

Confort higrotérmico en proyectos de viviendas unifamiliares en la ciudad de Portoviejo

(Hygrothermal Comfort in Single-Family Housing Projects in the City of Portoviejo)

Luiggy Andrés Toala Zambrano¹, Walter David Cobeña Loo², Glenn Walter Vinueza Mendoza³, Jonathan Eugenio Quimis Chávez⁴

¹ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-8650-3498>

² Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-8123-8496>

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-6414-3532>

⁴ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador.

zambranot7@hotmail.es, wdcobena@sangregorio.edu.ec, gvinueza@uteq.edu.ec, jonathanquimis@hotmail.com

Resumen: La presente investigación muestra los resultados del análisis de confort higrotérmico en varias viviendas unifamiliares de la ciudad de Portoviejo. Como objetivo general, se estableció la creación de lineamientos térmicos, que sirvan a los profesionales de la construcción como herramienta proyectual. Para lograrlo, se realizaron evaluaciones, utilizando fichas tipológicas, aplicando la escala sensitiva ASHRAE 55, además de herramientas digitales precisas. Una vez realizados los análisis, se obtuvo como resultado las valoraciones mediante el software de confort térmico CBE, los datos estadísticos de la matriz tipológica aplicadas en las viviendas, y el diseño de los lineamientos térmicos en toda la envolvente de las viviendas (ventanas, paredes, contrapiso y cubierta). Estos procedimientos concluyeron en un aporte importante para la solución térmica de estas viviendas, además de la importancia en aplicar técnicas bioclimáticas, materiales propicios que brinden aislación térmica y la correcta orientación.

Palabras clave: Confort higrotérmico, viviendas unifamiliares, humedad relativa, temperatura, vientos.

Abstract: The present investigation shows the results of the hygrothermal comfort analysis, in several single-family homes in the city of Portoviejo. As a general objective, the creation of thermal guidelines was established, which serve construction professionals as a project tool. To do it, evaluations were carried out, using typological files, applying the ASHRAE 55 sensitive scale, in addition to precise digital tools. Once the analysis was carried out, we got as results the ratings by means of the CBE thermal comfort software, the statistical data of the typological matrix applied in the living places, and the design of the thermal guidelines throughout the housing envelope (windows, walls, subfloor and deck). These procedures concluded in an important contribution to the thermal solution of these houses, in addition to the importance of applying bioclimatic techniques, suitable materials that provide thermal insulation and the correct orientation.

Keywords: Hygrothermal comfort, single-family homes, relative humidity, temperature, winds.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existen muchos proyectos habitacionales que incluyen viviendas unifamiliares que son de gran interés para los ciudadanos. Estas viviendas unifamiliares son muy cotizadas por brindar varios factores como son seguridad, estatus social, facilidades de pago, mayor espacio al aire libre, áreas de recreación pasiva y activa entre otros beneficios que atraen a las personas hacia la adquisición de una propiedad. Dentro del marco urbano-arquitectónico que encierra estos tipos de proyectos en el Ecuador, existen métodos de diseños y materiales utilizados en diferentes zonas del país, considerando las áreas de Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos, se debe recurrir a un proceso de diseño diferente en cada zona manejando la mayor capacidad creativa con base en los beneficios de las personas que con su esfuerzo van a adquirir una vivienda unifamiliar.

Es un deber y obligación de parte de los distintos profesionales de la construcción del país y del mundo entero el poder salvaguardar la salud y calidad de vida de las personas que van a habitar en estos proyectos, generando el mayor confort higrotérmico de acuerdo con los distintos parámetros que se encuentran en el entorno natural, entendiendo claramente que la mayor satisfacción que debe tener una persona es el poder ayudar a otras con sus acciones. Por ello, es preciso tener en cuenta que, para los profesionales de la construcción, sería este mismo sentimiento grato, el poder diseñar y construir estas viviendas unifamiliares de tal manera que las personas vivan de forma sana y contentas con aquello que han comprado con su esfuerzo.

En la ciudad de Portoviejo existen proyectos unifamiliares que son tendencia en el área inmobiliaria y llegan a ser muy cotizados de acuerdo con el sector donde serán construidos. Estas casas edificadas en serie expresan la misma tipología y orientación sin presentar algún semblante bioclimático, ya que por ahorrar dinero y tiempo son edificadas sin tomar en cuenta los parámetros físicos-térmicos del entorno natural y así construirían viviendas con un bajo nivel de confort térmico. Esto sería un problema en la calidad de vida de las personas e incluso un aumento en el consumo energético ya que recurrirían a los equipos de enfriamiento artificial los cuales serían utilizados por largas horas en el día. De acuerdo con Arballo et al. [1], existen dos tipos de prevenciones para evitar un nivel bajo de confort térmico en las edificaciones e inconformidad en la percepción de las personas. El primero es resolver los problemas en el proceso de desarrollo proyectual analizando las bondades del entorno natural y parámetros físicos-térmicos todo esto antes de ser implantada la edificación en un lugar determinado. El segundo punto se trata de la ocupación de la edificación después de ser construida ya que confirma con datos reales el consumo energético del edificio y el nivel de confort térmico que consta en la misma, la cual manifestara en las opiniones de las personas si fueron diseñadas y construidas tomando en cuenta todos los parámetros ya mencionados. Basándose en el segundo punto, muchas de las personas que habitan en estos proyectos de viviendas unifamiliares no pueden realizar modificaciones después de haber adquirido una de estas propiedades ya que por tema económico les es imposible hacerlo y más aún el poder comprar sistemas de enfriamiento artificial para cada espacio y así poder aumentar la calidad de vida por su propia cuenta. Existen varios estudios los cuales especifican el gasto energético que consumen las viviendas unifamiliares dando a notar que esto se debe a que utilizan sistemas mecánicos y eléctricos para mejorar su calidad de vida [2]. Es por ese motivo que el alma de esta investigación está basada en estos problemas ya que muchas de las personas que compran este tipo de viviendas unifamiliares se dejan llevar más por la estética de ellas (aunque es importante) que por el nivel de confort higrotérmico que estas brindan a lo largo del día y la noche. Es importante que en esta evaluación térmica se pueda crear lineamientos térmicos que ayuden a los profesionales de la ciudad de Portoviejo a mejorar sus proyectos unifamiliares diseñándolas y construyéndolas con un nivel de confort higrotérmico óptimo, lo que sería de gran ayuda ya que la ciudad en la cual está enfocada esta investigación alcanza altas temperaturas en las horas del día.

