

ISSN 2531-2162

Volumen 3, Número 10 — Octubre — Diciembre — 2019

Revista de Arquitectura y Diseño



ECORFAN- Spain

Editora en Jefe

JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

REYES-VILLO, Angélica. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Arquitectura y Diseño,

Volumen 3, Número 10, de Octubre a Diciembre - 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. 38 Matacerquillas, CP-28411. Morlzarzal-Madrid-España. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD. ISSN: 2531-2162. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNASOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre del 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Revista de Arquitectura y Diseño

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Humanidades y Ciencias de la Conducta, en las Subdisciplinas de arquitectura internacional, innovación tecnológica en la arquitectura, diseño industrial, técnicas de diseño empresarial, diseño multimedia, diseño publicitario, diseño de sistemas web, arquitectura residencial.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Arquitectura y Diseño es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Spain, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de arquitectura internacional, innovación tecnológica en la arquitectura, diseño industrial, técnicas de diseño empresarial, diseño multimedia, diseño publicitario, diseño de sistemas web, arquitectura residencial con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

MOLAR - OROZCO, María Eugenia. PhD
Universidad Politécnica de Catalunya

GARCIA, Silvia. PhD
Universidad Agraria del Ecuador

MONTERO - PANTOJA, Carlos. PhD
Universidad de Valladolid

MARTINEZ - LICONA, José Francisco. PhD
University of Lehman College

ARELLANEZ - HERNÁNDEZ, Jorge Luis. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

HERNANDEZ-PADILLA, Juan Alberto. PhD
Universidad de Oviedo

MERCADO - IBARRA, Santa Magdalena. PhD
Universidad de Barcelona

OROZCO - RAMIREZ, Luz Adriana. PhD
Universidad de Sevilla

BOJÓRQUEZ - MORALES, Gonzalo. PhD
Universidad de Colima

SANTOYO, Carlos. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

Comité Arbitral

GARCÍA - Y BARRAGÁN, Luis Felipe. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

VILLALOBOS - ALONZO, María de los Ángeles. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ROMÁN - KALISCH, Manuel Arturo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CHAVEZ - GONZALEZ, Guadalupe. PhD
Universidad Autónoma de Nuevo León

DE LA MORA - ESPINOSA, Rosa Imelda. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

GARCÍA - VILLANUEVA, Jorge. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CORTÉS - DILLANES, Yolanda Emperatriz. PhD
Centro Eleia

FIGUEROA - DÍAZ, María Elena. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

DELGADO - CAMPOS, Genaro Javier. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

LINDOR, Moïse. PhD
El Colegio de Tlaxcala

PADILLA - CASTRO, Laura. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Arquitectura y Diseño emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Arquitectura internacional, innovación tecnológica en la arquitectura, diseño industrial, técnicas de diseño empresarial, diseño multimedia, diseño publicitario, diseño de sistemas web, arquitectura residencial y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

En el primer artículo presentamos *Determinación de horarios de aberturas en una vivienda de construcción masiva para su corrección térmica interior*, por DIAZ-SALAZAR, Arlees Ysrael, OJEDA-SANCHEZ, Jorge Armando y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo, como segundo artículo presentamos *Desempeño térmico de un espacio habitable con ventilación modo mixto. Diferentes condiciones volumétricas y diferentes condiciones térmico ambientales en el Estado de Guanajuato. México*, por VÁZQUEZ-TORRES, Claudia Eréndira, GÓMEZ-AMADOR, Adolfo y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos con adscripción en la Universidad de Colima, como tercer artículo presentamos *Comportamiento Térmico de fachada ventilada opaca en clima cálido seco extremo*, por SOTELO-SALAS, Cristina, ESPARZA-LÓPEZ, Carlos Javier y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos con adscripción en la Universidad de Colima, como cuarto artículo presentamos *Análisis de confort térmico de la vivienda en valle de San Pedro durante el periodo frío por medio de simulación*, por CAMACHO-IXTA, Ixchel Astrid, SAHAGUN-VALENZUELA, Miguel I., DELGADO-RENDON, Rene y PÉREZ-LLERENA, Ma. Teresa con adscripción en la Universidad Autónoma de Baja California.

Contenido

Artículo	Página
Determinación de horarios de aberturas en una vivienda de construcción masiva para su corrección térmica interior DIAZ-SALAZAR, Arlees Ysrael, OJEDA-SANCHEZ, Jorge Armando y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo	1-10
Desempeño térmico de un espacio habitable con ventilación modo mixto. Diferentes condiciones volumétricas y diferentes condiciones térmico ambientales en el Estado de Guanajuato. México VÁZQUEZ-TORRES, Claudia Eréndira, GÓMEZ-AMADOR, Adolfo y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos <i>Universidad de Colima</i>	11-19
Comportamiento Térmico de fachada ventilada opaca en clima cálido seco extremo SOTELO-SALAS, Cristina, ESPARZA-LÓPEZ, Carlos Javier y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos <i>Universidad de Colima</i>	20-28
Análisis de confort térmico de la vivienda en valle de San Pedro durante el periodo frío por medio de simulación CAMACHO-IXTA, Ixchel Astrid, SAHAGUN-VALENZUELA, Miguel I., DELGADO-RENDON, Rene y PÉREZ-LLERENA, Ma. Teresa <i>Universidad Autónoma de Baja California</i>	29-33

Determinación de horarios de aberturas en una vivienda de construcción masiva para su corrección térmica interior

Determination of opening schedules in massive construction housing for interior thermal correction

DIAZ-SALAZAR, Arlees Ysrael†*, OJEDA-SANCHEZ, Jorge Armando y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo

ID 1^{er} Autor: *Arlees Ysrael, Diaz-Salazar* / ORC ID: 0000-003-4278-0597, Researcher ID Thomson: G-8094-2018, CVU CONACYT ID: 490740

ID 1^{er} Coautor: *Jorge Armando, Ojeda-Sanchez* / ORC ID: 0000-0002-5026-5459, Researcher ID Thomson: O-4381-2017, CVU CONACYT ID: 169799

ID 2^{do} Coautor: *Gonzalo, Bojórquez-Morales* / ORC ID: 0000-0001-9303-9278, Researcher ID Thomson: C-8687-2018, CVU CONACYT ID: 79645

DOI: 10.35429/JAD.2019.10.3.1.10

Recibido 21 de Octubre, 2019; Aceptado 15 de Diciembre, 2019

Resumen

Actualmente la elección de modelos de construcción masiva es la alternativa con mayor recurrencia para adquirir una vivienda en clima cálido húmedo en México, sin embargo, gran parte de esta no se encuentra climáticamente adaptada y ocasiona incomodidad térmica en el usuario a causa del ambiente interior generado como respuesta de las características de su envolvente arquitectónica. Para corregir en breve tiempo el efecto de incomodidad térmica, el usuario generalmente recurre a soluciones de climatización mecanizada como ventiladores o aires acondicionados. Se propuso el empleo de horarios de aberturas en la envolvente arquitectónica en un clima cálido húmedo, principalmente en ventanas, como estrategia de corrección del ambiente térmico interior, por considerar sus ventajas como la aplicación inmediata y fácil implementación, en contraste con alguna modificación arquitectónica o física de la vivienda. Se efectuaron mediciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa en un modelo de vivienda de construcción masiva para determinar su comportamiento térmico en el mes más caluroso del año. Posteriormente se realizaron simulaciones con EnergyPlus para determinar horarios de abertura que fueran adecuados y corregir el ambiente térmico por prolongar las horas de confort interior al compararlos con el comportamiento termico interior original de la envolvente.

Desempeño térmico, Cálido húmedo, Simulación

Abstract

Currently the choice of massive construction models is the alternative with greater recurrence to acquire a house in warm humid climate in Mexico, however, much of this is not adapted to its climatic environment and causes thermal discomfort in the user because of the internal environment generated as response of the characteristics of its architectural envelope. To correct in a short time the effect of thermal discomfort, the user usually employs mechanized climatizations solutions such as fans or air conditioners. It was proposed the use of schedule for opening hours in the architectural envelope in a warm humid climate, mainly in windows, as a strategy to correct the internal thermal environment, considering its advantages as the immediate application and easy implementation, in contrast to some architectural or physical modification of the envelope. Dry bulb temperature and relative humidity measurements were made in a massive construction model to determine its thermal performance in the hottest month of the year. Subsequently, simulations were made with EnergyPlus to determine suitable opening times to correct the thermal environment by prolonging the hours of interior comfort when compared with the original interior thermal performance of the envelope.

Thermal performance, Warm humid climate, Simulation

Citación: DIAZ-SALAZAR, Arlees Ysrael, OJEDA-SANCHEZ, Jorge Armando y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo. Determinación de horarios de aberturas en una vivienda de construcción masiva para su corrección térmica interior. Revista de Arquitectura y Diseño. 2019, 3-10: 1-10

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: arleesdiaz@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El presente artículo se desarrolla en la temática de la arquitectura bioclimática y la adaptación al clima de la envolvente arquitectónica, y tiene por objetivo la determinación de mejoras de ambientes térmicos interiores mediante la implementación de la estrategia pasiva del horario de aberturas, principalmente ventanas, para beneficio del usuario de vivienda de construcción masiva.

La investigación aporta resultados y conocimiento al campo de la adecuación bioclimática de la envolvente arquitectónica, y la contribución es la determinación de un horario de aberturas adecuado que conlleva a una mejora en el ambiente térmico interior en el mes de mayor calor en clima cálido húmedo en Mérida, Yucatán, México.

Inicialmente se considera que un criterio para adaptar bioclimáticamente la envolvente arquitectónica, es el conocimiento de las características de los materiales ante el clima y el efecto en las condiciones de temperatura y humedad interiores que pueden ser generadas. Sin embargo, gran parte de la vivienda construida en serie, ya edificada, no se encuentra climáticamente adaptada y ocasiona incomodidad térmica en el usuario a causa del ambiente interior generado como respuesta de las características de su envolvente arquitectónica, en consecuencia, es necesario recurrir a correcciones de fácil implementación como medio para alcanzar resultados inmediatos.

Adicionalmente, el usuario no siempre puede recurrir a soluciones de climatización mecanizada como ventiladores o aires acondicionados para lograr rápidamente la mejora. Por lo tanto, la estrategia pasiva de recurrir a un horario de aberturas específico, se propone como una alternativa viable con resultados inmediatos.

