

ISSN: 1657-0308 (Impresa)
ISSN: 2357-626X (En línea)

16

Vol.

REVISTA DE ARQUITECTURA

Arquitectura



FACULTAD DE DISEÑO

A ORIENTACIÓN EDITORIAL

La *Revista de Arquitectura* (ISSN 16570308 impresa y ISSN 2357626X en línea) es una publicación seriada, arbitrada mediante revisión por pares, indexada y de libre acceso, donde se publican principalmente resultados de investigación originales e inéditos.

Está dirigida a la comunidad académica y profesional de las áreas afines a la disciplina (Arquitectura y Urbanismo). El primer número se publicó en 1999 y continúa con una periodicidad anual (enero-diciembre). Es editada por la Facultad de Diseño y el Centro de Investigaciones de la Facultad de Diseño –CIFAR– de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA en Bogotá, Colombia.

La revista se estructura en tres secciones correspondientes a las líneas de investigación activas y aprobadas por la institución y una cuarta correspondiente a la dinámica propia de la Facultad de Diseño.

CULTURA Y ESPACIO URBANO. En esta sección se publican los artículos que se refieren a fenómenos sociales en relación con el espacio urbano, atendiendo aspectos de la historia, el patrimonio cultural y físico, y la estructura formal de las ciudades y el territorio.

PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO. En esta sección se presentan artículos sobre el concepto de proyecto, entendido como elemento que define y orienta las condiciones proyectuales que devienen en los hechos arquitectónicos o urbanos, y la forma como estos se convierten en un proceso de investigación y nuevo de conocimiento. También se presentan proyectos que sean resultados de investigación, que se validan a través de la ejecución y transformación en obra construida del proceso investigativo. También se contempla la publicación de investigaciones relacionadas con la pedagogía y didáctica de la arquitectura, el urbanismo y el diseño.

TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD. En esta sección se presentan artículos acerca de sistemas estructurales, materiales y procesos constructivos, medioambiente y gestión, relacionados con el entorno social-cultural, ecológico y económico.

DESDE LA FACULTAD. En esta sección se publican artículos generados desde el interior de la Facultad de Diseño relacionados con las actividades de docencia, extensión o internacionalización, las cuales son reflejo de la dinámica y de las actividades realizadas por docentes, estudiantes y egresados; esta sección no puede superar el 20% del contenido con soporte investigativo.

Los objetivos de la *Revista de Arquitectura* son:

- Promover la investigación, el desarrollo y la difusión del conocimiento generado a nivel local, nacional e internacional.
- Conformar un espacio para la construcción de comunidades académicas y la discusión en torno a las secciones definidas.
- Fomentar la diversidad institucional y geográfica de los autores que participan en la publicación.
- Potenciar la discusión de experiencias e intercambios científicos entre investigadores y profesionales.
- Contribuir a la visión integral de la arquitectura, por medio de la concurrencia y articulación de las secciones mediante la publicación de artículos de calidad.
- Publicar artículos originales e inéditos que han pasado por revisión de pares, para asegurar que se cumplen con las normas de calidad, validez científica y ética editorial e investigativa.
- Fomentar la divulgación de las investigaciones y actividades que se desarrollan en la Facultad de Diseño de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

Palabras clave de la Revista de Arquitectura: Arquitectura, diseño, educación arquitectónica, proyecto y construcción, urbanismo.

Key words for Revista de Arquitectura: Architecture, design, architectural education, urban planning, design-build.

Idiomas de publicación: Español, Inglés, Portugués

Título corto: RevArq

A Foto portada:
Centro Cultural Gabriel García Márquez
(2004 – 2008).
Calle 11 No. 5 - 60 Bogotá, Colombia
Arquitecto Rogelio Salmons
Fotografía:
Cristian Camilo Martínez Díaz (2014)
Universidad Católica de Colombia.
Estudiante de la Facultad de Diseño
Sexto semestre
cmmartinez64@ucatolica.edu.co

A El editor y los autores son responsables de los artículos aquí publicados.

Los autores son los responsables del material gráfico publicado.

Esta revista se acoge una licencia Creative Commons (CC) de Atribución – No comercial Compartir igual, 4.0 Internacional: “El material creado puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original”.



Para más información:
<http://co.creativecommons.org/tipos-de-licencias/>

Universidad Católica de Colombia (2014, enero-diciembre). *Revista de Arquitectura*, 16, 1-144. ISSN: 1657-0308 E-ISSN 2357626X

A Especificaciones:

Formato: 34 x 24 cm
Papel: Mate 115 g
Tintas: Negro y policromía
Periodicidad: Anual

A CANJE

OBJETIVO:

La *Revista de Arquitectura* está interesada en establecer canje con publicaciones académicas, profesionales o científicas, del área del Diseño, la Arquitectura y el Urbanismo o la educación superior, como medio de reconocimiento y discusión de la producción científica en el campo de acción de la publicación.

MECANISMO:

Para establecer Canje por favor descargar, diligenciar y enviar al correo electrónico de la Revista el formato:

RevArq FP20 Canjes

A CONTACTO

DIRECCIÓN POSTAL:

Avenida Caracas N° 46 - 72. Universidad Católica de Colombia.
Bogotá D.C.- Colombia
Código postal: 111311

Centro de Investigaciones (CIFAR).
Sede El Claustro. Bloque “L”, 4 piso, Diag. 46ª No. 15b - 10.
Arq. César Andrés Eligio Triana

Teléfonos: +57 (1) 3277300 - 3277333
Ext. 3109; 3112 ó 5146
Fax: +57 (1) 2858895

CORREO ELECTRÓNICO:

revistadearquitectura@ucatolica.edu.co
cifar@ucatolica.edu.co

PÁGINA WEB:

www.ucatolica.edu.co Vínculo Publicaciones
<http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/arquitectura/pages.php/menu/319320363/id/2363/content/revista-de-arquitectura/>

EDITOR:

Mg. en Arq. César Andrés Eligio Triana
celigio@ucatolica.edu.co





UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

PRESIDENTE

Édgar Gómez Betancourt

VICEPRESIDENTE - RECTOR

Francisco José Gómez Ortiz

VICERRECTOR JURÍDICO Y DEL MEDIO UNIVERSITARIO

Edwin de Jesús Horta Vásquez

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Édgar Gómez Ortiz

DECANO ACADÉMICO

Elvers Medellín Lozano

DIRECTORA DE INVESTIGACIONES

Elisa Urbina Sánchez

DIRECTORA EDITORIAL

Stella Valbuena García

FACULTAD DE DISEÑO

DECANO

Werner Gómez Benítez

DIRECTOR DE DOCENCIA

Jorge Gutiérrez Martínez

DIRECTOR DE EXTENSIÓN

Carlos Beltrán Peinado

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Juan Carlos Pérgolis

DIRECTOR DE GESTIÓN DE CALIDAD

Augusto Forero La Rotta

COMITÉ ASESOR EXTERNO

FACULTAD DE DISEÑO

Alberto Miani Uribe

Giovanni Ferroni Del Valle

Samuel Ricardo Vélez

Lorenzo Castro

FACULTAD DE DISEÑO

CENTRO DE INVESTIGACIONES - CIFAR

REVISTA DE ARQUITECTURA

Arquitectura

REVISTA ARBITRADA E INDEXADA

Publindex Categoría B. Índice Bibliográfico Nacional IBN. Colombia.

Redalyc. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica. México.

Proquest. ProQuest Research Library ProQuest Research Library ProQuest Research Library Estados Unidos

Ebsco. EBSCOhost Research Databases. Estados Unidos.

Latindex. Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Directorio y catálogo). México.

Clase. Base de datos bibliográfica de revistas de ciencias sociales y humanidades. Universidad Autónoma México.

Dialnet. Fundación Dialnet - Biblioteca de la Universidad de La Rioja. España.

Actualidad Iberoamericana. (Índice de Revistas) Centro de Información Tecnológica (CIT). Chile.

Arla. Asociación de revistas latinoamericanas de arquitectura.

EDITORIAL

Av. Caracas N° 46 - 72, piso 5

Teléfono: 3277300 Ext. 5145

editorial@ucatolica.edu.co

www.ucatolica.edu.co

IMPRESIÓN:

ESCALA Taller Litográfico

Calle 30 N° 17-52 - (057 1) 2320482

Diciembre de 2014

REVISTA DE ARQUITECTURA

DIRECTOR

Werner Gómez Benítez

EDITOR

César Andrés Eligio Triana

CONSEJO EDITORIAL

Werner Gómez Benítez

Jorge Gutiérrez Martínez

César Andrés Eligio Triana

Carlos Beltrán Peinado

Hernando Verdugo Reyes

EQUIPO EDITORIAL

COORDINADORA EDITORIAL

María Paula Godoy Casasbuenas
mpgodoy@ucatolica.edu.co

DISEÑO Y MONTAJE

Juanita Isaza
juanaisaza@gmail.com

TRADUCTORA

Diana Carolina Peláez Rodríguez
dc.pelaez@uniandes.edu.co

CORRECTORA DE ESTILO

María José Díaz Granados M.
mariajose_dgm@yahoo.com.co

PÁGINA WEB

Centro de investigaciones (CIFAR)

DISTRIBUCIÓN Y CANJES

Claudia Álvarez Duquino
calvarez@ucatolica.edu.co

COMITÉ EDITORIAL

CULTURA Y ESPACIO URBANO

Sonia Berjman, PhD

ICOMOS, Buenos Aires, Argentina

Beatriz García Moreno, PhD

Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Juan Carlos Pérgolis, MSc

Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

René Julio Castillo, MSc PhD (Estudios)

Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia

PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO

Hugo Mondragón López, PhD

Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

Juan Pablo Duque Cañas, PhD

Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Germán Darío Correal Pachón, MSc.

Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

Luis Gabriel Gómez Azpeitia, PhD

Universidad de Colima. Colima, México

Luis Carlos Herrera Sosa, PhD

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

COMITÉ CIENTÍFICO

Jorge Grané del Castillo, MSc

Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica

Javier Peinado Pontón, MSc

Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia

Jorge Alberto Villamizar Hernández

Universidad Santo Tomás. Bucaramanga, Colombia

Augusto Forero La Rotta, MSc

Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

Luis Álvaro Flórez Millán, MSc

Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

Elvia Isabel Casas Matiz, MSc

Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia



CONTENIDO

CULTURA Y ESPACIO URBANO CULTURE AND URBAN SPACE

6 - 37



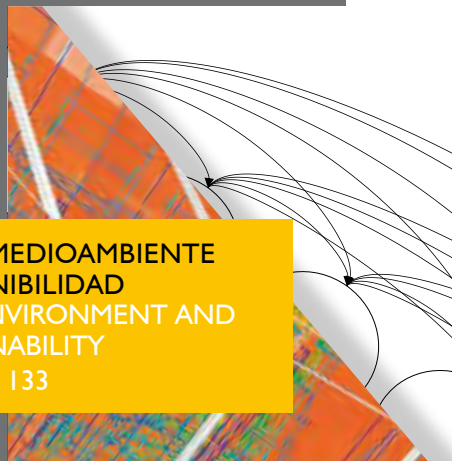
PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO ARCHITECTURAL AND URBAN PROJECT

38 - 85



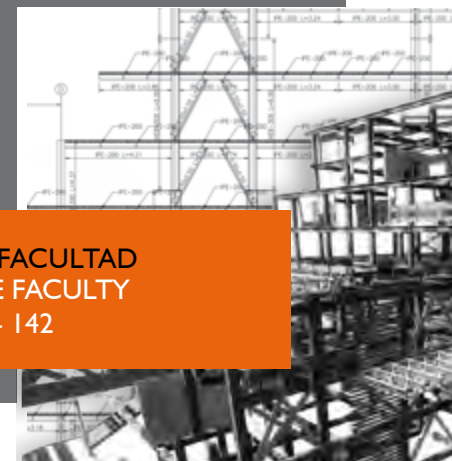
TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD TECHNOLOGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY

86 - 133



DESDE LA FACULTAD FROM THE FACULTY

134 - 142



LOS USOS Y LA APROPIACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA DEMOCRACIA

PABLO PÁRAMO
ANDREA MILENA BURBANO

PÁG. 6

CIUDAD Y COMPROMISO CIUDADANO EN LA HISTORIA DE OCCIDENTE

CARLOS ARTURO OSPINA HERNÁNDEZ

PÁG. 16

CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE APRENDIZAJE A PARTIR DE LABORATORIOS DE DISEÑO CON ÉNFASIS EN FACTORES SOCIALES

ÁLVARO JAVIER BOLAÑOS PALACIOS
FABIÁN ADOLFO AGUILERA MARTÍNEZ

PÁG. 26

ANÁLISIS URBANO Y FORMAL DEL EDIFICIO MIGUEL DE AGUINAGA

FELIPE VILLA MONTOYA
LEONARDO CORREA VELÁSQUEZ

PÁG. 38

VIVIENDAS DE EMERGENCIA EN URUGUAY

JUAN JOSÉ FONTANA CABEZAS
PABLO GUSTAVO LAURINO CASTIGLIONI
MARÍA VIRGINIA VILA RIVERO
LETICIA ANDREA BOTTI AZAMBUYA

PÁG. 48

CUESTIONES DE MÉTODO CREATIVO

METAMORFOSIS Y CONCIENCIA MATERIAL EN LOS PROCESOS CREATIVOS EN ARQUITECTURA

CARLOS IVÁN RUEDA PLATA

PÁG. 58

CRÍTICA SISTÉMICA

UN ENFOQUE HERMENÉUTICO DEL FENÓMENO ARQUITECTÓNICO

ESKA ELENA SOLANO MENESES

PÁG. 68

TRADUCCIÓN DEL DISEÑO CONCURRENTES AL PROYECTO DE ARQUITECTURA

LUIS ÁLVARO FLÓREZ MILLÁN
JAIRO HERNÁN OVALLE GARAY
LEONEL AUGUSTO FORERO LA ROTTA

PÁG. 77

EFICIENCIA DE ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO EN CLIMA CÁLIDO SECO

LUIS CARLOS HERRERA SOSA

PÁG. 86

SIMULACIONES AMBIENTALES PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES EN DISEÑO DE ALOJAMIENTOS TEMPORALES EN CLIMAS TROPICALES

SARA LUCIANI M.

PÁG. 96

A INFLUÊNCIA DAS PRATELEIRAS DE LUZ NO APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL SOB OBSTRUÇÃO EXTERNA

RICARDO NACARI MAIOLI
MARIANI DAN TAUFNER
CRISTINA ENGEL DE ALVAREZ

PÁG. 105

LA HABITABILIDAD COMO VARIABLE DE DISEÑO DE EDIFICACIONES ORIENTADAS A LA SOSTENIBILIDAD

ROLANDO ARTURO CUBILLOS GONZÁLEZ
JOHANNA TRUJILLO
OSCAR ALFONSO CORTÉS CELY
CLAUDIA MILENA RODRÍGUEZ ÁLVAREZ
MAYERLY ROSA VILLAR LOZANO

PÁG. 114

LA SOSTENIBILIDAD DE LA VIVIENDA TRADICIONAL:

UNA REVISIÓN DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN EN EL MUNDO

RIGOBERTO LÁRRAGA LARA
MIGUEL AGUILAR ROBLEDO
HUMBERTO REYES HERNÁNDEZ
JAVIER FORTANELLI MARTÍNEZ

PÁG. 126

5º CONCURSO DE DISEÑO EN ACERO PARA ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA EN COLOMBIA - 2014

SEGUNDO PUESTO. MEMORIA

DIEGO ALEJANDRO MORA CASAS
JUAN CAMILO RINCÓN PULIDO
STEVEN GONZÁLEZ ZABALA
LUCAS PARDO MORA

PÁG. 134

EFICIENCIA DE ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO EN CLIMA CÁLIDO SECO

Luis Carlos Herrera Sosa

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México)

Herrera Sosa, L. C. (2014). Eficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en clima cálido seco. *Revista de Arquitectura*, 16, 86-95. doi: 10.14718/RevArq.2014.16.10



<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2014.16.10>

Luis Carlos Herrera Sosa

Arquitecto, Escuela de Arquitectura de Chihuahua.

Maestro en arquitectura bioclimática, Escuela de América Latina y el Caribe (ISTHMUS) y Universidad de Colima (México). Graduado con Mención Honorífica

Doctor en Arquitectura, Universidad de Colima, Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura (PIDA).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I.

Profesor investigador del Instituto de Arquitectura Diseño y Arte de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Director de ISTHMUS NORTE, Escuela de Arquitectura y Diseño de América Latina y el Caribe.

Líneas de investigación: la relación entre arquitectura y medioambiente; dispositivos y estrategias de climatización pasiva.

Ganador del Premio Peña Colorada que otorga el gobierno de Colima por su desempeño académico (2008).

Mención especial en el Premio Chihuahua en el área de tecnología (2008).

Tercer lugar del Premio Iberoamericano de Tesis de Investigación sobre Vivienda Sustentable INFONAVIT-REDALYC (2010).

Profesor invitado en Colombia, Panamá, Argentina y México.

moreguachi@gmail.com

RESUMEN

Este documento presenta los resultados de una evaluación de la eficiencia de enfriamiento que se alcanza con la aplicación en techos estanque de seis técnicas de enfriamiento pasivo en clima cálido seco. El procedimiento consistió en monitorear en campo, durante el verano de 2012, módulos experimentales con las técnicas pasivas de enfriamiento: evaporativo indirecto (EEI), protección solar (PS) y enfriamiento radiativo nocturno (ERN), apoyadas con aislamiento térmico (AT) y masa térmica (MT). El módulo experimental se comparó con un módulo de control de iguales características constructivas, dimensiones y orientación. Con los resultados obtenidos en campo se calculó el potencial de enfriamiento medio de cada una de las técnicas pasivas aplicadas para determinar su eficiencia de enfriamiento (EF). Los resultados indicaron que todas las técnicas de enfriamiento pasivo aplicadas tienen capacidad de enfriamiento. La técnica pasiva con mayor potencial de enfriamiento medio fue la EEI+AT+ERN con 822.89 Wh/m²día, le sigue la EEI+PS con 764.19 Wh/m²día y la EEI+AT+ERN+MT con 532.78 Wh/m²día.

PALABRAS CLAVE: evaporativo indirecto, masa térmica, módulo experimental, radiativo, techo estanque.

EFFICIENCY OF PASSIVE COOLING STRATEGIES IN HOT DRY WEATHER

ABSTRACT

This paper presents the results of an evaluation done on the cooling efficiency that could be reached with the use of six passive cooling techniques performed on roof tanks in hot dry weather. The procedure consisted in monitoring at field, during summer 2012, experimental units with the passive cooling techniques: Indirect Evaporative Cooling (IEC), Solar Protection (SP), Night Radiative Cooling (NRC), Thermal Insulation (TI), and Thermal Mass (TM). The experimental unit was compared to a control unit built with the same characteristics, dimensions, and position. With the results obtained at field, there was a calculation of the average cooling potential in each of the applied passive techniques, in order to determine the cooling efficiency (CE). The passive technique with the highest cooling potential average was IEC+TI+NRC with 822.89 Wh/m²day; and those that followed it were IEC+SP with 764.19 Wh/m²day, and IEC+TI+NRC+TM with 532.78 Wh/m²day.