Como complemento adicional sobre esta investigación se suma la gran necesidad del buen vivir en las personas (sumak kawsay), propuesto y ejecutado en el año 2008 en el Ecuador, y que considera a la naturaleza y al ser humano como casos de integración por lo cual estos no deben coexistir de forma aislada [3]. Este buen vivir es aplicado en el hábitat de las personas integrado a un entorno natural en los proyectos de viviendas unifamiliares, los usuarios tienen derecho de poder conocer las bondades y aprovechamientos que tienen estas unidades de viviendas individuales, el que estas casas cuenten con un nivel adecuado de confort higrotérmico generaría alivio en la sensibilidad de las personas que tienen su hogar en este tipo de proyectos unifamiliares, cada profesional que está interesado en trabajar en estos proyectos urbanísticos, tienen que apoyarse con toda la información que puedan recopilar acerca del lugar donde implantaran este tipo de proyectos para garantizar en el diseño proyectual de una vivienda una buena calidad de vida en los usuarios. Según los criterios de Leal-Nares et al. [4], los datos informáticos de la calidad del clima en diversas zonas de la tierra son muy importantes porque nos permiten indagar y obtener resultados en las áreas de hidrología, agronomía, climatología y ecología; estos datos sirven de herramienta de estudio para poder generar un diseño de mucho más valor térmico para las personas que pernotan en estas casas unifamiliares.

Así, el objetivo principal de esta investigación es generar lineamientos térmicos en el diseño arquitectónico residencial, mediante al análisis del confort higrotérmico en proyectos de viviendas unifamiliares de la ciudad de Portoviejo para aportar en el bienestar y calidad de vida de los ciudadanos. Como objetivo específico de la investigación se propuso determinar las condiciones de humedad relativa, temperatura en el interior de las viviendas, vientos, tasa metabólica, tipo de vestimenta con la cual realizan sus actividades diarias, orientación y radiación térmica que poseen los proyectos de viviendas unifamiliares de la ciudad de Portoviejo con la ayuda de herramientas digitales para evidenciar los niveles de confort térmico que propician estos espacios residenciales. Además, se evaluó la percepción del confort higrotérmico que poseen los habitantes de las viviendas unifamiliares mediante fichas de investigación aplicando la escala de sensación térmica ASHRAE 55, para contrastar con las mediciones que arrojan las herramientas digitales. Por último, se procedió a analizar la envolvente, materiales y estructura en los proyectos de viviendas unifamiliares de la ciudad de Portoviejo mediante el empleo de una matriz topológica.

2. BREVE RECORRIDO ANALÍTICO DE LA HIGROTHERMIA

En este espacio se abordan brevemente los puntos clave de la higrotermia, y cómo su indagación puede ayudar a identificar la existencia de este en las viviendas, o cualquier otra edificación que sea habitada por las personas. Existen investigaciones que hablan acerca de un modelo adaptativo ligado a la visita de campo que se realiza en uno o varios puntos de una investigación [5]. Se puede observar en la ciudad de Portoviejo muchas edificaciones, que a lo largo de la historia han sido objeto de modificación por parte de los dueños o personas que tienen su hogar allí; los tipos de materiales que se han utilizado para obtener una higrotermia adecuada, surgieron de forma empírica. Aún así, en estos casos, pueden ser nuestros ancestros quienes aprovecharon los recursos que brinda la naturaleza, y pudieron entender de la mejor manera, los tipos de materiales adecuados para la convivencia dentro de las edificaciones. Adaptarse al entorno natural, aprovechar los vientos y la iluminación natural, fue crucial en sus actividades diarias durante muchos años [6]. Un punto muy importante en la higrotermia es la adopción de materiales naturales como la caña, madera, barro y cadi, que sirven no solamente para construir una vivienda, sino que produce consecuentemente un equilibrio en el nivel higrotérmico dentro de los espacios habitados en un medio construido. Por tomar como ejemplo a la caña guadua, como un material natural que además de ser abundante en la zona costa de Manabí, sirvió de mucha ayuda en la construcción de las viviendas vernáculas, que aún en este

tiempo, nos enseñan que la funcionabilidad y estética de estas edificaciones no mengua a lo largo del tiempo [7].

Parte importante de la higrotermia es la ubicación; o sea, el lugar donde están construidas las viviendas. Formar parte de un microclima adecuado sirve de mucha ayuda en las actividades diarias de convivencia. Estos microclimas deben estar acompañados de espacios verdes naturales o verdes urbanos creados por el hombre, los mismos que generarían una conexión de tranquilidad y beneficio físico. Como ejemplo tenemos los árboles o jardines naturales que forman parte de la arquitectura. Estos verdes urbanos tienen no solamente un beneficio social, sino también aportan con su forma a la protección de la radiación solar, las lluvias, y atraen los vientos de manera nativa hacia las viviendas. Estos árboles intervienen directa o indirectamente al aumento de la calidad del aire, eliminando los gases tóxicos que son producidos por los vehículos, motos y aviones; además, disminuyen la temperatura y efectos negativos micro climáticos, reducen la contaminación atmosférica, y producen componentes naturales orgánicos volátiles positivos. Por último, produce mayor eficiencia energética en las edificaciones [8].

