

ARQUITECTURA TRADICIONAL Y PROPUESTAS BIOCLIMÁTICAS

Comparación y análisis de la temperatura en dos viviendas similares con diferente cubierta emplazadas en una misma localidad

Arq. Jorge Hernán Salazar Trujillo

Actualizado el 1 de julio 2005

Resumen

Con el fin de evaluar el beneficio térmico que puede generar el aprovechamiento de la radiación solar si se le permite ingresar a través del techo de una vivienda, se hizo la comparación de cómo evolucionan las temperaturas en una vivienda con materiales y distribución tradicionales frente a otra similar pero con distinta distribución y techumbre. Cuantificar los efectos de la ganancia solar a través de una claraboya permitió determinar los beneficios que pueden esperarse al implementar en una localidad fría una estrategia bioclimática como el aprovechamiento del sol a través de la quinta fachada.



ARQUITECTURA TRADICIONAL Y PROPUESTAS BIOCLIMATICAS

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA MEDIO AMBIENTE ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE ARQUITECTURA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. SEDE MEDELLÍN.

ARQUITECTURA TRADICIONAL Y PROPUESTAS BIOCLIMATICAS

COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA EN DOS VIVIENDAS SIMILARES
CON DIFERENTE CUBIERTA EMPLAZADAS EN UNA MISMA LOCALIDAD

Arq. Jorge Hernán Salazar Trujillo
jhsalaza@unalmed.edu.co

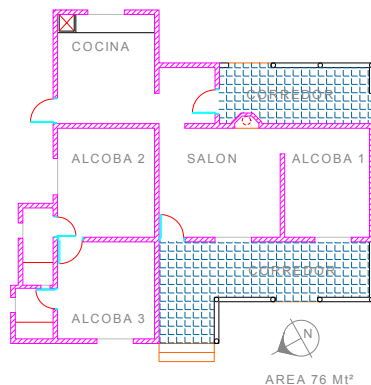
INTRODUCCIÓN

Que buena parte del día el sol se encuentre alto sobre el horizonte ocasiona que sea la cubierta el plano que recibe la mayor cantidad de radiación solar a lo largo del año. Esto no es así en todas partes del globo; debido a nuestra proximidad a la línea ecuatorial, aquí la mayor parte del día la radiación solar incide pronunciadamente sobre la superficie terrestre. En otras latitudes se valora una de las fachadas de manera especial; valgan como ejemplo la gran importancia de la fachada sur en toda la arquitectura europea y el manejo de las fachadas norte en edificaciones del Oriente Medio y norte de África. Sin embargo en nuestro país el cuidado, control, o incluso aprovechamiento de la radiación solar que incide sobre la fachada más importante en términos energéticos ha sido poco explorado.

Es evidente que en climas templados y cálidos el asunto de las aberturas en el techo implica riesgos de sobrecalentamiento al interior del edificio y esto des-estimula el

aprovechamiento de las bondades en ventilación e iluminación naturales que permiten las claraboyas. Pero en climas fríos su aplicabilidad es inmensa y sorprende que, rodeado de mitos, el asunto de perforar un techo haya sido paulatinamente olvidado, estigmatizado, como una estrategia exclusiva para calentar edificaciones localizadas en lugares extremadamente fríos y en otras latitudes del planeta. Hoy encontramos que a pesar de lo económica que puede resultar este tipo de solución y los excelentes niveles de bienestar que permite alcanzar, rara vez un proyecto arquitectónico para nuestros climas andinos considera esta como una estrategia a considerar.

Incluso en un clima frío, al permitir el ingreso del sol a través de la cubierta se corre el riesgo de ocasionar un recalentamiento al interior del espacio, pero una propuesta espacial cuidadosa puede evitar este riesgo, resolviendo así problemas de temperatura y humedad al interior de edificaciones en climas tropicales de montaña y brindándole gran viveza al espacio gracias al



Vivienda tradicional. Aspecto exterior de la fachada principal de la vivienda tradicional. Puede observarse el corredor, el techo en teja de barro y su coloración oscura. En la pared del costado derecho, justo debajo del alero, se hicieron las tomas de temperatura exterior. En la cara interna de este mismo muro (correspondiente a una habitación) se midieron las temperaturas interiores.

aprovechamiento de la luz de mejor calidad de que disponemos: la luz natural.

OBJETIVOS

* Verificar si la intención proyectual de perforar la cubierta resultó efectiva para prolongar las condiciones de bienestar dentro de una vivienda localizada en la vereda El Cerro en el corregimiento de Santa Elena. De su comparación con tipologías constructivas tradicionales se espera definir pautas para posteriores mejoras al sistema.

* Establecer un procedimiento de experimentación y comparación de temperaturas aplicable en monitorizaciones térmicas a realizar próximamente en otras casas de la misma localidad pero con tecnologías constructivas diferentes.

DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD

Santa Elena es un corregimiento al oriente de Medellín, localizado entre los dos mil trescientos y dos mil setecientos cincuenta metros sobre el nivel del mar

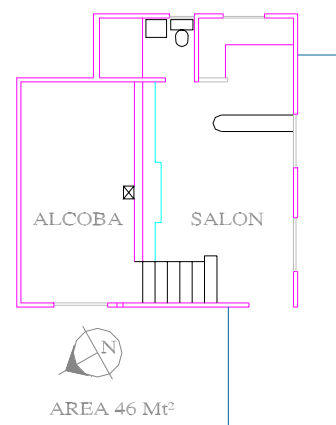
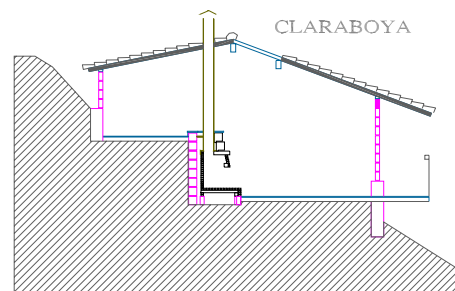
en una región ondulada que separa el valle de Aburrá del valle de San Nicolás. El sitio presenta un alto nivel de humedad relativa, lluvias frecuentes, temperaturas agradables en el día, frío intenso en las noches y eventuales heladas. Si bien hay gran cantidad de terreno destinado a cultivos de papa, flores y ganado vacuno, en los sitios donde se encuentra vegetación nativa hay profusión de musgos, líquenes y árboles de talla baja; el tipo de vegetación propia a un clima preparamuno. El viento corre constantemente de oriente a occidente pero en el sector se presenta de forma intermitente y en ráfagas por encontrarse a sotavento. Es corriente la presencia de niebla desde tempranas horas de la noche hasta bien entrada la mañana y por su altura sobre el nivel del mar, la intensidad de radiación en días despejados es muy intensa.

DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS

La vivienda tradicional, construida hace casi tres décadas y emplazada a una



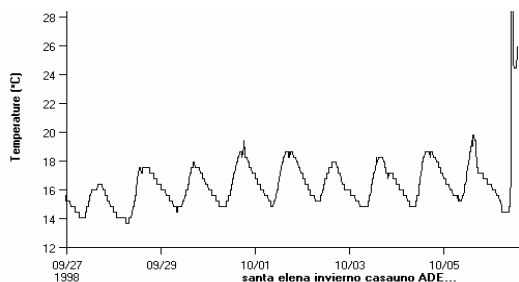
Vivienda nueva. Aspecto interior mirando hacia el sur, donde se aprecian dos de las cuatro ventanas, la claraboya en teja acrílica y el techo en estructura de madera convencional. En el medio de la imagen se encuentra el tubo de la chimenea que se dejó interior para maximizar la ganancia térmica al encender la leña. El desnivel fue resuelto con un muro de contención en bloques de concreto que recorren diariamente los rayos del sol de derecha a izquierda. En el muro del fondo entre las dos ventanas se fijó uno de los sensores.



altitud de casi 2700 metros sobre el nivel del mar, tiene la mayor parte de sus muros en adobe macizo y otros de ladrillo aligerado, todos recubiertos con pañete y pintura azul. Tiene chimenea, piso en tablones de madera e igual que todas las casas en la región, se encuentra enfrentada al poniente, corredores en ambas fachadas y la cubierta es en teja de barro convencional con estructura en madera.

La vivienda nueva, localizada a cien metros de la anterior, comparte idéntica orientación y aunque los materiales de construcción utilizados son bastante similares; piso en madera, techo en teja de barro y ladrillo, la distribución de sus espacios es completamente diferente.

Esta vivienda, construida en 1996, hace un uso intensivo de la radiación solar, tiene aleros cortos en las fachadas expuestas al poniente y una abertura de 1.80 mts² en el techo cubierta con teja acrílica con la finalidad de que el sol ingrese a lo largo del día a su interior. La disposición de la cubierta y la distribución interior fueron estudiadas para que la radiación que ingresa recorra a lo largo del día todo el muro de contención, que opera como acumulador térmico. La intención fue que en su recorrido por el interior de la casa el sol calentara el mayor número de elementos masivos, evitando que la radiación solar cayera en zonas de estancia permanente ocasionando incomodidad a sus ocupantes.



Representación gráfica de la serie de datos de temperatura. Serie de temperatura interior de la vivienda tradicional entre el 27 de septiembre y el 7 de octubre de 1998. Cada una de las cuatro series tiene nueve períodos puesto que comprende secuencias continuas; diurnas y nocturnas, durante nueve días. El exagerado pico al finalizar las mediciones corresponde al momento de retirar el sensor y bajarlo a Medellín en el interior de un vehículo en una mañana soleada. El último trozo, a 24°C corresponde a la temperatura de la habitación donde se hizo la descarga de los datos.

PROCEDIMIENTO

Los experimentos realizados para tomar temperaturas al interior y exterior de ambas viviendas fueron hechos usando sensores remotos programables. Estos aparatos, con autonomía energética para varios años y memoria suficiente para almacenar los datos obtenidos durante varios días de manera continuada, pueden programarse definiendo su fecha de arranque, su fecha de desactivación y la frecuencia con la que han de tomar los datos con un grado de precisión de aproximadamente 0.5°C. El sensor se programa a través del puerto serial de cualquier computador, y una vez instalado en el sitio en que se desea monitorizar, medirá y almacenará información climática hasta el momento de ser recogido. Reconectado al computador, descargará los datos obtenidos para ser salvados, graficados o procesados según se requiera.

Una vez finalizado el proceso de monitorización el tipo de información

que suministran los sensores no es más que una larga lista de fechas, horas y temperaturas (o humedad relativa) con intervalos de quince minutos entre una medida y la siguiente. Esta información es fácilmente manipulable por cualquier programa que permita el trabajo con matrices o listas de datos. Aquí se presenta un trozo de uno de los cuatro archivos obtenidos, correspondiente a las temperaturas interiores de la casa tradicional la madrugada del 27 de septiembre de 1998 entre las 0:00 horas y las 5:00 de la madrugada.

