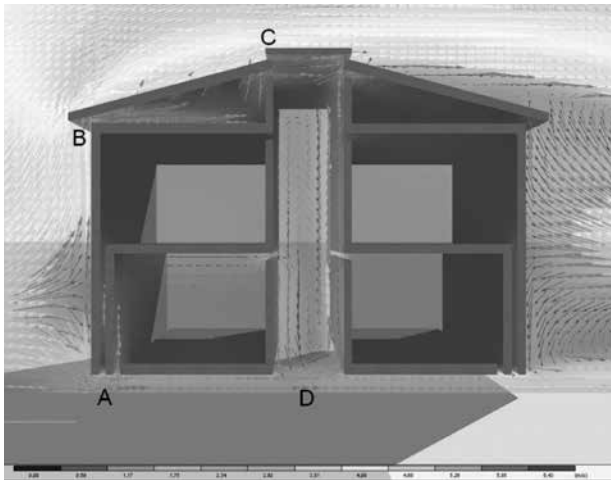
Con el fin de responder a los huracanes se han previsto las siguientes soluciones:

- Cubierta con pendiente leve para oponer menor resistencia a las fuerzas laterales de los huracanes.
- Postigos ante las ventanas, y además, de cierre de la terminal superior del ducto central de ventilación, para que protejan los espacios interiores de la fuerza de los vientos huracanados.
- Accesos inferiores de aire, si bien ubicados en un área donde los flujos son marginales, en caso de necesidad pueden ser obstruidos con objetos pesados.
- Pilotaje para reducir la presión unitaria sobre las superficies verticales ubicadas a barlovento.

## Fluido-dinámica interior

Como referencia para la simulación fluido-dinámica de los espacios interiores se ha afinado el modelo presentado anteriormente en el ámbito del proyecto INAP: con el fin de elevar la eficiencia de la ventilación y reducir la vulnerabilidad frente a los huracanes se incrementando la dimensión del ducto vertical en el centro de la edificación (véase figura 2).

Como valor para analizar los flujos al interior de los espacios, en las simulaciones, se ha tomado el de cinco (5) metros por segundo, es decir: el valor



**Figura 3.** Modelo 1. Sección transversal vivienda multifamiliar de dos pisos con ventanas cerradas.

Fuente: elaboración propia.

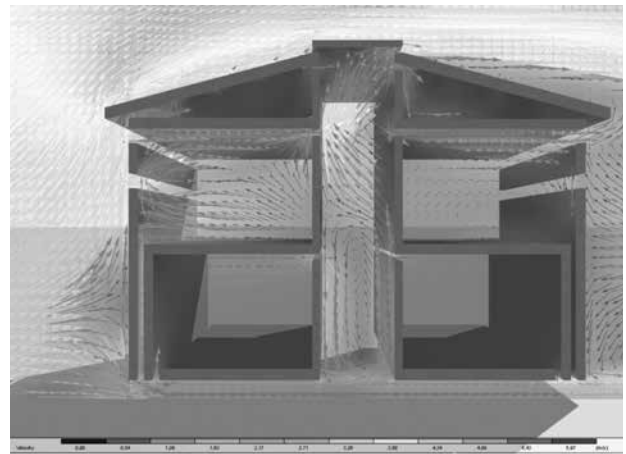
de una brisa débil. Se trata de una velocidad del viento poco inferior a la velocidad promedio/año en la isla, pero suficiente para evidenciar dinámicas de los fluidos.

*Análisis de vectores:* puede observarse en la figura 3 cómo los flujos de aire van repartiéndose tanto al exterior como al interior de la construcción. Externamente, por barlovento, el flujo lineal de aire va re-orientándose al contacto con la fachada: desde aproximadamente un tercio de la altura el aire se desvía hacia abajo, para canalizarse luego entre los pilotes con una mayor velocidad. El restante flujo se desvía hacia arriba. La presencia del alero, además de incrementar la superficie sombreada, es funcional al acceso de aire en el vano bajo techo y asu refrescamiento. Sin embargo, tal como evidenciado en la figura 3 (B) el volado de la cubierta está sujeto a una carga vertical ascendente que obliga al anclaje de los componentes estructurales con especiales perfiles resistentes a la carga de los vientos huracanados. Lo anterior vale especialmente para los puntos de acceso y salida del aire (figura 3: A, B, C, D).