3. METODOLOGÍA

Para el iniciar la recopilación de información en esta investigación se procedió a utilizar herramientas digitales de gran precisión dentro de cada vivienda. Estos dispositivos permitieron recibir información de la humedad relativa, la temperatura en grados centígrados, vientos, tasa metabólica, nivel de la ropa y las ganancias de calor en los espacios interiores. La información sobre los vientos predominantes y secundarios en la ciudad de Portoviejo fueron brindados por el INHAMI ubicado en el jardín botánico de la ciudad de Portoviejo.

Dentro de cada proyecto de vivienda unifamiliar se procedió a utilizar un anemómetro digital con la capacidad de medir la velocidad del viento dentro de una zona mucho más específica. Según lo expresado por Gutiérrez et al. [9], esto se realizó para identificar con más precisión el mayor flujo de los vientos a diferentes horas del día. A esto se sumó un higrómetro digital, instrumento que permitió recopilar información precisa acerca de la humedad relativa y la temperatura en cada hogar de este proyecto urbano-arquitectónico. Finalmente, se utilizó una cámara de termografía infrarroja que ayudó a medir el calor corporal de las personas que habitan dentro de cada vivienda; este instrumento en especial es el más importante porque su aplicación se extendió hacia las viviendas permitiendo identificar los lugares con más calor, esto se aplicó en las paredes, piso, entresuelo, cubierta y muebles. Mariño [10] expone que la aplicación de la termografía infrarroja en las edificaciones permite identificar los lugares donde existen puentes de radiación térmica, fugas de aires en ventanas, puertas y cubierta, además de zonas donde existan aumento de temperatura sean estas lecturas de calor o frío, lo cual ayuda al aumento de información cuando se está analizando una edificación para posteriormente corregir todos los problemas o aplicarlos a el aumento del confort higrotérmico.

Para complementar la evaluación se ejecutó las encuestas pertinentes de satisfacción térmica y entrevistas aplicando la matriz tipológica a las personas que viven dentro de los siete proyectos de viviendas unifamiliares escogidos y así poder constatar sus diversas opiniones y percepciones de los espacios que habitan. Además, en este análisis también se aplicó paralelamente la escala de sensación térmica ASHRAE 55 en la cual Molina & Veas [11] declaran que analizando los factores térmicos de los individuos dentro de un hábitat se puede lograr conducirla hacia una escala de sensación térmica y poder generar una ecuación de confort térmico. Estos datos cualitativos y cuantitativos generaron gran aporte estadístico, luego estos se manifestaron como un complemento a los análisis que se realizaron de manera objetiva con el método experimental de las herramientas de precisión tecnológicas, revelando los problemas que se presentan en estas unidades habitacionales.

Se delimitó el área de estudio del casco urbano de la ciudad de Portoviejo tomando como muestra específica siete proyectos de viviendas unifamiliares dentro de la urbe. Las horas de estudio en el sitio fueron desde las 8:00 am a 12:00 pm y desde las 2:00 pm hasta las 17:00 pm de las cuales se consideró que eran las horas más idóneas para poder realizar el estudio de las condiciones más favorables desde el punto de vista climatológico, paralelo a la oportuna presencia de los usuarios de las viviendas durante esos estudios a las personas en sus unidades de hábitat.

En la matriz tipológica se generaron parámetros que indicaban los tipos de envolventes con las cuales fueron construidas las viviendas tales como: tipos de paredes (bloques huecos, macizos, ladrillos macizos, huecos, hormi2 y Gypsum), la composición del tumbado, recubrimiento del contrapiso, tipos de vidrios y sistemas en ventanearías, tipos de cubierta (losa hormigón armado o estructura), vegetación exterior, la altura de cada vivienda, existencia o no de adosamiento, número de plantas arquitectónicas, además de la composición estructural (hormigón armado o estructura metálica), paralelamente la aplicación de la escala de sensación térmica ASHRAE 55, en base a la aceptabilidad del confort higrotérmico de cada persona que habita una de estas viviendas. Se utilizó la siguiente escala: +3 muy caliente, +2 caliente, +1 ligeramente caliente, 0 neutro, -1 ligeramente frío, -2 frío, -3 muy frío. Por último, se les expuso objetivamente, si tuvieran el deseo de poder modificar sus viviendas, de acuerdo con el tiempo ya transcurrido desde la fecha adquirida por parte de los dueños en Portoviejo.