La disposición en que se instalan los sensores es crucial, pues para que las mediciones sean representativas se deben tener en cuenta las trayectorias solares. Sensores puestos al sol se recalientan y en vez de medir la temperatura del aire miden su propia temperatura. El análisis de las vías de ascenso del aire caliente en las tardes soleadas también resultó crítico e hizo necesario repetir algunas mediciones.

Las medidas exteriores fueron hechas en la cara externa del muro de fachada, en lugares sin riesgo de lluvia y donde era completamente imposible que llegasen los rayos de sol.

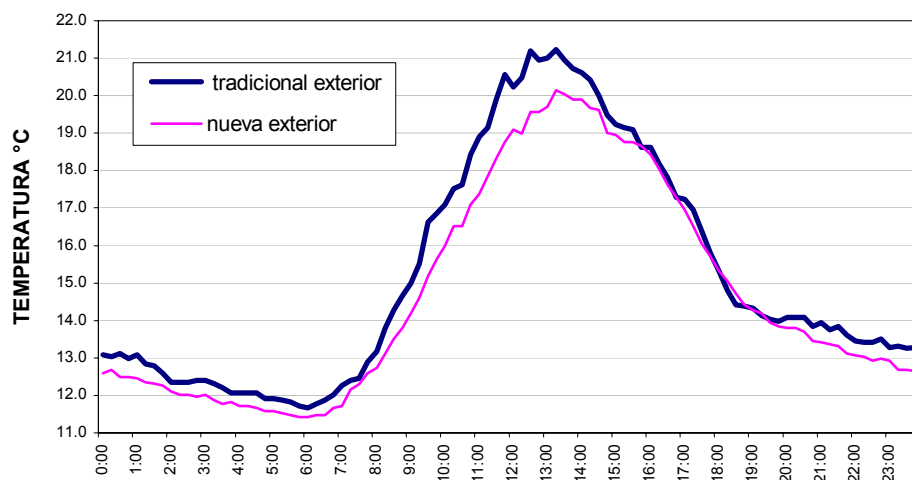
Otros sensores se instalaron en el interior de ambas viviendas, en paredes con igual orientación y alejados de fuentes lumínicas, con una separación de varios centímetros a la pared y una altura de 1.60 mts. La monitorización se realizó durante nueve días consecutivos, tomando datos con un intervalo de quince minutos; los cuatro sensores, dos internos y dos externos, se instalaron de manera simultánea en ambas viviendas, con el fin de medir su comportamiento ante un mismo clima

exterior. Si bien nueve días son escasos para considerar los datos obtenidos como estadísticamente significativos, las comparaciones hechas entre ambas viviendas si son muy fiables, pues gracias a su proximidad las condiciones exteriores fueron prácticamente idénticas durante todo el tiempo. Cada uno de los cuatro sensores instalados generó 22 páginas de datos, donde se recopilaban las temperaturas interiores y exteriores de ambas viviendas y una quinta serie con la humedad relativa. Esta información se procesó para poder transformar cada una de estas series continuas de nueve días en una curva representativa de un día promedio.

Una vez finalizado el proceso de

Comparación de temperaturas exteriores. Al exterior de ambas casas se instalaron sensores cuyas mediciones se grafican aquí. Como era de esperarse, las curvas son prácticamente idénticas debido a que se trata de medidas simultáneas y en viviendas muy próximas entre si. Se tomaron dos temperaturas exteriores con el fin de verificar la calidad de las mediciones, pero el análisis requiere de una sola toma de temperatura exterior. Por ello ambas curvas se promediaron y los análisis que se hacen a continuación toman como base la curva promedio.

COMPARACION TEMPERATURAS EXTERIORES



monitorización el tipo de información que suministran los sensores no es más que una larga lista de fechas, horas y temperaturas (o humedad relativa) con intervalos de quince minutos entre una medida y la siguiente. Esta información es fácilmente manipulable por cualquier programa que permita el trabajo con matrices o listas de datos. Aquí se presenta un trozo de uno de los cuatro archivos obtenidos, correspondiente a las temperaturas interiores de la casa tradicional la madrugada del 27 de septiembre de 1998 entre las 0:00 horas y las 5:00 de la madrugada.

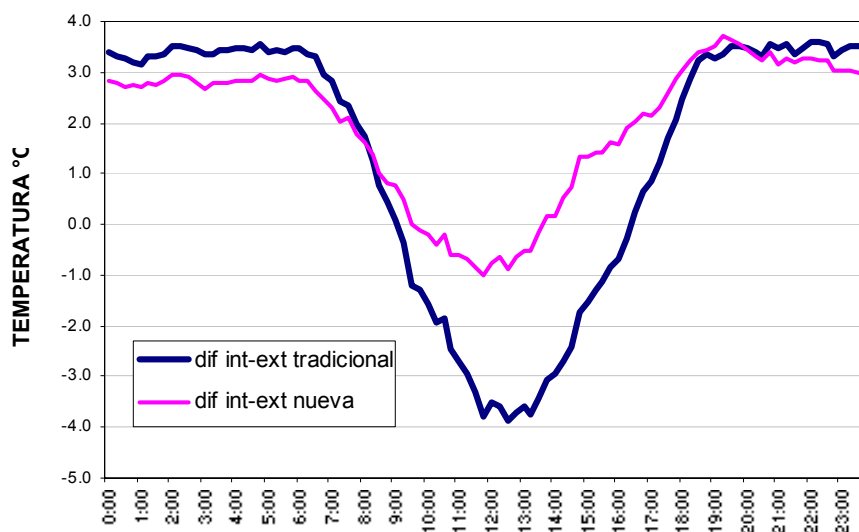
Mediante el programa de procesamiento de matrices MATLAB

cada una de las cuatro series fue fraccionada en nueve trozos correspondientes a las temperaturas medidas durante cada uno de los nueve días y por último estos trozos fueron concatenados y promediados. El resultado de esta manipulación dio como resultado una única matriz donde cada dato es el promedio de nueve mediciones realizadas a idéntica hora en nueve días consecutivos. Las gráficas que a continuación se analizan no son más que la representación gráfica de dichos valores.