Se reconocen, en la gráfica mencionada, cuatro puntos de acceso de aire: A. Acceso directo por el entrepiso en el primer piso e indirecto mediante

ducto vertical en el segundo piso. Estos flujos refrigeran la superficie interna de las fachadas y alimentan la succión del aire caliente por efecto chimenea. Los flujos son más intensos en la habitación del primer piso a barlovento y en la habitación del segundo piso a sotavento. B. Acceso por debajo de la canal. Este flujo permite ventilar el espacio existente entre la cubierta y el cielorraso, y evacuar el aire caliente que se acumula en el segundo piso. C. Acceso por la cumbre. El aire fluye de manera horizontal y extrae el aire que sube por el ducto central. D. Acceso por el ducto central de extracción. Este ducto genera un flujo circular ascendente, en sentido antihorario, que favorece la reducción de la temperatura. Su importancia es doble: por un lado permite la circulación de aire fresco que ingresa desde la zona de pilotes, y por otro, extrae olores y vapores de baños y cocinas, además de succionar el aire caliente que se acumula en la parte superior de las habitaciones. La zona de sotavento recibe aire del ducto para que sea extraído por las aperturas que están en ese costado.

La simulación evidencia que en una vivienda multifamiliar pueden generarse una serie compleja de flujos de aire que permiten garantizar una ventilación efectiva de los espacios interiores.

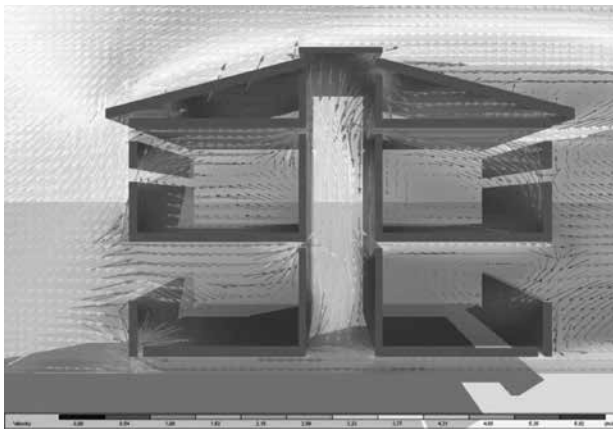


**Figura 4.** Modelo 2. Corte transversal de vivienda multifamiliar de dos pisos con ventanas cerradas en el primer piso y de guillotina doble abierta en el segundo piso

Fuente: elaboración propia.

## Modelo 2. Vivienda multifamiliar de dos pisos con ventanas cerradas en el primer piso y de guillotina doble abierta en el segundo piso.

*Análisis de vectores:* en la figura 4 se aprecia la influencia de las ventanas en la fluido-dinámica del modelo, suponiendo que las ventanas en primer piso sean cerradas. El flujo de aire al interior de los espacios del segundo piso permite una buena e intensa circulación de aire. El ducto central induce la circulación del aire en sentido horario y abarca todo el volumen. En la habitación a barlovento del segundo piso el aire sale por la apertura hacia el ducto central, mientras que, a sotavento, sale por la apertura superior de la ventana de guillotina. El efecto de la apertura de las ventanas del segundo piso no se limita a la ventilación de las habitaciones de ese piso, sino que incrementa la circulación del aire en la habitación del primer piso a sotavento, la parte superior del ducto central y el zarzo. Por tanto, se incrementan en el conjunto de la edificación los flujos de aire por cantidad y velocidad, siendo una solución efectiva para la rápida evacuación de aire caliente (por ejemplo: al atardecer, por la noche y en la madrugada).



**Figura 5.** Modelo 3. Corte transversal de vivienda multifamiliar de dos pisos con ventanas de corredera/batientes en el primer piso y de guillotina doble en el segundo piso

Fuente: elaboración propia.