KEY WORDS: Indirect evaporative cooling, thermal mass, experimental units, roof tanks.

Recibido: enero 7/2014

Evaluado: octubre 21/2014

Aceptado: noviembre 27/2014

INTRODUCCIÓN

El alto costo de la energía, el agotamiento de los recursos naturales y el problema del cambio climático a nivel mundial, obligan a los profesionales de la construcción a diseñar y construir los edificios con estrategias de climatización pasiva para alcanzar niveles de confort higrotérmico adecuados, y en climas cálidos esto se consigue con un mayor enfriamiento. Sin embargo, esta postura no se ha logrado generalizar, ya sea por cuestiones económicas, sociales o por desconocimiento de las técnicas y estrategias aplicables, por lo que en muchos de los casos no se satisfacen esas necesidades de confort, incluso se agravan. Las necesidades de climatización se siguen solucionando por medios activos que utilizan energía convencional para funcionar, con el consecuente consumo de recursos naturales, emisión de CO₂ al ambiente y alto costo energético.

En México, el clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la altitud sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Por lo anterior, el país cuenta con una gran diversidad de climas, los cuales de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad existente en el medio, en: húmedo, subhúmedo y muy seco (figura 1).

El clima seco se encuentra en la mayor parte del centro y norte del país, región que comprende el 28,3% del territorio nacional; se caracteriza por la circulación de los vientos, lo cual provoca escasa nubosidad y precipitaciones de 300 a 600 mm anuales, con temperaturas en promedio de 22 a 26 °C en algunas regiones, y en otras de 18 a 22 °C (figura 1). El clima muy seco,

que se encuentra en el 20,8% del país, registra temperaturas en promedio de 18 a 22 °C, con casos extremos de más de 26 °C, presentando precipitaciones anuales de 100 a 300 mm en promedio.

Este trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Chihuahua, que se localiza al norte de la República Mexicana, a 28° 38' latitud norte, 106° 06' longitud oeste y a 1423 msnm (figura 1).

Chihuahua tiene un clima cálido seco extremo, con tres temporadas climáticas definidas: invierno, transición y verano (tabla 1).

La temporada de verano tiene una duración de cinco meses en promedio (mayo a septiembre). En esta temporada la temperatura máxima promedio es de 32,0 °C, media de 24,7 °C y mínima de 17,5 °C; con una oscilación térmica de 14,5 °C. La humedad relativa promedio es de 52,8%, con mínimas promedio de 16,3%. La precipitación pluvial es de 313,1 mm, con vientos dominantes

Figura 1. Climas de la República Mexicana
Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (2014).



Temporada	Características	Meses	Humedad relativa (%)	Temperatura	Viento	Humedad pluvial	Condiciones del cielo
Invierno	Frío	Diciembre, enero, febrero y noviembre	53,70	Máx. Prom. 20,55°	NE/SW	38,7 mm	Despejados 39
				Prom. 12,13°	2 m/s	-10,04%	½ Nublados 44
				Mín. Prom. 3,7°		#días c/lluvia 10,18	Nublados 36
				Oscilación 16,8°			
Transición	Templado	Marzo, abril y octubre	49,90	Máx. Prom. 27,03°	SW/NE	33,4 mm	Despejados 37
				Prom. 18,23°	5 m/s	-8,67%	½ Nublados 48
				Mín. Prom. 9,43°		No. días c/lluvia 7,42	Nublados 18
				Oscilación 17,6°			
Verano	Cálido-seco	Mayo, junio, julio, agosto y septiembre	52,80	Máx. Prom. 32°	SW/NE	313 mm	Despejados 25
				Prom. 24,73°	2 m/s	-81,20%	½ Nublados 73
				Mín. Prom. 19,64°		No. días c/lluvia 44,28	Nublados 55
				Oscilación 14,54°			

Tabla 1. Caracterización climática de Chihuahua
Fuente: elaboración propia.

del noreste con velocidad promedio de 2,6 m/s (tabla 2)¹.

Estas condiciones extremas del verano traen consigo, como se mencionó, que durante la época de calor los habitantes resuelvan sus necesidades de enfriamiento con el uso continuo de equipos de climatización artificial, normalmente mediante enfriamiento evaporativo directo (EED), por lo que el consumo de energía eléctrica y agua se incrementa de manera significativa y, por ende, aumenta la emisión de CO₂ al ambiente por la quema de hidrocarburos requeridos para la generación de energía eléctrica.

Este trabajo en particular se enfoca en evaluar la eficiencia de enfriamiento (EF) de seis técnicas de enfriamiento pasivo (TEP), aplicables en techos estanque para clima cálido seco, a partir de cuantificar su potencial de enfriamiento medio (PEM), para reducir el consumo energético.

Este trabajo de investigación, denominado "Eficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en clima cálido seco", da continuidad a los resultados encontrados en la tesis de doctorado de Herrera (2009), en la cual se demostró la factibilidad de lograr ahorros energéticos e hídricos durante el funcionamiento de equipos de EED convencionales, mediante la aplicación de estrategias bioclimáticas en los edificios.

MARCO TEÓRICO

Enfriamiento. El enfriamiento es un proceso de eliminación de calor de un cuerpo o un espacio, el cual puede ocurrir por medio de la reducción de su

temperatura sin que el cuerpo sufra un cambio de estado físico a temperatura constante. De manera natural, los cuerpos pueden enfriarse hasta la temperatura del ambiente en que se encuentran.

Los procesos de enfriamiento natural consisten en la pérdida de calor espontánea, como ocurre en los procesos de enfriamiento debido a la pérdida de calor por radiación (enfriamiento radiativo), por convección-evaporación (enfriamiento evaporativo) o por procesos térmicos de conducción, es decir, por contacto entre los diferentes cuerpos. Entre las distintas formas de propiciar el enfriamiento pasivo encontramos el enfriamiento evaporativo y el enfriamiento radiativo nocturno.

Enfriamiento evaporativo. Se basa en la termodinámica de la evaporación del agua, el cambio de fase del agua del estado líquido al estado gaseoso (Mihalakakou y Santamouris, 1996). Se trata de un proceso que utiliza la evaporación como pozo térmico natural, aun cuando es el aire ambiente el recipiente último de la transferencia de calor. En este proceso, el calor sensible necesario para la evaporación del agua es tomado del aire y del agua misma, para ser usado como calor latente de vaporización. La cantidad de calor sensible absorbido depende de la cantidad de agua evaporada.

Una medida del potencial de enfriamiento evaporativo es la depresión de la temperatura de bulbo húmedo (TBH), esto es, la diferencia entre la temperatura de bulbo seco (TBS) y la temperatura de bulbo húmedo (TBH). Cuanto mayor sea la depresión de la TBH mayor será el potencial de enfriamiento evaporativo. El enfriamiento evaporativo puede ser utilizado de dos modos diferentes: como enfriamiento evaporativo directo o indirecto.

El enfriamiento evaporativo directo (EED) consiste en introducir humedad de manera directa en el espacio para reducir adiabáticamente la temperatura sensible del aire. Esta técnica se aconseja para ser aplicada en regiones áridas con disponibilidad de agua; lugares con temperatura de bulbo húmedo (TBH) no mayores a 22-24 °C, y cuando la temperatura de bulbo seco (TBS) no es mayor a 42-44°C (Givoni, 1994).

El enfriamiento evaporativo indirecto (EEI) son técnicas basadas en el mismo principio evaporativo, y son utilizadas para enfriar algún componente de la edificación y este a su vez enfriar el espacio interior sin aumentar su contenido de humedad. Este enfriamiento representa la posibilidad de reducir la temperatura del aire respecto al exterior pero sin aportar humedad al ambiente interno. Se aconseja su aplicación en regiones áridas y subhúmedas con disponibilidad de agua. Lugares con temperatura de bulbo húmedo (TBH) no mayores a 25 °C y

Tabla 2. Parámetros climáticos de Chihuahua
Fuente: elaboración propia.

¹ Para mayor información climática consultar <http://smn.cna.gob.mx>

Parámetro climático	Promedio anual	Promedio de verano
Temperatura promedio	18,9 °C	24,7 °C
Temperatura máxima	26,9 °C	32,0 °C
Temperatura máxima extrema	41,3 °C	41,3 °C
Temperatura mínima	10,8 °C	17,5 °C
Temperatura mínima extrema	-12,8 °C	4,5 °C
Oscilación de temperaturas	16,0 °C	14,5 °C
Humedad relativa media	52,4 %	52,8 %
Humedad relativa mínima	14,4 %	16,3 %
Humedad relativa máxima	90,4 %	89,1 %
Precipitación total	385,2 MM	313,1 MM
Dirección del viento	Northeast	Northeast
Velocidad del viento	3,3 M/s	2,6 M/s

máximos valores de temperatura de bulbo seco (TBS) de 46 °C (Givoni, 1994).

Enfriamiento radiativo nocturno. Es un fenómeno mediante el cual un cuerpo expuesto a la bóveda celeste pierde calor durante la noche debido al balance negativo de radiación que se establece. El sol emite radiación en forma de onda corta a la tierra durante el día y la tierra está irradiando calor en forma de onda larga hacia el cielo. El cielo es el pozo térmico más importante y la radiación de onda larga el principal modo de transferencia de calor, mediante el cual el calor del sol absorbido en las superficies durante el día, es disipado.

Masa térmica. La masa térmica es el material de construcción capaz de absorber y almacenar el calor recibido del ambiente externo o interno. Los materiales ideales para constituir una buena masa térmica son aquellos que tienen alto calor específico, alta densidad y alta conductividad térmica (González, 1997a).

El uso de la masa térmica no se considera como una técnica de enfriamiento; sin embargo, alcanzar condiciones de confort al interior de las edificaciones requiere el mantenimiento de niveles de temperatura dentro de un rango relativamente pequeño. La oscilación interna o amplitud de temperatura (DT) dentro de una edificación depende en gran medida de la cantidad de “masa térmica efectiva” con que cuenta el edificio. Generalmente, un edificio de gran masa térmica tiene menor oscilación interior que uno de baja masa térmica. Por otro lado, la utilización de masa térmica en los edificios puede reducir la carga pico de enfriamiento de los mismos (Balaras, 1996).

Aislamiento. El aislamiento térmico es la propiedad que tienen los materiales para oponerse al paso de calor por conducción y se evalúan por la resistencia térmica que tienen (NMX-C-460, 2009). La resistencia térmica al paso de calor es producto del valor de conductividad de material y su espesor. Aunque no se considera una estrategia de enfriamiento, su aplicación contribuye a conservar las condiciones en que se encuentra un espacio y los elementos que contiene.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar las TEP se realizó una investigación de tipo experimental descriptiva con base en los métodos de trabajo propuestos por González (1989) y González (2010) para climas cálidos húmedos consistentes en registros de campo sobre módulos experimentales de iguales dimensiones, materiales y acabados.

Para la realización de este proyecto se utilizaron módulos con las características descritas en los trabajos mencionados: medidas exteriores

de 0,80 m x 0,80 m x 0,47 m, fabricados con madera contraenchapada de 0,015 m de espesor pintada en su exterior con pintura epóxica de color blanco. Fueron recubiertos en su interior con láminas de poliestireno expandido de 0,045 m de espesor fijadas a presión sin pegamento. Se colocaron unos listones de madera de 0,04 m x 0,05 m en su base, con la finalidad de separarlos del suelo y evitar el contacto directo de toda la superficie de base con el suelo.

Para esta investigación se emplearon tres módulos, uno funcionó como módulo de control (MC) sin ninguna TEP aplicada (figura 2) y sin techo estanque. A los otros dos se les denominó módulos experimentales (ME), a los cuales se les agregó un estanque metálico en su parte superior, que se fue adaptando de acuerdo con el requerimiento de cada TEP seleccionada.

En el módulo de control (MC) se registraron temperaturas del aire interior (T_{int}) y de globo negro o radiante (T_g). Los módulos experimentales (ME) registraron temperatura del aire interior (T_{int}), temperatura de la superficie inferior de la lámina (T_s), temperatura de globo negro o radiante (T_g), temperatura del agua de la masa térmica (T_{wMT}) (en su caso) y del agua de enfriamiento evaporativo indirecto (T_{wEEI}) (en su caso). También se registró la temperatura del aire exterior (T_{ext}).

En este trabajo se evalúan seis técnicas de enfriamiento pasivo aplicables en techos estanque:

1. Cámara de aire con aislamiento térmico (CA+AT).
2. Cámara de aire con aislamiento térmico, enfriamiento radiativo nocturno y masa térmica (CA+AT+ERN+MT).
3. Enfriamiento evaporativo indirecto con aislamiento térmico y enfriamiento radiativo nocturno (EEI+AT+ERN).
4. Enfriamiento evaporativo indirecto, aislamiento térmico, enfriamiento radiativo nocturno y masa térmica (EEI+AT+ERN+MT).
5. Enfriamiento evaporativo indirecto con protección solar (EEI+PS).
6. Enfriamiento evaporativo indirecto con protección solar y masa térmica (EEI+PS+MT).

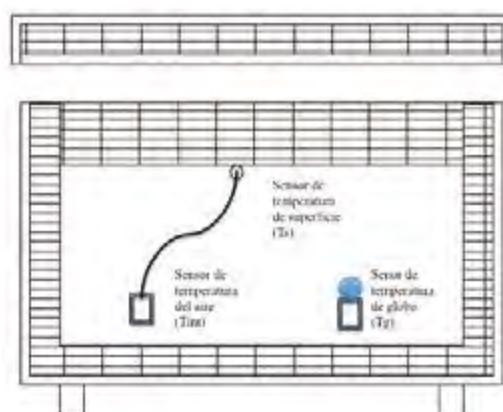


Figura 2. Módulo de control (MC)

Fuente: elaboración propia.

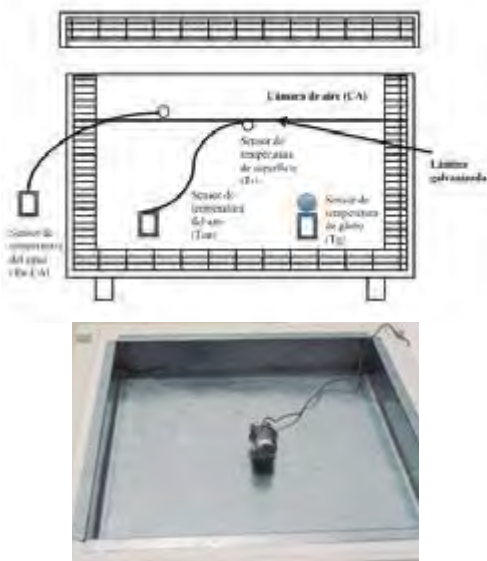


Figura 3. Módulo experimental con CA+AT

Fuente: elaboración propia.

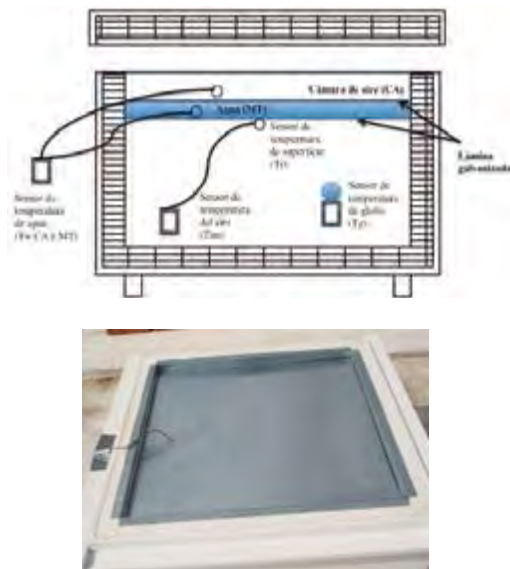


Figura 4. Módulo experimental con CA+AT+ERN+MT

Fuente: elaboración propia.

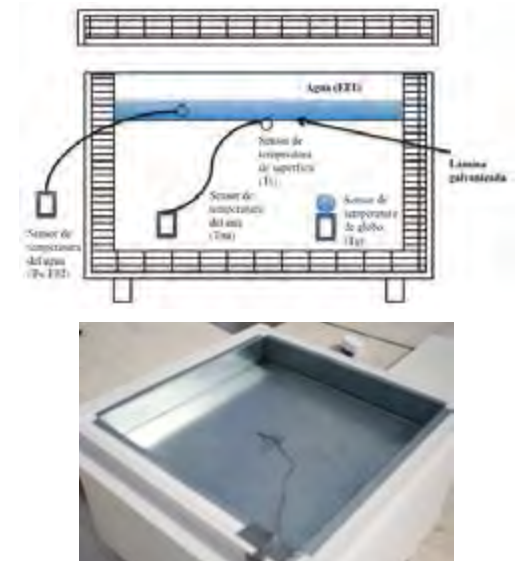


Figura 5. Módulo experimental con EEI+AT+ERN

Fuente: elaboración propia.

La técnica de enfriamiento pasivo CA+AT consistió en medir el comportamiento del ME aislado con una placa de poliestireno de 0,047 m de espesor y con una cámara de aire de 0,105 m en el techo estanque (figura 3).

La técnica de enfriamiento pasivo CA+AT+ERN+MT es una variación de la anterior, solo que en este caso se instaló un recipiente de lámina de acero galvanizado calibre 16 con 30 litros de agua (0,071 m de altura), que actuó como masa térmica (MT). El agua estuvo confinada en el recipiente con una tapa de lámina de acero galvanizado sellada con acrílico, con el fin de evitar el contacto de la superficie del agua con el ambiente exterior. La MT estuvo con aislamiento durante el día y expuesta al aire exterior durante la noche para propiciar el enfriamiento radiativo nocturno (ERN) (figura 4).

La técnica de enfriamiento pasivo EEI+AT+ERN consistió en agregar en la cámara de aire una película de agua de 0,020 m de altura (11 litros) en el techo estanque (figura 5).

La técnica de enfriamiento pasivo EEI+AT+ERN+MT es una variación de la anterior, solo que en este caso se le agregó un recipiente de lámina de acero galvanizado con 30 litros de agua (0,071 m de altura), que actuó como masa térmica (MT) y se expuso al aire exterior durante la noche (ERN) (figura 6).

La técnica de enfriamiento pasivo EEI+PS se preparó con un estanque ventilado elaborado a base de lámina de acero galvanizado calibre 16, con una película de agua de 0,020 m de altura (11 litros). La protección solar consistió en agregar hacia las cuatro orientaciones del Me un volado de 0,30 m de longitud elaborado con madera contrachapada pintada con pintura epóxica de color blanco y aislada con una placa de poliestireno de 0,047 m, para disminuir la incidencia de los rayos solares sobre el estanque (figura 7).

