

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

**EFFECTS OF THE PLACEMENT OF THE TYPICAL
SOCIAL HOUSING MODULE ON THE THERMAL
COMFORT IN THE FEDERICO VILLARREAL
URBANIZATION OF CHICLAYO, PERU**

**EFFECTOS DEL EMPLAZAMIENTO DEL MÓDULO
TÍPICO DE VIVIENDA SOCIAL SOBRE EL
CONFORT TÉRMICO EN LA URBANIZACIÓN
FEDERICO VILLARREAL DE CHICLAYO, PERÚ**

Milka Palacios Perleche¹

Author for correspondence: E-mail: aylyanapalacios@gmail.com

ABSTRACT

The present study determined the effect of the placement of a typical module of social housing on thermal comfort; for that a group of houses was selected in the Federico Villarreal urbanization in Chiclayo, Peru. We study the climatologic data from local Senamhi registers in the 2017 year; we also measured interior temperature and relative humidity in the same period of time in each one of the selected houses. The results showed that the location of the typical housing modules affected the records of the dimensions of thermal comfort and determined the favorable and unfavorable comfort conditions of each dwelling, depending on its location, with the NE orientation being the most unfavorable. In addition, it was evidenced that the winds and the geometric conditions of the urban space with vegetation were decisive to favor the SE and SO sites.

Keywords: Comfort zone - emplacement - thermal comfort

RESUMEN

El presente estudio determinó los efectos que el emplazamiento de un módulo típico de vivienda social tiene sobre el confort térmico. Para lo cual se seleccionó un grupo de viviendas de la urbanización Federico Villarreal de la ciudad de

Chiclayo, Perú. Se estudiaron los datos climatológicos locales del año 2017, y se realizaron mediciones de temperatura interior y humedad relativa durante este mismo período, en cada una de las viviendas. Los resultados demostraron que el emplazamiento de los módulos típicos de vivienda afectó los registros de las dimensiones del confort térmico y determinaron las condiciones de confort favorables y desfavorables de cada vivienda, en función a su emplazamiento, siendo la más desfavorable la orientación NE. Además, se evidenció que, los vientos y las condiciones geométricas del espacio urbano con vegetación fueron determinantes para favorecer a las viviendas emplazadas SE y SO.

Palabras clave: Confort térmico - emplazamiento - zona de confort

INTRODUCCIÓN

El emplazamiento de las viviendas determinado por la orientación de la manzana, la tipología edificatoria y las condiciones geométricas del espacio urbano; dentro del planteamiento urbano es un factor importante (pero no excluyente) para conseguir el diseño de una vivienda confortable (Espinoza, 2011; Espinoza *et al.*, 2015).

Tanto, el emplazamiento como el confort térmico forman parte importante en el desarrollo de la vivienda (Chavez del Valle, 2002; Barrientos, 2012; Bravo Morales, 2014) más aún si se habla de la vivienda social, que está dirigida a los sectores sociales de menor poder adquisitivo que conforman gran parte de la población (Maluenda, 1999).

En el módulo típico y la vivienda social se ha evidenciado que los actuales programas de vivienda social ejecutados por los promotores privados se desarrollan de manera automatizada y repetitiva, con diseños únicos aplicados en cualquier zona donde se vaya a ejecutar un proyecto de vivienda,

indistintamente de su emplazamiento y sus características climáticas.

Mediante la investigación se evidenció los efectos que los emplazamientos de los módulos típicos tuvieron sobre las condiciones de confort térmico de las viviendas y como esto, fue percibido por los usuarios (Bravo & Gonzáles, 2001). Así como la necesidad de que los profesionales del diseño y la construcción realicen la evaluación previa del lugar con sus características particulares, determinando el mejor emplazamiento para cada vivienda o aprovechando las ventajas y/o controlando las desventajas de los diferentes emplazamientos (Díaz & Ramírez, 2011) logrando propuestas específicas con el fin de lograr que los efectos sobre el confort térmico sean favorables a los usuarios (Brager & De Dear, 2001).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos del emplazamiento del módulo típico de vivienda social sobre el confort térmico en la urbanización Federico Villarreal de Chiclayo, Perú.

MATERIALES Y MÉTODO

Se examinó la variable emplazamiento de los módulos típicos de vivienda, (Higueras, 2006; González-Blanch & Puig, 2013) considerando sus dimensiones de orientación, condiciones geométricas del espacio urbano (plazuela, pasaje, avenida y alameda) y tipología edificatoria (entre medianeras y en esquina), las cuales influyeron directamente en la variable confort térmico (Givoni, 1992; Godoy Muñoz, 2012). Para ello se realizó un levantamiento de la zona de estudio, seleccionado para el análisis un grupo de viviendas (7) de interés social de modulo típico (mismo diseño arquitectónico, material y volumen) pero con diferentes emplazamientos

(Figura 1 y Tabla 1). El trabajo se centró en las condiciones ambientales por ser los indicadores determinantes del confort térmico (RM, 2002); para ello fueron levantados datos de temperatura y humedad relativa interior durante las 24 horas del día, todos los días del periodo de enero a diciembre del 2017 (Lara, 2011). Este registro fue realizado en el ambiente específico del dormitorio principal (2^{do} nivel), a su vez se trabajó los datos de radiación solar (sobre volumen del dormitorio principal), mediante el programa Ecotect, y los datos de la Estación meteorología Reque – Lambayeque (Senamhi), de las temperaturas exteriores y vientos registrados durante el año 2017 (ISO, 1995, 2005).