*Análisis de vectores:* En la figura 5 se evalúa la fluidodinámica suponiendo aperturas de las ventanas en las habitaciones del primer piso tipo batiente o corredera. Diversamente de las del segundo piso (tipo doble guillotina), las ventanas presentan un solo vano. Puede observarse, en el primer piso, la inversión de los flujos en correspondencia de la boquillade acceso del aire puesta en el piso (figura 3: A), resultando el aire en salida a barlovento y en entrada a sotavento. En la habitación a barlovento del primer piso, el flujo resulta más intenso en la parte superior y menos homogéneo respecto de lo observado en el segundo piso con las ventanas de guillotina. En este caso resulta ser muy fuerte el flujo superior que interesa las capas de aire más caliente. En la habitación del primer piso a sotavento (figura 5, piso 1 a la izquierda) el fuerte flujo que se genera en la parte alta evacua el air más caliente y genera un contraflujo en la parte de la ventana. La parte baja de la habitación recibe modestos flujos y el aire entra de la boquilla del piso. Muy intenso también el flujo en el ducto central (figura 5, vano vertical al centro) que presenta, en esta condición, flujos eminentemente descendientes. Puede observarse en el ducto de ventilación central que, contrariamente a lo esperado por efecto de la diferencia de presión entre el aire fresco a nivel del suelo y la caliente a nivel de cubierta, la mayor parte de los flujos sale por la parte inferior, mientras que el resto sale por la cumbre.

## Curvas térmicas

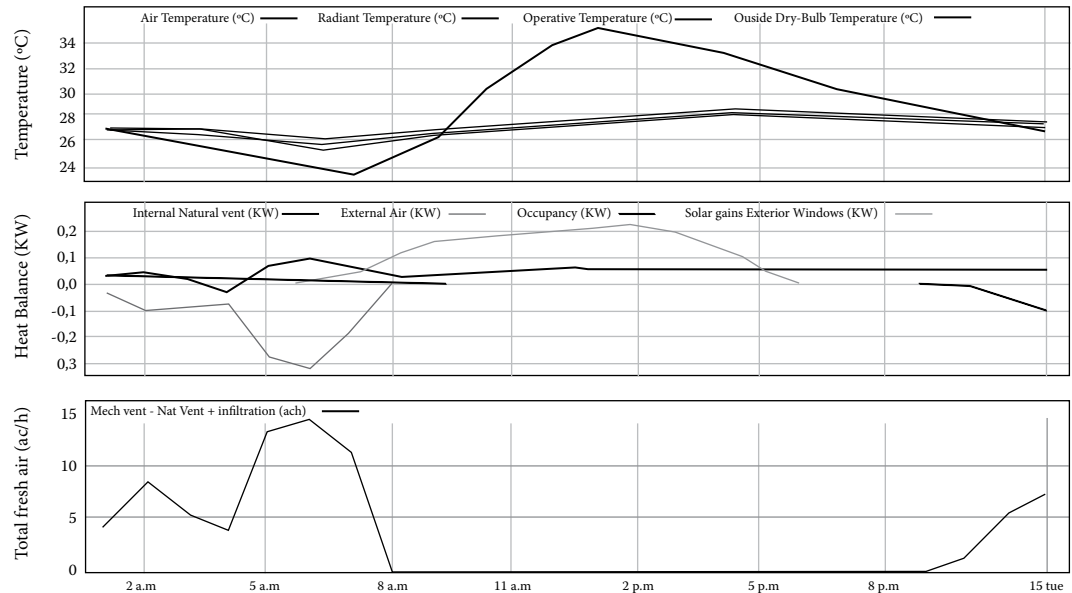
Si el análisis de vectores muestra los efectos dinámicos del aire en los espacios interiores, las curvas térmicas permiten entender, tanto los valores como los aportes de los materiales de las envolventes y específicamente de las superficies opacas (tableros OSB de 14 mm) y translúcidas (cristal float de 5 mm). En la tabla 1 se observa, por tanto, la curva térmica y de humedad relativa global en la construcción en objeto.