La técnica de enfriamiento pasivo EEI+PS+MT es una variación del anterior solo que en este caso se instaló un recipiente de lámina de acero galvanizado con 30 litros de agua (0,071 m de altura), que actuó como masa térmica (MT). El agua estuvo confinada en el recipiente con una tapa de lámina de acero galvanizado sellada con acrílico, con el fin de evitar el contacto de la superficie del agua con el ambiente exterior (figura 8).

El potencial de enfriamiento medio (PEM) se define como “la cantidad de energía por unidad de tiempo y de superficie, capaz de ser retirada por el sistema, obtenida como valor medio durante un periodo de 24 horas” (González, 1989), mediante la siguiente ecuación:

$$PEM = \frac{CPC * (\overline{T}_{opmc} - \overline{T}_{opme}) * 24}{A} \quad (1)$$

PEM = Potencial de Enfriamiento Medio en Wh/m²día.

CPC = Coeficiente de pérdida de calor = 1,50 W/m²K, debido a que se adopta la metodología del trabajo de investigación de González (1989) antes mencionada.

T_{opmc} = Temperatura operativa media del módulo control en 24 horas, en oC.

T_{opme} = Temperatura operativa media del módulo experimental en 24 horas, en oC.

A = Área del techo (0,67 x 0,67 m) = 0,4356 m².

La temperatura operativa se obtuvo del valor medio de la temperatura seca del aire (Tint), y la temperatura radiante media (Tg) dentro de los módulos. Este criterio es válido en este trabajo pues la velocidad del aire al interior de los módulos es menor a (< 0,2 m/s).

La temporada de registro de datos en campo se llevó a cabo durante el verano de 2012, en los meses de junio a septiembre. Cada técnica de enfriamiento pasivo estudiada se monitoreó durante 72 horas consecutivas (tres días),

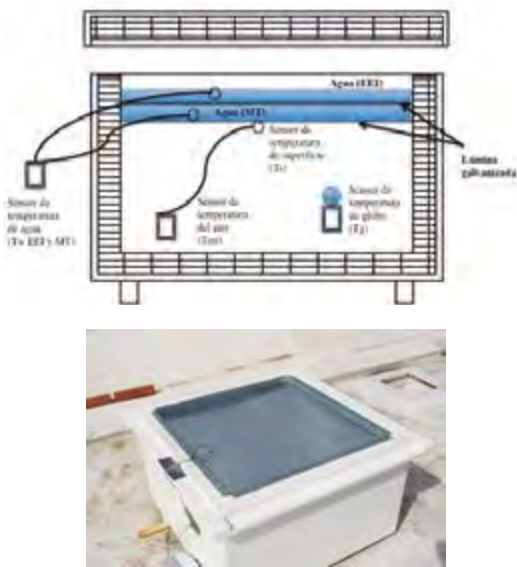


Figura 6. Módulo experimental con EEI+AT+ERN+MT

Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Módulo experimental con EEI+PS

Fuente: elaboración propia.

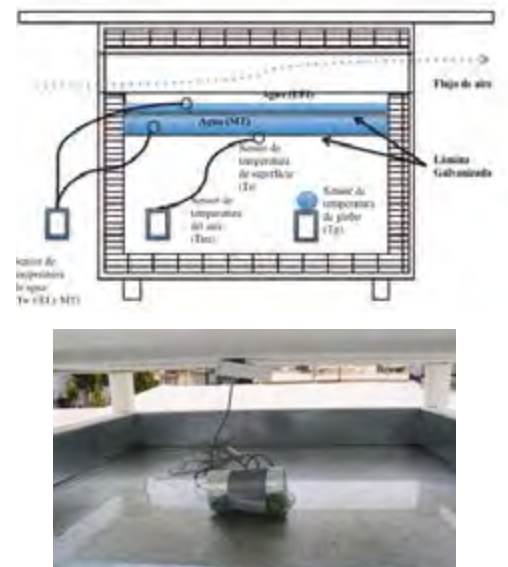


Figura 8. Módulo experimental con EEI+PS+MT

Fuente: elaboración propia.

con registros de datos cada 15 minutos. Entre cada experimento se dejaron 24 horas para la estabilización del módulo experimental y las técnicas de enfriamiento pasivo utilizadas.

El equipo de monitoreo utilizado consistió en *datta loggers* tipo HOBO de Onset Computer Co., modelos H08-004, H08-032-08 y U12-013 provistos de sensores de temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo húmedo (TBH), temperatura de globo negro (Tg), así como el cable TMC6-HD para el registro de temperatura del agua (Tw). Las mediciones obtenidas con este equipo pueden considerarse como de clase I de acuerdo con la norma ISO 7726, con base en la precisión y los rangos de operación con que trabajan.

RESULTADOS

TEP- CA+AT

El registro de datos de esta TEP fue del 2 al 5 de junio, de las 8:00 a las 07:45 respectivamente. La temperatura operativa registrada al interior del ME-CA+AT (TopCA+AT) fue inferior respecto a la exterior (Text) en la temperatura promedio y la mínima (1,14 y 3,81 °C respectivamente), mientras que en la máxima fue superior (2,39 °C). Con respecto a la temperatura operativa del módulo control (TopMc), la máxima no tiene diferencia alguna, mientras que la promedio y la mínima son inferiores (0,38 °C y 1,14 °C respectivamente). La oscilación de temperaturas operativas observada al interior del ME-CA+AT es 6,2 °C más larga que la correspondiente al exterior, y 1,14 °C respecto del MC; esto se debe a que el espesor de aislamiento en la cubierta es menor y que la cámara de aire no es efectiva (figura 9) (tabla 3).

TEP-CA+AT+ERN+MT

El registro de datos de esta TEP inició el 13 de junio a las 22:00 y concluyó el 16 de junio a las 21:45 h. La temperatura operativa regis-

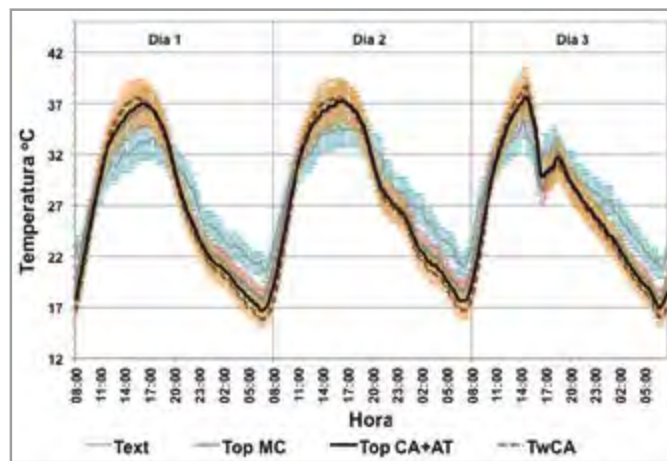


Figura 9. Datos registrados en °C con CA+AT (\pm 95 % intervalos de confianza)

Fuente: elaboración propia.

Parámetro	Máximas	Promedio	Mínima	Oscilación
TEXT	35,27	28,38	20,57	14,70
TwCA	38,64	26,92	15,84	22,80
TOP MC	37,66	27,63	17,90	19,76
TOP CA+AT	37,66	27,24	16,76	20,90

trada al interior del ME-CA+AT+ERN+MT (TopCA+AT+ERN+MT), fue siempre inferior a la temperatura exterior (Text) (2,8 °C en promedio). Respecto a la temperatura operativa del módulo control (TopMC) en las máximas y mínimas fue inferior (6,1 °C en promedio), mientras que en la mínima fue mayor (2,1 °C). Esta diferencia se acentúa en los casos de temperatura máxima, cuando en el ME-CA+AT+ERN+MT se registraron temperaturas en promedio 6,0 °C más bajas que en el exterior y 10,2 °C que en el MC. Por su parte, la Top del ME-CA+AT+ERN+MT corre siempre muy cercana a la temperatura del agua de la masa térmica del estanque (TwMT), en promedio 0,73 °C por debajo de

Tabla 3. Promedios de temperaturas en °C con CA+AT

Fuente: elaboración propia.

ella. Por último, es pertinente hacer notar el efecto de amortiguamiento que proporciona la masa térmica del agua, fácilmente identificable mediante la oscilación térmica registrada. La oscilación de temperaturas operativas observada al interior del ME-CA+AT+ERN+MT es 5,8 °C más corta que la correspondiente al exterior, y 12,3 °C respecto del MC (figura 10) (tabla 4).

TEP-ME-EEI+AT+ERN

El registro de datos de esta TEP fue del 10 de junio a las 5:00 al 13 de junio a las 16:45 h. La temperatura operativa registrada al interior del módulo experimental ME-EEI+AT+ERN (T_{op}EEI+AT+ERN), fue siempre inferior a la temperatura exterior (Text) (8,43 °C en promedio) y a la temperatura operativa

del módulo control (T_{op}MC) (8,2 °C en promedio). Esta diferencia se acentúa en los casos de temperatura mínima, cuando en el ME-EEI+AT+ERN se registraron temperaturas en promedio 10,3 °C más bajas que en el exterior y 7,1 °C que en el MC. La diferencia entre las temperaturas máximas es menor, pero relevante, 4,0 °C con respecto al exterior y 7,4 °C con el MC. Por su parte, la T_{op} del ME-EEI+AT+ERN corre siempre muy cercana a la temperatura del agua del estanque (T_wEEI), en promedio 1,4 °C por encima de ella. Por último, es pertinente hacer notar el efecto de amortiguamiento que proporciona el agua, fácilmente identificable mediante la oscilación térmica registrada. La oscilación de temperaturas operativas observada al interior del ME-EEI+AT+ERN es 6,3 °C más

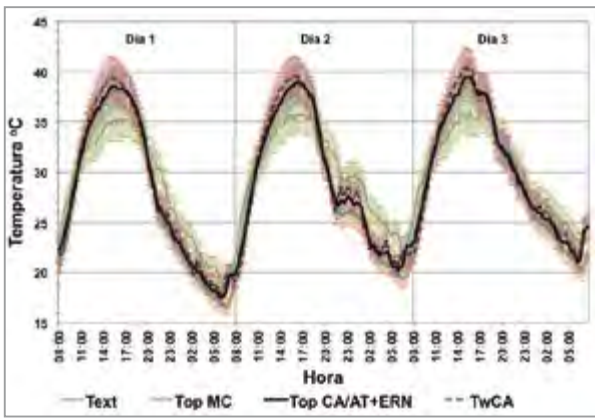


Figura 10. Datos registrados en °C durante el experimento con CA+AT+ERN/MT (± 95 % intervalos de confianza)
Fuente: elaboración propia.

Parámetro	Máximas	Promedio	Mínima	Oscilación
TEXT	35,70	27,20	20,19	15,51
TOP MC	39,90	26,91	17,90	22,00
T _{OP} CA+AT+ERN+MT	29,72	24,99	20,00	9,72
T _w EEI	29,99	24,45	19,91	10,08
T _w MT	30,19	24,84	21,37	8,83

Tabla 4. Promedios de temperaturas en °C del experimento con CA+AT+ERN+MT
Fuente: elaboración propia.

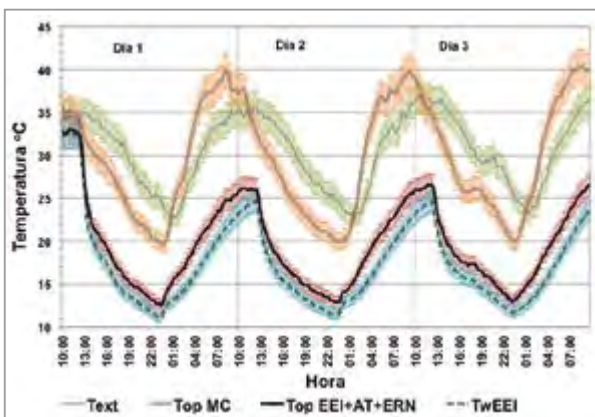


Figura 11. Datos registrados en °C con EEI+AT+ERN (± 95 % intervalos de confianza)
Fuente: elaboración propia.

PARÁMETRO	MÁXIMAS	PROMEDIO	MÍNIMA	OSCILACIÓN
TEXT	37,00	30,49	22,86	14,14
TOP MC	40,36	29,66	19,62	20,75
T _{OP} EEI+AT+ERN	32,97	19,55	12,54	20,43
T _w EEI	32,41	17,36	11,08	21,33

Tabla 5. Promedios de temperaturas en °C con EEI+AT+ERN
Fuente: elaboración propia.

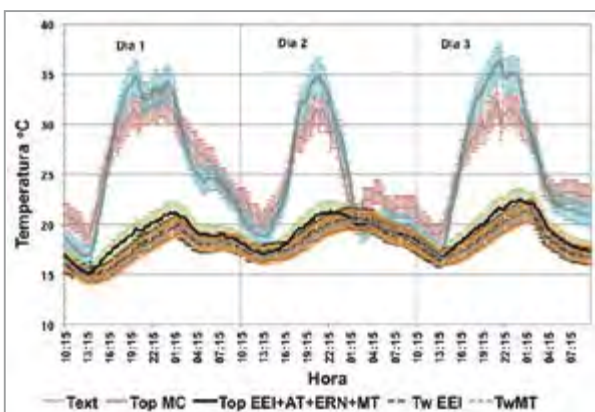


Figura 12. Datos registrados en °C con EEI+AT+ERN+MT (± 95 % intervalos de confianza)
Fuente: elaboración propia.

Parámetro	Máximas	Promedio	Mínima	Oscilación
TEXT	32,34	25,52	18,66	13,68
TOP MC	36,35	25,51	16,95	19,40
T _{OP} EEI+AT+ERN+MT	22,48	19,07	15,04	7,44
T _w EEI	21,41	18,22	14,89	6,53
T _w MT	21,34	18,20	14,72	6,62

Tabla 6. Promedios de temperaturas en °C con EEI+AT+ERN+MT
Fuente: elaboración propia.

larga que la correspondiente al exterior y 0,3 °C respecto del MC (figura 11) (tabla 5).

TEP-EEI+AT+ERN+MT

El registro de datos de esta TEP fue del 23 de agosto a las 4:00 al 26 de agosto a las 03:45 h. La temperatura operativa registrada al interior del módulo experimental ME-EEI+AT+ERN+MT (TopEEI+AT+ERN+MT), fue siempre inferior a la temperatura exterior (Text) (6,7 °C en promedio) y a la temperatura operativa del módulo control (TopMC) (7,4 °C en promedio). Esta diferencia se acentúa en los casos de temperatura máxima, cuando en el ME-EEI+AT+ERN+MT se registraron temperaturas en promedio 9,9 °C más bajas que en el exterior y 13,9 °C que en el MC. La diferencia entre las temperaturas mínimas es 3,6 °C menor con respecto al exterior y 1,9 °C con el MC. La Top del ME-EEI+AT+ERN+MT corre siempre muy cercana a la temperatura del agua del estanque (TwEEI), en promedio 0,7 °C por encima de ella; mientras que con la (TwMT) es de 0,8 °C. Por último, es pertinente hacer notar el efecto de amortiguamiento que proporciona el agua, fácilmente identificable mediante la oscilación térmica registrada. La oscilación de temperaturas operativas observada al interior del ME-EEI+AT+ERN+MT es 6,2 °C más corta que la correspondiente al exterior y 12 °C respecto del MC (figura 12) (tabla 6).

TEP-ME-EEI+PS T2

El registro de datos de esta TEP inició el 6 de junio a las 2:00 y terminó el 9 de junio a las 01:45 h. La temperatura operativa registrada al interior del módulo experimental ME-EEI+PS (TopEEI+PS), fue siempre inferior a la temperatura exterior (Text) (9,9 °C en promedio) y a la temperatura operativa del módulo control (TopMC) (8,8 °C en promedio). Esta diferencia se acentúa en los casos de temperatura máxima, cuando en el ME-EEI+PS se registraron temperaturas en promedio 11,7 °C más bajas que en el exterior y 14,6 °C que en el MC. La diferencia entre las temperaturas mínimas es menor, pero relevante, 7,1 °C con respecto al exterior y 4,6 °C con el MC. Por su parte, la Top del ME-EEI+PS corre siempre muy cercana a la temperatura del agua del estanque (TwEEI), en promedio 1,6 °C por encima de ella. Por último, es pertinente hacer notar el efecto de amortiguamiento que proporciona el agua, fácilmente identificable mediante la oscilación térmica registrada. La oscilación de temperaturas operativas observada al interior del ME-EEI+PS es 4,7 °C más corta que la correspondiente al exterior y 10 °C respecto del MC (figura 13) (tabla 7).

TEP-EEI+PS+MT

El registro de datos de esta TEP se llevó a cabo del 14 de junio a las 01:30 al 17 de junio a las 00:45 h.

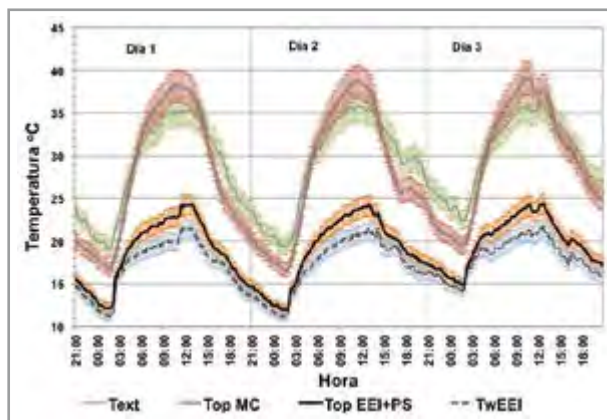


Figura 13. Datos registrados en °C con EEI+PS (\pm 95% intervalos de confianza).

Fuente: elaboración propia.

Parámetro	Máximas	Promedio	Mínima	Oscilación
TEXT	36,13	29,17	19,04	17,09
TwEEI	21,58	17,37	11,15	10,43
TOP MC	39,00	28,37	16,57	22,43
TOP EEI+PS	24,41	19,11	11,97	12,45

Tabla 7. Promedios de temperaturas en °C con EEI+PS

Fuente: elaboración propia.

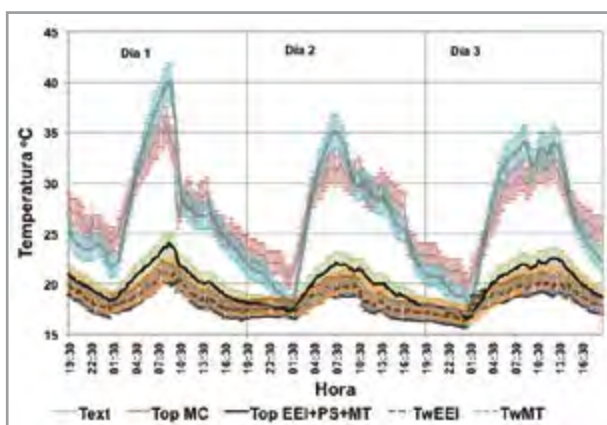


Figura 14. Datos registrados en °C con EEI+PS+MT (\pm 95% intervalos de confianza)

Fuente: elaboración propia.