Las temperaturas exteriores medidas en la vivienda tradicional resultaron ligeramente superiores como

Diferencias de temperatura entre el interior y el exterior. Este gráfico se obtuvo restando hora a hora los valores de temperatura interior de cada vivienda con el valor de temperatura exterior para la hora correspondiente. Los instantes en los cuales la curva cruza por cero corresponden a aquellos momentos en los que la temperatura interior fue igual a la temperatura exterior. Los valores positivos corresponden a los períodos en los que las viviendas estuvieron más calientes que el exterior y valores negativos a los períodos en que estuvieron más frías.

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA INTERIOR - EXTERIOR



consecuencia del color azul oscuro de sus fachadas; el aire que rodea la vivienda se mantiene un poco más caliente y esto se hace más notorio al caer la tarde, hora en que la fachada donde se instaló el sensor recibe una mayor cantidad de radiación solar. La vivienda nueva, por el contrario, no tiene recubrimiento ni color en los muros pues su acabado es ladrillo ranurado y por tanto sus muros reflejan una mayor cantidad de energía.

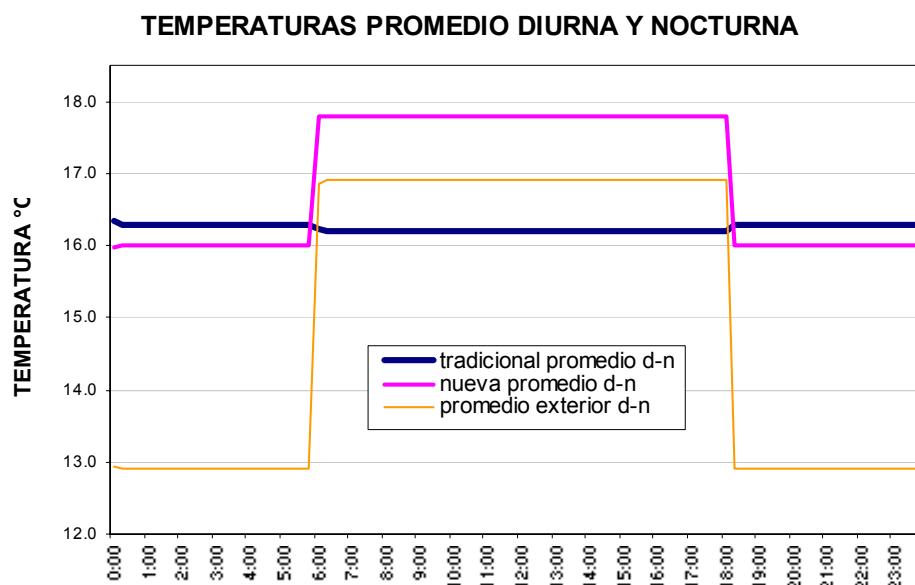
ANÁLISIS

1. Diferencias de temperatura interior – exterior. En la vivienda nueva la temperatura se mantiene por debajo de la temperatura exterior sólo entre las 10:00 y las 13:30. La vivienda

tradicional, por el contrario, tiene un período de más de siete horas (entre 9:00 y 16:15) en el que la temperatura interior es inferior a la temperatura ambiente. Este fenómeno tiene dos explicaciones complementarias; primero, la vivienda tradicional está construida con ladrillo macizo, tiene mayor cantidad de materia en sus muros y por tanto tarda más tiempo en calentarse. En segundo lugar, y gracias a la claraboya, en comparación con la vivienda tradicional, la nueva gana más energía en un mismo tiempo y por tanto se calienta con mayor celeridad.

Cualquier persona que en un clima frío ingresa a un recinto deseará que adentro esté más caliente que afuera,

Temperaturas promedio diurna y nocturna. Todos los valores comprendidos entre 6:00 a.m. y 6:00 p.m. fueron promediados para obtener los tres valores de temperatura promedio diurna. Los valores comprendidos entre 6:00 p.m. y 6:00 a.m. fueron promediados para obtener los otros tres valores, representativos para las horas nocturnas. El diagrama está constituido por líneas rectas puesto que todas las horas de un período comparten un mismo valor promedio.



pues si la temperatura de la casa esta por debajo de la temperatura exterior, al entrar la sentirá fría y poco comfortable. Por ello una excelente estrategia al diseñar para estos sitios es ocuparse de que el espacio se encuentre por encima de la temperatura exterior tanto tiempo como sea posible. En la vivienda tradicional esto sucede durante el 67% del día y en la nueva durante el 85%, lo que explica porqué la sensación térmica de entrar a la vivienda nueva sea casi siempre más placentera que entrar a la vivienda tradicional, que entre las 12:00 y las 13:00 alcanza a estar casi 4°C más fría que el aire exterior. Vale anotar que incluso en lugares con clima frío se pueden presentar temperaturas cálidas durante parte del día y sería deseable que en esos momentos un recinto no estuviera demasiado caliente. Pero días calurosos en la localidad de Santa Elena son rarísimos en el año, pues casi nunca la temperatura del aire ha excedido los 25°C incluso en días especialmente brillantes.