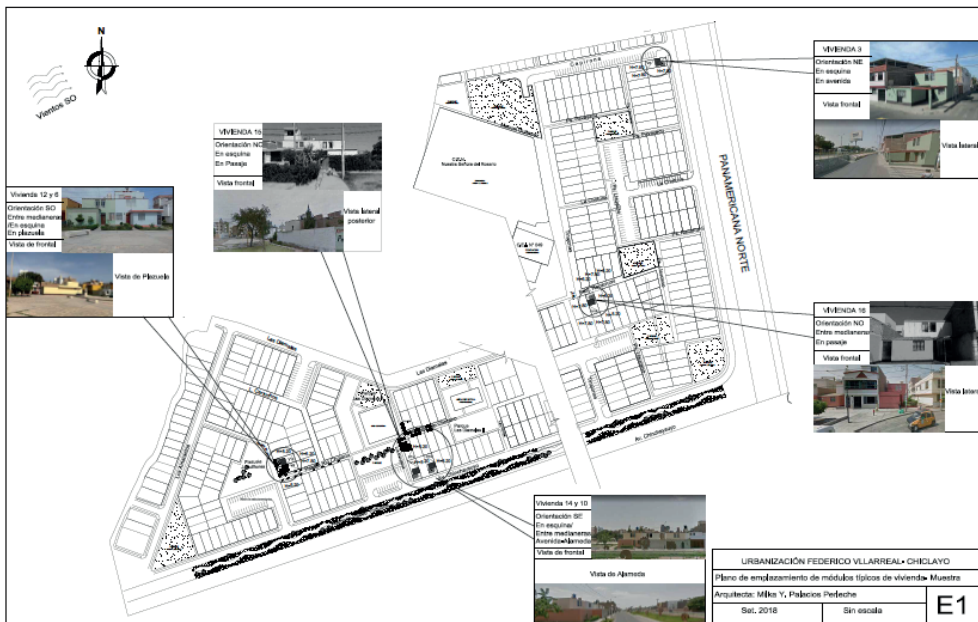


Figura 1. Plano de emplazamiento de módulos típicos de vivienda-muestra. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Relación de módulos típicos de viviendas por emplazamiento.

UBICACIÓN	ORIENTACIÓN	FRENTE A AVENIDA	FRENTE A PASAJE	FRENTE A PLAZUELA	FRENTE A ALAMEDA	CANTIDAD DE LA MUESTRA
		Sección 35ml	Sección 6ml	Sección 20ml	Sección 25ml	
Victor Raúl (Panam. Norte)	NOR ESTE (NE)	1				1
Chinchaysuyo	SUR ESTE (SE)				2	2
Chotano - Racarrumi	NOR OESTE (NO)		2			2
Madre Selva	SUR OESTE (SO)			2		2

TOTAL DE LA MUESTRA FINAL 7 VIVIENDAS

Emplazamiento y temperatura

Tabla 2. Temperatura de Confort y zona de confort para la ciudad de Chiclayo.

	ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	T. CONFORT ANUAL
Tcomf (temperatura de de confort)	26,05	26,42	26,46	25,43	24,88	24,37	23,98	23,80	23,75	23,58	23,64	24,59	24,75
ZCLS +2,5 (Szokolay)	28,55	28,92	28,96	27,93	27,38	26,87	26,48	26,30	26,25	26,08	26,14	27,09	27,25
ZCLI -2,5 (Szokolay)	23,55	23,92	23,96	22,93	22,38	21,87	21,48	21,30	21,25	21,08	21,14	22,09	22,25

ZCLS: Zona de confort límite superior ZCLI: Zona de confort límite inferior. Fuente: Elaboración propia. Método de Dear (1,998) y Szokolay (2,012)

Con los datos de SENAMHI del 2017, se calculó la zona de confort para la ciudad de Chiclayo (tabla 3), mediante el método adaptativo de De Dear *et al.* (1998) con el que se estableció una temperatura de confort anual de 24,75 °C, con $\pm 2,5$ °C (Szokolay, 2012). Por tanto, la zona de confort quedo determinada entre los 27,25 °C, como límite superior y los 22,25 °C, como límite inferior. Con los mismos criterios se determinó la zona de confort para cada mes del año (Tabla 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2, se observó claramente que la mayoría de las viviendas entraron a la zona de confort –a la par que la temperatura exterior– desde mediados del mes de mayo hasta mediados del mes de diciembre, siendo el registro de la temperatura exterior menor al de los registros de la muestra en la mayor parte del año. Se evidenció así, la existencia de factores que influyeron sobre el aumento de la temperatura interior de las viviendas; los que se pretendie-

ron identificar con el presente estudio (Wieser Rey, 2011; Sharif, 2015).

Con respecto a la vivienda 3, orientada al NE, la curva de temperatura se mantuvo fuera de la zona de confort durante todo el año, mientras la vivienda 16, orientada al

NO, solo registró temperaturas dentro de la zona de confort durante los meses de setiembre y octubre; por lo tanto, se determinó que fueron estas las viviendas que estuvieron mayor tiempo fuera de la zona de confort térmico (figura 2).

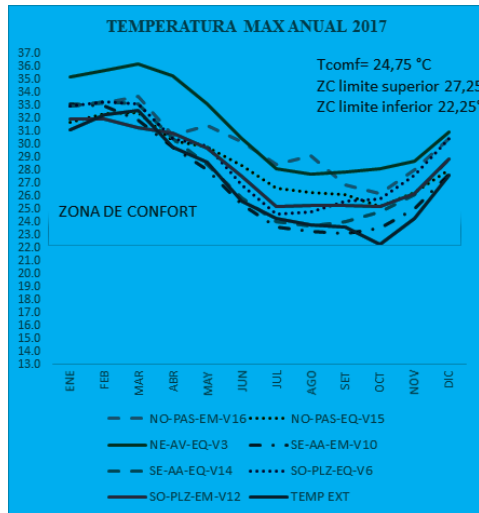
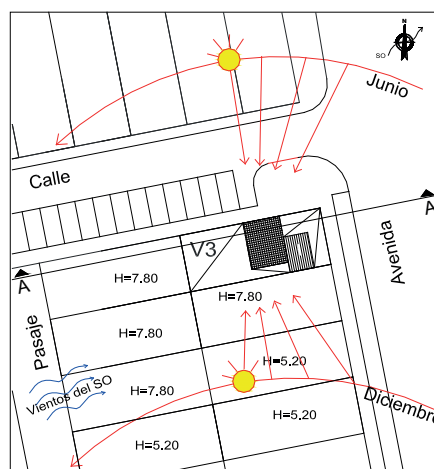


Figura 2. Temperatura máxima anual de módulos típicos según el emplazamiento, y zona de confort. Fuente: Elaboración propia (para temperatura exterior se utilizó datos de SENAMHI-Lambayeque-Estación Meteorológica Reque).