## Temperatura and Heat Gains - piso 1, Alcoba Dble 1 P 1

14 Oct - 14 Oct, Hourly

Energy Plus Output

Licensed



|   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Air Temperature (°C)                      | 27,22 | 26,97 | 26,77 | 26,42 | 25,76 | 25,33 | 25,49 | 26,16 | 26,60 | 26,93 | 27,23 | 27,49 | 27,71 | 27,96 | 28,16 | 28,27 | 27,29 | 28,25 | 28,20 | 28,14 | 28,03 | 28,06 | 27,72 | 27,42 |
| Radiant Temperature (°C)                  | 27,16 | 27,07 | 26,90 | 26,77 | 26,56 | 26,28 | 26,16 | 26,29 | 26,54 | 26,75 | 26,96 | 27,19 | 27,36 | 27,58 | 27,74 | 27,82 | 27,80 | 27,76 | 27,73 | 27,70 | 27,65 | 27,60 | 27,52 | 27,38 |
| Operative Temperature (°C)                | 27,19 | 27,02 | 26,84 | 26,60 | 26,16 | 25,81 | 25,83 | 26,23 | 26,27 | 26,84 | 27,09 | 27,34 | 27,53 | 27,77 | 27,95 | 28,05 | 28,04 | 28,00 | 27,97 | 27,92 | 27,84 | 27,83 | 27,62 | 27,40 |
| Outside Dry-Bulb Temperature (°C)         | 26,90 | 26,30 | 25,70 | 25,00 | 24,40 | 23,80 | 23,20 | 24,40 | 26,00 | 29,40 | 31,90 | 34,10 | 35,30 | 34,60 | 34,10 | 35,50 | 32,60 | 31,40 | 30,20 | 29,50 | 28,80 | 28,20 | 27,50 | 26,80 |
| Internal Natural vent. (KW)               | 0,03  | 0,04  | 0,02  | -0,04 | 0,06  | 0,09  | 0,06  | 0,02  | 0,04  | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,06  | 0,05  | 0,06  | 0,06  | 0,04  | 0,05  | 0,04  | 0,05  |       |
| External Air (KW)                         | -0,04 | -0,11 | -0,09 | -0,08 | -0,26 | -0,31 | -0,18 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | -0,01 | -0,05 | -0,09 |
| Occupancy (KW)                            | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,01  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,01  |
| Solar Gains Exterior Windows (KW)         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,01  | 0,05  | 0,11  | 0,15  | 0,17  | 0,19  | 0,21  | 0,20  | 0,22  | 0,19  | 0,13  | 0,05  | 0,01  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Mech Vent + Nat Vent. Infiltration (ac/h) | 3,74  | 5,43  | 3,86  | 3,86  | 13,57 | 14,76 | 11,77 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 1,17  | 5,61  | 7,28  |

**Tabla 1.** Curvas de temperatura y humedad relativa en la construcción el día 14 de octubre

Fuente: elaboración propia.

### Modelo 1. Vivienda multifamiliar de dos pisos con postigos abiertos

*Análisis térmico en el día promedio.* Asumido como día promedio el 14 de octubre, al presentar valores estadísticamente correspondientes al 75% de los días en la isla, se ha corrido la simulación térmica, donde se aprecia una curva de temperatura exterior con su ápice superior a las 13 horas (35,30°C) e inferior a las 7 horas (23,20°C). La curva de humedad relativa es aproximadamente especular con respecto a la de la temperatura (cuando una sube, la otra baja) y esto se debe a que al incrementar la temperatura se produce una mayor evaporación y una consecuente reducción de la humedad relativa.

Resulta evidente que, frente a una variación diaria de la temperatura exterior de 12,10°C (Tabla 1: valores de *Outside Dry-Bulb Temperature*), la

temperatura global interior tiene una oscilación mucho menor: en efecto la temperatura operativa (figura 6: valores de *operativetemperature*), llega al su valor máximo a las 17 horas (28,29°C) y a su valor mínimo a las 6 horas (25,33°C) con una oscilación de apenas 2,96°C manteniendo cerradas las ventanas en las horas en que la temperatura externa supera la interna. Al analizar a un mismo tiempo, tanto las curvas térmicas de los espacios como las ganancias térmicas (Tabla 1: valores de *heat balance* y específicamente de *solar gains*) y la ventilación natural (Tabla 1: valores de *total fresh air*), podemos identificar las relaciones entre las curvas registradas. En la curva de temperaturas se puede observar una gran cercanía entre las temperatura del aire interno, de la temperatura radiante (irradiada por la envolvente) y de la temperatura operativa, lo cual significa que las paredes en aglomerado de madera y la estructura en madera