En modelos de vivienda de construcción masiva en la ciudad de Mérida, Yucatán, durante la mayor parte del día predomina la falta de confort por calor en el interior de la vivienda, lo cual se debe a las condiciones de elevado calor y humedad de la envolvente arquitectónica durante las horas de sol, y liberación durante la noche, efecto de la masa térmica del sistema constructivo utilizado.

Por lo anterior, resulta necesario estudiar posibilidades de mejoramiento de las condiciones térmicas del ambiente interior de modelos de vivienda para determinar soluciones requeridas en el replanteamiento, corrección y optimización de dichos modelos y acercar o mantener sus condiciones térmicas interiores durante más tiempo en la zona de confort.

La afectación de los ambientes térmicos interiores en la envolvente construida a causa de su comportamiento térmico y materiales, puede ser corregida con el empleo de la estrategia de ventilación natural y por métodos pasivos. En envolventes de vivienda de construcción masiva, el mejoramiento de la condición interior puede lograrse mediante el control de la abertura de ventanas y permitir flujo de aire al interior.

Para el clima cálido húmedo y sobre todo durante su período más caluroso, la abertura indiscriminada podría no ser suficiente para satisfacer necesidades de confort térmico en los espacios interiores de la vivienda, por lo que emplear la estrategia de ventilación al interior mediante la selección y determinación de un horario de aberturas resulta una herramienta adecuada para mejoramiento de las condiciones térmicas interiores, y un indicador mediante el que se pueda discriminar el uso de sistemas mecánicos de climatización como elemento complementario.

El análisis del horario de aberturas de ventanas puede realizarse mediante el programa de computadora EnergyPlus, que con parámetros de ventilación dados, se determina la apertura de ventanas en un edificio como una estrategia de control mediante el módulo de administración de sistemas de energía, donde se puede incluir la ventilación natural, mecánica o mixta (Berkeley et al., 2017).

De tal manera que dicha herramienta de análisis energético para edificios, permite definir parámetros de diseño específicos, a partir de implementar programación del consumo y comportamiento de los usuarios de dicho edificio, en algunos casos mediante modelos estadísticos del consumo de los usuarios de dicho edificio (Yao, 2018).

Como ejemplo Belleri et al., 2014, analizaron la ventilación natural de un edificio de oficinas a partir de un estudio de campo mediante el registro del uso de ventanas por los ocupantes, condiciones climáticas locales, condiciones interiores y cambios de aire. Su objetivo principal fue determinar el parámetro de diseño con mayor impacto en la incertidumbre asociada con el desempeño de la ventilación. Mediante simulaciones con la herramienta EnergyPlus y pruebas en túnel de viento, se verificó que el control de apertura de ventanas, junto con los coeficientes de presión ayudan a mejorar las predicciones del comportamiento de la ventilación natural (Belleri, Lollini, & Dutton, 2014).

D'Oca y Hong, 2014, analizaron la relación entre las actividades de los usuarios y el consumo de energía en un edificio de oficinas, mediante análisis estadístico identificaron patrones de aperturas de ventanas. Descubrieron que los usuarios empleaban horarios de aperturas definidos de acuerdo a la falta de confort térmico interior y también por hábitos y rutina diaria, concluyeron que el impacto al abrir la ventana conlleva a la reducción en el uso de energía, mejora del confort térmico y de la productividad.

Fabi et al., 2012, mediante revisión de literatura determinaron que el control de apertura y cerrado de ventanas resulta una actividad compleja que depende de factores en los que se vinculan las condiciones de su contexto exterior, las características y propiedades de la envolvente arquitectónica, y tiene un impacto en las condiciones internas que se desean alcanzar en edificios residenciales y de oficinas.

Jeong et al., 2016, identificaron en su estudio la relación entre las actividades diarias de los ocupantes respecto al control de aperturas de ventanas, también verificaron la influencia por variables ambientales que relacionaron con el comportamiento de abrir y cerrar las ventanas. Encontraron que la apertura de ventanas está relacionada con las actividades diarias de los usuarios en horas específicas y depende de las condiciones interiores, mientras que el cerrado se asoció con la disminución de la temperatura interior después de abrir las ventanas.

Lai et al., 2018, realizaron un estudio para diferentes edificios de departamentos en cinco diferentes zonas climáticas en China, consideraron el clima de las regiones, las temporadas, el tipo de edificio y los patrones de interacción de los ocupantes en la apertura de ventanas. Observaron que los patrones de actividad en los horarios de aperturas de ventanas son diferentes durante los primeros cinco días de la semana respecto a los fines de semana cuya apertura se realiza más tarde, y definieron un horario de aperturas enfocado para los dormitorios.

Less et al., 2019, emplearon simulación para comprobar el desempeño energético mediante ventilación basada en la temperatura exterior de casas ubicadas en California. El desempeño varió dependiendo de las características climáticas de los sitios estudiados, el modelo de vivienda y su hermeticidad. También verificaron el ahorro energético según rangos de ventilación definidos por temporada climática y flujos de viento modulados dentro de cada temporada.

Sorgato et al., 2016, mediante simulación en EnergyPlus, concluyeron un horario de aperturas definido con empleo complementario de aire acondicionado para mejoramiento térmico interior en edificios residenciales en Brasil, y se consideró la masa térmica del edificio como influencia para un horario de aperturas adecuado para los ocupantes.

Wang & Greenberg, 2015, demostraron a partir de simulaciones con EnergyPlus mediante un análisis con dos modos de ventilación, natural y modo mixto en un edificio de tamaño medio de oficinas en un clima cálido húmedo, que las estrategias de operación para ventanas en un horario específico son una herramienta con un impacto directo en el confort y el consumo eficiente de energía de sistemas climatizados.

Zhao et al., 2014, evaluaron horarios de actividad para edificios de oficinas en diferentes zonas climáticas con simulación en EnergyPlus, consideraron que la ocupación del usuario tiene un impacto por la emisión de calor en el interior de los edificios, y que las condiciones interiores del edificio deben ser adecuadas para permanencia de la salud, productividad y confort.

Concluyeron que los horarios de ocupación impactan en el uso del aire acondicionado y los consumos de energía, los cuales varían según zonas climáticas.

Zhao et al., 2016, utilizaron simulación en EnergyPlus para optimizar el consumo energético del aire acondicionado con base en la determinación de preferencias de confort térmico de los ocupantes. En la simulación implementaron un sistema de enfriamiento en modo mixto para ventilación y aire acondicionado, ajustado de acuerdo a un horario de ocupación y preferencias de confort térmico de los usuarios, y verificaron el impacto en el consumo energético del edificio.

Condiciones climáticas

La ciudad de Mérida, capital del estado de Yucatán, se ubica a 20° 59' latitud norte, 89° 39' de longitud oeste y altitud promedio de 11msnm. El trabajo se realizó para el tipo climático propio de la ciudad Aw0 correspondiente al clima cálido subhúmedo, el de menor humedad, con lluvias en verano, se presentan cinco meses lluviosos que van de junio a octubre y siete meses secos (Instituto de Geografía, 1986:67). El registro de temperatura media normal anual es de 26.3°C, y 3.9°C de diferencia entre la temperatura media normal de 24.3°C del mes más frío, enero, y de 28.2°C del mes más caliente, mayo, que también registró 36°C como temperatura máxima normal (SMN y CONAGUA, 2011).

Características de la vivienda de construcción masiva estudiada

La vivienda tiene un solo nivel y cuenta con sala-comedor, cocina, dos recámaras y un baño (figuras 1 y 2). La envolvente se encuentra constituida en sus muros por paneles de concreto armado de 0.10 m y el techo es 0.22 m de espesor conformado por vigueta y bovedilla hueca de concreto. La altura interior de piso a plafón terminado es de 2.40 m.

La orientación de la vivienda respecto al Norte es de 28° o 208°, con su eje largo ubicado al Noreste-Suroeste y su fachada principal está dirigida hacia el Noreste.



Figura 1 Planta arquitectónica del modelo de vivienda estudiado con la orientación que presenta en el fraccionamiento

Fuente: Arlees Díaz, archivo personal



Figura 2 Modelo de vivienda estudiado, la vivienda del centro fue la monitoreada

Fuente: Imagen tomada de Google Earth, modificada por Arlees Díaz

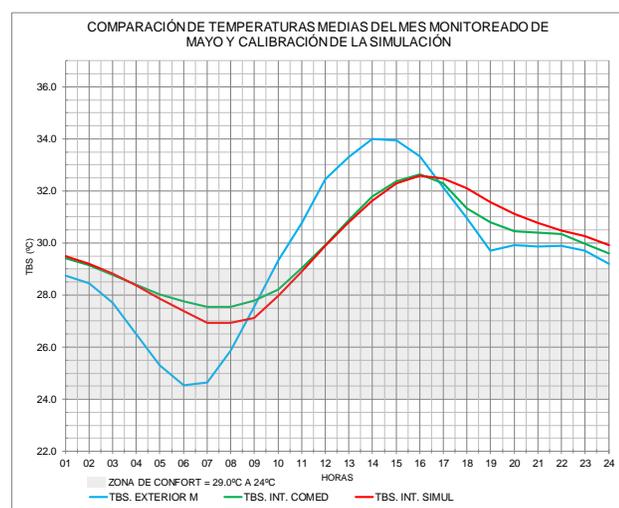
Metodología

En la ciudad de Mérida, Yucatán, se eligió con base en su repetición, utilización de sistemas constructivos y dimensionamiento, un modelo de vivienda de construcción masiva unifamiliar de una planta y dos recámaras perteneciente a uno de los fraccionamientos más extensos y representativos. Por monitoreo y medición de datos se determinaron las condiciones térmicas de temperatura de bulbo seco y humedad relativa interiores y exteriores de la vivienda durante el mes más caluroso, correspondiente al mes de mayo.

Las condiciones térmicas se obtuvieron mediante el uso de datalogger U12-012 de OnsetComp, que presentan una exactitud en temperatura de $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$ en el rango típico de temperaturas de Mérida y de $\pm 2.5\%$ en humedad relativa de entre 10% al 90%.

Después se realizó el diagnóstico del comportamiento térmico de la envolvente y se verificó la afectación de su ambiente interior mediante la evaluación con un modelo de confort seleccionado.