Con la recopilación de los resultados del análisis higrotérmico de la investigación, tanto de carácter tecnológico (herramientas y software), como cuantitativa y cualitativa (técnicas de investigación), se procedió a crear lineamientos térmicos de forma muy didáctica, que sirvan en el proceso de diseño proyectual para todos los profesionales que trabajan en el área de la construcción, y para el público en general que desean conocer y aprender acerca del confort higrotérmico en las viviendas unifamiliares. Corporación de Desarrollo Tecnológico & Cámara Chilena de la Construcción [12] expresan que las construcciones nuevas deben de apegarse a lineamientos térmicos adecuados, que permitan aumentar la calidad de vida en las personas y disminuir el consumo energético de la misma. Una vivienda bien establecida con estos lineamientos térmicos puede llegar a mejorar considerablemente su desempeño térmico; aumentar el nivel de confort en sus espacios interiores, disminuir el consumo energético muy significativamente y mejorar la plusvalía de este.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan varias figuras que muestran los resultados obtenidos de la evaluación realizada a las 7 viviendas en diferentes urbanizaciones de la ciudad de Portoviejo. La vivienda número 1, ubicada en la “Urbanización de los Judiciales” con las coordenadas: latitud - 1.041196 y longitud -80.469984, presentó según la evaluación de la escala de sensación térmica ASHRAE 55 dirigidas a las personas en forma de ficha de observación; 0 neutro en las horas de la mañana y +2 caliente en las horas de la tarde. Para el complemento de la investigación se procedió a realizar mediciones con mecanismos digitales los cuales se insertaron en el software herramienta de confort térmico CBE de la universidad de California Berkeley [13] y se expresan en la figura 1.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 29 °C

Velocidad del aire: 2 Sra

Humedad relativa: Sin control local

Tasa metabólica: 1.2 reunión

Nivel de ropa: 0.36 clo

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 30 °C

Velocidad del aire: 2 Sra

Humedad relativa: Humedad relativa

Tasa metabólica: 2.7 reunión

Nivel de ropa: 0.36 clo

Humedad relativa: Humedad relativa

De pie, relajado: 1,2

Pantalones, camisa de m.

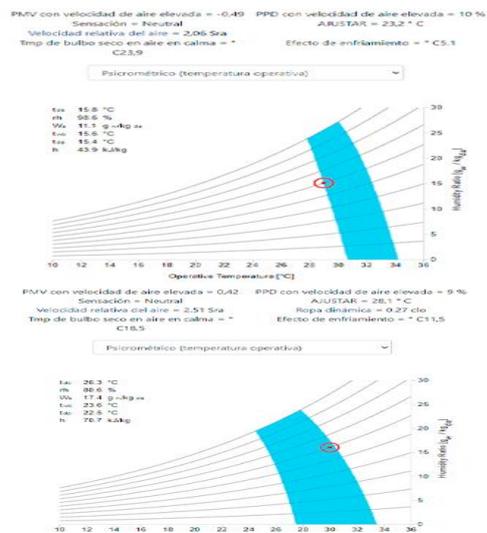


Figura 1. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 1.

En la vivienda número 2, ubicada en la urbanización “Ciudad San Gregorio” con las siguientes coordenadas: latitud -1.071462 y longitud -80.473268, según la encuesta con la ficha técnica presentaron las siguientes características: en las horas de la mañana +1 ligeramente caliente, con una actividad de caminar; en la tarde +2 caliente, con una actividad de cocinar. Según los datos obtenidos con los mecanismos digitales e insertados en el software herramienta de confort térmico CBE (figura 2) en las horas de la mañana y la tarde.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 29 °C

Velocidad del aire: 1.19 Sra

Humedad relativa: Humedad relativa

Tasa metabólica: 1.7 caminando

Nivel de ropa: 0.36 clo

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 31 °C

Velocidad del aire: 1.22 Sra

Humedad relativa: Humedad relativa

Tasa metabólica: 2.7 limpieza de la casa

Nivel de ropa: 0.36 clo

Humedad relativa: Humedad relativa

Limpieza de la casa: 2.7

Pantalones, camisa de m.



Figura 2. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 2.

La vivienda 3, ubicada en la urbanización “Alania Norte”, con las siguientes coordenadas: latitud -1.031791 y longitud -80.470365, presentó los siguientes resultados; en la evaluación con fichas de observación dirigidas a las personas, la sensación térmica en las horas de la mañana fue de -2 ligeramente frío, comenzando con una actividad sentada-relajada y en la tarde +2 caliente, con una actividad de cocinar y caminar. Cabe mencionar, que esta vivienda presentó mayor vegetación exterior, por lo cual muestra mayor beneficio en la dirección de los vientos hacia los espacios interiores; esto puede variar de acuerdo con el tipo de vegetación que se presente [14]. La evaluación con mecanismos digitales se detalla en la figura 3.



Figura 3. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 3.

La vivienda 4, ubicada en la urbanización “La Coruña”, con las siguientes coordenadas: latitud -1.030652 y longitud -80.476008, presentó una sensación térmica según los usuarios de +1 ligeramente caliente, en la mañana realizando una actividad de limpieza de espacios y en la tarde de +2 caliente, realizando una actividad de caminar, utilizando falda corta hasta las rodillas y camisa manga corta. Cabe mencionar que en esta casa el porcentaje de humedad relativa es menor a las demás viviendas evaluadas; los datos digitales expresaron que en las horas de la mañana y tarde en la figura 4.