Parámetro	Máximas	Promedio	Mínima	Oscilación
TEXT	35,70	27,04	20,19	15,51
TOP MC	39,90	26,73	17,90	22,00
TOP EEI+PS+MT	24,02	19,85	16,57	7,45
TwEEI	21,27	18,52	16,44	4,83
TwMT	21,63	18,95	16,94	4,69

Tabla 8. Promedios de temperaturas en °C con ME-EEI+PS+MT

Fuente: elaboración propia.

La temperatura operativa registrada al interior del módulo experimental ME-EEI+PS+MT (TopEEI+PS+MT), fue siempre inferior a la temperatura exterior (Text) (7,5 °C en promedio) y a la temperatura operativa del módulo control (TopMC) (8,0 °C en promedio). Esta diferencia se acentúa en los casos de temperatura máxima, cuando en el ME-EEI+PS+MT se registraron temperaturas en promedio 11,7 °C más bajas que en el exterior y 15,9 °C que en el MC. La diferencia entre las temperaturas mínimas es menor, pero relevante, 3,6 °C con respecto al exterior y 1,3 °C con el MC. Por su parte, la Top del ME-EEI+PS+MT corre siempre muy cercana a la temperatura del agua del estanque (TwEEI), en promedio 1,3 °C por encima de ella, mientras que con la (TWMT) corre 1 °C. Por último, es pertinente hacer notar el efecto de amortiguamiento que proporciona el agua, fácilmente identificable mediante la oscilación térmica registrada. La oscilación de temperaturas operativas observada al interior del ME-EEI+PS+MT es 8,1 °C más corta que la correspondiente al exterior y 14,6 °C respecto del MC (figura 14) (tabla 8).

POTENCIAL DE ENFRIAMIENTO MEDIO (PEM)

El potencial de enfriamiento medio (PEM) se obtuvo a partir de los valores promedio de temperatura operativa al interior de los módulos de control y experimental de cada una de las técnicas de enfriamiento pasivo aplicadas y del análisis de los mismos. El análisis se hizo cada periodo de 24 horas y luego se promediaron los resultados obtenidos para determinar el PEM correspondiente de cada TEP experimentada.

Como resultado de ello se obtuvo que la TEP-EEI+AT+ERN alcanzó el mejor desempeño con un índice de 822,89 Wh/m²día, seguido de la TEP-EEI+PS con 764,60 Wh/m²día, luego la TEP-EEI+AT+ERN+MT con 532,78 Wh/m²día. El resto de las TEP se ubicaron por debajo de los 500 Wh/m²día (tabla 9).

Destaca en este resultado la mejora obtenida en el PEM con el enfriamiento radiativo nocturno y con cámara de aire ventilada. Es oportuno aclarar que la lámina galvanizada del techo estanque no se pintó de blanco, lo que disminuye la capa-

de enfriamiento durante el intercambio radiativo nocturno (Givoni, 1994).

EFICIENCIA DE ENFRIAMIENTO (EF)

La eficiencia de enfriamiento se calculó a partir del comportamiento del MC y la TEP que mejores resultados obtuvieron. Los resultados nos indican que si a la técnica de EEI+AT+ERN le asignamos un índice de 100, todas las técnicas donde se incluye enfriamiento evaporativo tienen el mejor comportamiento.

Los resultados también nos indican que el aislamiento, aunque no es una técnica de enfriamiento, afecta el amortiguamiento total obtenido, efecto que hace sinergia cuando se combina con otra técnica pasiva.

CONCLUSIONES

Esta investigación confirma que en climas cálidos y secos, evaporar agua es una técnica de enfriamiento eficiente. Esto se debe a que esta técnica no requiere agregar grandes cantidades de humedad al ambiente ni aumentar la velocidad del aire en el espacio interior.

También se reafirma que la cubierta estanque, como cualquier cuerpo expuesto a la bóveda celeste, pierde calor por emisión de radiación de onda larga y alcanza un potencial de enfriamiento máximo, producto de las condiciones de cielo despejado y baja humedad específica características de este clima árido.

El aislamiento reduce el paso del flujo de calor, pero no contribuye como técnica de enfriamiento por sí solo, es necesario que esté combinado con alguna de las técnicas de enfriamiento pasivo para alcanzar su mejor potencial.

El agua contenida como masa térmica sin enfriamiento radiativo nocturno no fue eficiente como técnica de enfriamiento, debido a que su espesor fue insuficiente y tiene ganancia de calor durante el día cuando está expuesta al exterior y traslada el calor al interior por conducción.

El enfriamiento radiativo nocturno alcanza su mayor eficiencia cuando se combina con aislamiento y con otra TEP.

Experimento	PEM (Wh/m ² día)
ME-CA+AT	32,78
ME-CA+AT+ERN+MT	158,68
ME-EEI+AT+ERN	822,89
ME-EEI+AT+ERN+MT	532,78
ME-EEI+PS	764,90
ME-EEI+PS+MT	568,60

Tabla 9. Potencial de enfriamiento medio calculado con datos obtenidos en cada TEP

Fuente: elaboración propia.

Experimento	Eficiencia (%)
MC	0
CA+AT	3,98
CA+AT+ERN+MT	19,28
EEI+AT+ERN	100
EEI+AT+ERN+MT	64,74
EEI+PS	92,95
EEI+PS+MT	69,1

Tabla 10. EF calculado con datos obtenidos en cada experimento

Fuente: elaboración propia.

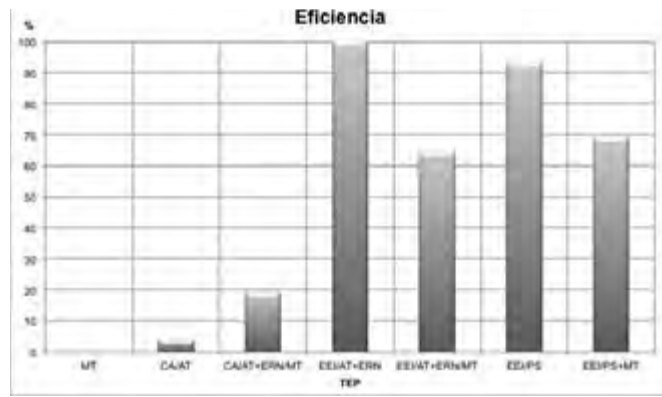


Figura 15. Eficiencia de enfriamiento calculado con datos obtenidos en cada experimento
Fuente: elaboración propia.

SIGLAS

CA+AT	Cámara de aire con aislamiento térmico.	MC	Módulo de control.
CA+AT+ERN/MT	Cámara de aire con aislamiento térmico, enfriamiento radiativo nocturno y masa térmica.	ME	Módulo experimental.
DT	Amplitud de temperatura.	MT	Masa térmica.
EED	Enfriamiento evaporativo directo.	PEM	Potencial de enfriamiento medio.
E EI	Enfriamiento evaporativo indirecto.	TBS	Temperatura de bulbo seco.
E EI+AT+ERN	Enfriamiento evaporativo indirecto con aislamiento térmico y enfriamiento radiativo nocturno.	TBH	Temperatura de bulbo húmedo.
E EI+AT+ERN/MT	Enfriamiento evaporativo indirecto, aislamiento térmico, enfriamiento radiativo nocturno y masa térmica.	TEP	Técnicas de enfriamiento pasivo.
E EI+PS	Enfriamiento evaporativo indirecto con protección solar.	Text	Temperatura exterior.
E EI+PS+MT	Enfriamiento evaporativo indirecto con protección solar y masa térmica.	Tint	Temperatura interior.
EF	Eficiencia de enfriamiento.	Tg	Temperatura de globo.
		Ts	Temperatura superficie interior de la lámina.
		TwMT	Temperatura del agua de la masa térmica.
		TwEEI	Temperatura del agua del enfriamiento evaporativo indirecto.

REFERENCIAS

- ANSI/ASHRAE Standard 55-04 (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta GA, American Society of Heating Refrigeration and Air-conditioning Engineers.
- ASHRAE (2009). Handbook of Fundamentals. Section 9.10. Atlanta GA, American Society of Heating Refrigeration and Air-conditioning Engineers.
- Givoni, B. (1994). Passive and low energy cooling of buildings. New York: Wiley.
- Balaras, C. A. (1996). The role of thermal mass on the cooling load of buildings. An overview of computational methods. *Energy and Building*, 24, 1-10.
- González, E. (1989). Evaluación de sistemas pasivos de enfriamiento y su aplicación en el diseño de viviendas. Informe de investigación CONDES, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- González, E. (1997a). Étude de matériaux et de techniques du bâtiment pour la conception architecturale bioclimatique en climat chaud et humide. Thèse de Doctorat en Energétique de l'École des Mines des Paris, France.
- González, E. (1997b). Técnicas de enfriamiento pasivo. Resultados experimentales en el clima cálido y húmedo de Maracaibo, Venezuela. *CIT, Información Tecnológica*, 8(5), 99-103.
- González, S. (2010) Estudio experimental del comportamiento térmico de sistemas pasivos de enfriamiento en clima cálido-húmedo. Tesis de Maestría publicada. Universidad Internacional de Andalucía.
- Herrera, L. (2009). Evaluación de estrategias bioclimáticas aplicadas en edificios y su impacto en la reducción del consumo de agua en equipos de enfriamiento evaporativo directo. Tesis de Doctorado publicada. Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura, Coquimatlán.
- Hinz, E. (2006). Estudio del comportamiento térmico de un sistema pasivo de enfriamiento evaporativo indirecto con cobertura vegetal en un clima tropical. Madrid: DEA Ciencias Ambientales, Universidad Politécnica de Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2014). Climas de la República Mexicana. Recuperado de: <http://smn.cna.gob.mx/index.php>
- IMPCO (1999). Calculando enfriamiento evaporativo. Recuperado de: <http://www.impcco.com>
- International Organization for Standardization. ISO 7726 (1998). Ergonomics of the Thermal Environment: Instruments of measuring physical quantities. Switzerland: ISO.
- International Organization for Standardization. ISO 7730 (1995). Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Switzerland: ISO.
- Norma mexicana NMX-C-460-onncce (2009). Industria de la construcción aislamiento térmico valor "R" para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana. Diario oficial de la Federación.
- Mihalakakou, J. O. y Santamouris, M. (1996). On the heating potential of buried pipes techniques-application in Ireland. *Energy and Buildings*, 19-25.

SIMULACIONES AMBIENTALES PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES EN DISEÑO DE ALOJAMIENTOS TEMPORALES EN CLIMAS TROPICALES

Sara Luciani M.

Universidad Piloto de Colombia. Bogotá (Colombia)

Facultad de Arquitectura y Artes. Grupo de investigación "Hábitat, diseño e infraestructura"

Luciani M., S. (2014). Simulaciones ambientales para la selección de materiales en diseño de alojamientos temporales en climas tropicales. *Revista de Arquitectura*, 16, 96-104. doi: 10.14718/RevArq.2014.16.11



<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2014.16.11>

Sara Luciani M.

Arquitecta, Universidad Piloto de Colombia.

Maestría en Gestión Urbana, Universidad Piloto de Colombia.

Investigadora, Universidad Piloto de Colombia.

Becaria del programa jóvenes investigadores de Colciencias, Bogotá, Colombia, 2012-2013.

Publicaciones:

(2010). Sistema H.O.M.E. Sistema de hábitat organizado móvil de emergencia. *Replanteo*, 10, 30-32.

(2012). Análisis de variables para el estudio de antecedentes como aproximación metodológica para la identificación de insumos de diseño aplicado a alojamientos temporales. *Revista Alarife*, 23 (2012). *Manual de implementación de herramientas digitales para el diseño sostenible*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

(2014). Análisis de antecedentes de forma y función para la identificación de criterios de diseño aplicado al diseño de alojamientos temporales. *Revista Iconofacto*, 9 (13), 27-45.

sara-luciani@unipiloto.edu.co

INTRODUCCIÓN

Este artículo se desarrolla en el marco de la investigación denominada Sistema H.O.M.E. (Hábitat Organizado Móvil de Emergencia), en curso desde el año 2012, financiada por la Universidad Piloto de Colombia y Colciencias (bajo la convocatoria de jóvenes investigadores 2012 y la convocatoria de desarrollo tecnológico 2014-2015), que tiene como objetivo diseñar un sistema constructivo adecuado para alojar temporalmente afectados por desastres naturales, para lo cual se proyectó un estudio de antecedentes desde unas variables marco definidas como gestión, temporalidad y tecnología (Luciani, 2012), y desde la forma y la función (Luciani, 2013a) que, en términos arquitectónicos, dieron paso a las determinantes de diseño con las cuales se proyectó la primera propuesta a nivel de esquema básico del sistema.

El diseño del sistema mencionado (Luciani, 2013b) permitió un desarrollo a cuatro escalas partiendo de una unidad constructiva mínima con capacidad para albergar a una persona; la segunda escala, el módulo básico, que puede albergar de 4 a 6 personas; un módulo de infraestructura con capacidad para soportar 16 módulos de alojamiento, y una unidad de agrupación compuesta por dos módulos de infraestructura y sus respectivos módulos de alojamiento temporal.

No obstante, una vez definida la propuesta de diseño, se identificó la importancia de una rigurosa selección de materiales ya que, como afirman Flórez y Castro-Lacouture (2013) y Jahan y Edwards (2013), una apropiada selección de materiales puede ayudar a reducir la energía embebida en una edificación, las emisiones de dióxido de carbono, la energía empleada en el proceso de producción, el impacto ambiental en el ciclo de vida, el consumo de energía y el deterioro en la calidad del aire, entre otros.

Por tanto, se propuso una metodología de selección de materiales (Luciani, 2013b) basada en la guía verde de Anderson, Shiers y Steele (2009), en la cual, por medio de matrices de evaluación y teniendo en cuenta los parámetros de análisis de ciclo de vida (Life Cycle Assessment - LCA) de los materiales, se definieron variables con puntajes por cada elemento del sistema, tales como envolvente, estructura, cimentación o cubierta, con el fin de evaluar cuáles materiales tenían mejor desempeño en relación con su rol en el sistema.

RESUMEN

Con el fin de mitigar el impacto que causa la pérdida del hogar debido a los constantes eventos naturales, se propone el diseño de un sistema constructivo adecuado que permita el alojamiento temporal de los afectados; para esto, se desarrollaron una serie de simulaciones ambientales con medios digitales, que permitieron conocer el desempeño térmico de materiales seleccionados previamente según lineamientos del Life Cycle Assessment (LCA), en relación con los componentes de edificio como cimentación, estructura, envolvente y cubierta, en climas tropicales, aplicado a Bogotá y Girardot. Asimismo, se explora la relación entre los materiales con cuatro configuraciones de diseño y siete tipos de ventilación, a fin de obtener una respuesta multidimensional y sostenible. Como resultado se encontró que materiales como guadua, fibras vegetales y fibras sintéticas, sumado a estrategias de aislamiento y configuraciones de ventilación, pueden aportar al confort térmico en el diseño de alojamientos temporales en el contexto colombiano.

PALABRAS CLAVE: confort, clima tropical, hábitat transitorio, modelación, sostenibilidad, vivienda temporal.

ENVIRONMENTAL SIMULATIONS FOR MATERIAL SELECTION IN TEMPORARY HOUSING DESIGN IN TROPICAL WEATHER CONDITIONS

ABSTRACT

In order to mitigate the impact caused by the loss of home due to the constant natural events that take place, this proposal gives a proper building system design that allows temporary housing for the affected. In this regard, there was a number of environmental simulations with digital media technology, which gave insights on the thermal performance of the material previously selected according to Life Cycle Assessment (LCA) guidelines, regarding building components such as the foundations, structure, envelope and roof, in tropical weather. The simulations were applied in the cities of Bogota and Girardot.

Likewise, there is an exploration of the relation between the materials with four different design configurations and seven types of ventilation, in order to obtain a multidimensional and sustainable answer. Findings show that materials such as guadua, vegetable fibers, and synthetic fibers, joint with isolation strategies and ventilation configurations, could contribute to thermal comfort in the temporary housing design within the Colombian context.

KEY WORDS: Comfort, tropical weather, transitory habitat, modelling, sustainability, temporary housing.

Como resultados se encontró que para el componente de edificio de cimentación y estructura, los materiales con mejor desempeño son las maderas, la guadua y el aluminio, puesto que dichos materiales cumplen con el uso de capacidad portante, son fáciles de transportar, tienen un bajo índice de peso/densidad, durabilidad, posibilidad de reciclaje y reutilización y, demás, especificaciones que responden al carácter temporal del tipo de edificación.

En relación con el componente de envolvente, los materiales que resultaron adecuados para la función de envolvente fueron los textiles y las fibras vegetales. Asimismo, para el último componente de edificio, la cubierta, los resultados apuntan a los textiles vegetales y las fibras vegetales y sintéticas.

No obstante los resultados obtenidos a través de esta metodología —basados en lineamientos de LCA—, en la búsqueda por contribuir a mitigar el impacto ambiental se consideró necesario el desarrollo de una etapa de simulaciones ambientales a fin de conocer el desempeño térmico de los mismos con miras al diseño de un sistema constructivo multidimensional enfocado en la sostenibilidad y amable con el ambiente.

METODOLOGÍA

Algunos autores como Mahdjoubi y Wiltshire (2001), y Bleil de Souza (2012), consideran las simulaciones como un método creíble para predecir futuros entornos, especialmente en evaluaciones de edificios y contextos, ya que a través de esta herramienta es posible generar imágenes que emulan escenas u objetos de la vida real permitiendo especular sobre eventos o proyectos futuros; en este caso, se simulan el desempeño térmico, ambiental y los flujos de vientos de una edificación facilitando la toma de decisiones.

Asimismo, autores como Bleil de Souza (2013) y Peuportier, Thiers y Guiavarch (2013) reconocen la importancia de conocer el desempeño térmico de una edificación a través de simulaciones y herramientas digitales apoyando la toma de decisiones en la selección de materiales que aportan a la mitigación del impacto ambiental y a la búsqueda del confort térmico.

Del mismo modo, investigaciones como las desarrolladas por Crawford, Manfield y McRobie (2005), Borge, Colmenar, Mur y Castro (2013) y Hany (2013), resaltan la pertinencia de estudios sobre el confort, sistemas pasivos de climatización y simulaciones en relación con el diseño de alojamientos de emergencias, ya que, aunque este tipo de edificaciones deberían ser durables, de bajo costo y confortables, la falta de instalación o energía no permite que estos alojamientos sean climatizados dando lugar a condiciones de discomfort.