Las condiciones térmicas al interior de la casa en estudio, así como las condiciones exteriores de temperatura exterior mencionadas anteriormente, pueden apreciarse en la Gráfica 1.



Gráfica 1 Medición de las condiciones térmicas interiores y exteriores de la casa habitación en estudio
Fuente: Elaboración de los autores

La zona de confort empleada como parámetro de evaluación de los ambientes higrotérmicos interiores, se determinó con base en las ecuaciones del enfoque adaptativo de la ANSI/ASHRAE, 2013, para calcular la temperatura neutral "Tn", y el límite inferior y superior para el 90% de las personas, donde "Tma" es la temperatura media del aire del clima local:

$$T_n = 0.31 * T_{ma} + 17.8 \quad (1)$$

$$\text{Límite inferior} = 0.31 * T_{ma} + 15.3 \quad (2)$$

$$\text{Límite superior} = 0.31 * T_{ma} + 20.3 \quad (3)$$

Respecto a las temperaturas medias (Tm) fueron obtenidas de la hoja de Normales Climatológicas de la CONAGUA período 1981-2010 (SMN y CONAGUA, 2011), se tiene:

Para mayo, con $T_m = 28.2^{\circ}\text{C}$, la temperatura neutral es 26.5°C , los límites son 29.0°C a 24.0°C . La zona de confort definida fue calculada para condiciones sedentarias, ropa ligera acorde a la que se usa en la región, y los límites de humedad relativa de 20% a 75%.

Posteriormente, se empleó el programa de computadora EnergyPlus para la simulación térmica digital con base en las zonas o ambientes térmicos generados por los espacios de la vivienda, geometría, aberturas, materiales de su envolvente y propiedades térmicas de estos. El modelo digital de simulación, fue creado, configurado y validado respecto a los datos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa medidos, que se tomaron como parámetro inicial de referencia para comparar con los resultados obtenidos por simulación, como establecen en su metodología de calibración y validación Monfet et. al., 2009. Adicionalmente se verificó la certeza del tiempo de retraso térmico de la simulación y concordó con los datos de retraso térmico reportados por Szokolay, 2004.

Se simularon las condiciones térmicas de la vivienda con sus materiales originales y las diferentes alternativas según los horarios de apertura propuestos para el posterior análisis del comportamiento térmico y la determinación de la opción más benéfica para el mes de mayor calor respecto al uso de la estrategia pasiva del horario de aberturas.

Para determinar los horarios de aberturas y su pertinencia, las 24 horas del día fueron separadas en tres turnos de ocho horas cada uno. Los turnos fueron establecidos por las actividades en los períodos activos y de descanso de los habitantes. Los horarios definidos se pueden apreciar en la Tabla 1.

Actividad	Horario
Turno 1 – Mañana	00:00 a 08:00 hrs.
Turno 2 – Tarde	08:00 a 16:00 hrs.
Turno 3 – Noche	16:00 a 24:00 hrs.

Tabla 1 Horarios de actividad y descanso de los habitantes de la casa habitación en estudio
Fuente: Elaboración de los autores

El porcentaje de abertura en ventanas, considerado para la simulación numérica, correspondiente a un 0% para ventanas completamente cerradas, 50% para ventanas semiabiertas y de 100% para ventanas completamente abiertas. Los criterios y porcentajes de abertura corresponden a una simulación por cada horario.

No. de simulación	Horario 1 00:00-08:00hrs. % apertura	Horario 2 00:80-16:00hrs. % apertura	Horario 3 16:00-24:00hrs. % apertura
1	50	0	0
2	100	0	0
3	0	50	0
4	0	100	0
5	0	0	50
6	0	0	100
7	50	50	0
8	100	100	0
9	0	50	50
10	0	100	100
11	50	0	50
12	100	0	100
13	0	0	0
14	50	50	50
15	100	100	100

Tabla 2 Horarios de abertura propuestos y porcentaje de abertura en cada turno.

Fuente: Elaboración de los autores

La anterior tabla tiene la siguiente explicación:

Ventanas abiertas en un turno.

1. 50-0-0 (abertura por la mañana)
2. 100-0-0 (abertura por la mañana)
3. 0-50-0 (abertura por la tarde)
4. 0-100-0 (abertura por la tarde)
5. 0-0-50 (abertura por la noche)
6. 0-0-100 (abertura por la noche)

Ventanas abiertas en dos turnos.

7. 50-50-0 (abertura por la mañana y tarde)
8. 100-100-0 (abertura por la mañana y tarde)
9. 0-50-50 (abertura por la tarde y noche)
10. 0-100-100 (abertura por la tarde y noche)
11. 50-0-50 (abertura por la mañana y noche)
12. 100-0-100 (abertura por la mañana y noche)

Ventanas abiertas en tres turnos.

13. 0-0-0 (ventanas al 0% o cerradas en los tres turnos)
14. 50-50-50 (ventanas al 50% en los tres turnos)
15. 100-100-100 (ventanas al 100% o siempre abiertas en los tres turnos).

Resultados

Se presentan para mayo gráficas promedio mensuales de temperatura de bulbo seco y humedad relativa, de acuerdo a la implementación de ventanas abiertas en un turno con las simulaciones 1 a 6 (Gráficas 2 y 3), ventanas abiertas en dos turnos con las simulaciones 7 a 12 (Gráficas 4 y 5), y ventanas abiertas en tres turnos con las simulaciones 13, 14 y 15 (Gráficas 6 y 7). En la Figura 3, se muestran los mejores resultados.

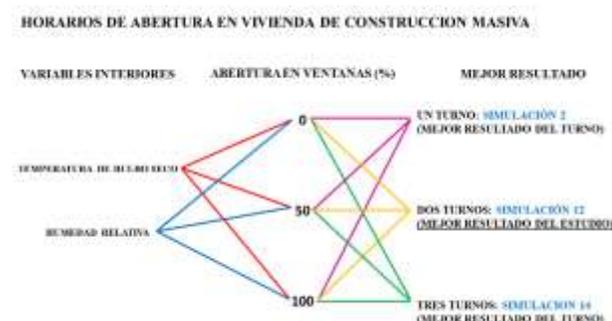
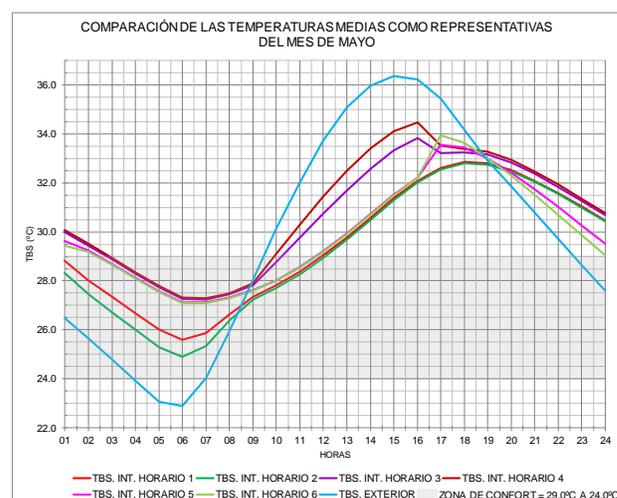


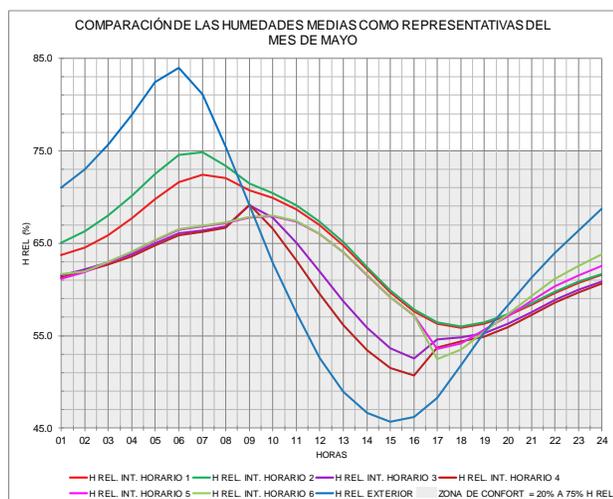
Figura 3 Mejores resultados del desempeño térmico interior de la vivienda en cada turno

Fuente: Elaboración de los autores



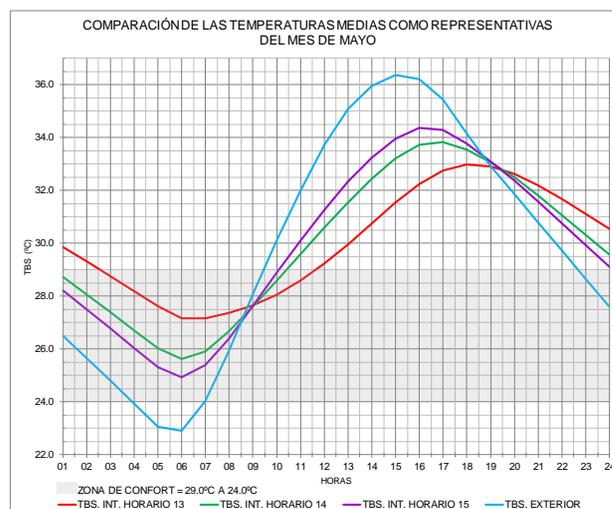
Gráfica 2 Variabilidad de las temperaturas de bulbo seco medias con la implementación de ventanas abiertas en un turno

Fuente: Elaboración de los autores



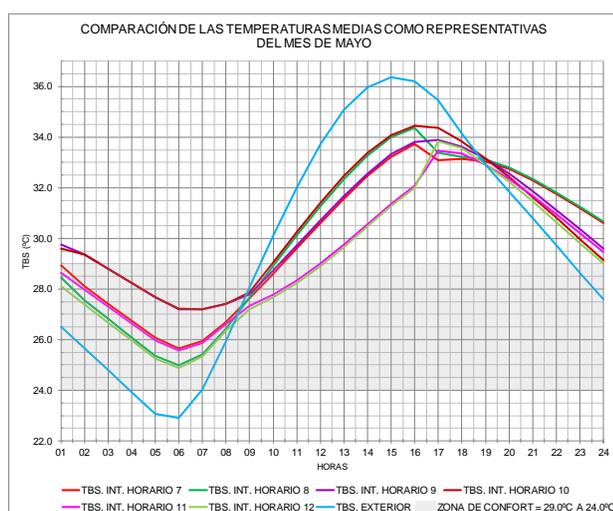
Gráfica 3 Variabilidad de las humedades relativas medias con la implementación de ventanas abiertas en un turno