2. Comparación de temperaturas promedio. La temperatura exterior promedio durante los días en que se efectuó el experimento fue de 14.9°C, la temperatura interior promedio de la vivienda tradicional fue de 16.3°C y el de la vivienda nueva de 16.9°C. Al comparar estos promedios tenemos que la vivienda nueva está 0.6° C por encima de la casa tradicional, lo que puede entenderse como que la casa tradicional es 0.6°C más fría. Pero no es conveniente limitarse a este simple análisis de promedios y por ello se harán dos análisis adicionales; uno donde se fracciona el día en dos partes

para considerar las temperaturas promedio diurnas y nocturnas y a continuación otro mucho más detallado en el cual se estudia la manera como evolucionan las temperaturas a lo largo del día.

Comparando las temperaturas diurnas se puede establecer que la temperatura promedio de la vivienda nueva es 17.8°C y la de la vivienda tradicional 16.2°C. El balance diario es pues mucho más favorable para la primera, que durante el día se mantiene en promedio 1.6°C más caliente. Durante la noche la vivienda nueva mantiene una temperatura promedio de 16°C mientras que la vivienda tradicional alcanza los 16.3°C, lo cual quiere decir que durante la noche la segunda se comporta ligeramente mejor, aunque un tercio de grado está casi por debajo del umbral de percepción de temperaturas del cuerpo humano y puede pasar fácilmente desapercibido. Por el contrario, el contraste diurno es altamente notorio y definitivamente apreciado por quien ocupe la vivienda nueva.

Otro efecto colateral de tener temperaturas interiores un poco más elevadas es que la vivienda nueva se mantiene más seca, huele mejor y con certeza sus maderas están mejor protegidas de los hongos y los efectos propios a la humedad. Estos factores constituyen un riesgo característico de las edificaciones de la zona y son exactamente el tipo de síntomas que presentaba la vivienda tradicional antes de que sus muros fueran pintados de color azul oscuro con el ánimo de

aumentar la cantidad de radiación absorbida. Desafortunadamente no se tienen registros de temperatura cuando los muros exteriores de esta vivienda todavía estaban encalados.

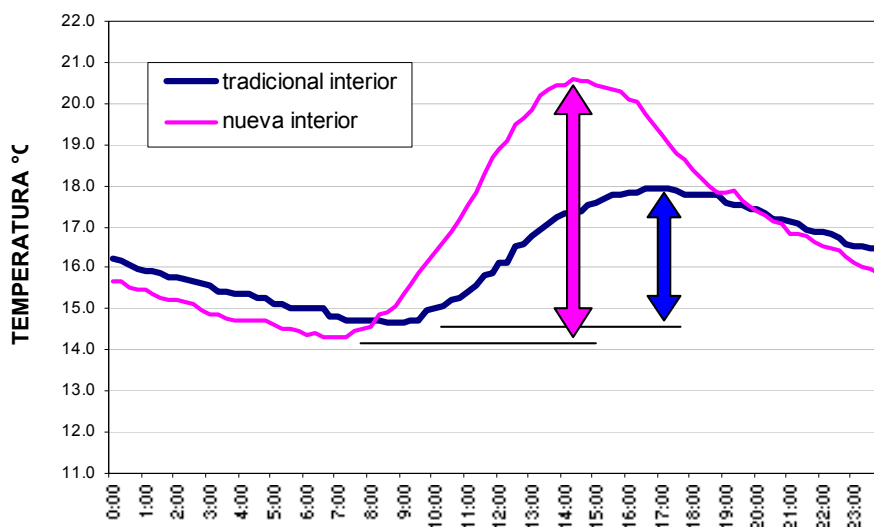
3. Rango de variación térmico interior. En la vivienda tradicional la temperatura máxima alcanza los 18°C y la mínima los 14.5°C, lo que constituye un rango de variación térmico de sólo 3.5°C. Por el contrario, en la vivienda nueva la temperatura máxima alcanza los 20.5°C y la mínima 14°C, oscilación térmica de 6.5°C y valor sensiblemente mayor. Gracias a que la oscilación térmica de la

vivienda tradicional es más estrecho, es térmicamente más estable y las variaciones climáticas exteriores se perciben en su interior con una menor intensidad.

Las razones por las cuales las temperaturas al interior de la vivienda nueva oscilan un 85% más que las temperaturas en la vivienda tradicional son; en primer lugar los muros macizos tardan mayor tiempo en equilibrar su temperatura con el exterior y por ello la vivienda tradicional se enfría y calienta más lentamente. Los muros macizos sólo se calientan cuando el día ya esta

Amplitud de las temperaturas interiores. Todos los datos de temperatura (cuatro por hora) se unieron para graficar la variación de las temperaturas interiores de ambas viviendas a lo largo del día. Siendo este un día promedio, el valor del extremo izquierdo de ambas curvas (0:00 horas) coincide con el valor del extremo derecho (24:00 horas). Habitualmente la nube de puntos resultante se manipula estadísticamente con el fin de ajustar alguna curva que siga la dirección insinuada por los datos para que de esta forma el trazo resultante sea suave y continuo. La monitorización reveló un comportamiento tan estable que prácticamente la curva no tiene mayor dispersión. Por ello se prescindió de la etapa de ajuste polinómico y se pueden entonces observar las oscilaciones en el trazo.