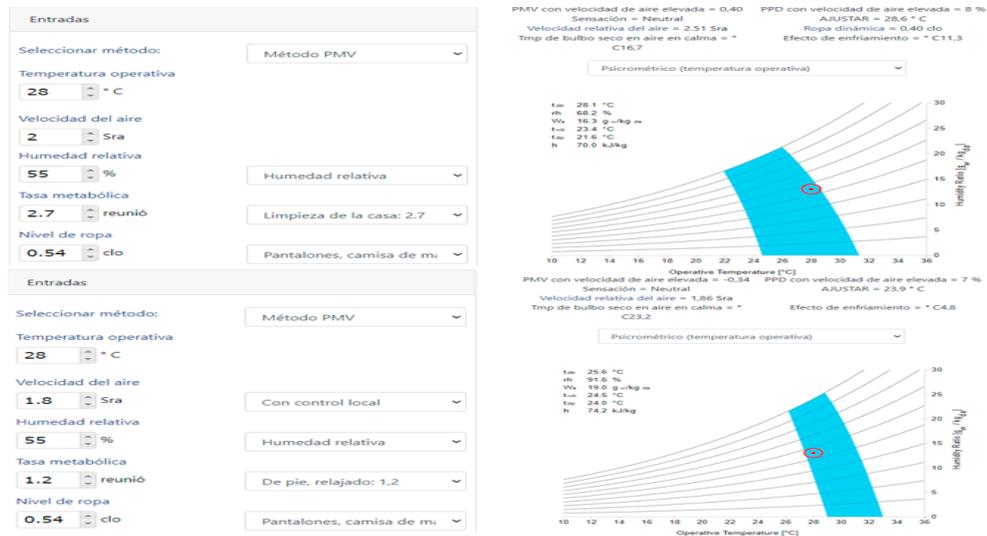


Figura 4. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 4.

La vivienda número 5, ubicada en la urbanización “Villa de Juananbu” con las siguientes coordenadas: latitud -1.047107 y longitud -80.472582, presentó una sensación térmica según los usuarios de +2 caliente, con una actividad de relax dentro de la vivienda en las horas de la mañana, en la tarde presentó una sensación térmica de +3 muy caliente, realizando una actividad de caminar. Las mediciones digitales que se realizaron y fueron insertadas en el software herramienta de confort térmico presentaron una sensación en horas de la mañana y en la tarde como se expresan en la figura 5.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 30 °C

Velocidad del aire: 2.5 Sra

Humedad relativa: 58 %

Tasa metabólica: 2.7 reunió

Nivel de ropa: 0.36 clo

Humedad relativa

Limpieza de la casa: 2.7

Pantalones, camisa de m.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 31 °C

Velocidad del aire: 2.5 Sra

Humedad relativa: 58 %

Tasa metabólica: 1 reunió

Nivel de ropa: 0.36 clo

Con control local

Humedad relativa

Sentado, tranquilo: 1.0

Pantalones, camisa de m.

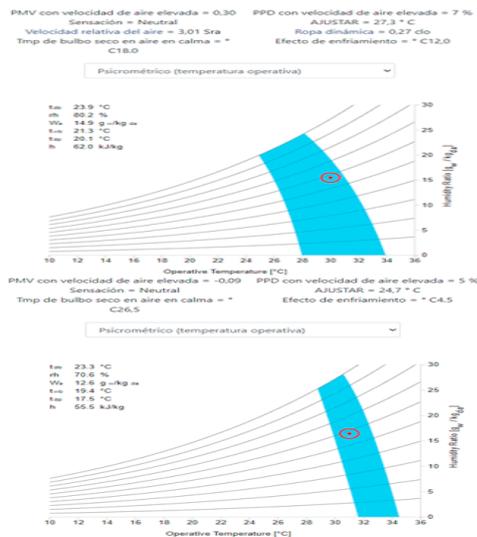


Figura 5. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 5.

La vivienda número 6, ubicada en la urbanización “San Alejo”, con las siguientes coordenadas: latitud -1.056506 y longitud -80.481234, presentó una sensación térmica según los usuarios de +1 ligeramente caliente, realizando una actividad de caminar en las horas de la mañana, en la tarde presentó una sensación térmica de +2 caliente, realizando una actividad de relax-sentado. Los resultados de las herramientas digitales son expresados en la figura 6.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 30 °C

Velocidad del aire: 1.02 Sra

Humedad relativa: 72 %

Tasa metabólica: 1.8 reunió

Nivel de ropa: 1 clo

Humedad relativa

Cocinar: 1.8

Pantalones, camisa de m.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 30 °C

Velocidad del aire: 1.02 Sra

Humedad relativa: 72 %

Tasa metabólica: 1 reunió

Nivel de ropa: 0.36 clo

Con control local

Humedad relativa

Cocinar: 1.8

Pantalones, camisa de m.

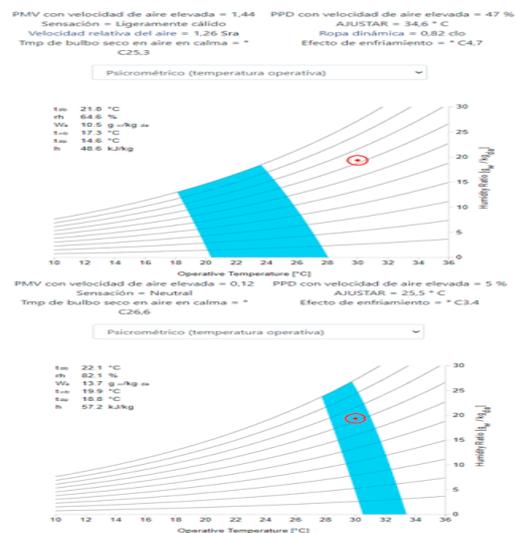


Figura 6. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 6.

La vivienda número 7, ubicada en la urbanización “Alta Vista”, con las siguientes coordenadas: Latitud -1.034891 y longitud -80.460243, presentó una sensación térmica según los usuarios de +1 ligeramente caliente, realizando una actividad tasa metabólica sentado en las horas de la mañana, en la tarde presento una sensación térmica de +2 caliente, realizando una actividad tasa metabólica de caminar. Los resultados de las herramientas digitales son expresados en la figura 7.