NO-PAS-EM-V16	Noroeste-Pasaje-Entremedianeras-Vivienda 16
NO-PAS-EQ-V15	Noroeste-Pasaje-Esquina-Vivienda 15
NE-AV-EQ-V3	Noreste-Avenida-Esquina-Vivienda 3
SE-AA-EM-V10	Sureste-Av. Alameda-Entre medianeras-Vivienda 10
SE-AA-EQ-V14	Sureste-Av. Alameda-Esquina-Vivienda 14
SO-PLZ-EQ-V6	Suroeste-Plazuela- Esquina-Vivienda 6
SO-PLZ-EM-V12	Suroeste-Plazuela- Esquina-Vivienda 12

En ambos casos, se identificó la existencia de varios factores en común: primero, las orientaciones de ambas viviendas fueron opuestas a la dirección predominante de los vientos del SO. Segundo, estuvieron rodeadas de edificaciones de mayor altura, bloqueando así el ingreso del viento, impidiendo refrescar los ambientes interiores. Tercero, en el espacio urbano de ambas viviendas prevaleció el concreto y el asfalto (materiales que conservan el calor), además de la ausencia de áreas verdes y; cuarto, su orientación al NE y NO. Por otro lado, se evidenció que el problema de confort fue principalmente estacional, presentando temperaturas elevadas durante los meses de diciembre a mayo. Siendo, los meses de verano, los más críticos dentro de este rango. En este período todas las viviendas estuvieron fuera de la zona de confort, al igual que la temperatura exterior; pero la que registró mayor diferencia fue la vivienda 3, orientada al NE, con temperaturas entre 35 °C y 36 °C; con una diferencia de hasta 9 °C por encima de la zona de confort. A partir de estos resultados se determinó que esa orientación fue la más desfavorable. Por otro lado, las viviendas orientadas al SO, SE y NO registraron temperaturas entre 31 y 33,8 °C que, si bien, estuvieron fuera de la zona de confort, fueron las más favorables de la muestra, registrando menor temperatura que la vivienda 3 (figura 2).

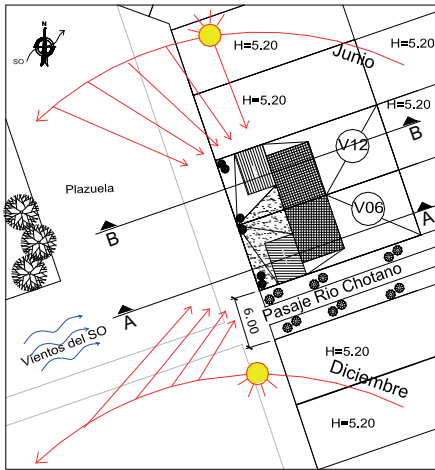
En el caso de la vivienda 3, el emplazamiento al NE, en esquina y avenida (sin obstrucciones en la parte frontal ni en la lateral), originó que la radiación solar, sea mayor sobre el volumen del dormitorio principal, influyendo de manera importante en la temperatura registrada. (figura 3).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Esquema de localización Vivienda 3, al NE, en esquina y avenida. Incidencia de radiación solar.

Del resto de la muestra, el emplazamiento que registró la menor temperatura en la estación de verano fue la vivienda 12, emplazada al SO, entre medianeras y en plazuela (figura 2). Esto le permitió aprovechar los vientos predominantes del SO y recibir menor radiación solar sobre el volumen del dormitorio (figura 4), en comparación con la orientación NE.

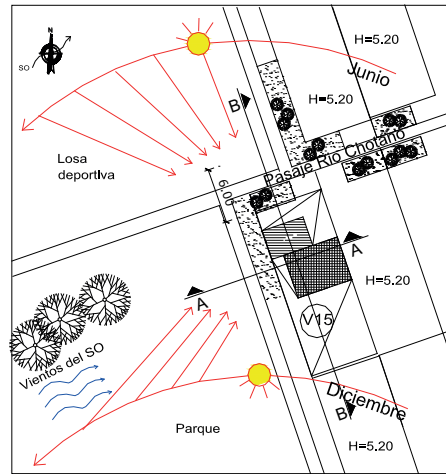


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Esquema de localización vivienda 12, al SO, entre medianeras y en plazuela.

Así mismo, se analizó puntualmente las condiciones geométricas del espacio urbano y la tipología edificatoria. Para ello se agrupó las viviendas por orientación; las viviendas 15 y 16, orientadas al NO, registraron diferencias de temperaturas entre sí, siendo la vivienda 15 ubicada en el pasaje y en la esquina más favorable; mientras la vivienda 16, en pasaje y entre medianeras, la más desfavorable (figura 2). En el caso de la vivienda 15, su tipología edificatoria en esquina permitió la incidencia de los vientos del SO sobre el volumen del dormitorio principal facilitando el enfriamiento del espacio interior. Por el contrario, en el caso de la vivienda 16, su ubicación –entre medianeras

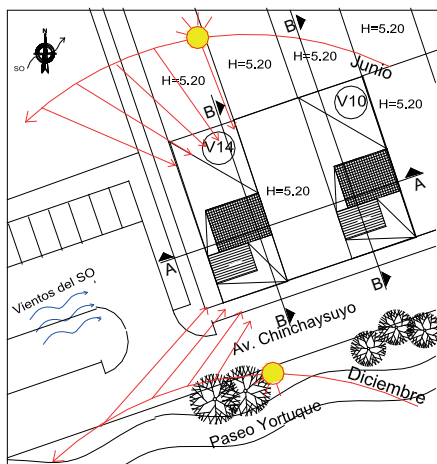
y rodeada de edificaciones de mayor altura– impidió que los vientos del SO incidieran sobre el volumen y refresquen los ambientes interiores. Se determinó, entonces, que la tipología en esquina y la incidencia de los vientos permitieron obtener mejores resultados, como en la vivienda 15 (figura 5).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Esquema de localización Vivienda 15 al NO, en esquina y en pasaje. Incidencia de vientos del SE. Espacio urbano con presencia de vegetación.

Las viviendas 10 y 14 presentaron condiciones similares: orientación al SE; localización sobre una avenida de tipo alameda; tipología entre medianeras y ubicación en esquina (figuras 6). Estas viviendas presentaron curvas muy similares con diferencias de 0,5 °C de temperatura (figura 2).

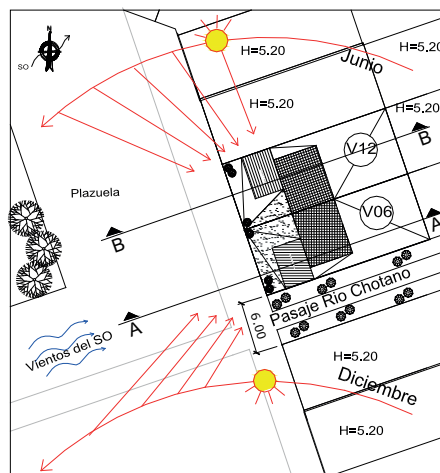


Fuente. Elaboración propia.