Fuente: Elaboración de los autores



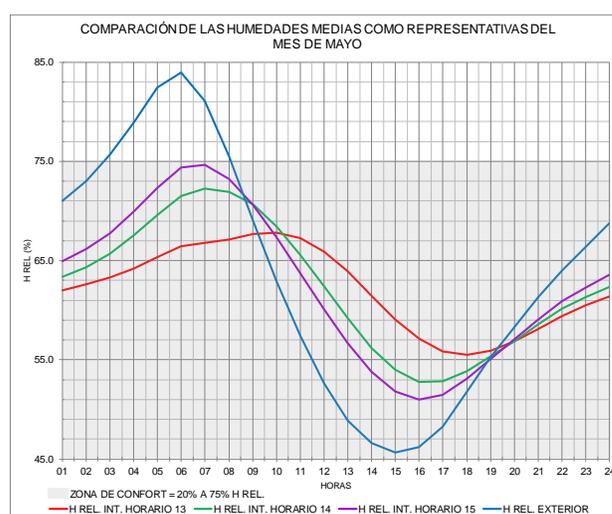
Gráfica 6 Variabilidad de las temperaturas de bulbo seco medias con la implementación de ventanas abiertas en tres turnos

Fuente: Elaboración de los autores



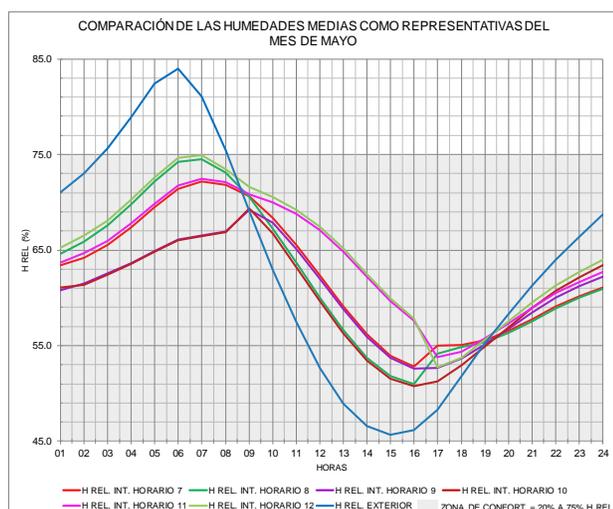
Gráfica 4 Variabilidad de las temperaturas de bulbo seco medias con la implementación de ventanas abiertas en dos turnos.

Fuente: Elaboración de los autores



Gráfica 7 Variabilidad de las humedades relativas medias con la implementación de ventanas abiertas en tres turnos

Fuente: Elaboración de los autores



Gráfica 5 Variabilidad de las humedades relativas medias con la implementación de ventanas abiertas en dos turnos

Fuente: Elaboración de los autores

La implementación de aberturas durante un turno (Gráficas 2 y 3), demostró mejora, específicamente para la simulación 2, que fue mantener completamente abiertas las ventanas en el horario de 00:00-08:00 h por mantener condiciones de confort durante 12 horas, de 00:00 a 12:00 h, y las temperaturas reducidas con la mínima temperatura a 24.9°C a las 6:00 h.

Seguidamente la simulación 1, demostró el mismo tiempo de 12 horas dentro de la zona de confort con temperaturas ligeramente más elevadas con la mínima de 25.6°C a las 6:00 h. Se considera que cerrar en los horarios posteriores mantiene la humedad dentro de la casa con la disminución de temperatura.

Sin embargo, posterior a la hora 12:00 inicia la elevación de la temperatura fuera de la zona de confort establecida para el interior de la vivienda.

Para este mes, las condiciones son incómodas durante la mitad del día, de las 12:00 a las 24:00 h, e incluye períodos de descanso del habitante, la humedad superior al 50% incrementa la condición opresiva en el organismo por altas temperaturas. La incomodidad se eleva más de 3.5°C del límite superior de confort, y alcanza su máxima a las 18:00 h.

La implementación de aberturas durante dos turnos (Gráficas 4 y 5), demostró la mayor mejora del estudio. Específicamente para la simulación 12, que fue mantener completamente abiertas las ventanas en el horario de 00:00-08:00 h y abrirlas nuevamente en el horario de 16:00-24:00 h por mantener condiciones de confort durante 12.4 horas y las temperaturas reducidas, con la mínima temperatura a 24.9°C a las 6:00 h. Se considera propicio dejar abiertas las ventanas en los dos turnos de estos horarios, primero por el aire fresco que entra a primeras horas del día y posteriormente por la disipación de la temperatura almacenada por la envolvente a causa de las horas con sol mediante el intercambio convectivo de la noche.

Con respecto a los horarios de abertura implementados para los tres turnos (Gráficas 6 y 7), se identificó con igual duración de 10 horas en la zona de confort, a la simulación 13 (mantener cerradas en los tres turnos) y 15 (mantener al 100% abiertas en los tres turnos), contrariamente a lo que se consideraría, durante el mes de mayo no se sugiere tener las ventanas abiertas por completo en los tres turnos (simulación 15) por la entrada del intenso calor exterior al ambiente interior de la envolvente. El mejor horario con duración de 10.5 horas en la zona de confort fue la simulación 14 por mantener las ventanas abiertas al 50% en los tres turnos.

Los resultados demuestran mejoramiento con la determinación de un horario de aberturas, además de certidumbre en la estrategia de ventilación y con una discriminación en el control al abrir ventanas y permitir el paso del aire.

Sin embargo, no resulta suficiente recurrir únicamente al horario de aberturas como estrategia de adaptación pasiva para mantener el confort por más de 12.4 horas para el mes de mayo.

Conclusiones

Después de analizar las gráficas de temperatura y humedad de los diferentes períodos de estudio, se determinó que para la temporada cálida seca funciona mejor dos turnos de horarios de aberturas, específicamente mantener completamente abiertas las ventanas en el horario de 00:00-08:00 h y abrirlas nuevamente en el horario de 16:00-24:00 h, por lograr mejores condiciones higrotérmicas interiores al ubicarse más horas dentro de la zona de confort determinada durante el período de estudio.

Sin embargo, en las condiciones higrotérmicas evaluadas mediante el parámetro de confort de la ANSI/ASHRAE, 2013, para dicho período cálido seco y el mes más caluroso de todo el año, mayo, resultaron cómodas durante 12.4 horas solo con el uso del horario de aberturas por lo que es necesaria la implementación de estrategias adicionales para el mejoramiento de las condiciones térmicas interiores y prolongación en la zona de confort.

Para la temporada cálida seca los mejores resultados alcanzados fueron con condiciones interiores de comodidad por 12.4 horas. Por lo que la estrategia pasiva de horarios de abertura es térmicamente ineficiente al menos para el período más caluroso del año, lo cual brinda una guía como complemento para el uso asistido por ventiladores antes que recurrir a climatización por aire acondicionado.

Por último, la condición de incomodidad queda evidenciada con la gran necesidad interna de ventilación, para mitigar las condiciones de calor interno y la ineficiente ventilación natural que se tiene a causa del característico confinamiento de la envolvente de las viviendas de construcción masiva.

Resulta favorable la verificación, la especificación, y el refinamiento de horarios de aberturas en meses diferentes al mes crítico de mayo.

La estrategia de determinación de un horario de aberturas conlleva a certidumbre en el control de ventanas y resulta útil de implementar en casos donde la envolvente arquitectónica sea difícilmente modificable por economía de recursos o por estructura física edilicia. Es una estrategia en la que apegados a un control conlleva a un beneficio inmediato pero limitado.

Recomendaciones

Apegarse a un horario de aberturas queda sujeto al período o temporada climática de estudio por lo que, para el clima cálido húmedo, con el objetivo de determinar una mejora, pueden ser diferentes para el mes de mayor fresco y el mes de mayor calor.

Adicionalmente, resulta recomendable la exploración de nuevos horarios de abertura en consideración de las necesidades y actividades del usuario, orientación del modelo de construcción masiva, distribución y tamaño de las ventanas, y por las condiciones ambientales exteriores de la vivienda.

Se requiere más investigación para el refinamiento de horarios de aberturas, así como la exploración de horarios más reducidos o prolongados los cuales dependerán de las actividades de los usuarios.

Los horarios deben ser con mayor detalle, discriminando el cerrado de las ventanas según su orientación y considerar las horas en que las viviendas reciben soleado directo en las fachadas con ventanas para ajustar la entrada de ganancia térmica al interior de la envolvente.

Complementariamente al mes más caluroso y seco, mayo, se recomienda considerar los horarios de aberturas para los meses de la temporada climática de fresco o menor calor, y de la temporada de calor húmedo.

Referencias

ANSI/ASHRAE. (2013). ANSI/ASHRAE Standard 55-2013 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Belleri, A., Lollini, R., & Dutton, S. M. (2014). Natural ventilation design: An analysis of predicted and measured performance. *Building and Environment*, 81, 123–138, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.06.009>

Berkeley, L., Ridge, O. A. K., Ut-battelle, M. B. Y., For, A., Energy, S., Or, D., ... The, W. (2017). *Engineering Reference-Energy Plus*.

D'Oca, s., & Hong, T., (2014). A data-mining approach to discover patterns of window opening and closing behavior in offices. *Building and Environment*, 82, 726-739, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.10.021>

Fabi, V., Andersen, R., Corgnati, S., & Olesen, B. (2012). Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. *Building and Environment*, 58, 188-198, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.009>

Instituto de Geografía. (1986). *Ciudades alternativas para la descentralización*. México: UNAM, UAM, DGIA.