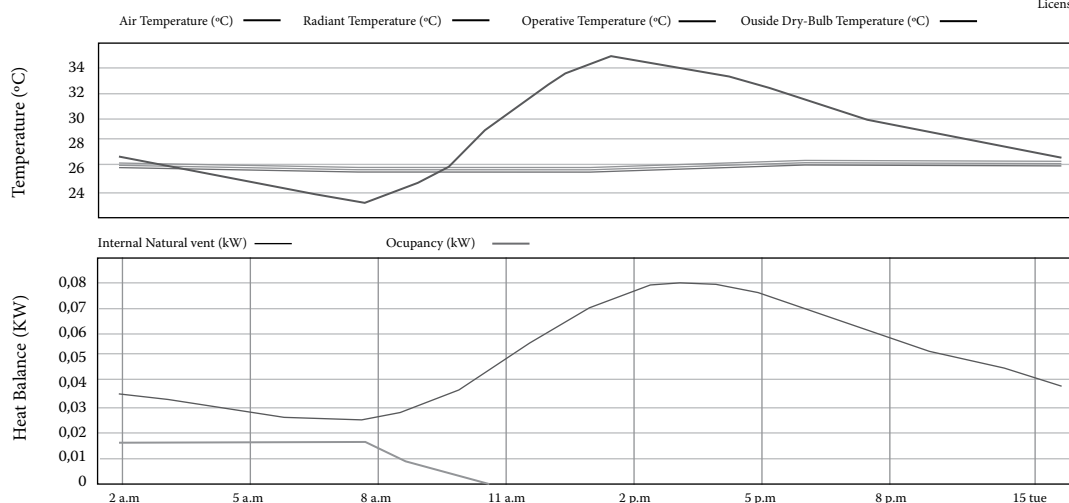


## Temperatura and Heat Gains - piso 1, Alcoba Dble 1 P 1

14 Oct - 14 Oct. Hourly

Energy Plus Output

Licensed



|                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Air Temperature (°C)              | 26,74 | 26,70 | 26,64 | 26,57 | 26,51 | 26,44 | 26,38 | 26,31 | 26,26 | 26,24 | 26,29 | 26,36 | 26,46 | 26,58 | 26,69 | 26,80 | 26,89 | 26,98 | 27,00 | 27,02 | 27,01 | 26,99 | 26,97 | 26,94 |
| Radiant Temperature (°C)          | 26,39 | 26,36 | 26,32 | 26,22 | 26,22 | 26,17 | 26,11 | 26,06 | 26,00 | 25,98 | 25,98 | 26,01 | 26,07 | 26,16 | 26,26 | 26,36 | 26,46 | 26,55 | 26,61 | 26,64 | 26,65 | 26,64 | 26,62 | 26,60 |
| Operative Temperature (°C)        | 26,56 | 25,53 | 26,48 | 26,36 | 26,36 | 26,30 | 26,25 | 26,18 | 26,13 | 26,11 | 26,13 | 26,19 | 26,26 | 26,37 | 26,48 | 26,58 | 26,68 | 26,75 | 26,80 | 25,83 | 26,83 | 26,82 | 26,80 | 26,77 |
| Outside Dry-Bulb Temperature (°C) | 26,90 | 26,30 | 25,70 | 25,00 | 24,40 | 23,60 | 23,20 | 24,40 | 26,00 | 29,40 | 31,90 | 34,10 | 35,30 | 34,60 | 34,10 | 33,50 | 32,60 | 31,40 | 30,20 | 29,50 | 28,80 | 28,20 | 27,50 | 26,80 |
| Internal Natural vent. (KW)       | 0,03  | 0,03  | 0,03  | 0,03  | 0,03  | 0,03  | 0,02  | 0,03  | 0,03  | 0,04  | 0,05  | 0,07  | 0,07  | 0,08  | 0,08  | 0,08  | 0,07  | 0,07  | 0,06  | 0,06  | 0,05  | 0,05  | 0,04  | 0,04  |
| Occupancy (WK)                    | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,01  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,01  |       |

**Tabla 2.** Temperaturas, balance térmico y ventilación natural en el piso 1, el día 14 de octubre

Fuente: elaboración propia.

laminada están en condición de minimizar las ganancias térmicas por radiación solar directa. Esta afirmación puede comprobarse con la curva del balance térmico, donde la curva de *Solar Gains* (Tabla 1: valores de *heat balance*) comienza a ser progresivamente positiva con el amanecer para mantenerse relativamente constante y bajar lentamente desde mitad de la tarde. El recorrido de la curva se debe a la presencia de una sola ventana en el costado oriental, frente a dos ventanas en el costado occidental y por la presencia de un alero de cubierta que limita superiormente la curva protegiendo las superficies acristaladas en las horas centrales del día. El aporte térmico de la ventilación natural interna (Tabla 1: curva más oscura en el cuadro central) es relativamente bajo, mientras que resulta evidente el aporte del aire externo en la refrigeración de espacios y superficies (Tabla 1: curva inferior en el cuadro central) en las horas de la noche y especialmente en la madrugada.

Poco significativo es el aporte térmico de los ocupantes de la vivienda, de las 18 horas a las 8

horas del día siguiente (Tabla 1: curva del cuadro inferior).