Figura 6. Esquema de localización. Viviendas 10 y 14, al SE y en alameda. Incidencia de vientos del SO y radiación solar.

Las viviendas 6 y 12, emplazadas sobre una misma plazuela, en esquina y entre medianeras respectivamente (figura 7), presentaron diferencias de hasta 1,5 °C en la estación de verano, siendo la más favorable la vivienda 12. Se determinó, a través del análisis de radiación solar, que las dos viviendas recibieron similar incidencia de radiación. Sin embargo, a través del análisis de las encuestas, se identificó que los usuarios tuvieron hábitos diferentes de ventilación de sus ambientes. La vivienda 6 manifestó tener menor tiempo abiertas las ventanas, lo cual disminuyó las posibilidades de enfriamiento de los ambientes interiores; teniendo como resultado una temperatura mayor y desfavorable en comparación con la vivienda 12, la cual mantuvo las

ventanas abiertas en todo momento registrando temperaturas menores.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 7. Esquema de localización viviendas 6 y 12, al SO y en plazuela. Incidencia del viento del SO. Espacio urbano con presencia de vegetación.

En el caso de la vivienda 3, su orientación al NE y su tipología en esquina influyeron en una mayor incidencia de la radiación solar sobre el volumen del dormitorio principal. Así mismo, las condiciones geométricas del espacio urbano –en avenida (concreto y asfalto) y sin presencia de área verde– impidieron enfriar el aire exterior que ingresó a la vivienda; sumado esto a que la orientación NE fue contraria a los vientos predominantes (figura 3) lo cual motivó que los registros de temperatura sean afectados desfavorablemente (figura 2).

Finalmente, la figura 2 permitió, en función al desarrollo de la curva de temperatura durante el año, por un

lado, determinar el porcentaje de meses que las viviendas estuvieron en zona de confort; y por otro lado, identificar cuántos meses la curva estuvo dentro de dicha zona. El resultado mostró que el menor porcentaje de meses en confort lo tuvo la vivienda 3, emplazada

al NE, en esquina y en avenida (0% de meses en zona de confort); mientras que las viviendas orientadas al SE y SO tuvieron el mayor porcentaje de meses en zona de confort (tabla 3). Estos porcentajes ratifican los análisis realizados en los párrafos previos.

Tabla 3. Porcentajes de meses en zona de confort según emplazamiento y temperatura máxima anual.

MÓDULOS TÍPICOS/ EMPLAZAMIENTO	% meses en confort	Número de meses en confort
NO-PAS-EM-V16	16	2
NO-PAS-EQ-V15	38	4.5
NE-AV-EQ-V3	0	0
SE-AA-EM-V10	54	6.5
SE-AA-EQ-V14	50	6
SO-PLZ-EQ-V6	42	5
SO-PLZ-EM-V12	45	5.5
TEMP EXTE	54	6.5

Fuente: Elaboración propia.

Encuestas a los usuarios de las viviendas

Se planteó la necesidad de establecer una relación objetiva entre los resultados de los análisis y los de las encuestas a los usuarios. Se tomó como muestra las encuestas realizadas durante los meses de enero a marzo, por ser el período donde se presentó sustancialmente el problema del confort. Se preguntó a los usuarios por la percepción que tenían de la temperatura en su vivienda al momento de la encuesta. La vivienda 3, al NE, manifestó sentir

la temperatura muy caliente, mientras que las viviendas al SO, SE y NO, manifestaron sentir la temperatura ligeramente caliente. También se les preguntó si cambiarían el actual ambiente térmico por otro mejor. La respuesta de la vivienda 3 orientada al NE, fue afirmativa; mientras que, de las seis viviendas restantes, cuatro de ellas; las emplazadas hacia el SO y SE, respondieron de manera negativa mientras que las emplazadas al NO, respondieron de manera afirmativa (tabla 4).

Tabla 4. Encuestas a los usuarios sobre sus preferencias térmicas.

Pregunta: ¿Teniendo en cuenta únicamente sus preferencias. Usted cambiaría este ambiente térmico por uno más confortable?

Emplazamiento	Si	No
NO-EM-PAS-16	■	
NO-EQ-PAS-15	■	
NE-EQ-AV-03	■	
SE-EM-AA-10		■
SE-EQ-AA-14		■
SO-EQ-PLZ-06		■
SO-EM-PLZ-12		■

Fuente: Elaboración propia.

Estas dos preguntas permitieron evidenciar que, del total de la muestra, los usuarios de cuatro (4) de las viviendas, las emplazadas al SO y SE; a pesar de haber estado expuestos a temperaturas elevadas de hasta 32 °C, lograron generar cierto grado de tolerancia a su ambiente térmico al no manifestar su deseo de cambio; contrariamente a los usuarios de las dos (2) viviendas emplazadas al NO que registraron similar temperatura, pero manifestaron su deseo de cambio de ambiente térmico. Se determinó entonces que las orientaciones SO y SE, favorables a los vientos, tuvieron una mayor tolerancia a su ambiente térmico por la ventilación que recibieron debido a su emplazamiento.

En el caso de la vivienda 3, emplazada al NE, los usuarios estuvieron expuestos a temperaturas de hasta 36 °C, muy por encima de la zona de confort, por lo que manifestaron su deseo de cambiar de ambiente térmico. Se determinó

entonces que en la orientación NE, contraria a los vientos, los usuarios rechazaron las temperaturas registradas, evidentemente por la poca ventilación y por el calentamiento del volumen (techos y muros).

En síntesis; estos resultados permitieron determinar que el rango de confort térmico puede llegar a variar dependiendo de la *tolerancia* que generen las personas a un determinado ambiente térmico, al cual están habituados y que forma parte de su entorno diario (López Díaz, 2003; Pérez-Pérez, 2016). Este rango (denominado de “*tolerancia térmica*”) va desde los 27,25 °C (límite superior de la zona de confort) hasta los 32 °C, en que los usuarios manifestaron un grado de aceptabilidad de su ambiente térmico, sin llegar a ser confortables. Sin embargo, existieron temperaturas que sobrepasaron este límite, como el caso de la vivienda 3; en la cual se evidenció intolerancia a las temperaturas registradas, por encima de los 32 °C (tablas 4).