Jeong, B., Jeong, J., & Park, J. (2016). Occupant behavior regarding the manual control of windows in residential buildings. *Energy and Buildings*, 127, 206-216, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.097>

Lai, D., Jia, S., Qi, Y., & Liu, J. (2018). Window-opening behavior in Chinese residential buildings across different climate zones. *Building and Environment*, 142, 234-243, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.030>

Less, B., Dutton, S., Walker, I., Sherman, M., & Clark, J. (2019). Energy savings with outdoor temperature-based smart ventilation control strategies in advanced California homes. *Energy and Buildings*, 194, 317-327, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.04.028>

Monfet, D., Charneux, R., Zmeureanu, R., Lemire, N. (2009). Calibration of a building energy model using measured data. *ASHRAE Transactions*, 115, pt.1, 348-359. Chicago 2009.

SMN y CONAGUA. (2011). Normales climatológicas para Mérida, Yucatán, período 1981-2010. Servicio Meteorológico Nacional y Comisión Nacional del Agua. <http://smn.cna.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales8110/NORMAL31019.TXT>

Sorgato, M., A.P. Melo, A., & Lamberts, R. (2016). The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption. *Energy and Buildings*, 133, 1-13, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.059>

Szokolay, S. (2004). Introduction to Architectural Science the basis of sustainable design. Elsevier Science. Architectural Press. Burlington, Great Britain.

Wang, L., & Greenberg, S. (2015). Window operation and impacts on building energy consumption. *Energy and Buildings*, 92, 313-321, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.01.060>

Yao, J. (2018). Modelling and simulating occupant behaviour on air conditioning in residential buildings. *Energy and Buildings*, 175, 1-10, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.07.013>

Zhao, J., Lasternas, B., Lam, K., Yun, R., & Loftness, V. (2014). Occupant behavior and schedule modeling for building energy simulation through office appliance power consumption data mining. *Energy and Buildings*, 82, 341-355, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.033>

Zhao, J., Lam, K., Ydstie, B., & Loftness, V. (2016). Occupant-oriented mixed-mode EnergyPlus predictive control simulation. *Energy and Buildings*, 117, 362-371, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.027>

Desempeño térmico de un espacio habitable con ventilación modo mixto. Diferentes condiciones volumétricas y diferentes condiciones térmico ambientales en el Estado de Guanajuato. México

Thermal performance of a living space with mixed mode ventilation. Different volumetric conditions and different thermal-environmental conditions in the State of Guanajuato. Mexico

VÁZQUEZ-TORRES, Claudia Eréndira†*, GÓMEZ-AMADOR, Adolfo y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos

Universidad de Colima

ID 1^{er} Autor: *Claudia Eréndira, Vázquez-Torres* / ORC ID: 0000-0002-5388-0780, CVU CONACYT ID: 181807

ID 1^{er} Coautor: *Adolfo, Gómez-Amador* / ORC ID: 0000-0002-1071-0861, CVU CONACYT ID: 26110

ID 2^{do} Coautor: *Carlos, Escobar-Del Pozo* / ORC ID: 0000-0002-8732-8791, Researcher ID Thomson: G-8111-2018, CVU CONACYT ID: 43347

DOI: 10.35429/JAD.2019.10.3.11.19

Recibido 23 de Octubre, 2018; Aceptado 17 de Diciembre, 2018

Resumen

En el presente trabajo se muestra el desempeño térmico de un espacio habitable con ventilación modo mixto. Espacio localizado en una casa representativa del registro de vivienda por tipología y por superficie (Comisión Nacional de Vivienda, 2017). Se presentan resultados de temperatura operativa para un caso base y seis modelos de evaluación virtual (MEVi) variando el volumen de aire interior, empleando la herramienta de cálculo Design Builder®. El objetivo principal consistió en determinar, el modelo con menor uso de sistemas activos al variar el volumen de aire interior con un rango de confort determinado, de acuerdo a cada condición térmica, al usar ventilación modo mixto. Resultados clave: A) Se determinaron necesidades de calentamiento y enfriamiento en tres condiciones térmicas, B) al incrementar el volumen del aire interior, se presentó una disminución en las horas de confort por año, y una clara tendencia a mantener la ventana abierta para las tres condiciones térmicas, C) se demuestra que, en las condiciones térmicas: frío sub húmedo, cálido sub húmedo y templado sub húmedo, que se presentan en el estado de Guanajuato México, el volumen de aire interior es directamente proporcional a la demanda energética por año.

Ventilación modo mixto, Desempeño térmico, Condiciones climáticas.

Abstract

In the present work the thermal performance of a habitable space with mixed mode ventilation is shown. Space located in a dwelling representative of the housing register by type and surface, data from CONAVI (2017). Results of operating temperature for a base case and six virtual evaluation models (MEVi) are presented, varying the interior air volume, using Design Builder® calculation tool. The main objective was to determine the model with less use of active systems by varying the volume of indoor air with a certain comfort range, according to each thermal condition, when using mixed mode ventilation. Key results: A) Heating and cooling needs were determined in three thermal conditions, B) by increasing the volume of indoor air, there was a decrease in comfort hours per year, and a clear tendency to keep the window open for three thermal conditions, C) it is demonstrated that, in the thermal conditions: cold sub humid, warm sub humid and temperate sub humid, that occur in the state of Guanajuato Mexico, the volume of indoor air is directly proportional to the energy demand by year.

Mixed mode ventilation, thermal performance, climatic conditions

Citación: VÁZQUEZ-TORRES, Claudia Eréndira, GÓMEZ-AMADOR, Adolfo y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos. Desempeño térmico de un espacio habitable con ventilación modo mixto. Diferentes condiciones volumétricas y diferentes condiciones térmico ambientales en el Estado de Guanajuato. México. Revista de Arquitectura y Diseño. 2019, 3-10: 11-19

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: claudiaerendira@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El auge de los nuevos desarrollos de vivienda implica el uso y reproducción de las mismas dimensiones mínimas de los espacios arquitectónicos en diferentes condiciones climáticas. Para obtener una vivienda calificada como económica o popular, se debe percibir menos de cuatro salarios mínimos (5.1 USD), por lo que, difícilmente se invierte en un mejoramiento de las condiciones del espacio.

Lo anterior nos lleva a cuestionar, si se utiliza el mismo modelo de vivienda para satisfacer la demanda habitacional utilizando la misma distribución y dimensión de espacios en condiciones climáticas diferentes, el desempeño térmico podría variar significativamente y generar condiciones térmicamente ineficientes en sus espacios interiores y con baja probabilidad por parte de los usuarios para invertir en el mejoramiento del desempeño térmico de sus viviendas.

El enfoque en la evaluación del rendimiento térmico ha sido en paredes o techos de edificios envolventes. El análisis dependiente del tiempo de la transferencia de calor ha sido a través de una pared / techo destinado a estudiar el efecto de los materiales, sin considerar las dimensiones del espacio habitable.

En este caso, se determina como variable independiente al volumen del aire interior para conocer la demanda de energía, y las tareas de calentamiento, enfriamiento y confort que se presentaron en tres diferentes condiciones térmicas del Estado de Guanajuato, México. La metodología fue dividida en 12 partes (Tabla 01).

Para la realización de este estudio, se seleccionó el modelo de vivienda utilizado con mayor frecuencia en el estado de Guanajuato, su tipología, materiales y sistemas constructivos; para comparar en diferentes modelos de evaluación virtual (MEVi), el desempeño térmico en las condiciones térmicas: templado sub húmedo, cálido sub húmedo y frío sub húmedo.

Se determinó como herramienta de cálculo el programa de análisis de energía DesignBuilder®, con el objetivo de evaluar el rendimiento energético y obtener valores cuantitativos para identificar el modelo donde se utiliza en menor medida los sistemas activos con un rango de confort determinado que nos permita mejorar las condiciones de confort térmico de acuerdo a las condiciones climáticas propuestas cuando utilizamos ventilación modo mixto.

No.	Método	Metodología
1	Selección unidad de estudio	Estadísticas Comisión Nacional de la Vivienda, lineamientos INFONAVIT
2	Obtención de datos climatológicos exteriores	Normales Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional Meteonorm®
3	Limitaciones normativas locales	Reglamentación vigente de localidades: León, San Felipe y Xichú Gto.
4	Propiedades higrotérmicas de los materiales	Análisis de diferentes autores
5	Diagnóstico climático. Horas de confort y desconfort. Rango de confort	Climate Consultant, Luna (2017), Gómez (2018)
6	Estrategia de ventilación modo mixto	Análisis de diferentes autores
7	Condiciones de frontera	Análisis de diferentes autores
8	Simulación	Design Builder®
9	Validación	Design Builder®
10	Manipulación del volumen de aire interior	Design Builder®
11	Matriz de resultados de simulación	SPSS®, Excel
12	Análisis de resultados	

Tabla 1 Método y metodología utilizados en la investigación

Descripción del modelo

La unidad de estudio es una vivienda de un solo nivel, de estancia-comedor, cocina y patio de servicio y dos recámaras; en un área de 39.78m². El sistema constructivo consiste en muros de block de concreto y losa de concreto (figura 01).

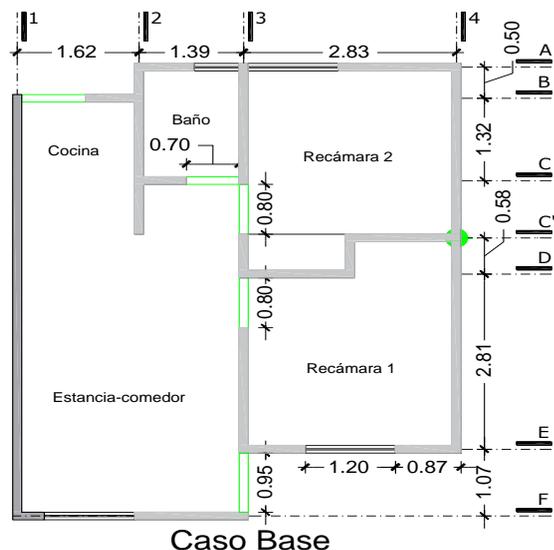


Figura 1 Unidad de estudio

La altura interior del caso base es, de acuerdo a la normatividad vigente, de 2.3 m. Se seleccionó la recámara 1 como espacio representativo, por ser el espacio en la vivienda donde se permanecen más horas destinadas al descanso.