AMPLITUD DE LAS TEMPERATURAS INTERIORES



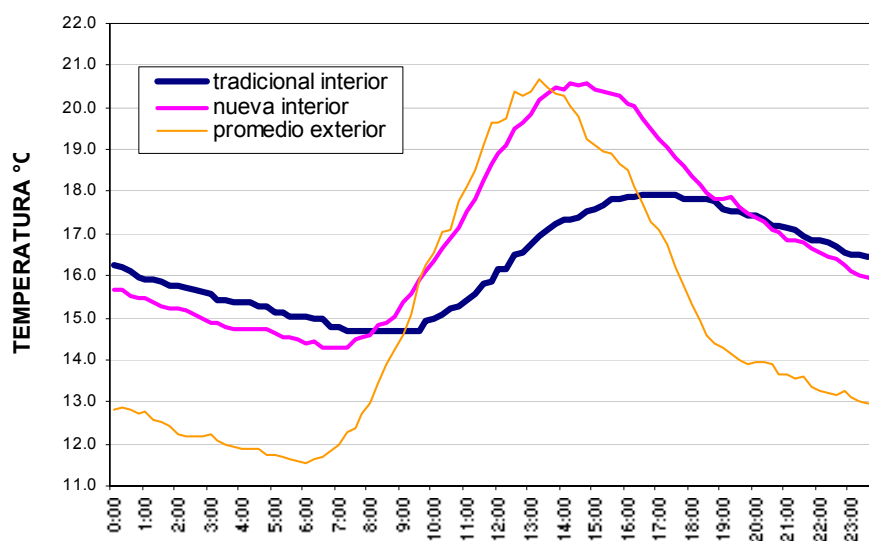
muy avanzado y quedan pocas horas de sol, por ello casi siempre estarán más fríos que los muros livianos. En segundo término, por tener muros en ladrillo aligerado, la vivienda nueva es mucho más ágil para responder a los cambios climáticos externos y esto, sumado a que la claraboya permite un mayor ingreso de energía, lleva a que la vivienda nueva logre llegar a temperaturas más altas. Que por esta misma velocidad de respuesta sea precisamente la vivienda nueva aquella que se enfría más durante la noche, es el precio a pagar por el beneficio diurno, aunque existen estrategias que serán descritas a continuación con el fin de atenuar este efecto.

4. Grado de calentamiento interior. De la comparación entre la temperatura

ambiente y la temperatura interior de la vivienda nueva se concluye que la proporción existente entre el volumen contenido y el área de la abertura en el techo resulta apropiada. Con un volumen de 110 mt³ y una claraboya de 1.80 mt² el espacio resulta suficientemente calentado. Si el tamaño de la claraboya fuera menor, paulatinamente la curva iría aproximándose hasta hacerse similar a la actual curva de la casa tradicional. Si la claraboya se hiciese mayor entonces las temperaturas máximas se elevarían aún más, llegando a sobrepasar los 21°C y generando el riesgo de sobrecalentar la casa en el lapso entre las 13:00 y las 15:00. Evidentemente si se considera una temperatura máxima tolerable superior a los 21°C, entonces todavía se tendría un margen para

Temperaturas interiores y temperatura exterior. Superposición de las curvas que representan la evolución de la temperatura interior de ambas viviendas con la temperatura exterior promedio obtenida según procedimiento, descrito en el segundo diagrama.

TEMPERATURAS INTERIORES Y EXTERIOR



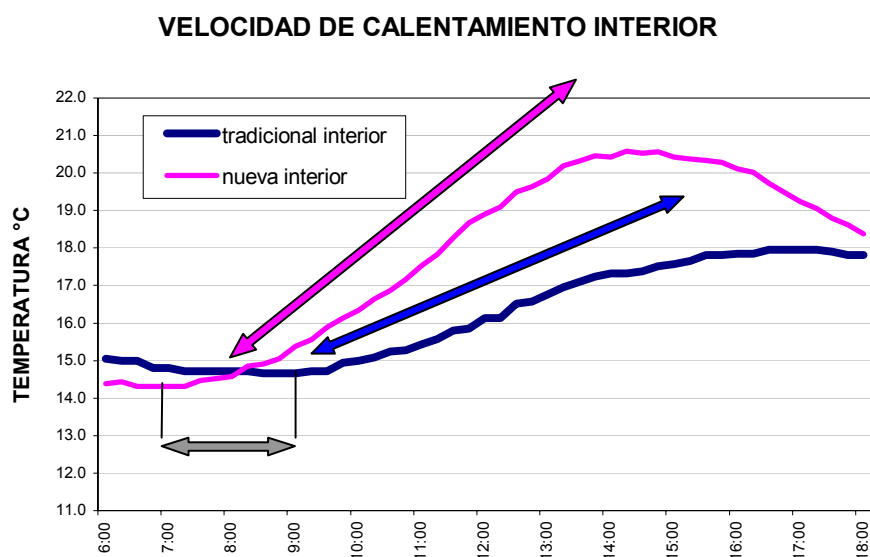
ampliar las dimensiones de la claraboya. Aquí es necesario recordar que las mediciones se hicieron durante días invernales con pocas horas de radiación solar directa. En varios días despejados consecutivos es seguro que la temperatura máxima interior se eleve tal vez hasta los 23°C, así que la tal margen es bastante estrecha.