En referencia a la zona de confort, Olgay (2015) mencionó: “el criterio a adoptar es el que el perímetro de la zona de confort vendrá definido por aquellas condiciones en las cuales una persona media no experimenta sensación de incomodidad” (p. 18).

Regresando al análisis de las encuestas; las preguntas acerca de la ventilación interior y los hábitos de

los usuarios permitieron ampliar el criterio de evaluación.

Los usuarios de la vivienda 3 manifestaron que esta era poco ventilada, por lo que debería serlo más; mientras que los usuarios del resto de las viviendas dijeron tener una ventilación confortable y no requerir que se incremente (tabla 5).

Tabla 5. Encuesta a los usuarios sobre la ventilación en su vivienda.

Pregunta: ¿En cuanto a la ventilación de su vivienda. Esta es.?

Emplazamiento	Muy ventilada	Confortable	Poco ventilada
NO-EM-PAS-16		■	
NO-EQ-PAS-15		■	
NE-EQ-AV-03			■
SE-EM-AA-10		■	
SE-EQ-AA-14		■	
SO-EQ-PLZ-06		■	
SO-EM-PLZ-12		■	

Fuente. Elaboración propia.

Por último, los de las viviendas 15, 14 y 12 manifestaron tener abiertas las ventanas en todo momento. Los de las viviendas 3, 10 y 16 manifestaron tener abiertas las ventanas durante la mañana y la tarde; mientras los de la vivienda 6 mantuvieron abiertas las ventanas solo durante la mañana. Se

evidenció que en el caso de la vivienda 3, emplazada al NE, a pesar de haber mantenido las ventanas abiertas un promedio de 12 horas al día, sus usuarios manifestaron que era poco ventilada y que requería de mayor ventilación (Tabla 6 y 7).

Tabla 6. Encuesta a los usuarios sobre el tiempo que mantienen abiertas las ventanas.

Pregunta: ¿ En que momento del día abre las ventanas de la o las fachadas de su vivienda?

Emplazamiento	Por la mañana	Por la tarde	Por la noche	En todo momento	En ningún momento
NO-EM-PAS-16	■	■			
NO-EQ-PAS-15				■	
NE-EQ-AV-03	■	■			
SE-EM-AA-10	■	■			
SE-EQ-AA-14				■	
SO-EQ-PLZ-06	■				
SO-EM-PLZ-12				■	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Encuesta a los usuarios sobre necesidad de ventilación.

Pregunta: ¿Cree usted necesario mayor o menor ventilación en su vivienda?

Emplazamiento	Mayor ventilación	Sin cambios	Menor ventilación
NO-EM-PAS-16		■	
NO-EQ-PAS-15		■	
NE-EQ-AV-03	■		
SE-EM-AA-10		■	
SE-EQ-AA-14		■	
SO-EQ-PLZ-06		■	
SO-EM-PLZ-12		■	

Fuente. Elaboración propia.

Sobre la base de los resultados expuestos, fueron analizados los datos obtenidos del SENAMHI acerca de la dirección y velocidad del viento, evidenciándose que lo predominante durante todo el año fueron los vientos con dirección SO-SSO, con una velocidad de 7 m-seg, es decir, la vivienda 3 emplazada al NE, no recibió ventilación directa durante todo el año; lo que influyó en la elevación de

la temperatura interior registrada en el estudio y, por consiguiente, en la falta de confort manifestada por los usuarios.

Por otra parte, los hábitos de ventilación de los usuarios (tabla 6) influyeron en diferente grado en cada vivienda (RNE, 2006). El caso de la vivienda 12, que tuvo abiertas las ventanas en todo momento siendo además favorable a la dirección de los

vientos, se reflejó en el registro de una temperatura menor al del resto de la muestra; a diferencia de la vivienda 6 que, estando en un emplazamiento similar, solo abrió las ventanas durante la mañana siendo la temperatura registrada la más elevada. Similar situación se produjo en las viviendas 14 y 15 que manifestaron tener las ventanas abiertas en todo momento, y reflejaron una temperatura menor en comparación con sus pares en emplazamiento (viviendas 10 y 16).

Emplazamiento y humedad relativa

En lo que respecta a la humedad relativa (HR), fueron analizados los registros tomados con los instrumentos de medición, en el mismo período de tiempo que los datos de temperatura. Se consideró, además, determinar la zona de confort para la humedad relativa (HR), entre 20% y 80%, porcentajes establecidos en las cartas bioclimáticas de Givoni (1998).

En la figura 8, se presenta el registro de la HR máxima anual al interior de las viviendas y la zona de confort establecida en el párrafo anterior. Se observó que las viviendas con orientación Este estuvieron, durante todo el año, dentro de la zona de confort establecida, mientras que las viviendas con orientaciones al Oeste salieron de la zona de confort por períodos cortos de febrero a marzo y de mayo a agosto.

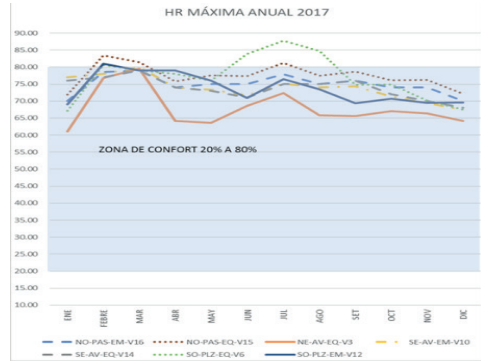


Figura 8. Humedad Relativa máxima anual de los módulos típicos según emplazamiento, y zona de confort. Fuente. Elaboración propia.

En el caso de la vivienda 3, orientada al NE, la curva de HR durante el año mostró un desarrollo diferente al resto de casos, con mínimas de 60% y máximas de 80% de HR, con cambios bruscos y constantes por debajo de los porcentajes de las otras curvas de HR, pero siempre dentro de la zona de confort. Así mismo, las viviendas orientadas al SE, presentaron curvas similares entre sí, entre 68 a 75% de HR durante todo el año; exceptuando solo la estación de verano en la que ambas registraron una HR de hasta 80%. Mientras que en las viviendas 6, 12 y 15, orientadas al SO y NO respectivamente, las curvas registradas presentaron altibajos constantes durante el año, con porcentajes entre 70% y 87%, saliendo de la zona de confort por períodos cortos entre los meses de febrero a marzo y de mayo a agosto.