Diseño de la simulación

El diseño de la simulación constó de cuatro fases: escenario de la simulación, selección del modelo de confort, simulación y Resultados (Figura 02). Por cada condición térmica y por cada modelo se realizaron dos simulaciones (con ventanas abiertas y con ventanas cerradas). Lo que produjo dos resultados por cada hora, a partir de estos resultados, se realizó una operación selectiva, ésta corresponde a la acción que puede realizar el habitante de abrir o cerrar la ventana en función de un rango de confort determinado; y que en las simulaciones realizadas consistió en la elección de la temperatura operativa, con base horario, que permaneció o se acercó más al rango de confort determinado (Figura 03)



Figura 2 Diseño de la simulación



Figura 3 Operación selectiva

- 1. Modelo en Design Builder.** El modelo geométrico corresponde a la figura 04, donde se muestra la ubicación del espacio representativo seleccionado (Recámara 1).

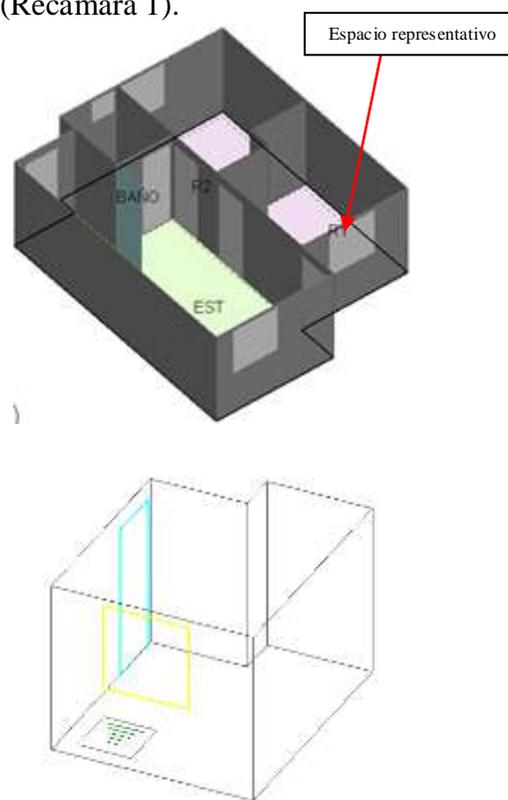


Figura 4 Modelo geométrico. La puerta del espacio representativo tiene dimensiones 0.80X2.10 m, y la ventana V1 1.20X1.20 m. Por funcionamiento de los espacios, al realizar las simulaciones, se conservaron las dimensiones de puerta y ancho de closet, mientras que la ventana se incrementó en la misma proporción del volumen de aire interior para garantizar el porcentaje de iluminación y ventilación establecido originalmente.

- 2. Proporción de crecimiento.** La variación del volumen de aire interior se fundamenta en los siguientes aspectos: 1) en el reglamento para el municipio de San José Iturbide, donde se ubica el caso base, y al no contener medidas mínimas reglamentarias, se determina que la altura del caso base, es representativa de la altura mínima del espacio habitable interior que corresponde a 2.3 m.

Por lo que a partir de esta medida se realizaron los Módulos de Evaluación Virtual (MEVi). La dimensión mínima se incrementó de acuerdo a la proporción mostrada en la Tabla 02.

Modelo	Proporción	Altura interior
Caso Base	1.00	2.30
MEVi 1	1.25	2.88
MEVi 2	1.50	3.45
MEVi 3	1.75	4.03
MEVi 4	2.00	4.60
MEVi 5	2.25	5.18
MEVi 6	2.50	5.75

Tabla 2 Proporción de crecimiento

2) El punto desde el cual se realizó el incremento del volumen del aire interior es el eje 4-C', conservando dimensiones de puertas, ancho en muros (12 cm) y closets, debido a la funcionalidad de los espacios (Figura 05).

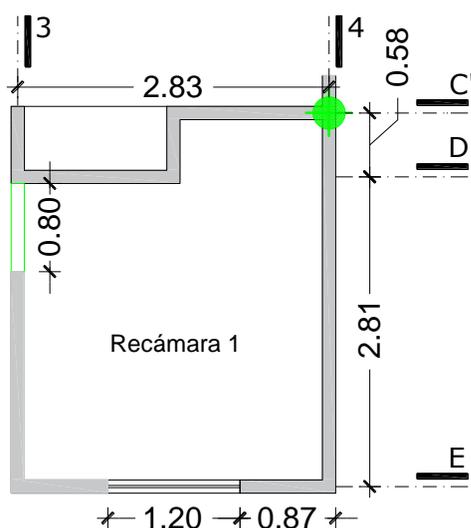


Figura 5 Representación de la referencia de crecimiento progresivo para crear los MEVi a partir del caso base

3) Con estos datos, se obtuvieron las condiciones de frontera para el Objeto de Estudio (OE) que corresponde a la vivienda completa, y para el espacio representativo (R1) que corresponde a la Recámara 1, como lo indica la siguiente Tabla:

Referencia	Proporción	Altura interior	Volumen del aire interior		Actividad		
			m ²	m ³	Personas/m ² (2)	Computadoras (600 W/m ²)	
Caso Base	OE	1	2.30	39.78	18.49	0.05	15.08
	R1			8.04		0.25	74.63
MEVi1	OE	1.25	2.88	61.67	37.49	0.03	9.73
	R1			13.04		0.15	46.01
MEVi2	OE	1.5	3.45	88.33	66.38	0.02	6.79
	R1			19.24		0.10	31.19
MEVi3	OE	1.75	4.03	119.88	107.3	0.02	5.01
	R1			26.65		0.08	22.51
MEVi4	OE	2	4.60	156.5	162.2	0.01	3.85
	R1			35.25		0.06	17.02
MEVi5	OE	2.25	5.18	197.5	233.1	0.01	3.05
	R1			45.05		0.04	13.32
MEVi6	OE	2.5	5.75	242.7	322.3	0.01	2.47
	R1			56.05		0.04	10.70

Tabla 3 Condiciones de frontera para realizar simulaciones

3. Calibración y validación

El procedimiento para realizar la calibración consistió en colocar los dispositivos por periodo de un día, como indica la siguiente Figura:



Figura 6 Localización de dispositivos para realizar la calibración

Se obtuvieron líneas de tendencia y ecuaciones de corrección a partir del establecimiento del dispositivo de referencia y los contrastes (Tabla 04).

No.	No. Datos	Referencia	Contraste	R ²	Ecuación de corrección	σ	Error típico
1	50	1300808	1300805	0.9998	$y = 0.9772x + 0.77$	2.02	0.029
2	50	1300808	1300804	0.9998	$y = 1.027x - 0.7365$	1.97	0.028
3	50	1300808	1016364	0.9998	$y = 0.9759x + 0.8936$	2.02	0.028

Tabla 4 Resultados obtenidos de acuerdo a la calibración realizada.

Fuente: (Esparza López, 2015)

Se capturaron 50 datos, que corresponden a la variable Temperatura de bulbo seco, utilizando data logger modelo U12. Las ecuaciones obtenidas, permiten corregir errores sistemáticos de los dispositivos de medición, estos datos de calibración definen las ecuaciones finales de corrección.

4. Validación

La validación se realizó en una vivienda ubicada en la localidad El Salitre, San José Iturbide Guanajuato, se analizaron 8 prototipos de vivienda más utilizados en el Estado de Guanajuato de acuerdo a información de INFONAVIT delegación Guanajuato. El modelo seleccionado enriquece la condición paramétrica para vincular el diseño de la dimensión del espacio con la clasificación arquitectónica y la clasificación climática. Kaplan y Canner recomendaron para simulaciones energéticas como satisfactoria la diferencia de 5% (mensual) y de 15% (diaria). La diferencia aceptable puede aumentar hasta un 15-25% (mensual) y 25-35% (diario) para la simulación de sistemas HVAC. El uso anual de energía simulada debe estar dentro del 10% de la información recopilada.

Por otra parte, (Ali & Abustan, 2014) proponen el Porcentaje Medio de Error Relativo Absoluto (PMARE) que se muestra en la ecuación 1.

$$PMARE (\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Abs(O_i - P_i)}{O_i} \quad (1)$$

Dónde:

O_i = Valores observados

P_i = Valores simulados

Abs= Valor absoluto (de la diferencia entre el valor observado y valor simulado)

Ecuación 1 Porcentaje Medio de Error Relativo Absoluto (Ali & Abustan, 2014)

El periodo de validación fue del 26 de octubre al 02 de noviembre del 2018. Se observó la temperatura de bulbo seco con base horario, la ubicación de los dispositivos se determinó al centro geométrico de cada espacio, a una altura de 0.1 m, 0.6 m y 1.1 m como lo establece ASHRAE Standard 55-2010.

ASTM C-1046-95 indica que se deben evitar las ganancias o pérdidas por infiltración, sin embargo, la vivienda que se utilizó para esta investigación es propiedad privada, no se pudieron sellar puertas y ventanas. Los datos medidos corresponden a la semana de monitoreo en la unidad de estudio, los datos simulados corresponden a los resultados obtenidos en Design Builder. De acuerdo a la clasificación del rendimiento del modelo de evaluación (Ali & Abustan, 2014), los resultados son aceptables (Tabla 05).