Aumentar el tamaño de la claraboya permite pues el ingreso de una mayor cantidad de energía a riesgo de que las temperaturas máximas se eleven exageradamente. Por ello aumentar indiscriminadamente el área transparente no es un buen camino para mejorar el comportamiento térmico de la vivienda, pues más que aumentar los picos superiores hay que levantar los valles inferiores, que corresponden a las horas nocturnas en las que no hay

ganancia sino únicamente pérdida energética. Un intento de aumentar las temperaturas nocturnas de la casa mediante el aporte solar diurno tendría como contrapartida que habría que sobrecalentar la casa para que alcanzara a llegar a la noche a una temperatura mayor. Por ello la estrategia a aplicar en la vivienda nueva es la reducción de la velocidad a la que pierde energía, sea utilizando materiales aislantes en sus muros, aumentando su masa, mejorando la hermeticidad de las ventanas o todas las anteriores. El problema es que hacer los muros macizos o con más espesor no era para este proyecto económicamente viable.

5. Tiempos de respuesta al calentamiento. La velocidad a la que se calienta un espacio está directamente relacionado con la cantidad de energía

Velocidad de calentamiento interior. Se amplía aquí la porción diurna del diagrama con el fin de detallar el comportamiento que se presenta en la temperatura interior de ambas viviendas durante las horas en las que el aporte por radiación solar es máximo.



por unidad de tiempo que logra ingresar a su interior. La vivienda nueva empieza a calentarse antes y más rápidamente; una hora después del inicio del día la temperatura ya empieza a subir y alcanza los 17°C dos horas y media antes que la casa tradicional. La casa nueva es pues mucho más eficaz al momento de calentarse que la casa tradicional.

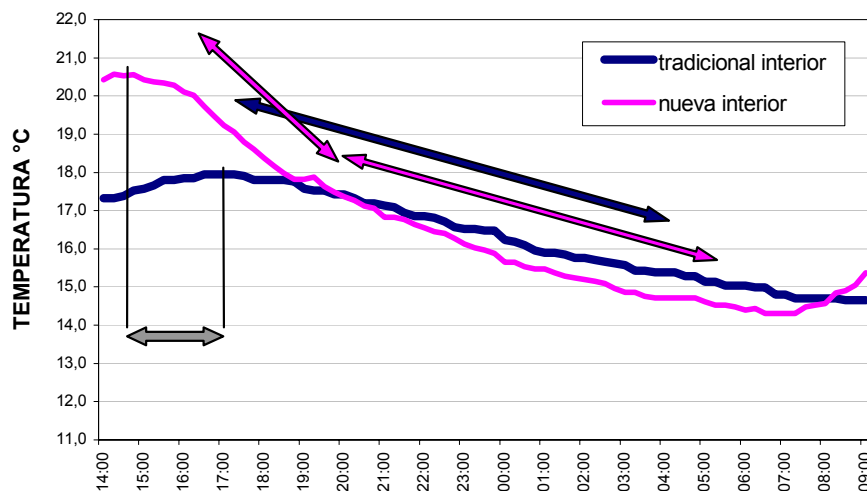
El efecto de los muros macizos en la casa tradicional hace que no sólo la pendiente, es decir velocidad de calentamiento, de la curva sea más suave sino que el valor máximo se alcance casi a las 17:00, a diferencia de la vivienda nueva que alcanza este valor a las 14:30. A esta diferencia se le denomina desfase térmico, y en una casa que haya estado sometida a una

noche muy fría este desfase resulta inconveniente, pues la casa permanece fría hasta muy avanzado el día. En el caso de la vivienda tradicional este desfase es de 2½ horas con respecto a la vivienda nueva y de más de tres horas con respecto a la temperatura exterior.

6. Tiempos de respuesta al enfriamiento
A pesar de que durante el día la vivienda tradicional fue precisamente la más fría, es ligeramente más caliente durante las noches, del orden de 0.3°C. Hay varias razones para explicar porqué la vivienda nueva se enfría más rápidamente que la vivienda tradicional, pero las dos principales son la poca hermeticidad de sus cerramientos y la presencia de la claraboya en el techo.

Velocidad de enfriamiento interior. Las porciones nocturnas del diagrama se han concatenado aquí con el fin de detallar el comportamiento que se presenta en la temperatura interior de ambas viviendas durante las horas en que están entregando energía al exterior. Por este motivo las 24:00 horas aquí no aparece, como en los otros diagramas, al inicio y final de la curva, sino exactamente en el medio.

VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO INTERIOR



Aunque la cubierta transparente es medianamente hermética, ajusta bien contra el techo en teja de barro y las cantidades de aire que escapan por allí no son especialmente significativas, irremediablemente esta superficie se pone tan fría como el aire exterior nocturno. En este momento, y no por mecanismos de convección sino por simple conducción, la vivienda nueva gana por allí un importante foco de emisión de calor. Una vez la radiación solar deja de ingresar al interior de la vivienda, sus temperaturas interiores descenderán pues dramáticamente hasta llegar al momento en el cual su temperatura comience a ser regulada por la masa térmica de los muros; después de las 21:00 horas ambas casas continuarán enfriándose a la velocidad en que cede energía el ladrillo. Como las paredes de ambas casas son del mismo material, ambas ceden energía al ambiente con la misma velocidad y el resultado gráfico es que a partir de las 9:00 de la noche las pendientes de las curvas se hacen iguales y las curvas continúan paralelas hasta el día siguiente.