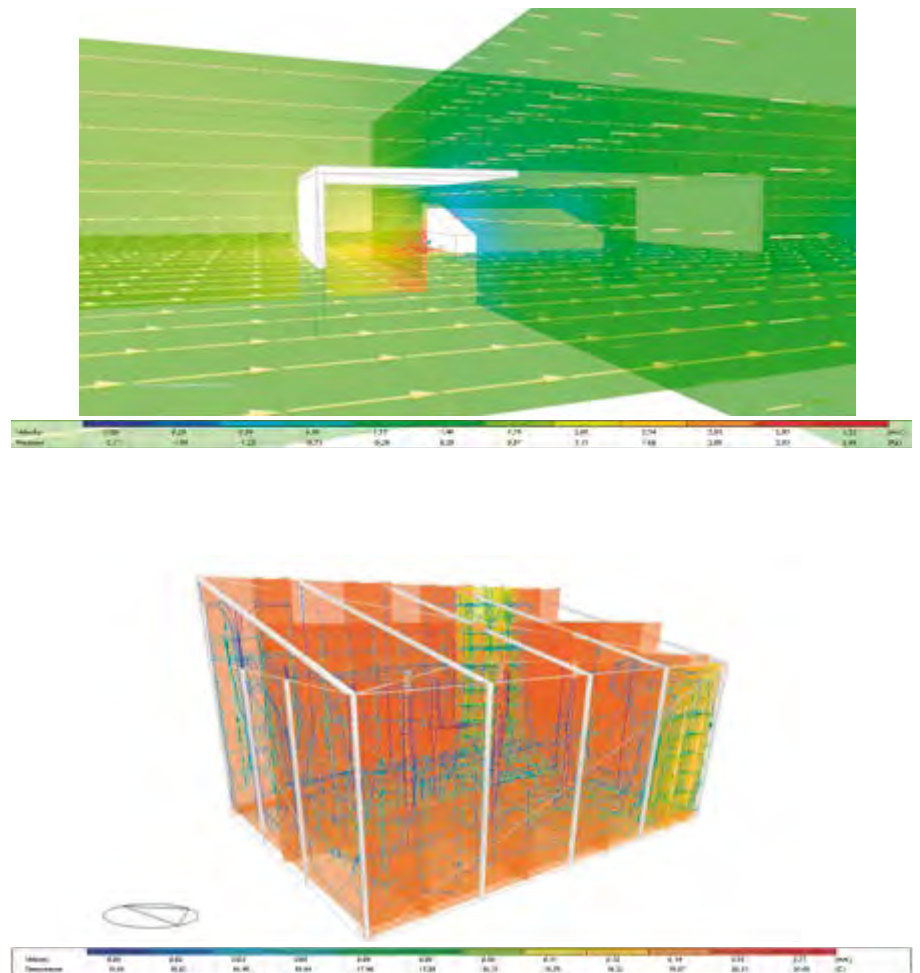


Figura 1. Imagen de CFD externo e interno del modelo básico de alojamiento temporal realizado para Girardot el 21 de julio
Fuente: elaboración propia.

En ese sentido, se realizaron las simulaciones como una herramienta para la visualización de datos y se llevaron a cabo análisis computacional de dinámica de fluidos interno y externo, denominado CFD (por sus siglas en inglés); ya que como lo afirman Borge *et al.* (2013), el CFD interno sirve para evaluar el confort térmico al interior del edificio bajo los parámetros de confort establecidos por Design Builder (2013), mientras con el CFD externo se puede identificar velocidad del aire, presión y temperaturas alrededor del edificio permitiendo optimizar la ubicación del mismo en relación con el emplazamiento (figura 1).

Estos análisis se proyectaron para dos tipos diversos de clima en relación con el contexto colombiano: un clima frío, para lo cual se seleccionó el caso de Bogotá, y otro cálido, como Girardot; no obstante, en los dos casos se analizaron previamente los datos climáticos a fin de identificar el escenario de temperaturas extremas, para lo cual se realizaron simulaciones diarias en intervalos horarios (para Girardot el día 21 de julio y para Bogotá el día 27 de marzo).

Tales simulaciones se llevaron a cabo por medio de un *software* denominado Design Builder, que funciona como una interfaz para los análisis realizados con Energy Plus (2013), que es un *software* de código abierto sin interfaz gráfica publicado por el U.S. Department of Energy, con el cual se obtienen análisis térmicos y CFD en

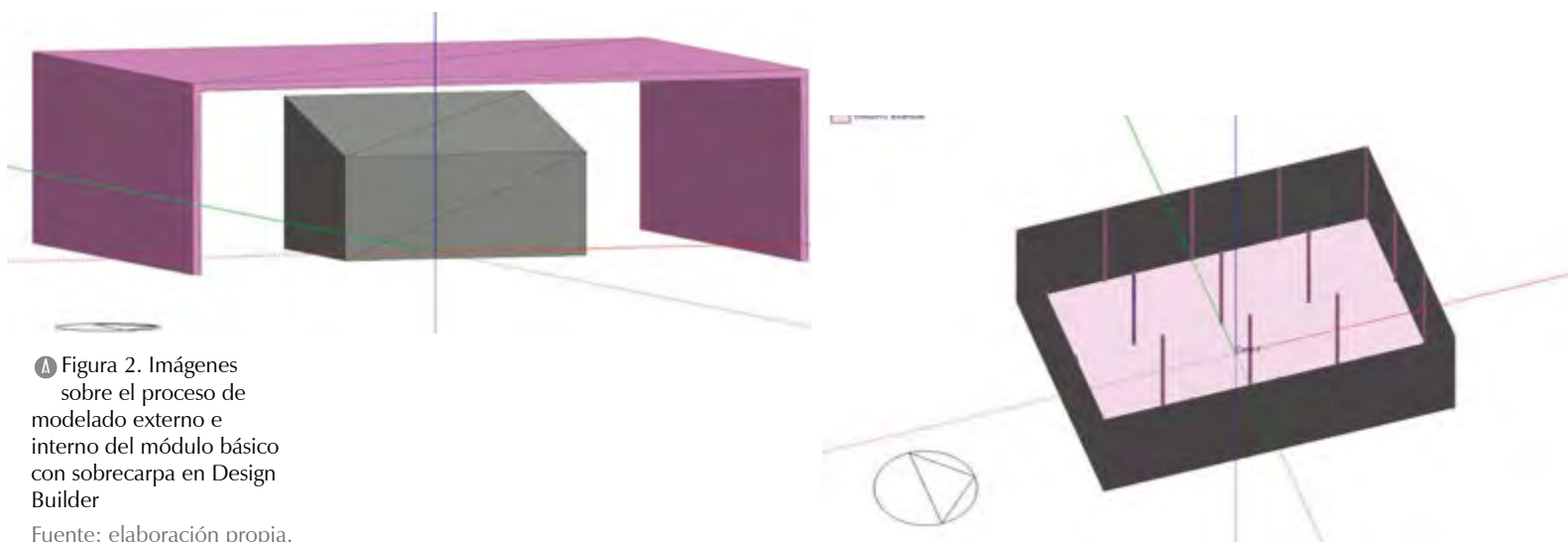


Figura 2. Imágenes sobre el proceso de modelado externo e interno del módulo básico con sobrecarpa en Design Builder

Fuente: elaboración propia.

Modelo	Materiales		
	Estructura	Envolvente	Cubierta
Modelo 1	Maderas procesadas	Fibras vegetales lonas	Fibras vegetales lonas
Modelo 2	Maderas procesadas	Textiles fibras animales	Fibras vegetales lonas
Modelo 3	Maderas procesadas	Textiles vegetales yute	Fibras vegetales lonas
Modelo 4	Maderas procesadas	Fibras vegetales lonas	Fibras sintéticas
Modelo 5	Maderas procesadas	Textiles fibras animales	Fibras sintéticas
Modelo 6	Maderas procesadas	Textiles vegetales yute	Fibras sintéticas
Modelo 7	Maderas procesadas	Fibras vegetales lonas	Textiles vegetales yute
Modelo 8	Maderas procesadas	Textiles fibras animales	Textiles vegetales yute
Modelo 9	Maderas procesadas	Textiles vegetales yute	Textiles vegetales yute
Modelo 10	Guadua	Fibras vegetales lonas	Fibras vegetales lonas
Modelo 11	Guadua	Textiles fibras animales	Fibras vegetales lonas
Modelo 12	Guadua	Textiles vegetales yute	Fibras vegetales lonas
Modelo 13	Guadua	Fibras vegetales lonas	Fibras sintéticas
Modelo 14	Guadua	Textiles fibras animales	Fibras sintéticas
Modelo 15	Guadua	Textiles vegetales yute	Fibras sintéticas
Modelo 16	Guadua	Fibras vegetales lonas	Textiles vegetales yute
Modelo 17	Guadua	Textiles fibras animales	Textiles vegetales yute
Modelo 18	Guadua	Textiles vegetales yute	Textiles vegetales yute
Modelo 19	Aluminio	Fibras vegetales lonas	Fibras vegetales lonas
Modelo 20	Aluminio	Textiles fibras animales	Fibras vegetales lonas
Modelo 21	Aluminio	Textiles vegetales yute	Fibras vegetales lonas
Modelo 22	Aluminio	Fibras vegetales lonas	Fibras sintéticas
Modelo 23	Aluminio	Textiles fibras animales	Fibras sintéticas
Modelo 25	Aluminio	Fibras vegetales lonas	Textiles vegetales yute
Modelo 26	Aluminio	Textiles fibras animales	Textiles vegetales yute
Modelo 27	Aluminio	Textiles vegetales yute	Textiles vegetales yute

Tabla 1. Configuración de materiales en relación con el componente de edificio, definiendo 27 modelos para las simulaciones de confort térmico en Design Builder

Fuente: elaboración propia.

gráficos de curvas de temperaturas e imágenes de vectores con los flujos de vientos.

Por otra parte, se configuraron 27 modelos diversos por simular a partir de los resultados obtenidos con la metodología para selección de materiales mencionados en Luciani (2013b), teniendo en cuenta los tres materiales con mejor desempeño por componente de edificio, sea cimentación, estructura, envolvente y cubierta, según los lineamientos LCA, con los cuales se llevaron a cabo varias etapas de análisis en relación con el diseño y la ventilación (tabla 1).

En relación con el diseño se proyectaron cuatro configuraciones además de la forma básica propuesta desde el esquema básico, donde se exploró con la inclusión de una “sobrecarpa” o elemento que protegiera de manera parcial o total al módulo de la radiación solar directa, y sobre configuraciones con aislamiento en la cubierta, pues como afirman Al-Homoud (2005), Kumar y Suman (2013), Budaiwi y Abdou (2013) y Papadopoulos (2005), el aislamiento no solo contribuye a reducir los requerimientos de sistemas de aire acondicionado y reduce el costo anual de energía, sino que además ayuda a extender los periodos de confort térmico sin dependencia de los sistemas mecánicos de ventilación, especialmente durante los periodos interestaciones, y tiene propiedades para absorber el ruido.

Asimismo, se exploraron diversos tipos de materiales naturales para el aislamiento, pues el uso de materiales orgánicos tiene como ventajas no solo un bajo valor de conductividad térmica, sino también el carácter natural de las fibras de entrada que puede tener mejores características técnicas térmicas (Zach, Hroudová, Brožovský, Krejza y Gailius, 2013). Otra ventaja es que al ser un material renovable no supone ninguna tensión significativa en el ambiente.

Para la selección de materiales de aislamiento se realizó una revisión de algunos autores como Briga-Sá, Nascimento, Teixeira, Pinto, Caldeira et al. (2013),

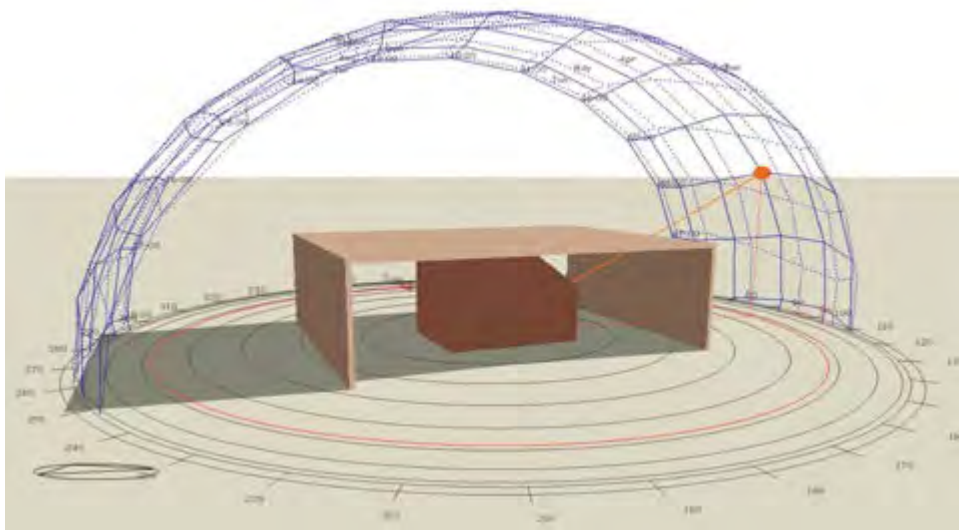


Figura 3. Imagen del diagrama solar con la trayectoria del sol anual sobre modelo básico con sobrecarpa
Fuente: elaboración propia.

Zhou, Zheng, Li y Lu (2010), Korjenic, Petráněk, Zach y Hroudová (2011), Jelle (2011) y Zach, Korjenic, Petráněk, Hroudová y Bednar (2012), que mencionan estudios con diversos tipos de materiales aislantes orgánicos y la importancia del uso de los mismos; basados en esto, se llevaron a cabo algunas configuraciones con aislamiento que fueron puestas a prueba a través de simulaciones, donde la de mejor desempeño se aplicó a las simulaciones de los 27 modelos.

Una vez realizadas las simulaciones de los 27 modelos con los cuatro tipos de configuraciones de diseño, se evaluó cuál de estas tenía mejor desempeño térmico, dando paso a la etapa de análisis en términos de flujos de aire a través de siete tipos de ventilación en relación con la ubicación de las aberturas en el módulo con respecto a la dirección de los vientos predominantes.

DESARROLLO

En cuanto a la definición de los 27 modelos para el desarrollo de las simulaciones, se hicieron las configuraciones a partir de los componentes de edificio, estructura, envolvente y cubierta; y de los materiales con mejor desempeño según la selección de los mismos basada en los lineamientos LCA. No obstante, cabe mencionar que para las simulaciones no se consideró la cimentación ya que esta se encontraba fuera de la zona de datos de simulación.

Las configuraciones de materiales se aplicaron al módulo básico, modelado en Design Builder como una zona única cerrada, complementada por la estructura entendida como componentes que tienen incidencia en los cálculos térmicos y de vientos (figura 2).

En relación con las cuatro configuraciones de diseño que se derivan de la configuración básica, que no incluye ningún elemento externo, de aislamiento o de abertura, se denominó a la primera como configuración de apertura, a la segunda

Aislamiento	Materiales		
	Capa interna	Capa intermedia	Capa externa
Aislamiento 1	Textil	Corcho	Textil
Aislamiento 2	Textil	Lana	Textil
Aislamiento 3	Textil	Aserrín	Textil
Aislamiento 4	Textil	Fibra de coco	Textil
Aislamiento 5	Yute	Corcho	Yute
Aislamiento 6	Yute	Lana	Yute
Aislamiento 7	Yute	Aserrín	Yute
Aislamiento 8	Yute	Fibra de coco	Yute
Aislamiento 9	Lana	Corcho	Lana
Aislamiento 10	Lana	Lana	Lana
Aislamiento 11	Lana	Aserrín	Lana
Aislamiento 12	Lana	Fibra de coco	Lana

configuración de sobrecarpa, a la tercera configuración de aislamiento, y a la cuarta como configuración de sobrecarpa y aislamiento.

La primera configuración tiene como característica la apertura de una franja en la parte superior tanto de la fachada frontal como de la fachada posterior, favoreciendo el paso del aire y generando ventilación cruzada.

La segunda configuración se proyectó como una segunda capa que cubre el módulo parcialmente, un elemento opaco que bloquea el paso de la radiación solar directa, lo que permite a su vez reducir la temperatura interna favoreciendo el confort principalmente en climas cálidos; el diseño favorece el paso de la ventilación natural y se dimensionó en relación con la trayectoria solar (figura 3).

La tercera configuración de diseño se compone de un aislamiento adherido a la cubierta; no

Tabla 2. Configuraciones de tipos de aislamiento con diversos materiales según si se encuentran en la capa interior, exterior o intermedia, para la posterior aplicación en las simulaciones de confort interno
Fuente: elaboración propia.

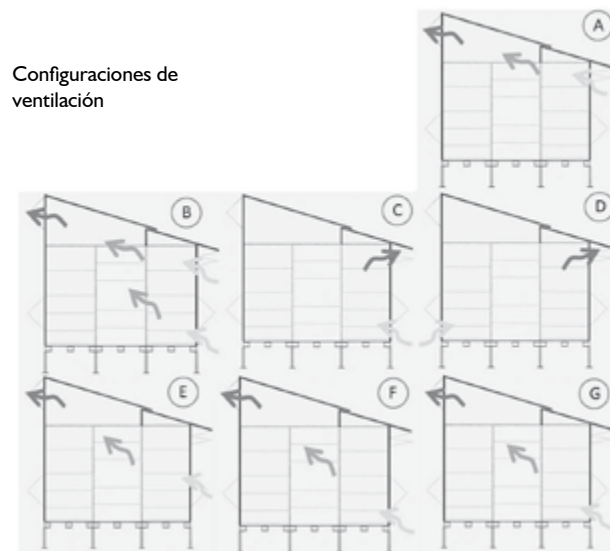


Figura 4. Imágenes de las diversas configuraciones de ventilación y flujos de aire resultantes según la ubicación de la abertura en el modelo básico de alojamiento temporal. Fuente: elaboración propia.

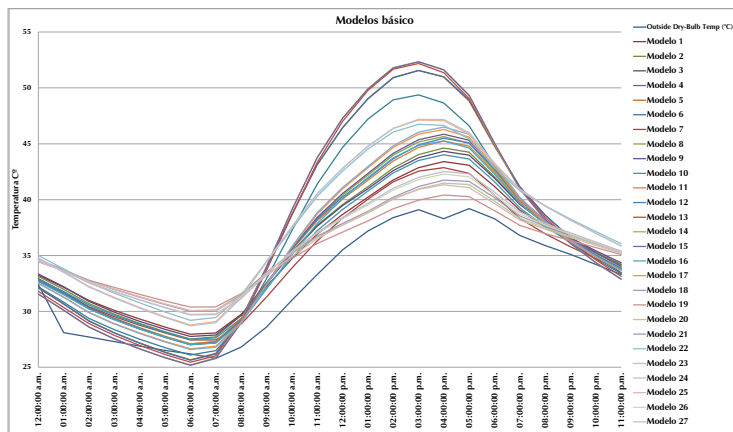


Figura 5. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo básico en Girardot. Fuente: elaboración propia.