Temperatura media de bulbo seco (Tmbs) en °C				
El Salitre, SJI Recámara 1 (R1)				
Periodo A				
Mes	Día	Medido promedio O_i	simulado	PMARE
			P_i	$(\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Abs(O_i - P_i)}{O_i}$
Octubre	Vie 26	23.09	20.19	0.13
	Sab 27	21.90	20.87	0.05
	Dom 28	19.96	22.33	0.12
	Lu 29	19.65	22.39	0.14
	Mar 30	20.58	23.43	0.14
	Mie 31	21.80	24.53	0.12
Noviembre	Jue 01	21.41	20.70	0.03
	Vie 02	19.99	22.73	0.14
PMARE				10.80

Tabla 5 Resultados de validación

Resultados

Una vez realizadas las simulaciones, el cálculo de la potencia se realizó con base en la siguiente ecuación:

$$Potencia = [\rho C_p V (T_{confort} - T_{simulación})] / 3600s \quad (2)$$

Para obtener la demanda de energía, se agruparon los datos de acuerdo a la tarea de enfriamiento o tarea de calentamiento por mes con base horario, obteniendo resultados en kWh como lo indican los siguientes gráficos:

Templado subhúmedo - Demanda de energía

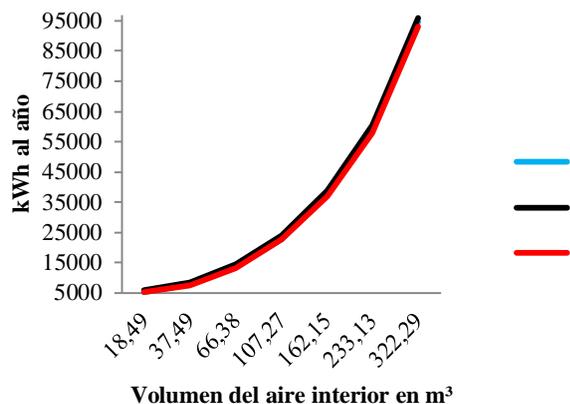


Gráfico 1 Demanda de energía para Templado sub húmedo en kWh. Se realizaron tres operaciones: ventana abierta, ventana cerrada y operación selectiva

Cálido subhúmedo - Demanda de energía

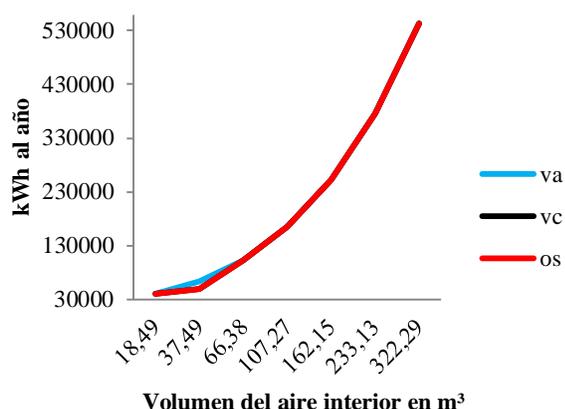


Gráfico 2 Demanda de energía para Cálido sub húmedo en kWh. Se realizaron tres operaciones: ventana abierta, ventana cerrada y operación selectiva

Frío subhúmedo - Demanda de energía

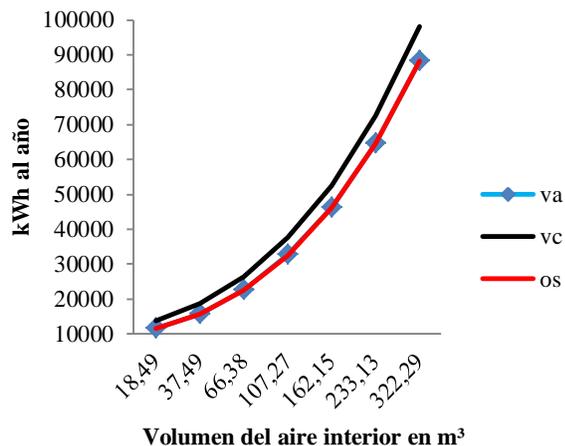


Gráfico 3 Demanda de energía para Frío sub húmedo en kWh. Se realizaron tres operaciones: ventana abierta, ventana cerrada y operación selectiva

Análisis de resultados

Los resultados muestran que al incrementar el volumen de aire interior, aumentó también la demanda de energía en cada condición térmica, y mostró una tendencia a mantener ventana abierta, al realizar la operación selectiva, en todos los modelos simulados y en las tres condiciones térmicas establecidas. El cálido sub húmedo muestra un punto de discrepancia entre las tres operaciones (ventanas cerradas, ventanas abiertas y operación selectiva) en el volumen de aire interior 37.49 m³, que corresponde al MEVi1.

A partir de este punto, se observa una separación entre mantener ventana abierta y operación selectiva contra mantener ventana cerrada. Para el caso del templado sub húmedo, se observa un comportamiento similar que muestra una diferencia menor entre mantener ventana cerrada contra mantener ventana abierta y la operación selectiva.

En el frío sub húmedo se observó una separación entre mantener ventanas abiertas y operación selectiva contra mantener ventanas cerradas en el MEVi1, al incrementar el volumen de aire interior, aumenta esta separación.

Para comprender la demanda de energía en términos de las diferentes condiciones térmicas que se presentan en el estado de Guanajuato, México, se realizó el análisis de las tareas de control, calentamiento y enfriamiento.

En términos de las tareas de confort, calentamiento y enfriamiento, se determinó un punto de intersección en el MEVi3 (107.27m²) para el templado sub húmedo (Gráfico 04), disminuye la tarea de enfriamiento pero aumenta la tarea de calentamiento, por lo que se observa una tendencia a mantener un volumen intermedio entre los modelos observados.

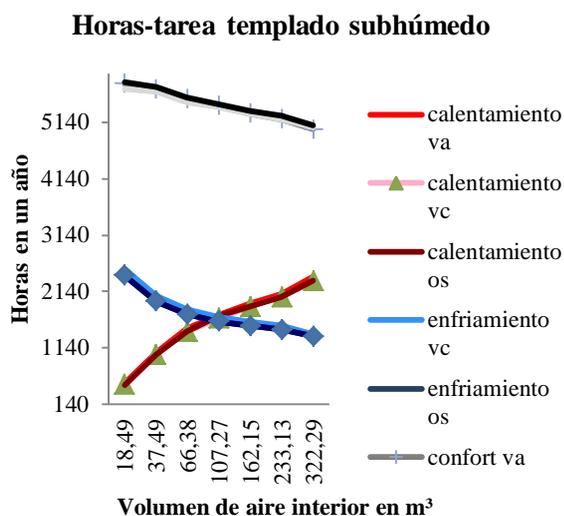


Gráfico 4 Tarea de confort, enfriamiento y calentamiento para el templado sub-húmedo

En el cálido sub-húmedo predomina la tarea de enfriamiento, observándose un punto de coincidencia en el MEVi1 (37.49m²) (Gráfico 05). En el frío sub-húmedo se observa el mayor número de horas de confort en el MEVi1 (37.49m²). Al aumentar el volumen de aire interior, disminuyen las horas de confort, lo que determina una tendencia por espacios reducidos en esta condición térmica (Gráfico 06).

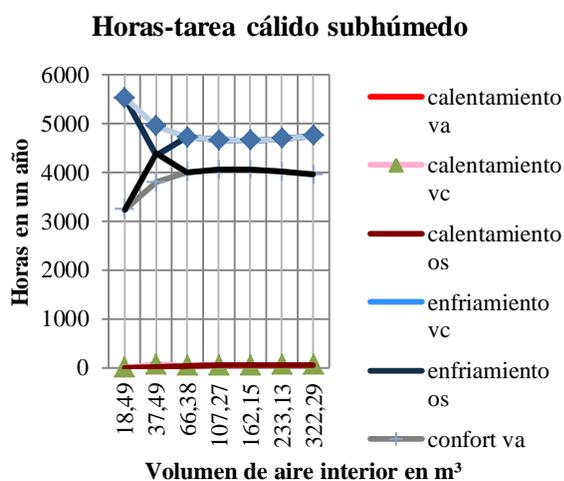


Gráfico 5 Tarea de confort, enfriamiento y calentamiento para el cálido sub-húmedo

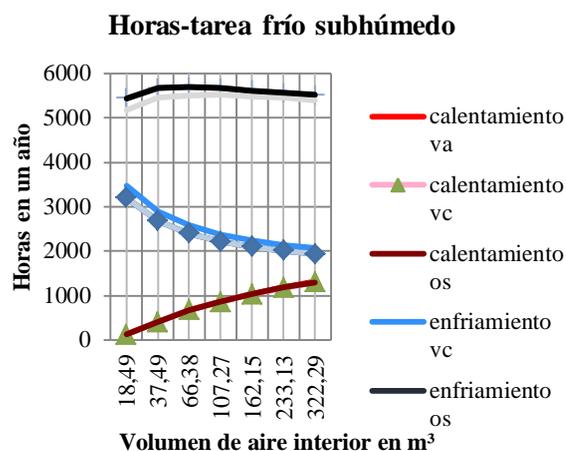


Gráfico 6 Tarea de confort, enfriamiento y calentamiento para el frío sub-húmedo

Agradecimientos

La presente investigación se ha realizado gracias a la beca otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

Conclusiones

Se identificó la demanda energética anual, en diferentes condiciones volumétricas y diferentes condiciones térmicas del estado de Guanajuato, con un rango de confort establecido. Se definió, en el escenario virtual, la relación directamente proporcional entre volumen del aire interior y demanda energética en el espacio representativo (Recámara 1), por cada condición térmica. Se determinaron periodos con base horario de apertura o cierre de ventana en función del rango de confort establecido para cada localidad. Se comprobó que en las tres condiciones térmicas, al aumentar el volumen de aire interior, aumentó la demanda energética, y en términos de tareas de confort, enfriamiento y calentamiento, se determinó que: Para el templado sub-húmedo se recomienda el MEVi3 (107.27m²), a partir de este volumen, la tarea de enfriamiento disminuye pero aumenta considerablemente la tarea de calentamiento. Para el cálido sub-húmedo, se recomienda el MEVi1 (37.49m²), debido al aumento de la tarea de confort y disminución de la tarea de enfriamiento en un punto de coincidencia. Y finalmente, se recomienda para el frío sub-húmedo, el MEVi1 (37.49m²). En este caso, se observó una tendencia a mantener un menor volumen de aire interior, para lograr un mayor número de horas de confort por año.

Se concluye que las condiciones térmicas, y el volumen de aire interior, son elementos que determinan la demanda energética en función del confort térmico, cuando se utiliza ventilación modo mixto. Se recomienda, para futuras investigaciones, abarcar otras condiciones térmicas y analizar en términos del equipo de aire acondicionado, estrategias de ahorro energético.