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 28 °C

Velocidad del aire: 1.19 Sra

Humedad relativa: 74 %

Tasa metabólica: 2.7 reunió

Nivel de ropa: 0.36 clo

Humedad relativa: Humedad relativa

Limpieza de la casa: 2.7

Pantalones, camisa de mi

Entradas

Seleccionar método: Método PMV

Temperatura operativa: 30 °C

Velocidad del aire: 1.20 Sra

Humedad relativa: 72 %

Tasa metabólica: 1 reunió

Nivel de ropa: 0.36 clo

Con control local

Humedad relativa

Lectura, sentado: 1.0

Pantalones, camisa de mi

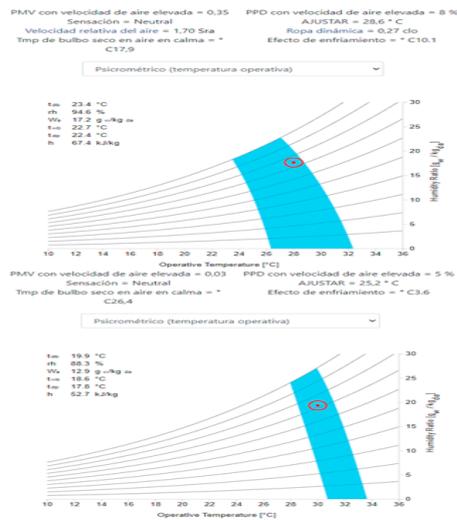


Figura 7. Datos de la evaluación en el interior de la vivienda 7.

Asimismo, se obtuvieron los resultados de la matriz tipológica aplicada en todas las viviendas escogidas sobre toda la ciudad de Portoviejo (figuras 8 y 9). Estos resultados se concatenaron de acuerdo con las similitudes de la envolvente, que se obtuvieron al analizar todas las viviendas, además de la ubicación y características externas.

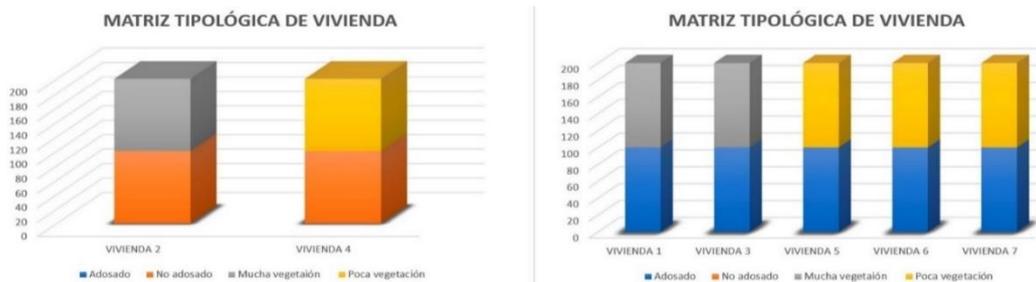


Figura 8. Datos estadísticos de la matriz tipológica aplicada a las viviendas en las urbanizaciones de la ciudad de Portoviejo-Manabí-Ecuador.



Figura 9. Datos estadísticos y comparativos de la matriz tipológica aplicada a las viviendas en las urbanizaciones de la ciudad de Portoviejo-Manabí-Ecuador.

De acuerdo con las mediciones que se realizaron con la cámara infrarroja, se pudo constatar que existe mayor ganancia de radiación térmica en las paredes que reciben la luz solar directamente, cabe mencionar que estos fueron creados con bloques huecos de hormigón simple. Este tipo de paredes resulta perjudicial para los espacios interiores de las viviendas, por lo que no cuentan con valores mayores de resistencia térmica al aumentar la gradiente de temperatura a lo largo del día [15].

4.1 Lineamientos térmicos como aporte al proceso proyectual en viviendas unifamiliares

En esta evaluación se dio a conocer la importancia de la envolvente en las viviendas y cómo estas deben de ser diseñadas y construidas con materiales que contribuyan hacia un nivel óptimo de confort térmico [16]. Es por ello que se planteó estos lineamientos térmicos en cubiertas, muros o paredes, ventanas y contrapiso, así como la debida orientación favoreciendo a los espacios interiores de las viviendas (figura 10). Como material de aislante térmico en muros o paredes y cubiertas se escogió el poliestireno expandido o EPS, por su resistencia a la radiación térmica y su negatividad a la conductividad del calor en el interior de los espacios, además sirve como elemento acústico para disminuir los ruidos [17].