Analizando puntualmente; la vivienda 3 mostró una curva singular, con porcentajes de HR menores al del resto de la muestra. Fue evidentemente el caso más desfavorable del análisis de la temperatura; lo que permitió determinar que, a pesar de que la HR estuvo dentro de la zona confort, no se garantizó temperaturas confortables, sino, más bien, se demostró que: a menor humedad es mayor la temperatura registrada. También es importante mencionar que; dada la orientación de la vivienda 3 al NE, contraria a los vientos SO que vienen del litoral; la humedad que se registró fue menor a los casos de las viviendas orientadas al NO y SO (figura 8).

Estas razones refuerzan la afirmación que las viviendas con orientaciones al Oeste (NO y SO), favorables a los vientos del SO, registraron mayor humedad y temperaturas menores; mientras que, las viviendas orientadas al Este (NE y SE), contrarias al viento, registraron menor humedad y temperaturas mayores (ver análisis de temperatura).

Por último, se determinó el porcentaje de meses en zona de confort en función al desarrollo de la curva de HR durante el año y cuántos meses esta curva estuvo dentro de la zona de confort (tabla 8).

Tabla 8. Porcentaje de meses en zona de confort según emplazamiento y humedad relativa máxima anual.

MÓDULOS TÍPICOS/ EMPLAZAMIENTO	% meses ZC 20-80%
NO-PAS-EM-V16	100
NO-PAS-EQ-V15	81
NE-AV-EQ-V3	100
SE-AA-EM-V10	100
SE-AA-EQ-V14	100
SO-PLZ-EQ-V6	68
SO-PLZ-EM-V12	93

Fuente. Elaboración propia.

Estos resultados permitieron reafirmar que las viviendas con orientación al oeste (SO y NO), favorables a los vientos (SO) del litoral, con presencia de vegetación en el espacio urbano, salieron de la zona de confort, registrando mayor humedad (> 80%), pero tuvieron una menor temperatura, favoreciendo el confort térmico. Esto en comparación con las viviendas orientadas al este (NE y SE) que, aun estando con un 100% de meses en confort, registraron una mayor temperatura, lo cual afectó el confort térmico. La excepción fue la vivienda 16, orientada al NO que, a pesar de tener orientación oeste, tuvo una humedad menor debido a su tipología entre medianeras. Además, el estar rodeada de edificaciones de

mayor altura le impidió la captación de los vientos del SO. Se puede inferir entonces que los emplazamientos al oeste fueron favorecidos con una mayor humedad por la orientación y los vientos predominantes, permitiéndoles obtener ambientes térmicos más confortables.

Emplazamiento y radiación Solar

Como última dimensión del confort térmico, mediante el software Ecotect se analizó la radiación solar que recibieron las viviendas según su emplazamiento (sobre el volumen del dormitorio principal); así mismo se determinó las horas de incidencia solar y se identificó las h de radiación alta (W).

Se calculó la radiación solar por cada hora y mes del año (los días 21 de cada mes), obteniendo un promedio mensual de radiación total (en fachadas y techos) por vivienda (tabla 9).

Tabla 9. Radiación solar promedio mensual.

MÓDULOS TÍPICOS / EMPLAZAMIENTO	RADIACIÓN SOLAR(W). PROMEDIO MENSUAL (ENE A DIC)
NO-EM-PAS-16	11,691.50
NO-EQ-PAS-15	16,075.83
NE-EQ-AV-03	15,615.00
SE-EM-AA-10	12,762.58
SE-EQ-AA-14	12,796.25
SO-EQ-PLZ-06	13,129.83
SO-EM-PLZ-12	13,144.17

Fuente. Elaboración propia.

Para el análisis de la información, se decidió agrupar la muestra por orientación. Las viviendas 15 y 16, ambas al NO, mostraron una diferencia de más de 4,000 w en el promedio mensual, teniendo un aproximado de 8 y 6 h de radiación respectivamente; por lo que se podría decir que la vivienda 16 fue la más favorable.

Sin embargo, los resultados de temperatura fueron contrarios, con lo cual se determinó que la tipología edificatoria en esquina fue lo que favoreció a la vivienda 15, al quedar expuesta a los vientos del SO y a las condiciones geométricas del espacio urbano con presencia de vegetación. Esto permitió enfriar el calor de la radiación solar acumulada en los ambientes y disminuyó la temperatura interior. En el caso de la vivienda 16, al estar entre medianeras y rodeada de edificaciones de mayor altura, no pudo captar los vientos del SO de modo que disminuyeran los efectos del calor de la radiación solar. Además, las condiciones geométricas del espacio urbano, sin presencia de vegetación, tuvieron como resultado una mayor temperatura interior.

Las viviendas 6 y 12, orientadas al SO, presentaron un promedio de radiación mensual de 13,129 w y 13,144 w respectivamente; valores muy similares entre sí, con un promedio de 7 h de radiación alta en ambos casos (tabla 9). Estos resultados reforzaron los análisis anteriores de temperatura y humedad en los que ambas viviendas mostraron también resultados muy

similares. El caso más favorable fue el de la vivienda 12. Esto se sustentó en los resultados de las encuestas a los usuarios, donde se evidenció los hábitos de ventilación. Mientras que en la vivienda 12 los usuarios mantuvieron abiertas las ventanas en todo momento del día, los usuarios de la vivienda 6 solo lo hicieron durante las horas de la mañana. Esto permitió refrescar de manera constante los ambientes de la vivienda 12, disminuyendo el calor de la radiación solar acumulada, con lo que se obtuvo una menor temperatura interior.

Un caso similar fue el de las viviendas 10 y 14, orientadas al SE, con radiación solar promedio mensual de 12,700 W y 7 h de radiación alta cada una (tabla 9). Los resultados de temperatura y humedad de estas dos viviendas también fueron muy similares entre sí. En este caso, se determinó que la tipología edificatoria no tuvo mayor relevancia. Lo que sí influyó por igual a las dos viviendas fueron las condiciones geométricas del espacio urbano, con alameda de amplias áreas verdes, permitiendo la captación de los vientos del SO, de modo de disminuir el calor acumulado de la radiación solar y refrescando los ambientes interiores. Con eso se logró que las dos viviendas registrasen datos similares en el estudio (ver análisis de temperatura y humedad).