Para verificar el aporte de las ventanas en términos de ganancia térmica, se ha realizado una segunda simulación, esta vez con postigos cerrados.

### Modelo 2. Vivienda multifamiliar de dos pisos con postigos cerrados

*Análisis térmico en el día promedio.* En este caso se ha corrido la simulación térmica en una condición en que la radiación solar llega solamente sobre superficies de fachada de madera; el valor máximo de temperatura operativa registrada en la construcción, así como puede observarse en la Tabla 2 (*operativetemperature*) se registra a partir de las 20 horas (28,83°C) y a su valor mínimo a las 10 horas (26,11°C) con una oscilación de apenas 2,72°C manteniendo cerradas las ventanas, tal como en el ejemplo anterior, en las horas en que la temperatura externa supera la interna (Tabla 2: cuadro *temperature*). También en esta gráficas

se puede observar una gran cercanía entre las temperatura del aire interno, la temperatura radiante, y la temperatura operativa. Observando las curvas del balance térmico (figura 7: cuadro *heat balance*), pueden observarse solamente las curvas de la ventilación natural interna (curva oscura del cuadro inferior) y la del aporte térmico de los ocupantes de la vivienda (curva clara del cuadro inferior). No aparece ni la curva de las ganancias térmicas por las ventanas ni la del aporte de la ventilación externa al estar cerrados los vidrios.

## Conclusiones

Las condiciones climáticas presentes en la isla de San Andrés, constante de clima cálido-húmedo, evidencian que las viviendas realizadas con materiales muy masivos y conductivos térmicamente generan condiciones extensas de discomfort; estas condiciones son enfatizadas cuando la ventilación natural es escasa o poco eficiente, lo cual afecta particularmente a la población con menores recursos económicos, ya que materiales masivos y escasa ventilación caracterizan las VIS realizadas en la isla.

El análisis de diseño y simulaciones de soluciones pasivas propuestas por el proyecto “Casaclima San Andrés” permiten reconocer que el diseño y una envolvente que evoluciona forma y materialidad la vivienda tradicional isleña, puede incrementar el desempeño tanto con respecto a las soluciones tradicionales como a las VIS en bloques de concreto. “Casaclima San Andrés” representa una solución estructural y de envolvente que reducen la conductividad térmica y mitiga el discomfort de viviendas destinadas a personas con bajos recursos económicos. La conjugación de pilotes que permiten la ventilación rasante a nivel del terreno y la inducción de flujos internos por efecto chimenea, junto al uso general de madera y OSB permiten, durante el día, una temperatura interna inferior a la del aire exterior. Al utilizar ventanas directamente expuestas a la radiación

solar (postigos abiertos), la temperatura operativa es inferior a la exterior de 5,71°C, mientras que, con postigos cerrados, la temperatura operativa es de 8,47°C inferior a la externa.

Estos son valores que confirman la validez de los postigos no solamente para protección contra los huracanes (Análisis, 2012), sino como solución que en lo cotidiano permite reducir los picos térmicos al interior de la vivienda; permite reconocer también la eficiencia de la ventilación que se genera por efecto chimenea mediante la generación de flujos que se alimentan en el espacio entre pilotes y ascienden evacuando el aire caliente que se genera por radiación al interior de la vivienda.

## Referencias bibliográficas

- Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas. (2012). Bogotá: Banco Mundial.
- DANE (2009). Metodología Déficit de Vivienda, Colección Documentos, N° 79, Bogotá: (Autor).
- DANE (2013). Colombia construcción en cifras. En: <http://camacol.co/informacion-economica/cifras-sectoriales>
- Ideam (2005). *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ideam (2010). Datos climáticos aeropuerto Rojas Pinilla de San Andrés, Bogotá. [S.P.]
- Ruiz Murcia, J. F. (2010). *Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución*. Bogotá: Ideam.
- Varini, Claudio. (2010). Casaclima San Andrés. Lineamientos para la construcción de la casa adaptada al cambio climático. En: [http://www.conservation.org.co/wp-content/themes/CI-Colombia/images/ci/2012/07/Anexo-21.-Casa-Modelo\\_2.pdf](http://www.conservation.org.co/wp-content/themes/CI-Colombia/images/ci/2012/07/Anexo-21.-Casa-Modelo_2.pdf). Visionado el 16.09.2013.
- Yilmaz, H. (2008) Determination of temperature differences between asphalt concrete, soil and grass surfaces of the City of Erzurum, Turkey. En: *Atmósfera* 21(2), 135-146.