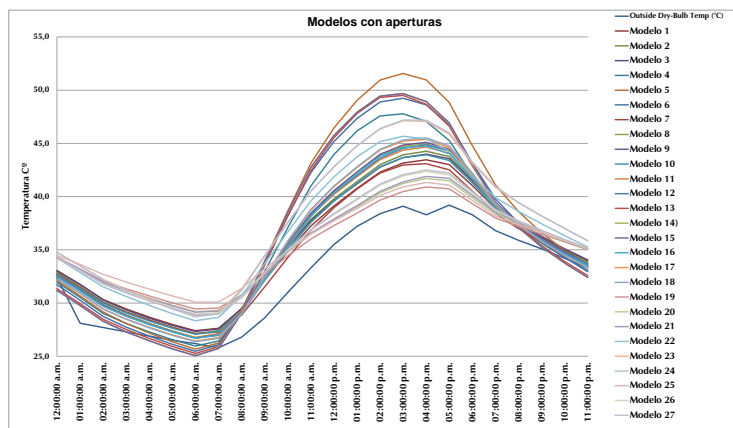


Figura 6. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con aperturas en Girardot. Fuente: elaboración propia.

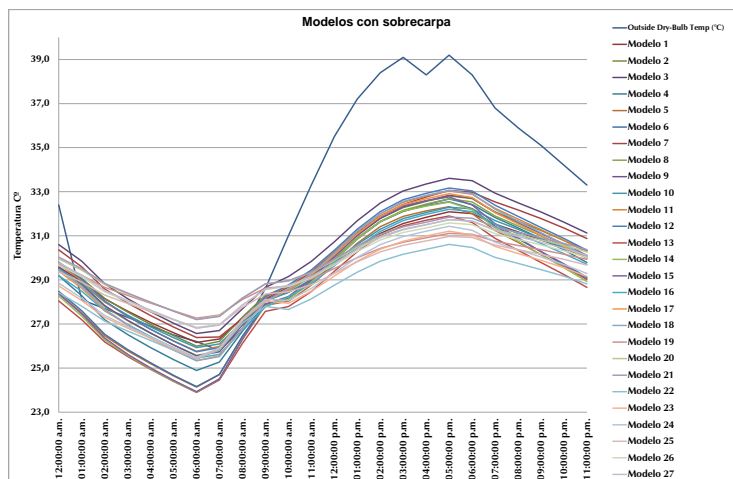


Figura 7. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con sobrecarpa en Girardot. Fuente: elaboración propia.

obstante, para definir el tipo de aislamiento fue necesario plantear doce diversas configuraciones entre materiales naturales como textil, corcho, lana, aserrín, fibra de coco y yute (tabla 2), simulando el comportamiento de estas; se encontró que la mejor configuración estaba compuesta por una capa interna y externa de yute, de 2 mm de espesor, seguida de una capa intermedia de aserrín, de 5 mm.

La última configuración se vale de la unión del elemento sobrecarpa y aislamiento, retomando el bloqueo de la radiación solar directa, el paso de la ventilación natural y los beneficios del aislamiento con materiales naturales en la búsqueda del confort térmico con estrategias pasivas, contribuyendo a mitigar el impacto ambiental.

En cuanto a las operaciones de ventilación, se propusieron siete configuraciones diversas en relación con la ubicación de las aberturas en las fachadas frontal y posterior (figura 4), teniendo en cuenta también las dimensiones de estas con una primera abertura de 60 x 120 cm, una segunda de 60 x 240 cm, una tercera de 60 x 360 cm y una cuarta de 60 x 480 cm, con el fin de generar diversos flujos de ventilaciones cruzadas.

RESULTADOS

CLIMA CÁLIDO

Para el caso de clima cálido, aplicado a Girardot, las simulaciones realizadas sobre el modelo básico inicial sin ninguna configuración de diseño aún, proyectaron temperaturas por encima de la temperatura externa de bulbo seco en los 27 modelos (figura 5); sin embargo, el modelo 7, compuesto de estructura en maderas procesadas, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en textiles vegetales-yute, presentó la menor diferencia con un promedio de 2,2 °C por encima de la temperatura de bulbo seco.

Así, los resultados de las simulaciones del módulo básico se convierten en el punto de comparación con las configuraciones de diseño como estrategias en la búsqueda del confort térmico, que en clima cálido buscaron la disminución de temperaturas al interior del módulo.

Sin embargo, no todas las estrategias demostraron mejoras en el confort térmico, como es el caso de la configuración de aperturas, que proyectó datos similares al módulo básico (figura 6), donde los 27 modelos presentaron temperaturas internas superiores a la externa, y nuevamente el modelo 7 presentó una diferencia promedio de 2,3 °C por encima de la temperatura de bulbo seco.

Por su parte, la implementación de un elemento de sombreado, como se presentó en la configuración de sobrecarpa (figura 7), sí proporcionó

un efecto positivo sobre la temperatura interna del módulo básico.

En este caso, los 27 modelos presentaron disminución de temperaturas, con curvas por debajo de la temperatura de bulbo seco, y diferencias promedio desde 2,2 hasta 4,2 °C por debajo de la temperatura externa como el modelo 13, con una configuración de estructura en guadua, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en fibras sintéticas; y el modelo 22, compuesto por una estructura en aluminio, envolvente en fibras vegetales-lona y cubierta en fibras sintéticas.

Lo anterior demuestra la importancia de reducir la radiación solar directa, que puede transformarse en calor sobre el módulo en clima cálido, con el fin de disminuir la temperatura interna.

En relación con el aislamiento, aunque se presentó disminución de temperaturas con respecto al modelo básico y a la configuración de apertura (figura 8), las diferencias no fueron tan notorias como en el caso de la configuración de sobrecarpa.

En este caso, solo dos modelos presentaron parcialmente temperaturas por debajo de la temperatura de bulbo seco: el modelo 19, compuesto por estructura en aluminio, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en fibras vegetales-lonas; y el modelo 25, compuesto por estructura en aluminio, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en textiles vegetales-yute.

Por otra parte, la cuarta configuración, que contempla la sobrecarpa y el aislamiento (figura 9), presentó diferencias de temperaturas por debajo de la temperatura de bulbo seco mayores que en la configuración con aislamiento y menores que en la configuración con sobrecarpa.

En este caso, los modelos que presentaron mayores diferencias fueron el 13, con una configuración de estructura en guadua, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en fibras sintéticas; y el 22, que contempla la estructura en aluminio, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en fibras sintéticas.

Los demás modelos indican diferencias de temperaturas internas desde 2,2 a 3,0 °C por debajo de la temperatura de bulbo seco, mostrando así que la configuración que sigue dando mejores resultados es la que contempla el elemento de sobrecarpa, el cual bloquea la radiación solar directa en el módulo.

En cuanto a la configuración de materiales, las simulaciones indicaron que el modelo 13, compuesto por estructura en guadua, envolvente en fibras vegetales-lonas y con cubierta en fibras sintéticas, es el que presenta mejor desempeño en términos de temperatura, razón por la cual se seleccionó para el desarrollo de las simulaciones de ventilación.

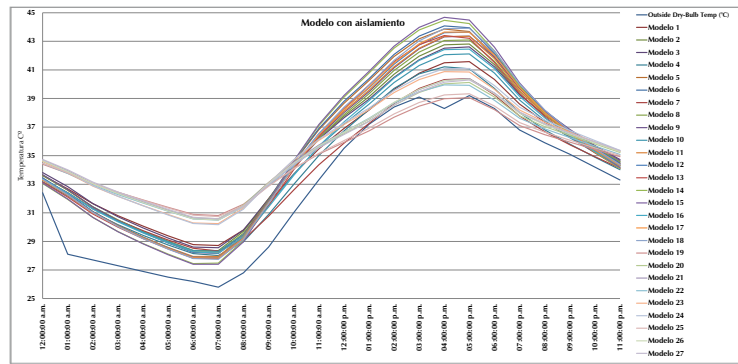


Figura 8. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con aislamiento en Girardot

Fuente: elaboración propia.

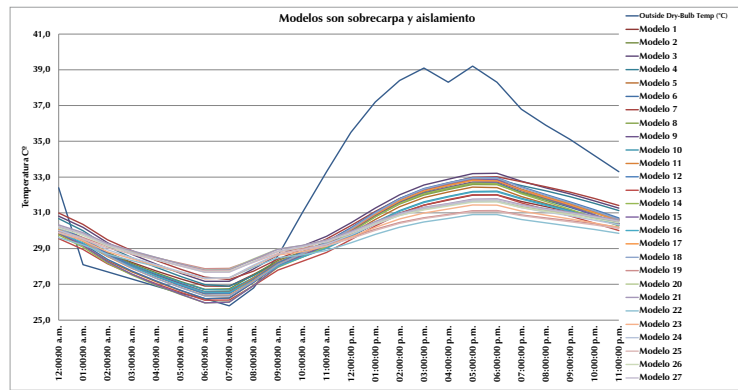


Figura 9. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con aislamiento y sobrecarpa en Girardot

Fuente: elaboración propia.

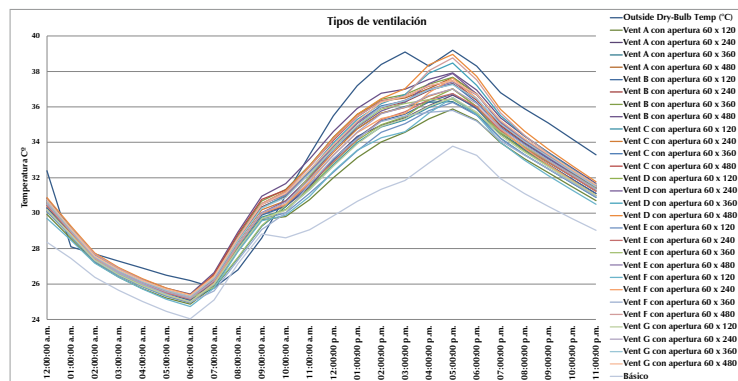


Figura 10. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con configuraciones de ventilación en Girardot

Fuente: elaboración propia.

En las simulaciones de ventilación se presentan mejores resultados en el modelo básico que no contempla ninguna abertura (figura 10), demostrando que la ventilación en este caso no contribuye a reducir la temperatura interna.

CLIMA FRÍO

Para el caso de clima frío, aplicado a Bogotá, el modelo básico demostró en las simulaciones mejor desempeño que en clima cálido (figura 11); así, los modelos que evidenciaron mejor desempeño fueron el 19, compuesto por estructura en aluminio, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en fibras vegetales-lonas, mostrando un aumento de temperatura interior de 4,8 °C sobre la temperatura de bulbo; y el modelo 25, compuesto por estructura en aluminio, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en textiles vegetales-yute.

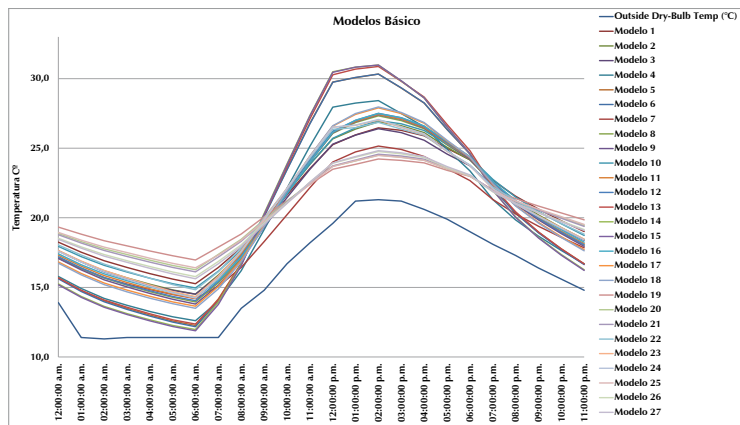


Figura 11. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo básico en Bogotá

Fuente: elaboración propia.

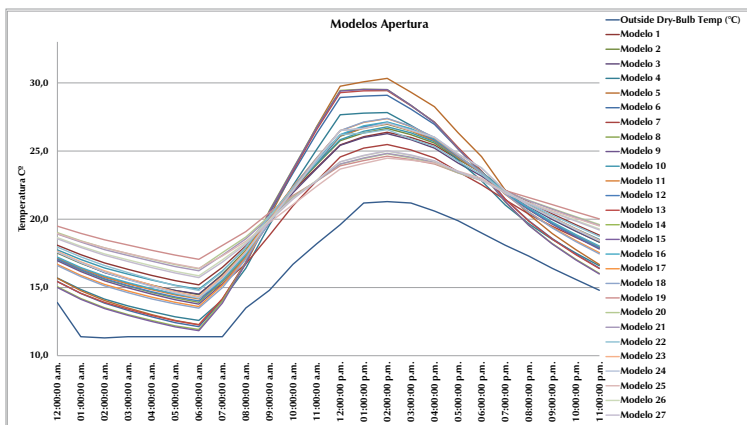


Figura 12. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con aperturas en Bogotá

Fuente: elaboración propia.

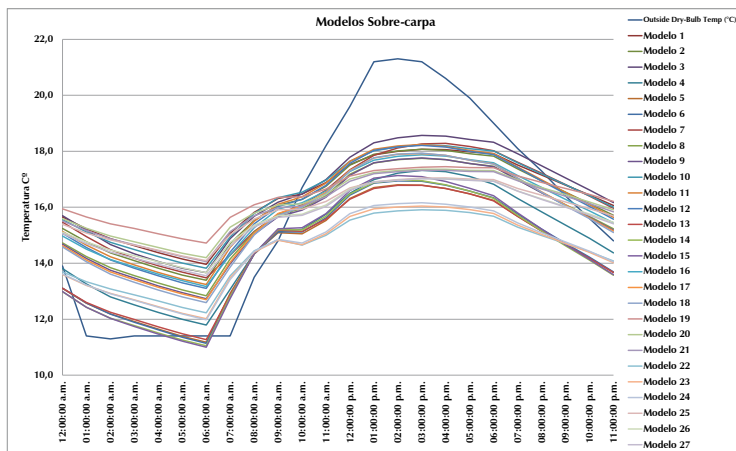


Figura 13. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con sobrecarpa en Bogotá

Fuente: elaboración propia.

Al igual que en los análisis de clima cálido, la configuración de apertura presenta tendencias similares a la configuración básica (figura 12), en este caso se evidencia aumento en la temperatura interna por encima de la curva de temperatura de bulbo seco, lo cual se considera positivo en relación con las bajas temperaturas de Bogotá.

En esta configuración, nuevamente los modelos que presentan mejor desempeño son el 19 y el 25, que en este caso indican una diferencia promedio de temperatura mayor que la anterior, con un aumento de 5 y 4,6 °C sobre la curva de temperatura de bulbo seco.

A diferencia de los modelos en clima cálido, la configuración de sobrecarpa para clima frío no dio resultados positivos (figura 13), ya que bloquear el paso de radiación solar directa sobre el módulo contribuye a disminuir aún más la temperatura, como se evidencia en las curvas de temperatura.

Los resultados de las simulaciones evidencian que todos los modelos se encuentran parcialmente por debajo de la curva de temperatura de bulbo seco, con temperaturas muy bajas que generan disconfort, razón por la cual se descarta esta estrategia que resultó muy práctica para clima cálido.

La estrategia de aislamiento, por su parte, resultó favorable en la medida que permite mantener temperaturas más altas, conservar el calor que se recibe por radiación solar —ya sea directa o indirecta—, y, además, permite que las transmisiones de temperaturas sean en lapsos de tiempo más largos, evitando el estrés térmico (figura 14).

En este caso, los modelos que presentaron mejor desempeño fueron nuevamente el modelo 19 y el 25, esta vez con 5,2 y 5,1 °C de diferencia promedio por encima de la temperatura de bulbo seco, lo cual ubica tales modelo en un rango muy cercano al confort.

La última estrategia, que contempla el aislamiento y la configuración de sobrecarpa (figura 15), no dio resultados positivos en la medida en que genera temperaturas muy bajas que se encuentran fuera del rango de confort.

En cuanto a la configuración de materiales, las simulaciones indicaron que el modelo 19, compuesto por estructura en aluminio, envolvente en fibras vegetales-lonas y cubierta en fibras vegetales-lonas, es el que presenta mejor desempeño en términos de temperatura, razón por la cual se seleccionó para el desarrollo de las simulaciones de ventilación.

Las simulaciones de ventilación proyectaron un aumento considerable de la temperatura de bulbo seco en todos los casos (figura 16); sin embargo, la configuración que presenta mejores resultados corresponde a la tipo G, con dimensiones de 60 x 120 cm, con aberturas en la parte inferior de la fachada frontal y en la parte superior de la fachada posterior, favoreciendo el intercambio de aire con ventilación cruzada.

DISCUSIÓN

Este proceso de investigación permitió, a través del ejercicio de las simulaciones ambientales, establecer cuáles materiales presentaban mejor desempeño térmico, según el tipo de clima: cálido o frío; sin embargo, este ejercicio evidencia

discusiones sobre el uso de simulaciones ambientales en los procesos de diseño.

Por una parte, las simulaciones presentan un escenario real sobre el funcionamiento o desempeño de materiales, lo que permite prever problemas y anticipar soluciones; no obstante, se cuestiona sobre los archivos de datos con los que operan los *software* de simulaciones ambientales, en la medida en que no se encuentran a la vanguardia de los últimos estándares de la industria de construcción de simulación.

En ese sentido, los archivos de clima con los cuales se corren las simulaciones, que son compilados de datos climáticos estadísticos—hasta el año 2002 en el caso de Design Builder—, no tienen en cuenta, como lo mencionan Jentsch, Bahaj y James (2008), los impactos potenciales del cambio climático, ni los riesgos de sobrecalentamiento en verano.

Estas diferencias en los archivos climáticos podrían tener incidencia en la precisión de las simulaciones, lo que sugiere tener en cuenta las tendencias de las curvas, más que las diferencias en términos de grados centígrados que puedan variar en relación con los cambios climáticos de los últimos años.

Esto sugiere que para corroborar los datos obtenidos a través de simulaciones ambientales es pertinente proponer una etapa de mediciones en un prototipo a escala en el sitio, bajo condiciones reales, con el fin de conocer los comportamientos reales y verificar la confiabilidad de las simulaciones.

Por otra parte, estos análisis sacan a la luz discusiones sobre el grado de confort en alojamientos temporales y la relación del confort con su carácter temporal, ya que, como lo menciona Ban (2008), según las Naciones Unidas, el diseño de viviendas confortables puede animar a los refugiados a instalarse de manera permanente y esto es algo que se quiere evitar; visto de otra manera, el confort puede llevar a generar sentido de apropiación por los usuarios dándole un carácter de permanente al sistema.

En este sentido, y aunque no es claro en qué medida el confort puede ser un detonante para el cambio de un sistema de alojamiento temporal a permanente, se debe aclarar que es necesario tener en cuenta el confort como una de las determinantes de diseño y que deben ofrecerse a los usuarios unas condiciones dignas que ayuden a mitigar el impacto de la pérdida del hogar y de las reubicaciones temporales.