Por último, se estudió la vivienda 3, orientada al NE, con una radiación

solar promedio mensual de 15,615 w y 7 h de radiación alta (tabla 9), siendo la segunda vivienda con mayor radiación solar después de la vivienda 15. Se comparó estos resultados con los obtenidos en los análisis de temperatura y humedad, determinándose la vivienda 3 como el caso más desfavorable de la muestra. Esto fue producto de una mayor radiación solar que no pudo ser disipada por la ausencia de vientos directos del SO al encontrarse la vivienda en una orientación contraria. Además, la ausencia de vegetación en el espacio urbano no permitió el enfriamiento del aire exterior de modo que refresque en alguna medida los ambientes interiores. Este conjunto de actores determinó que sea esta la vivienda con mayor temperatura y problemas de confort térmico durante la mayor parte del año.

De la misma manera, se estableció un cuadro resumen de las características climáticas para la zona de estudio: temperatura promedio, humedad relativa promedio y radiación promedio anual; determinando la zona de confort, la zona de tolerancia térmica y la zona fuera del confort (tabla 10). Este cuadro evidenció lo ya afirmado en el análisis previo: el problema de confort se presentó durante la estación de verano.

Tabla 10. Características climáticas de la zona de estudio.

MESES	EMPLAZAMIENTO	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO (%)	DEBAJO DEL LÍMITE INFERIOR DE CONFORT ZONA DE NO CONFORT	TEMPERATURA °C		RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO
				ZONA DE CONFORT (22,25°-27,25°C)	ENCIMA DEL LÍMITE SUPERIOR DE CONFORT TOLERANCIA TÉRMICA (29°-32°C)	
ENERO	NO	65			30,33	13,883.67
	NE	60				15,615.00
	SE	62			31,74	12,779.42
	SO	62			31,27	13,137.00
FEBRERO	NO	66			30,39	16,636.55
	NE	61				18,504.21
	SE	66			30,84	16,949.68
	SO	65			30,31	16,981.13
MARZO	NO	68			30,55	17,591.44
	NE	63				20,428.77
	SE	68			30,92	16,033.92
	SO	68			30,22	17,178.89
ABRIL	NO	64		28,05		13,883.67
	NE	52			31,58	15,615.00
	SE	64		27,88		12,779.42
	SO	63		28,13		13,137.00
MAYO	NO	65		27,50		13,883.67
	NE	54			29,57	15,615.00
	SE	66		26,24		12,779.42
	SO	65		26,74		13,137.00
JUNIO	NO	67		25,46		13,883.67
	NE	58		26,64		15,615.00
	SE	69		23,86		12,779.42
	SO	68		24,10		13,137.00
JULIO	NO	68		23,81		13,883.67
	NE	62		24,76		15,615.00
	SE	71		22,49		12,779.42
	SO	71		22,56		13,137.00
AGOSTO	NO	67		23,56		13,883.67
	NE	59		24,74		15,615.00
	SE	70	22,08			12,779.42
	SO	69		22,52		13,137.00
SETIEMBRE	NO	68		23,68		13,883.67
	NE	58		24,64		15,615.00
	SE	68	22,02			12,779.42
	SO	66		22,80		13,137.00
OCTUBRE	NO	68		23,60		13,883.67
	NE	58		24,78		15,615.00
	SE	67		22,33		12,779.42
	SO	64		22,97		13,137.00
NOVIEMBRE	NO	67		24,10		13,883.67
	NE	58		25,06		15,615.00
	SE	65		23,14		12,779.42
	SO	63		23,60		13,137.00
DICIEMBRE	NO	65		26,33		13,883.67
	NE	56%		27,70		15,615.00
	SE	63%		25,76		12,779.42
	SO	62%		25,96		13,137.00

El resto del año las viviendas se mantuvieron con una temperatura promedio, dentro de la zona de confort establecida. Sin embargo, en la vivienda emplazada al NE, las temperaturas elevadas se prologaron hasta el mes de mayo; lo cual permitió confirmar que el emplazamiento NE (en avenida y en esquina) resultó ser el más desfavorable de la muestra.

Todas las viviendas de la muestra tuvieron problemas de confort térmico, sobre todo en la estación de verano; donde la temperatura exterior siempre superó los límites de la zona de confort. Esto evidencia un problema estacional en la costa norte del país. A pesar de ello, en los límites de la muestra se quiso identificar los casos más favorables y más desfavorables.

La orientación NE, fue la más desfavorable de la muestra; con 0% de tiempo en zona de confort (medido en meses), registrando la mayor temperatura interior, una radiación solar elevada, que incidió en tres (3) de los planos del volumen del dormitorio principal (frontal, lateral y techo) por tener una tipología en esquina y condiciones geométricas del espacio urbano con amplitud de vía, sin obstrucciones y sin presencia de vegetación. Estos factores se vieron afectados en mayor medida por la orientación NE de la vivienda, contraria a la dirección de los vientos predominantes del SO, lo cual disminuyó la posibilidad de ventilación constante y fluida de la vivienda, que permitiera el enfriamiento de la radiación solar acumulada en los ambientes.

Las orientaciones SO y SE fueron las más favorables de la muestra, con un valor de 42 a 54% del tiempo en zona de confort (medido en meses), registrando una menor temperatura interior con una radiación solar elevada, (pero menor que en las otras orientaciones); con incidencia en dos (2) de los planos del volumen del dormitorio principal (frontal y techo) y condiciones geométricas del espacio urbano, en plazuela y alameda, con presencia de vegetación. Estos factores se vieron afectados favorablemente por tener orientaciones a favor de la dirección de los vientos predominantes del SO, lo cual aumento la posibilidad de ventilación constante y fluida de las viviendas, que permitieron el enfriamiento de la radiación solar acumulada en los ambientes.

La orientación NO fue parcialmente la menos favorable de la muestra, con un valor de 38% del tiempo en zona de confort (medido en meses), registrando temperaturas y radiación solar elevadas; sin embargo, fue afectada de diferente forma por la tipología edificatoria de la vivienda y las condiciones geométricas del espacio urbano. La orientación NO con tipología en esquina y condiciones geométricas del espacio urbano con vegetación permitió la captación de los vientos del SO. Esta localización logró enfriar los ambientes interiores y afectar favorablemente a las dimensiones del confort térmico. Mientras que la orientación NO, con tipología entre medianeras, rodeada de edificaciones de mayor altura y

condiciones geométricas del espacio urbano sin vegetación, no permitieron la captación de los vientos del SO y enfriar los ambientes interiores; afectando en forma desfavorable a los valores del confort térmico.