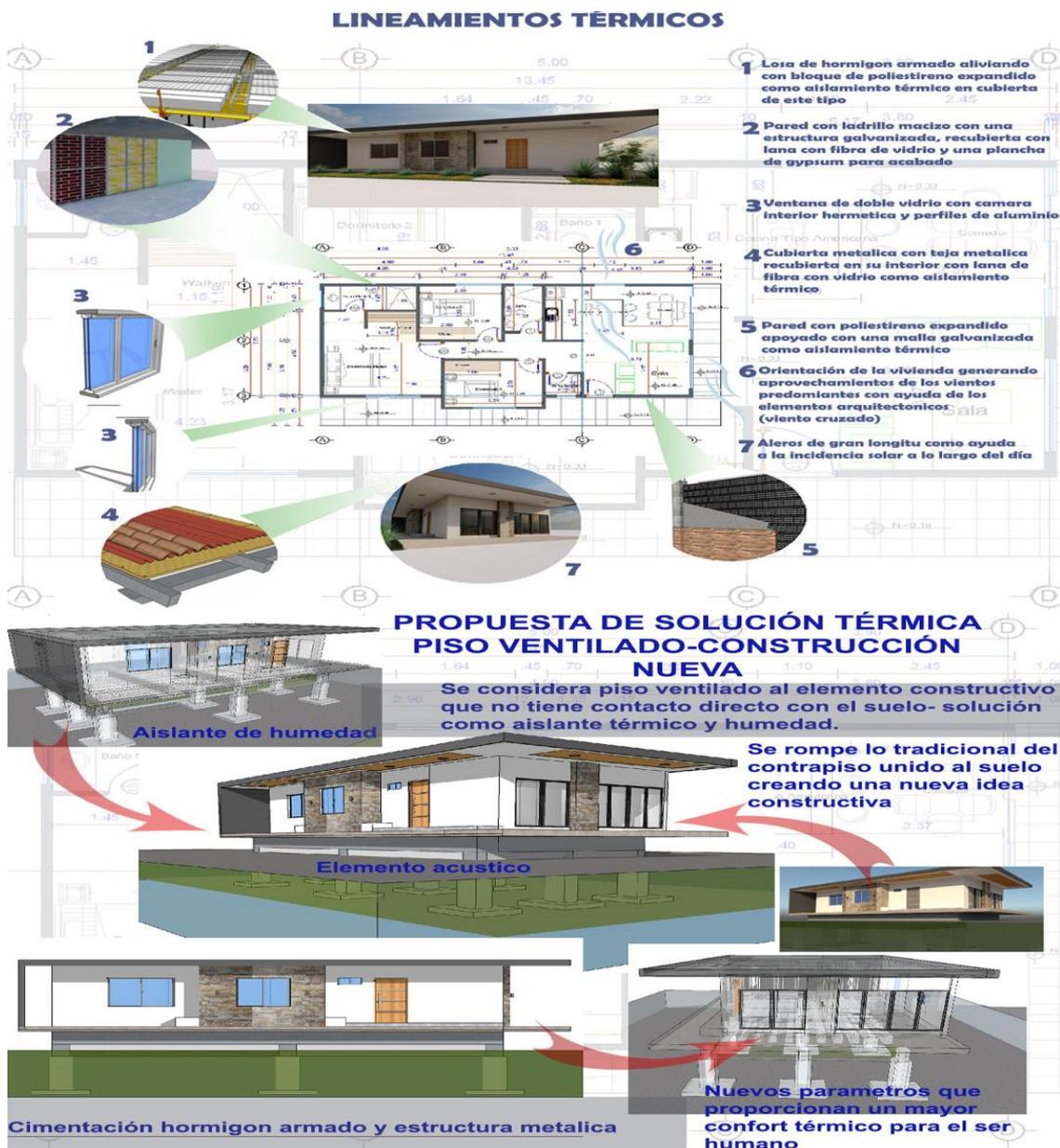


Figura 10. Lineamientos térmicos, solución térmica y gráfico didáctico en el tema proyectual arquitectónico.

De la misma forma, es favorable la lana fibra de vidrio y el doble vidriado en las ventanas como mecanismo de menor conductividad de calor en el interior de las viviendas. Este elemento arquitectónico tiende a ser de mayor resistencia térmica a lo largo del día e incluso a altas temperaturas [18].

5. CONCLUSIONES

El análisis del confort higrotérmico es una herramienta muy útil que se debe implementar en la arquitectura, pues los resultados que se obtienen son muy gratificantes para quienes habitan las viviendas que correspondan. Los responsables en esta área de la arquitectura pueden maximizar el potencial de sus proyectos, haciéndolos mucho más confortables y cómodos para las personas, ya que al momento y en el caso estudiado, la ciudad de Portoviejo no cuenta con políticas públicas que se den a conocer y se apliquen a todo tipo de situación edilicia en el lugar. Así, con el apoyo de varias herramientas se puede extraer las siguientes conclusiones:

- Se determinó que en tres viviendas ubicadas del lado sur en la ciudad de Portoviejo la humedad relativa es menor que en las demás; así también como se comprobó mediante el anemómetro digital que los vientos predominantes son más fuertes en ese lado de la ciudad.
- Se comprobó que las paredes de las viviendas no poseen algún tipo de solución térmica y más aún en las zonas donde la radiación solar llega directamente a las viviendas.
- Se conoció mediante las fichas de investigación dirigidas a las personas con la escala de sensación térmica ASHRAE 55, que en la mayoría de las viviendas los datos coincidieron con los analizados mediante las herramientas digitales y software.
- A través de la matriz tipológica se dio a conocer la importancia de la envolvente en las viviendas y de cómo están constituidas, mejorando la propuesta de solución térmica proporcionando un aporte al conocimiento proyectual para mejorar la calidad de vida en las personas.
- Las viviendas 1, 2 y 3 resultaron con similares características térmicas mediante los análisis digitales y fichas de observación.
- De todas las viviendas analizadas, menos de la mitad presentó un mejor confort térmico en su interior, ya que estas contaban con una mejor orientación, análisis del entorno y aprovechamiento de los vientos predominantes cruzados.
- Se determinó con valores exactos que la humedad relativa en la ciudad de Portoviejo en época de invierno oscila entre el 65% y 80%, esto nos permite conocer la necesidad de una correcta aplicación de arquitectura sustentable y bioclimática en cada proyecto edilicio que se construya en la ciudad. Si el proyectista no aplica las soluciones pertinentes a los entornos que se presentan en la ciudad, llevaría toda la carga de una vivienda con muy bajo confort térmico, serían las personas que comprarían uno de estos proyectos habitacionales, ya que desconocen del tema higrotérmico.
- Con la ayuda de la matriz tipológica se pudo observar que todas las viviendas utilizan materiales con bajo aporte térmico (sin características de aislación térmica), los mismos que perjudican la salud de las personas al aumentar la temperatura en el interior. Un ejemplo claro es el tradicional zinc, que es utilizado mayormente por ser mucho más económico que otros materiales para cubiertas.
- Dentro de la investigación de campo que se realizaron a todas las viviendas, se pudo constatar la presencia de una patología similar en las paredes (hongos) de las viviendas. Esto es producto de la humedad que transmiten los contrapisos hacia las columnas en el tiempo de invierno. Estos contrapisos tienen contacto directo con la tierra, y esta a su vez con el agua, ya que el nivel freático que se presenta en esta ciudad es muy bajo en tiempos de lluvias. Cabe mencionar en este artículo, y para el enriquecimiento de este, que la mejor solución a esto es el aislamiento del contrapiso con la tierra. Esta técnica es

muy utilizada en otros países como solución a estos tipos de patologías en las paredes de las viviendas.