Es interesante cómo el desfase de 2½ horas que se presentó en las horas de la mañana y que explica porqué la vivienda tradicional comienza a calentarse más tarde, se presenta también aquí al momento de enfriarse. Esta asincronía explica porqué las temperaturas continúan subiendo en la vivienda tradicional cuando la nueva ya está enfriándose. Si el espesor de los muros fuera mayor, el tiempo de desfase térmico también lo sería.

CONCLUSIONES

* Puesto que las temperaturas máximas interiores de la vivienda nueva no sobrepasaron nunca los rangos tolerables, se puede concluir que la relación área translúcida/volumen calentado es adecuada para la orientación y condiciones climáticas de la localidad de Santa Elena. De todos modos sería conveniente estudiar el comportamiento de la vivienda en períodos de verano intenso.

* Para mejorar la vivienda nueva la primera adecuación sería poner postigos o algún sistema móvil que permita cubrir la claraboya durante la noche y tapar la boca de la chimenea cuando no esté en uso para reducir así las pérdidas energéticas. El resultado gráfico de esta acción lograría una pendiente menos pronunciada en la primera parte de la noche y una caída menos acelerada de las temperaturas interiores.

* En segunda instancia se deberían instalar burletes o guardaluces a las ventanas y puerta, pues los cerramientos de la vivienda nueva son de escasa hermeticidad y las infiltraciones de aire exterior bastante significativas. Estas dos acciones bastarían para que la vivienda nueva nunca estuviera más fría que la vivienda tradicional.

RECOMENDACIONES

* Las tablas de temperatura que se han publicado en el país contienen valores climáticos promediados que no resultan útiles para evaluar la evolución de las temperaturas en una edificación a lo

largo de un día. Por tratarse de datos históricos, obtenidos gracias a laboriosas mediciones durante muchos años, esta información promediada tiene un gran valor, pero no siempre hay una estación meteorológica cerca del sitio y además algunos de los análisis realizados requerían de información más pormenorizada. Es en estos casos donde la monitorización simultánea ofrece grandes ventajas.

* Hacer mediciones simultáneas fue una manera eficaz de resolver el problema de no contar con datos estadísticos que permitieran tomar mediciones en días diferentes para luego compararlas. En el futuro se procurará definir un método de procesamiento estadístico que permita, utilizando una medida patrón, comparar y homogeneizar medidas hechas en períodos diferentes.

* La simultaneidad en la medida aumenta la confiabilidad y facilita los cálculos, pero implica contar con más equipo, lo que encarece el proceso. Es de advertir que de nada serviría tomar medidas simultáneas con miras a comparar dos edificaciones en localidades diferentes; en este caso ambas edificaciones estarían sometidas a regímenes climáticos diferentes y las comparaciones ya no podrían hacerse de manera directa.

* Es importante, y en algunos casos determinante, la influencia que sobre las mediciones ejercen las personas que ocupan los edificios y los aparatos domésticos que puedan utilizar. En esta investigación se instalaron los sensores en espacios con ocupación similar y

destinación idéntica - en ambos casos un dormitorio ocupado por una sola persona durante las horas nocturnas - sin embargo esta homogeneidad en la medida en muchas ocasiones es imposible lograr. Monitorizar viviendas vacías tampoco es una opción que se presente con frecuencia. Una alternativa por explorar es hacer curvas de aporte calórico de los ocupantes y de aparatos instalados dentro de la vivienda, para estudiar la fiabilidad de hacer alguna sustracción que permita separar el aporte calórico correspondiente al clima del aporte por cargas internas.

* Se están estudiando otras viviendas en el mismo sector para comparar el comportamiento de distintas tecnologías constructivas para un mismo clima. Concretamente, una vivienda con igual mampostería pero cubierta en asbesto cemento, otra vivienda de losas prefabricadas de concreto forrada interiormente de madera y una tercera casa en bahareque. Los resultados de todas estas monitorizaciones serán objeto de una futura publicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Akihiro YAMAGISHI et al. The indoor thermal environment of a passive solar house in Nagano Prefecture. The 14th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA 1997, Kushiro JAPAN, Volume 3, pag. 097
2. Jiang HE et al. Measurement of OM solar house in a warm region of Japan. The 14th International Conference on Passive and Low Energy Architecture,

PLEA 1997, Kushiro JAPAN, Volume 3, pág. 103

3. Koenigsberger, O.H, T.G. Ingersoll, Alan Mayhew y S.V. Szokolay. Vivendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Editorial Paraninfo, Madrid, 1977, 328 p.

4. Lippsmeier. Tropenbau, building in the tropics. Ed. Callwey Verlag, Munich, 1969, 283 p.

5. M.C. Lan William. Sunlightning as Formgiver in Architecture. Van Nostrand Reinhold Company Press, New York, 1986, 500 p.

6. Salazar, Jorge Hernán. Solar Performance and Shadow Behaviour in Buildings. Case Study with Computer

Modelling of a Building in Loranca, Spain. Building and Environment, Vol 33, Nos 2-3 pp. 117-130, London, 1998.

7. Takashi INOUE, Shinsuke YANAGIUCHI, Takaharu KAWASE, Shuji MORIYAMA. Study on Solar Shading Control for Atrium. The 14th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA 1997, Kushiro JAPAN, Volume 2, pag. 039

Fin del documento.