Las condiciones geométricas del espacio urbano, fueron determinantes en la obtención del confort; con una diferencia de 38% del tiempo en zona de confort (medida en meses) entre los espacios de pasaje donde la temperatura fue más elevada y en los espacios amplios como la plazuela y la alameda donde la temperatura fue menor. Así mismo, la presencia de vegetación en un mismo tipo de espacio urbano afectó favorablemente los valores del confort térmico de las viviendas, siendo la vivienda 15 la más favorable en un 22% en relación con la vivienda 16 que no presentó vegetación en su espacio urbano.

La humedad relativa (HR), por sí sola, no es un factor determinante que garantice un nivel de confort térmico, existen factores que son de mayor importancia, como la temperatura, la radiación solar, y la dirección del viento; sin embargo, se determinó que, a menor humedad, siempre la temperatura es mayor, como fue el caso de la vivienda orientada al NE identificada como el caso más desfavorable.

La radiación solar incidió más intensamente en las viviendas orientadas al NE y NO con tipología en esquina, presentado una diferencia de 3,000 w en promedio con respecto a las otras orientaciones, lo cual au-

mentó considerablemente la temperatura. A pesar de ello, la incidencia de los vientos, en el caso de la vivienda orientada al NO y en esquina, disminuyó los efectos desfavorables.

La dirección de los vientos SO, predominantes en la zona de estudio, fueron decisivos en las viviendas orientadas al SO y SE y, más aún, cuando hubo presencia de vegetación en el espacio urbano, lo cual permitió el enfriamiento del aire exterior. Estos dos factores afectaron favorablemente los valores del confort térmico, registrando hasta 54% más de tiempo (medido en meses) en confort con respecto al caso más desfavorable, es decir la vivienda 3.

Quedó evidenciado que el usuario, con sus hábitos y preferencias térmicas; marcan siempre la pauta para el rango de la zona de confort. Se determinó la existencia de una zona que se denominó de “tolerancia térmica” ubicada entre los 29 y los 32 °C, que los usuarios afirman aceptar en sus ambientes, sin manifestar deseo de cambio.

Por último, se demostró que el emplazamiento de los módulos típicos de vivienda afectó los registros de los valores del confort térmico y determinó las condiciones de confort favorables y desfavorables de cada vivienda en función a su emplazamiento

Aspectos éticos: Los autores declaran que se cumplió con toda la normatividad ética nacional e internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrientos, B. C. 2012. Evaluación del confort térmico en viviendas con cerramientos de mampostería de ladrillo cerámico. *Revista Investigación & Desarrollo*, 1: 71-83
- Brager, G.S. & De Dear, R. 2001. *Climate, comfort, & natural ventilation: a new adaptive comfort standard for ASHRAE standard 55*. University of California, California – USA.
- Bravo, G. & González, E. 2001. Confort térmico en el trópico. Hacia un estándar en viviendas naturalmente ventiladas. *Información Tecnológica*, 12: 169-174.
- Bravo Morales, G. C. 2014. *Temperaturas de confort e implicaciones energéticas en viviendas climatizadas mecánicamente*. Estudio en clima cálido y húmedo (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Chávez del Valle, F. J. 2002. *Zona variable de confort térmico*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- De Dear, R.J.; Brager, G.S.; Reardon, J. & Nicol, F. 1998. *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference/discussion*. ASHRAE transactions.
- Díaz, C. & Ramírez, J. (eds.) 2011. *Calidad en la vivienda de interés social* (Guías de Asistencia Técnica para Vivienda de Interés Social, N.º. 1). Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Espinosa, C.A.R. 2011. Análisis y caracterización de la vivienda de interés social mínima sustentable para la ciudad de Barranquilla-Colombia. *Arte & Diseño*, 9: 34-48.
- Espinosa, C.; Constanza, F. & Cortés Fuentes, A. 2015. Confort higrotérmico en vivienda social y la percepción del habitante. *Revista INVI*, 30: 227-242.
- Maluenda, A. E. 1999. La vivienda social española en la década de los 50: Un paseo por los poblados dirigidos de Madrid. *Cuaderno de notas*, 7: 55-80.
- Givoni, B. 1992. *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. Energy and buildings, 18: 11-23.
- Givoni, B. 1998. *Climate considerations in building and urban design*. New York: Wiley & Sons.
- Godoy Muñoz, A. 2012. *El Confort térmico adaptativo. Aplicación en la edificación en España* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- González-Blanch, G. & Puig, M. 2013. *Tipología de vivienda en los poblados dirigidos de renta limitada: Madrid 1956-1959* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Higueras, E. 2006. *Urbanismo bioclimático*. México: Gustavo Gil.
- Lara, M. B. 2011. *Evaluación del Bienestar térmico a través de la temperatura operativa*. Murcia: Instituto de Seguridad y Bienestar Laboral.

- López Díaz, J. 2003. La relevancia de la vivienda social en el origen de la arquitectura contemporánea. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VII, Hª del Arte*, 16: 179-197.
- Norma Internacional ISO 10551 1995. *Ergonomics of the Thermal Environment: Assessment of the Influence of the Thermal Environment Using Subjective Judgement Scales*. <https://www.iso.org/standard/18636.html>.
- Norma Internacional ISO7730 2005. *Ergonomics of the thermal environment—Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Madrid: AENOR.
- Olgay, V. 2015. *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: editorial Gustavo Gili.
- Pérez-Pérez, A. L. 2016. El diseño de la vivienda de interés social: la satisfacción de las necesidades y expectativas del usuario. *Revista de Arquitectura*, 18: 67.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) 2006. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, n° 14675.
- Resolución Ministerial (RM) N° 054-2002-VIVIENDA 2002. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Lima, Perú, 2002. Recuperado de http://geo.vivienda.gob.pe/dnv/documentos/PTP/RM_054_2002.pdf
- Sharif S. K. 2015. *Utopías construidas. Las unidades vecinales de Lima*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Szokolay, S. 2012. *Introduction to architectural science*. Routledge.
- Wieser Rey, M. 2011. Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: El caso peruano. *Cuadernos*, 14: Recuperado de http://departamento.pucp.edu.pe/arquitectura/files/2015/03/CUADERNOS-14_edici%C3%B3n-digital.pdf

Received May 3, 2019.

Accepted June 30, 2019.