- Mediante el software herramienta de confort térmico CBE de la Universidad Berkeley de California, se pudo conocer con exactitud, los diferentes niveles de sensaciones térmicas de las personas al momento de estar en alguna actividad dentro de las casas. Esta herramienta sirvió como un “detector de mentiras”, ya que se pudo determinar si los datos de las personas eran casi exactos con cada punto de análisis de este software. Esta herramienta simuló los movimientos de cada persona dentro del hogar, sus actividades y tareas, de acuerdo con el espacio ocupado.
- Se pudo conocer que la altura en las viviendas de la ciudad de Portoviejo es un ítem más que se debe aplicar, ya que la radiación térmica ocupa unos centímetros del tumbado hacia abajo. Entonces, mientras mayor sea la altura del entrepiso y la cubierta, mayor será la eliminación del aire caliente y menor será sensibilidad a la carga por radiación solar.

REFERENCIAS

- [1] B. Arballo, E. Kuchen, Y. Alamino-Naranjo y A. Alonso-Frank, “Evaluación de modelos de confort térmico para interiores”, En *VIII Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura-CRETA*, Rivadavia-Argentina, 2016.
- [2] R. García-Alvarado, A. González., W. Bustamante, A. Bobadilla, y C. Muñoz, “Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares”, *Informes de la Construcción*, 66(533):005, 2014.
- [3] E. Arteaga-Cruz, “Buen Vivir (Sumak Kawsay): definiciones, crítica e implicaciones en la planificación del desarrollo en Ecuador”, *Saude em debate*, 41, 907-919, Sao Paulo-Brasil, 2017
- [4] O. Leal-Nares, M. Mendoza y E. Carranza González, “Análisis y modelamiento espacial de información climática en la cuenca de Cuitzeo, México”, *Investigaciones geográficas*, no. 72, pp. 49-67, Ciudad de México, 2010.
- [5] G. Arrieta y A. Maristany, “Cambiando los paradigmas: revisión del concepto de confort higrotérmico desde los 60’ hasta la actualidad”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA*, vol. 22, pp. 1-12, Córdova-Argentina, 2020.
- [6] F. J. Sandoval, J. S. Machuca y L. Cedeño, “La arquitectura vernácula en el medio rural y urbano de Manabí. Levantamientos, análisis y enseñanzas. Análisis tipológico y constructivo como respuesta al clima de la región de Manabí (Ecuador)”, en *Hábitat social, digno, sostenible y seguro en Manta*, Manabí, Ecuador, Universidad de Valladolid, 2014.
- [7] D. Farid, “Uso de la Caña Guadúa: arquitectura vernácula en restaurantes de la ciudad de Portoviejo, Ecuador”, Universidad de Palermo, 2018.
- [8] C. Priego González de Canales, *Beneficios del arbolado urbano*, 2002. <http://hdl.handle.net/10261/24578>.
- [9] L. F. López Gutiérrez, A. Lira Oliver y J. A. Castillo Torres, “Anemómetro digital-manual de uso”, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2017.
- [10] A. Mariño Mur, “Caracterización térmica de un conjunto de edificaciones del Pirineo oscense mediante termografía infrarroja”, *Doctoral dissertation*, Valencia-España, 2012.

- [11] C. Molina, y Veas, L., “Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno”, *Revista de la Construcción*, vol. 11, no. 2, pp. 27-38. Santiago-Chile, 2012.
- [12] Corporación de Desarrollo Tecnológico y Cámara Chilena de la Construcción, “Manual acondicionamiento térmico criterios de intervención”, Santiago-Chile, 2015. https://issuu.com/camaraconstruccion/docs/manual_web
- [13] R. De Dear y GS Brager, “El modelo adaptativo de confort térmico y conservación de energía en el entorno construido”, *Revista internacional de biometeorología*, vol. 45, no. 2, pp. 100-108, 2001.
- [14] L. Rodríguez Potes, “Efectos de los árboles sobre el viento en el medio urbano”, Barranquilla-Colombia, 2010.
- [15] A. Borbón, R. Cabanillas y J. Pérez, “Modelación y simulación de la transferencia de calor en muros de bloque de concreto hueco”, *Información tecnológica*, vol. 21, no. 3, pp. 27-38, Sonora-México, 2010.
- [16] G. Huelsz, G. Barrios, R. Rechtman y J. Rojas, “Importancia del análisis de transferencia de calor dependiente del tiempo en la evaluación del desempeño térmico de la envolvente de una edificación”, *Estudios de Arquitectura Bioclimática*, pp. 11-20, México, 2009.
- [17] M. Galindo Cabello, “Estudio de un sistema de bloques huecos de poliestireno para la construcción de viviendas”, Universidad de Chile, 2010.
- [18] V. Volantino, E. Cornejo Siles y A. Pereyra, “Determinación experimental de la transmisión total de energía solar de fachadas vidriadas constituidas por doble vidriado hermético”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 13, Buenos Aires-Argentina, 2009