En ese orden de ideas, es válido y útil el uso de herramientas digitales que permitan prever las condiciones ambientales reales ayudando en la toma de decisiones en el proceso de diseño, apli-

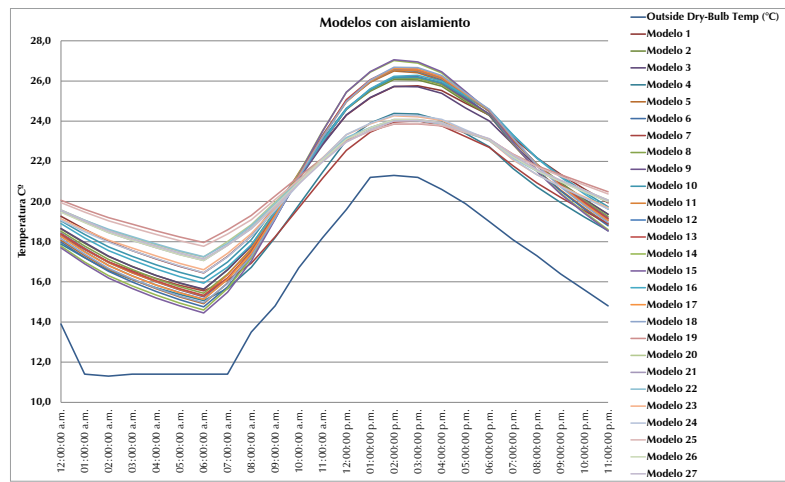


Figura 14. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con aislamiento en Bogotá

Fuente: elaboración propia.

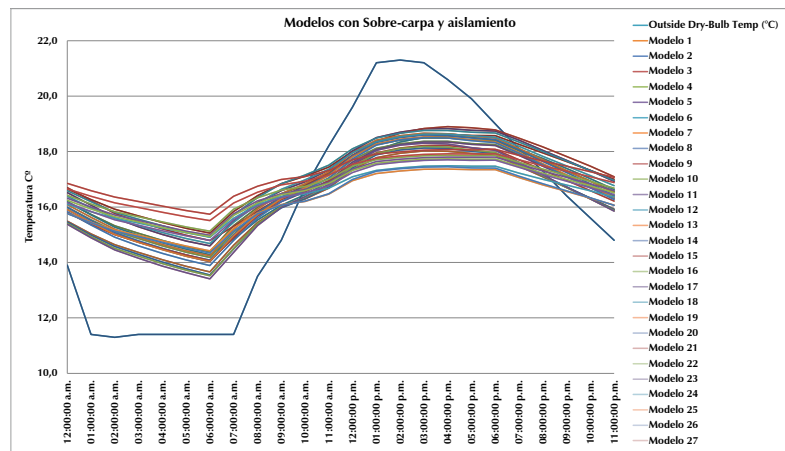


Figura 15. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con sobrecarpa y aislamiento en Bogotá

Fuente: elaboración propia.

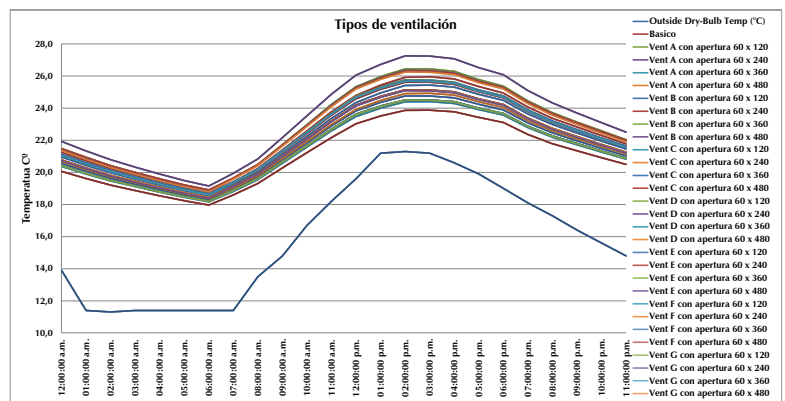


Figura 16. Resultados de las simulaciones de confort con las 27 configuraciones de materiales en el modelo con configuraciones de ventilación en Bogotá

Fuente: elaboración propia.

cado en este caso a la selección de materiales, no solo con el fin de lograr niveles de confort térmico, sino aportando a la conservación del ambiente, con procesos de bajo impacto como LCA y acordes al contexto colombiano.

CONCLUSIONES

El uso de simulaciones ambientales en este proyecto de investigación permitió realizar una selección de materiales con mejor desempeño térmico en relación con dos diversos tipos de clima—cálido y frío—, en el contexto colombiano, esto con

el fin de ofrecer confort a los usuarios del sistema de alojamiento temporal que se está diseñando.

Por otra parte, las simulaciones también permitieron comprobar cuáles de las estrategias de diseño y configuraciones de ventilación, dimensiones de aperturas y ubicación en relación con las fachadas, proporcionaron aportes en el confort térmico del sistema de alojamiento en los dos climas, mostrando la importancia de la sobrecarpa en el clima cálido y del aislamiento en el clima frío.

Asimismo, es importante resaltar la importancia, no solo de las simulaciones como una herramienta para la toma de decisiones en el proceso de diseño, sino la inclusión misma del LCA en una preselección previa, contemplando los aspectos ambientales, económicos, sociales y de desempeño ambiental que proporcionen soluciones multidimensionales acordes al contexto.

Así, la selección de materiales con bajo impacto ambiental a través de LCA, propuesta en la metodología expuesta inicialmente, y las simulaciones ambientales en la búsqueda de confort

térmico y ventilación adecuada se complementan en esta etapa, dando como resultado final materiales como guadua, fibras vegetales-lonas y fibras sintéticas para clima cálido; y aluminio y fibras vegetales-lonas para clima frío.

Es importante mencionar que, aunque se hicieron reducciones importantes de temperatura con las estrategias aplicadas a clima cálido, los rangos aún se encuentran por encima del rango de confort; por tanto, es necesario revisar otras estrategias como la inserción de ventilación nocturna, con el fin de reducir aún más las temperaturas y lograr confort térmico al interior del módulo.

Por último, la selección de materiales expuesta en este artículo requiere y da paso a una etapa de desarrollo técnico, en la medida en que se debe resolver cómo los distintos materiales seleccionados responden a las funciones de los diversos componente de edificio, complementándose y haciendo parte de un todo que es el sistema de alojamiento temporal para afectados por desastres naturales.

REFERENCIAS

- Al-Homoud, M. S. (2005). Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and Environment*, 40 (3), 353-366.
- Anderson, J., Shiers, D. y Steele, K. (2009). *The Green Guide to Specification* (Fourth edition). Great Britain: BRE and Oxford Brookes University.
- Ban, S. (2008). *Doce años de arquitectura de emergencia*. Barcelona: Actar.
- Bleil de Souza, C. (2012). Contrasting paradigms of design thinking: The building thermal simulation tool user v. the building designer. *Automation in Construction*, 22, 112-122.
- Bleil de Souza, C. (2013). Studies into the use of building thermal physics to inform design decision making. *Automation in Construction*, 30, 81-93.
- Borge, D., Colmenar, A., Mur, F. y Castro, M. (2013). Impact of passive techniques and clean conditioning systems on comfort and economic feasibility in low-cost shelters. *Energy and Buildings*, 62, 414-426.
- Briga-Sá, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H., et al. (2013). Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. *Construction and Building Materials*, 38, 155-160.
- Budaiwi, I. y Abdou, A. (2013). The impact of thermal conductivity change of moist fibrous insulation on energy performance of buildings under hot-humid conditions. *Energy and Buildings*, 60, 388-399.
- Crawford, C., Manfield, P. y McRobie, A. (2005). Assessing the thermal performance of an emergency shelter system. *Energy and Buildings*, 37 (5), 471-483.
- Design Builder Software Ltd. (2013). Design Builder Software Ltd. Recuperado de: <http://www.designbuilder.co.uk>
- EnergyPlus (2013). EnergyPlus Energy Simulation. Recuperado de: <http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus>.
- Flórez, L. y Castro-Lacouture, D. (2013). Optimization model for sustainable materials selection using objective and subjective factors. *Materials & Design*, 46, 310-321.
- Hany Abulnour, A. (2013). The post-disaster temporary dwelling: Fundamentals of provision, design and construction. *HBRC Journal*, 10 (1), 10-24.
- Jahan y Edwards. (2013). The Importance of Decision Support in Materials Selection. En Edwards, A. J. *Multi-criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design* (pp. 1-15). Boston: Butterworth-Heinemann.
- Jelle, B. P. (2011). Traditional state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities. *Energy and Buildings*, 43 (10), 2549-2563.
- Jentsch, M. F., Bahaj, A. S. y James, P. A. (2008). Climate change future proofing of buildings—Generation and assessment of building simulation weather files. *Energy and Buildings*, 40 (12), 2148-2168.
- Korjenic, A., Petránek, V., Zach, J. y Hroudová, J. (2011). Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. *Energy and Buildings*, 43 (9), 2518-2523.
- Kumar, A. y Suman, B. (January de 2013). Experimental evaluation of insulation materials for walls and roofs and their impact on indoor thermal comfort under composite climate. *Building and Environment*, 59, 635-643.
- Luciani, S. (2012). Análisis de variables para el estudio de antecedentes como aproximación metodológica para la identificación de insumos de diseño aplicado a alojamientos temporales. *Alarife* (23), 34-59.
- Luciani, S. (2013a). Análisis de antecedentes de forma y función para la identificación de criterios de diseño aplicado al diseño de alojamientos temporales. *Iconofacto*, 9 (13), 27-45.
- Luciani, S. (2013b). Metodología para la selección de materiales aplicada al diseño de alojamientos temporales. Documento de trabajo.
- Mahdjoubi, L. y Wiltshire, J. (2001). Towards a framework for evaluation of computer visual simulations in environmental design. *Design Studies*, 22 (2), 193-209.
- Papadopoulos, A. (2005). State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. *Energy and Buildings*, 37 (1), 77-86.
- Peuportier, B., Thiers, S. y Guiavarch, A. (2013). Eco-design of buildings using thermal simulation and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 39, 73-78.
- Zach, J., Hroudová, J., Brožovský, J., Krejza, Z. y Gailius, A. (2013). Development of Thermal Insulating Materials on Natural Base for Thermal Insulation Systems. *Procedia Engineering*, 57, 1288-1294.
- Zach, J., Korjenic, A., Petránek, V., Hroudová, J. y Bednarr, T. (2012). Performance evaluation and research of alternative thermal insulations based on sheep wool. *Energy and Buildings*, 49, 246-253.
- Zhou, X.-y., Zheng, F., Li, H.-g. y Lu, C.-l. (2010). An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers. *Energy and Buildings*, 42 (7), 1070-1074.



CON RESPECTO A LOS AUTORES

Para la *Revista de Arquitectura*, la postulación de un artículo indica que el o los autores certifican que conocen y aceptan la política editorial, para lo cual firmarán en original y remitirán el formato **RevArq FP00 Carta de originalidad**.

Para efectos de la autoría y coautoría de artículos se diferencian dos tipos “obra en colaboración” y “obra colectiva”. La primera es aquella cuya autoría corresponde a todos los participantes al ser fruto de su trabajo conjunto. En este caso, se requiere el consentimiento de todos ellos para su divulgación. La obra colectiva es en la que, aunque participan diversos colaboradores, hay un autor que toma la iniciativa, la coordinación y realización de dicha obra. En estos casos, la autoría correspondería a dicha persona (salvo pacto en contrario) y sería suficiente únicamente con su autorización de divulgación.

En virtud de mantener el equilibrio de las secciones y las mismas oportunidades para todos participantes, un mismo autor puede postular dos o más artículos de manera simultánea, y previa evaluación de pares, la publicación se hará en volúmenes diferentes.

Se recomienda que el número de autores por artículo no sea superior a cinco integrantes y el orden en que se enuncien corresponda a los aportes de cada uno a la construcción del texto. Si se incluyen más personas se sigue que sea en calidad de colaboradores o como parte de los agradecimientos. La *Revista de Arquitectura* respetará el orden en que figuren en el original remitido. La comunicación se establece con uno de los autores, quien a su vez será el responsable de informar a los demás colaboradores.

Una vez publicado el artículo, se envía al autor la versión impresa y digital, las cuales puede distribuir de manera libre respetando la licencia de acceso abierto y la integridad de la *Revista de Arquitectura*.

Para el caso del autoarchivo, si hay una versión previa (working paper - ‘literatura gris’ o pre-print) o una versión posterior (revisada o mejorada o post-print), el autor está en libertad de publicarlas en un sitio web o repositorios, siempre haciendo referencia a la publicación realizada en la *Revista de Arquitectura*.

ACCESO ABIERTO

La *Revista de Arquitectura*, en su misión de divulgar la investigación y apoyar el conocimiento y discusión en las campos de interés, proporciona acceso libre, inmediato e irrestricto a su contenido de manera gratuita mediante la distribución de ejemplares impresos y digitales. Los interesados pueden leer, descargar, guardar, copiar y distribuir, imprimir, usar, buscar o referenciar el texto completo de los artículos o de la totalidad de la *Revista de Arquitectura*.

Esta revista se acoge una licencia Creative Commons (CC) de Atribución – No comercial – Compartir igual, 4.0 Internacional: “El material creado puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original”.



Para más información: <http://co.creativecommons.org/tipos-de-licencias/>

Las licencias CC se basan en el principio de la libertad creativa con fines académicos, científicos, culturales. Las licencias CC complementan el derecho de autor sin oponerse a este.

La *Revista de Arquitectura* es divulgada en centros y grupos de investigación, en bibliotecas y universidades y en las principales facultades de arquitectura, mediante suscripción anual o canje, este último se formaliza mediante el formato **RevArq FP20 Canjes**.

Para aumentar su visibilidad e impacto de los artículos, se envían a bases de datos y sistemas de indexación y resumen (SIR) y asimismo pueden ser consultados y descargados en la página web de la revista.

PRINCIPIOS ÉTICOS Y BUENAS PRÁCTICAS

La *Revista de Arquitectura* no tiene tarifa por procesamiento de artículos ni costos asociados al valor de página publicada.

Los artículos publicados en la *Revista de Arquitectura* son sometidos al cumplimiento de los principios éticos contenidos en las diferentes declaraciones y legislaciones sobre propiedad intelectual y derechos de autor específicos del país donde se realizó la investigación. En consecuencia, los autores de los artículos aceptados para publicar y que presentan resultados de investigaciones, deben firmar la declaración de originalidad, de cesión de derechos y de cumplimiento total de los principios éticos y las legislaciones específicas.

La *Revista de Arquitectura* se guía por las normas internacionales sobre propiedad intelectual y derechos de autor, y de manera particular el artículo 58 de la Constitución Política de Colombia, la Ley 23 de 1982 y el Acuerdo 172 del 30 de Septiembre de 2010 (Reglamento de propiedad intelectual de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA).

Los autores, el editor, los miembros de los comités y los pares deben seguir las normas éticas internacionales (<http://publicationethics.org>) con el fin de evitar casos de fabricación, falsificación, omisión de datos y plagio.

La fabricación de resultados se ocasiona al mostrar datos inventados por los autores; la falsificación resulta cuando los datos son manipulados y cambiados a capricho de los autores; la omisión se origina cuando los autores ocultan deliberadamente un hecho o dato, y el plagio cuando un autor presenta como ideas propias, datos creados por otros. Los casos de plagio son los siguientes: copia directa de un texto sin entremillar o citar la fuente, modificación de algunas palabras del texto, paráfrasis y falta de agradecimientos. La revista se apoya en herramientas que detectan cualquiera de estos casos en los artículos postulados.

Una vez constatadas la *Revista de Arquitectura* podrá hacer públicas las malas prácticas científicas como plagio, falsificación o invención de datos, apropiación individual de autoría colectiva y publicación duplicada por parte del autor o los autores. El autor quedará impedido para postular artículos por dos años.

MANEJO DE LA INFORMACIÓN Y PRIVACIDAD HABEAS DATA

Para dar cumplimiento a lo previsto en el artículo 10 del Decreto 1377 de 2013, reglamentario de la Ley 1581 de 2012 y según el Acuerdo 002 del 4 de septiembre de 2013 de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, “por el cual se aprueba el manual de políticas de tratamiento de datos personales”

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, considerada como responsable y/o encargada del tratamiento de datos personales, manifiesta que los datos personales de los autores, integrantes de los comités y pares evaluadores, se encuentran incluidos en nuestras bases de datos; por lo anterior y en cumplimiento de las disposiciones legales vigentes, la Universidad solicitará siempre su autorización, para que en desarrollo de sus funciones propias como Institución de Educación Superior, en especial las relacionadas con la docencia, la extensión y la investigación, la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA pueda recolectar, recaudar, almacenar, usar, circular, suprimir, procesar, intercambiar, compilar, dar tratamiento, actualizar, transmitir y/o transferir a terceros países y disponer de los datos que le ha suministrado y que han sido incorporados en las bases de datos de todo tipo que reposan en la Universidad.

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA queda autorizada, de manera expresa e inequívoca, en los términos señalados por el Decreto 1377 de 2013, para mantener y manejar la información de nuestros colaboradores (autores, integrantes de los diferentes comités y pares evaluadores), así mismo los colaboradores podrán ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir sus datos personales, para lo cual se han dispuesto las siguientes cuentas de correo electrónico:

contacto@ucatolica.edu.co y revistadearquitectura@ucatolica.edu.co

La *Revista de Arquitectura* recibe de manera permanente artículos y los periodos de publicación son enero-diciembre de cada año. A medida que se van artículos recibiendo artículos se procesan.

El idioma principal es el español y como opcionales están definidos el inglés y el portugués; los textos pueden ser escritos y presentados en cualquiera de estos idiomas.

Los artículos postulados deben corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación, ser originales e inéditos y sus contenidos responder a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Como punto de referencia se pueden tomar las tipologías y definiciones del Índice Bibliográfico Nacional, Publindex, para los artículos tipo 1, 2 y 3 que se describen la continuación:

1) Artículo de investigación científica y tecnológica: documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

A INSTRUCCIONES PARA POSTULAR ARTÍCULOS

Presentar el artículo mediante comunicación escrita dirigida al Editor de la *Revista de Arquitectura* (RevArq FP00 Carta de originalidad)¹, en soporte digital debidamente firmada y una copia impresa (si es local o escaneada), adjuntando hoja de vida del autor (diligenciar el formato RevArq FP01 Hoja de Vida). En la comunicación escrita el autor debe expresar, que conoce y acepta la política editorial de la *Revista de Arquitectura*, que el artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales y que -de ser aceptado- cede todos los derechos de reproducción y distribución del artículo a la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA como editora de la revista.

Los artículos deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En la primera página del documento se debe incluir

TÍTULO: en español e inglés y no exceder 15 palabras.

SUBTÍTULO: opcional, complementa el título o indica las principales subdivisiones del texto.

DATOS DEL AUTOR O AUTORES: nombres y apellidos completos, filiación institucional (Si el artículo tiene patrocinio, financiación o apoyo de una institución o entidad). Como nota al pie (máximo 150 palabras): formación académica, experiencia profesional e investigativa, vinculación laboral, premios o reconocimientos, publicaciones representativas e información de contacto correo electrónico, dirección postal o número telefónico.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: en la introducción describir el tipo de artículo y brevemente el marco investigativo del cual es resultado y diligenciar el formato (RevArq FP02 Info Proyectos de Investigación)

RESUMEN: debe ser analítico, se redacta en un solo párrafo, da cuenta del tema, el objetivo, la metodología, los puntos centrales y las conclusiones, no debe exceder las 150 palabras y se presenta en español e inglés (Abstract).

PALABRAS CLAVE: cinco palabras o grupo de palabras, ordenadas alfabéticamente y que no se encuentren en el título o subtítulo, deben presentarse en español e inglés (Key words), estas sirven para clasificar temáticamente al artículo. Se recomienda emplear principalmente palabras definidas en el tesoro de la Unesco <http://databases.unesco.org/thesp/> o en el tesoro de Arte & Arquitectura © www.aatespanol.cl

- La segunda página y siguientes deben tener en cuenta estas recomendaciones:

El cuerpo del artículo generalmente se divide en: *Introducción, Metodología, Desarrollo, Resultados y Discusión*, y finalmente *Conclusiones*, luego se presentan las *Referencias bibliográficas, Tablas, Leyendas de las Figuras y Anexos*.

TEXTO: Todas las páginas deben venir numeradas y con el título de artículo en la parte inferior (pie de página). Márgenes de 3 cm por todos los lados, interlineado doble, fuente, Arial o Times New Roman de 12 puntos, texto justificado. La extensión de los artículos debe estar alrededor de 5.000 palabras (±20 páginas, incluyendo gráficos, tablas, etc.); como mínimo 3.500 y máximo 9.000 palabras. Se debe seguir el estilo vigente y recomendado en el Manual para Publicación de la Asociación Americana de Psicología (APA). (Para mayor información <http://www.apastyle.org>).

CITAS Y NOTAS AL PIE: las notas aclaratorias o notas al pie no deben exceder cinco líneas o 40 palabras, de lo contrario estas deben ser incorporadas al texto general. Las citas pueden ser:

Corta (con menos de 40 palabras) se incorporan al texto y pueden ser: textuales (se encierran entre dobles comillas), paráfraseo o resumen (se escriben en palabras del autor dentro del texto).

Cita textual extensa (mayor de 40 palabras) debe ser dispuesta en un renglón y un bloque independiente con sangrías y omitiendo las comillas, no olvidar en ningún caso la referencia del autor (Apellido, año, p. 00).

REFERENCIAS: como modelo para la construcción de referencias se emplea el siguiente:

¹ Todos los formatos, ayudas e instrucciones más detalladas se encuentran disponibles en la página web de la *Revista de Arquitectura*. www.ucatolica.edu.co

2) Artículo de reflexión: documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo fuentes originales.

3) Artículo de revisión: documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

También se pueden presentar otro tipo de documentos diferentes a los anteriormente descritos como pueden ser: artículo corto, reporte de caso, revisión de tema, documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular, cartas al editor, traducción, documento de reflexión no derivado de investigación, reseña bibliográfica así como proyectos de arquitectura o urbanismo, entre otros.

Libro

Autor -Apellidos-, A.A.-Nombres- (año de la publicación). *Título de la obra*. (Edición). Ciudad, País: Editorial.

Capítulo de un libro

Autor, A.A., & Autor, B.B. (Año de la publicación). Título del capítulo. En A.A. Editor & B.B. Editor (eds.), *Título del libro* (páginas del capítulo). Ciudad: Editorial.

Publicación seriada (Revista)

Autor, A.A., Autor, B.B., & Autor, C.C. (Año de la publicación, incluya el mes y día de la publicación para publicaciones diarias, semanales o mensuales). Título del artículo. *Título de la revista, diario, semanario, Volumen, (número)*, páginas.

Leyes, decretos, resoluciones, etc.

Ley, decreto, resolución, etc., número (Año de la publicación, incluya el mes y día de la publicación). *Título de la ley, decreto, resolución, etc.* Título de la publicación oficialmente. Ciudad, País

Artículo que se encuentra en una revista publicada en Internet

Autor, A.A. & Autor, B.B. (año, si se encuentra). *Título del artículo. Título de la revista, volumen, (número)*. Recuperado de URL.

SIGLAS: en el caso de emplear siglas en el texto, cuadros, gráficos y/o fotografías, se deben proporcionar las equivalencias completas de cada una de ellas la primera vez que se empleen y encerrarlas entre corchetes []. En el caso de citar personajes reconocidos se deben colocar nombres y/o apellidos completos, nunca emplear abreviaturas.

GRÁFICOS Y TABLAS: las figuras (gráficos, diagramas, ilustraciones, planos, mapas o fotografías) y las tablas deben contener número, título o leyenda explicativa relacionada con el tema del artículo que no exceda las 15 palabras (Figura 01 xxxxx, Tabla 01 xxxx, etc.) y la procedencia (autor y/o fuente, año, p. 00). Estos se deben incluir en el texto y se deben citar de forma directa o entre paréntesis; se recomienda hacerlo mediante referencias cruzadas.

También se deben entregar en medio digital independiente del texto en formatos editables o abiertos. La numeración debe corresponder a la posición en el texto y según la extensión del artículo se deben incluir de 5 a 10 gráficos

El autor es el responsable de adquirir los derechos y/o las autorizaciones de reproducción a que haya lugar, para imágenes y/o gráficos tomados de otras fuentes, así como de entrevistas o material generado por colaboradores diferentes a los autores.

FOTOGRAFÍA: pueden ser entregadas en original para ser digitalizadas, de lo contrario se deben digitalizar con una resolución igual o superior a 300 dpi para imágenes a color y 600 para escala de grises. Los formatos de las imágenes pueden ser TIFF, PSD o JPG y deben cumplir con características expresadas en el punto anterior (gráficos)

PLANIMETRÍA: se debe entregar la planimetría original en medio digital en lo posible en formato CAD y sus respectivos archivos de plumas o en PDF, de no ser posible se deben hacer impresiones en tamaño carta con las referencias de los espacios mediante numeración y lista adjunta. Deben tener escala gráfica, escala numérica, norte, coordenadas y localización. En lo posible no se deben textos, achurados o tramas.

Para más detalles, consultar el documento RevArq Parámetros para Autores Descripción en el portal web de la *Revista de Arquitectura* (www.ucatolica.edu.co).

BENEFICIOS

Como reconocimiento a los autores, se les hará envío postal de tres (3) ejemplares de la edición impresa sin ningún costo y entregada en la dirección consignada en el formato de hoja de vida (RevArq FP01), adicionalmente se les enviará el vínculo para la descarga de la versión digital. También se enviará una constancia informativa en la que se relaciona la publicación del artículo y de manera opcional se puede detallar las fechas del proceso editorial y el arbitraje realizado.

La selección de pares evaluadores se realiza de acuerdo a los siguientes criterios:

- Afinidad temática
- Formación académica
- Experiencia investigativa y profesional
- Producción editorial en revistas similares y/o en libros resultado de investigación.

El proceso de arbitraje se basa en los principios de equidad e imparcialidad y en los criterios de calidad y pertinencia.

El desarrollo de la evaluación se realiza según el formato **RevArq FP10** Evaluación de artículos calidad y las observaciones que el par considere necesarias en el cuerpo del artículo. En cualquiera de los conceptos que emita el par (aceptar, aceptar con modificaciones o rechazar) y como parte de la labor formativa y de comunidad académica, el par expondrá sugerencias para mejorar el documento. El par evaluador podrá solicitar una nueva relectura del artículo después de los ajustes realizados por el autor.

El par también deberá diligenciar el formato **RevArq FP01** Hoja de Vida, con el fin de certificar y soportar el proceso de evaluación ante los SIR que así lo soliciten.

En el proceso de arbitraje se emplea el método doble ciego, los nombres de evaluador no serán conocidos por el autor y viceversa. Con el fin de garantizar el anonimato del autor, al artículo postulado se le han podido suprimir nombres, instituciones y/o imágenes que puedan ser asociadas de manera directa al autor.

Aunque se procura el anonimato, una vez recibida la invitación a evaluar el artículo, el par debe cerciorarse que no exista conflicto de intereses o alguna limitante que afecte la evaluación o que pueda ser vista como tal, (lazos familiares, amistad o enemistad, vínculos contractuales o laborales, posiciones éticas, etc), de presentarse esta situación se notificará al editor.

Dada la confidencialidad del proceso de evaluación y considerando los derechos autor y de propiedad intelectual que pueda haber sobre el material que se entrega, el evaluador se compromete a mantener en absoluta reserva su labor, a limitar el uso de la obra entregada solo para el propósito de evaluación y a devolver la documentación que se le remite una vez realizada la evaluación.

El tiempo establecido para las evaluaciones es de máximo un (1) mes a partir de la confirmación de la recepción de la documentación. Ese plazo podrá ser modificado de mutuo acuerdo entre el editor y el par, siempre cuando no afecte la periodicidad de la revista, la impresión y/o el tiempo para emitir una respuesta al autor.

BENEFICIOS

Como retribución a los pares evaluadores, se les hará envío postal de un (1) ejemplar de la edición impresa sin ningún costo y entregada en la dirección consignada en el formato de hoja de vida. También si es de interés para el par, podrá hacer la solicitud de alguna de las publicaciones editadas y presentes en el catálogo de publicaciones de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, previa aprobación de la Editorial y sujeto a la disponibilidad.

Si lo desea tendrá derecho a solicitar una constancia de la colaboración en la evaluación de artículos, la cual solo contendrá el periodo en el cual se realizó la evaluación. También tendrá la posibilidad de aceptar o no la publicación de su nombre, nacionalidad y nivel máximo de formación en la página web de la *Revista de Arquitectura* en su calidad de colaborador.

El Comité Editorial de la *Revista de Arquitectura* es la instancia que decide la aceptación de los artículos postulados, el editor selecciona y clasifica solo los artículos que cumplan con los requisitos establecidos en las instrucciones para los autores.

Todos los artículos se someterán a un primer dictamen del Comité Editorial, el editor y de los editores de sección, teniendo en cuenta:

- Afinidad temática, relevancia del tema y correspondencia con las secciones definidas.
- Respaldo investigativo.

En caso de que los artículos requieran ajustes preliminares, este será devuelto al autor antes de ser remitidos a pares. En este caso el autor tendrá 15 días para remitir nuevamente el texto con los ajustes solicitados.

Después de la preselección se asignan mínimo dos pares evaluadores internos y/o externos especializados quienes emitirán su concepto utilizando el formato **RevArq FP10** Evaluación de artículos calidad, se garantiza la confidencialidad y anonimato de autores y árbitros (modalidad doble ciego).

Del proceso de arbitraje se emite uno de los siguientes conceptos que son reportados al autor:

- (AA) *Aceptar el artículo sin observaciones.*
- (AM) *Aceptar el artículo con modificaciones:* se podrá sugerir la forma más adecuada para una nueva presentación y se adjuntará la síntesis de los conceptos emitidos por los pares, el autor puede o no aceptar las observaciones según sus argumentos. Si las acepta, cuenta con quince (15) días para realizar los ajustes pertinentes.
- (RA) *Rechazar el artículo:* en este caso se entregará al autor un comunicado exponiendo las razones por las cuales se rechaza. En este caso, el autor puede volver a postular el artículo e iniciar nuevamente el proceso de arbitraje, siempre y cuando se evidencien los ajustes correspondientes.

En el caso de presentarse diferencias sustanciales y contradictorias en los conceptos de evaluación, el editor remitirá el artículo a un evaluador más o un miembro del Comité Editorial podrá asumir la tarea de actuar como el tercer árbitro, esto con el fin de tomar una decisión sobre la publicación del artículo.

El Comité Editorial se reserva el derecho de aceptar o no la publicación del material recibido. También se reserva el derecho de sugerir modificaciones de forma, ajustar las palabras clave o el resumen y de someterlo a corrección de estilo.

Cuando un artículo es aceptado para su publicación, los derechos de reproducción y divulgación son de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, lo cual se formaliza mediante la firma de la autorización de reproducción **RevArq FP03** Autorización reproducción artículo. Esta autorización de uso no es exclusiva

NOTAS ACLARATORIAS

Aunque la recepción del material se notificará por correo electrónico en un plazo máximo de (8) ocho días, los procesos de evaluación, arbitraje, edición y publicación pueden tener un plazo máximo de (12) doce meses. A petición del autor, el editor informará sobre el estado del proceso editorial del artículo.

El editor de la *Revista de Arquitectura* es el encargado de establecer contacto entre los autores, árbitros, evaluadores y correctores, ya que estos procesos se realizan de manera anónima.

La *Revista de Arquitectura* publica un número limitado de artículos por volumen y busca el equilibrio entre las secciones, motivo por el cual aunque un artículo sea aceptado podrá quedar aplazado para ser publicado en una próxima edición, en este caso el autor estará en la posibilidad de retirar la postulación del artículo o de incluirlo en el banco de artículos del próximo volumen.

PÁG. 6 ● LOS USOS Y LA APROPIACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA DEMOCRACIA
USES AND SPACE APPROPRIATION OF PUBLIC SPACE FOR THE DEMOCRACY BUILD-UP ABSTRACT
PABLO PÁRAMO, ANDREA MILENA BURBANO

PÁG. 16 ● CIUDAD Y COMPROMISO CIUDADANO EN LA HISTORIA DE OCCIDENTE
CITY AND CITIZEN COMMITMENT IN WESTERN HISTORY
CARLOS ARTURO OSPINA HERNÁNDEZ

PÁG. 26 ● CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE APRENDIZAJE A PARTIR DE LABORATORIOS DE DISEÑO CON ÉNFASIS EN FACTORES SOCIALES
CHARACTERIZATION OF THE LEARNING MODEL BASED ON DESIGN LABORATORIES WITH AN EMPHASIS ON SOCIAL FACTORS
ÁLVARO JAVIER BOLAÑOS PALACIOS,
FABIÁN ADOLFO AGUILERA MARTÍNEZ

PÁG. 38 ● ANÁLISIS URBANO Y FORMAL DEL EDIFICIO MIGUEL DE AGUINAGA
URBAN AND FORMAL ANALYSIS OF MIGUEL DE AGUINAGA BUILDING
FELIPE VILLA MONTOYA, LEONARDO CORREA VELÁSQUEZ

PÁG. 48 ● VIVIENDAS DE EMERGENCIA EN URUGUAY
EMERGENCY HOUSING IN URUGUAY
JUAN JOSÉ FONTANA CABEZAS, PABLO GUSTAVO LAURINO
CASTIGLIONI, MARÍA VIRGINIA VILA RIVERO, LETICIA ANDREA BOTTI
AZAMBUYA

PÁG. 58 ● CUESTIONES DE MÉTODO CREATIVO
METAMORFOSIS Y CONCIENCIA MATERIAL EN LOS PROCESOS CREATIVOS EN ARQUITECTURA
CREATIVE METHOD MATTERS
METAMORPHOSIS AND MATERIAL CONSCIOUSNESS IN THE CREATIVE PROCESSES IN ARCHITECTURE
CARLOS IVÁN RUEDA PLATA

PÁG. 68 ● CRÍTICA SISTÉMICA
UN ENFOQUE HERMENÉUTICO DEL FENÓMENO ARQUITECTÓNICO
SYSTEMIC CRITICISM - AN HERMENEUTICAL STANDPOINT OF THE ARCHITECTURAL PHENOMENON
ESKA ELENA SOLANO MENESES

PÁG. 77 ● TRADUCCIÓN DEL DISEÑO CONCURRENTENTE AL PROYECTO DE ARQUITECTURA
TRANSLATION OF THE CONCURRENT DESIGN TO THE ARCHITECTURE PROJECT
LUIS ÁLVARO FLÓREZ MILLÁN, JAIRO HERNÁN OVALLE GARAY,
LEONEL AUGUSTO FORERO LA ROTTA

PÁG. 86 ● EFICIENCIA DE ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO EN CLIMA CÁLIDO SECO
EFFICIENCY OF PASSIVE COOLING STRATEGIES IN HOT DRY WEATHER
LUIS CARLOS HERRERA SOSA

PÁG. 96 ● SIMULACIONES AMBIENTALES PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES EN DISEÑO DE ALOJAMIENTOS TEMPORALES EN CLIMAS TROPICALES
ENVIRONMENTAL SIMULATIONS FOR MATERIAL SELECTION IN TEMPORARY HOUSING DESIGN IN TROPICAL WEATHER CONDITIONS
SARA LUCIANI M.

PÁG. 105 ● A INFLUÊNCIA DAS PRATELEIRAS DE LUZ NO APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL SOB OBSTRUÇÃO EXTERNA
THE INFLUENCE OF LIGHT SHELVES IN THE HIGH-PERFORMANCE USE OF NATURAL LIGHT UNDER EXTERNAL OBSTRUCTION
RICARDO NACARI MAIOLI, MARIANI DAN TAUFNER,
CRISTINA ENGEL DE ALVAREZ

PÁG. 114 ● LA HABITABILIDAD COMO VARIABLE DE DISEÑO DE EDIFICACIONES ORIENTADAS A LA SOSTENIBILIDAD
HABITABILITY AS DESIGN VARIABLE OF BUILDINGS HEADING TOWARDS SUSTAINABILITY
ROLANDO ARTURO CUBILLOS GONZÁLEZ, JOHANNA TRUJILLO,
OSCAR ALFONSO CORTÉS CELY, CLAUDIA MILENA RODRÍGUEZ
ÁLVAREZ, MAYERLY ROSA VILLAR LOZANO

PÁG. 126 ● LA SOSTENIBILIDAD DE LA VIVIENDA TRADICIONAL: UNA REVISIÓN DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN EN EL MUNDO
TRADITIONAL HOUSING SUSTAINABILITY: A REVIEW OF THE STATE OF THE ART IN THE WORLD
RIGOBERTO LÁRRAGA LARA, MIGUEL AGUILAR ROBLEDO,
HUMBERTO REYES HERNÁNDEZ, JAVIER FORTANELLI MARTÍNEZ

PÁG. 134 ● 5º CONCURSO DE DISEÑO EN ACERO PARA ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA EN COLOMBIA - 2014
SEGUNDO PUESTO. MEMORIA
5TH STEEL DESIGN ARCHITECTURE STUDENT COMPETITION IN COLOMBIA - 2014
DIEGO ALEJANDRO MORA CASAS, JUAN CAMILO RINCÓN PULIDO,
STEVEN GONZÁLEZ ZABALA, LUCAS PARDO MORA

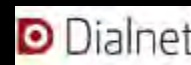
CULTURA Y ESPACIO URBANO
CULTURE AND URBAN SPACE

PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO
ARCHITECTURAL AND URBAN PROJECT

TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD
TECHNOLOGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY

DESDE LA FACULTAD
FROM THE FACULTY

La Revista de Arquitectura es arbitrada e indexada y está presente en:



REVISTA DE ARQUITECTURA - UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