Referencias

- Ali, M., & Abustan, I. (2014). A new novel index for evaluating model performance. *Malasia: Journal of Natural Resources and Development*.
- ASHRAE. (2004). *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*. Atlanta: ASHRAE. Recuperado el 06 de JUNIO de 2017
- Ashrae, S.-2. (2010). *Thermal Environmental Conditions for human occupancy*. Atlanta: Ashrae.
- Barrios, G., Huelsz, G., Rechtman, R., & Rojas, J. (2012). Wall/Roof Thermal performance differences between air-conditioned and non air-conditioned rooms. *Centro de Investigación en Energía*, 17.
- Braulio, M., Bovea, M., Rua, M., & Juan, P. (2016). A methodology for predicting the energy performance and indoor thermal comfort of residential stocks on the neighbourhood and city scales. A case study in Spain. *ScienceDirect*.
- Carballo Méndez, M. G. (2017). Volumen óptimo de aire de un espacio habitable con el uso mixto de la ventilación natural y el aire acondicionado. Caso: clima cálido subhúmedo. Colima: Universidad de Colima.
- Carrasco Cota, C. (2005). Análisis cuantitativo de comportamiento térmico de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula: caso clima cálido seco. Distrito Federal: UNAM.
- Casas Arredondo, J. M. (2014). Simulación térmica de edificaciones con EnergyPlus y Ener-Habitat: análisis de la interacción entre los componentes de la envolvente. Temixco, Morelos.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Comisión Nacional de Vivienda. (2017). Reporte mensual del sector de la vivienda. Ciudad de México: CONAVI.
- CONAVI. (03 de 07 de 2019). Comisión Nacional de Vivienda. Obtenido de <http://sniiv.conavi.gob.mx/>
- CONUEE. (2017). Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. Recuperado el 07 de junio de 2017, de Documentos: <https://www.gob.mx/conuee#documentos>
- Deuble, M., & John de Dear, R. (2012). Mixed-mode buildings: a double standard in occupants' comfort expectations. Australia: Elsevier.
- Esparza López, C. J. (2015). Estudio Experimental de dispositivos de enfriamiento evaporativo indirecto para un clima cálido subhúmedo. Colima: Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura.
- Ezzeldin, S., & Rees, S. (2013). The potential for office buildings with mixed-mode ventilation and low energy cooling systems in arid climates. *ScienceDirect*.
- Gómez Amador, A., Espinoza López, A. E., Bojórquez Morales, G., & Alpuche Cruz, M. G. (2015). Mecanismos de control bioclimáticos habilitados por los individuos en viviendas de climas cálidos. En A. Gómez Amador, A. E. Espinoza López, G. Bojórquez Morales, & M. G. Alpuche Cruz, *Diversas visiones de la habitabilidad* (pág. 251). Puebla: Programa Editorial de la Red de Investigación Urbana A.C.
- Gto., D. U. (03 de julio de 2019). León Gobierno municipal. Obtenido de <http://du.leon.gob.mx/contenidos/leyes-y-reglamentos>
- Gto., S. F. (03 de julio de 2019). San Felipe. Obtenido de <http://sanfelipegto.gob.mx/TRANSPARENCIA/I%20-%20REGLAMENTOS.html>
- Gto., S. J. (03 de 07 de 2019). San José Iturbide municipio. Obtenido de <http://normatividadestatalymunicipal.guanajuato.gob.mx/normatividadn/archivos.php?arcid=96>

Gto., S. J. (03 de 07 de 2019). San José Iturbide municipio. Obtenido de <http://normatividadestatalymunicipal.guanajuato.gob.mx/normatividadn/archivos.php?arcid=96>

INEGI. (2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 04 de junio de 2017, de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825292775>

INFONAVIT. (2017). Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. Recuperado el 05 de junio de 2017, de https://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/e3d15d95-f875-45e4-8772-9078660eca81/Anexo+1.+Listado+de+regiones+bioclim%C3%A1ticas.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=e3d15d95-f875-45e4-8772-9078660eca81

Monfet, D., Zmeureanu, R., Charneux, R., & Lemire, N. (2007). Computer model of a university building using the EnergyPlus program. Quebec: Concordia University.

ONNCCE. (2009). NMX-C-460-ONNCCE-2009. MÉXICO: ONNCCE.

S., E., & Rees, S. (2013). The potential for office buildings with mixed-mode ventilation and low energy cooling systems in arid climates. Elsevier.

SENER. (2011). Indicadores de Eficiencia Energética en México. 5 sectores, 5 retos. México, D. F.: SENER.

Szokolay, S. (2004). Introduction to ARCHITECTURAL SCIENCE the basis of sustainable design. Gran Bretaña: Elsevier.

Comportamiento Térmico de fachada ventilada opaca en clima cálido seco extremo**Thermal Behavior of opaque ventilated facade in hot dry climate**

SOTELO-SALAS, Cristina†*, ESPARZA-LÓPEZ, Carlos Javier y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos

*Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura y Diseño*ID 1^{er} Autor: *Cristina, Sotelo-Salas* / ORC ID: 0000-0001-8685-4290, CVU CONACYT ID: 358418ID 1^{er} Coautor: *Carlos, Esparza-López* / ORC ID: 0000-0003-0058-5072, CVU CONACYT ID: 335287ID 2^{do} Coautor: *Carlos, Escobar-Del Pozo* / ORC ID: 0000-0002-8732-8791, CVU CONACYT ID: 43347

DOI: 10.35429/JAD.2019.10.3.20.28

Recibido 22 de Octubre, 2018; Aceptado 16 de Diciembre, 2018

Resumen

El consumo energético atribuido a las edificaciones asciende a un 30% a nivel global. Dicho consumo es aún mayor en edificaciones que carecen de adecuación climática. En climas cálidos, los dispositivos de control solar protegen de las ganancias térmicas por radiación solar directa como estrategia para evitar el sobrecalentamiento en edificaciones. Las fachadas ventiladas permiten incrementar la eficiencia energética de dichos dispositivos al hacer uso del enfriamiento convectivo producto del diferencial de temperatura y presión al interior de la fachada ventilada. La presente investigación muestra el comportamiento térmico de una fachada ventilada opaca a través de modelación numérica en el programa de dinámica de fluidos computacional ANSYS Fluent® en un clima cálido seco extremo. El objetivo del estudio fue analizar el efecto de una fachada ventilada sobre el desempeño térmico del muro inmediato al espacio habitable como sistema pasivo de enfriamiento convectivo. Las variables analizadas fueron el espesor de la cavidad de aire, la temperatura y la velocidad de viento del ambiente exterior, así como su afectación en la temperatura superficial del muro adyacente al espacio habitable. Los resultados muestran una disminución en la temperatura superficial del muro, lo cual reduce la carga de enfriamiento total de la edificación.

Fachada ventilada opaca, Doble fachada, Dinámica de fluidos computacional, Ventilación natural

Abstract

Energy consumption attributed to buildings amounts to approximately 30% globally. This consumption is even greater in buildings that lack climate adaptation strategies. In warm climates, solar control devices protect from thermal gains by direct solar radiation as a strategy to avoid overheating in buildings. Ventilated facades increase the energy efficiency of said devices when harnessing the convective cooling produced by the temperature and pressure differential inside the ventilated facade. The present research shows the thermal behaviour of an opaque ventilated facade through numerical modelling in ANSYS Fluent® computational fluid dynamics software in an extreme hot dry climate. The objective of the study was to analyze the effect of a ventilated facade on the thermal performance of the wall immediately adjacent to the living space as a passive convective cooling system. The variables analyzed were thickness of the air cavity, ambient temperature and wind speed of the external environment, as well as its effect on the surface temperature of the wall adjacent to the living space. The results show a decrease in the surface temperature of the wall, which reduces the total cooling load of the building.

Opaque ventilated facade, Opaque double skin facade, Computational fluid dynamics, Natural ventilation

Citación: SOTELO-SALAS, Cristina, ESPARZA-LÓPEZ, Carlos Javier y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos. Comportamiento Térmico de fachada ventilada opaca en clima cálido seco extremo. *Revista de Arquitectura y Diseño*. 2019, 3-10: 20-28

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: csotelo1@ucol.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad, la tendencia de las edificaciones en las ciudades es dar mayor peso a lo vertical sobre lo horizontal con la finalidad de aumentar la densidad poblacional en las mismas y solventar los problemas de la urbanización expansionista pasada. Lo anterior conlleva a modificar los porcentajes previstos de injerencia de los componentes de la envolvente arquitectónica sobre el espacio interior. Antes, con edificaciones horizontales, la azotea tenía un papel predominante sobre las condiciones interiores en lugares intertropicales, incluso alcanzado hasta el 65% de la transferencia del calor hacia el espacio (Esparza-López, Gómez-Amador, Gómez-Azpeitia, González-Cruz y Escobar, 2015). Al modificar las proporciones de las edificaciones e incrementar el área de fachada al verticalizar la edificación, la tasa de intercambio térmico se modifica incrementando sobre las fachadas y disminuyendo en las azoteas.

Existen diversos dispositivos y sistemas de climatización que se utilizan sobre las fachadas para reducir y amortiguar el intercambio a través de estas (Halawa et al., 2018; Shameri, Alghoul, Sopian, Zain y Elayeb, 2011). Las fachadas dobles son dispositivos sobrepuestos a las fachadas que permiten mitigar o amortiguar el intercambio de energía entre el interior y el exterior (Barbosa e Ip, 2014). Dependiendo su objetivo, diseño y construcción, pueden permitir el paso de luz y ventilación, bloquear por completo la radiación solar y el aire, buscar la interconexión entre niveles, incrementar la privacidad o permitir la visibilidad del espacio (Halawa et al., 2018).

La selección de las características idóneas para el diseño y construcción de una doble fachada está en función de las estrategias de climatización que se pretenden utilizar en un lugar y clima determinado. Al ser elementos del diseño que se encuentran expuestos al exterior, las variables que se modifican con su incorporación son principalmente la radiación solar y la ventilación (Shameri et al., 2011).

Según Barbosa e Ip (2014) los parámetros de selección de las características se pueden dividir principalmente en factores de la propia fachada, del edificio y del sitio.

Dentro de los factores de la propia fachada encontramos la profundidad de la cavidad de aire, sombreado, superficie de vidrio, estructura y aberturas. De los factores del edificio se encuentran los materiales de la envolvente, la tasa de aberturas en vanos y transparencias; la altura de la cavidad y el número de niveles del edificio. Finalmente, para los parámetros del sitio, coincide con lo mencionado en Shameri et al., (2011) respecto a las principales estrategias a utilizar ya que alude a la radiación solar y el viento como actores importantes en su determinación.

Ghaffarianhoseini, Ghaffarianhoseini, Berardi, Tookey, Li y Kariminia (2016) inicialmente clasifican a las fachadas dobles como ventiladas o no ventiladas. Las fachadas no ventiladas se encuentran relativamente herméticas reduciendo aún más la transferencia de calor entre el interior y el exterior. Este tipo de fachadas son ideales para amortiguar las diferencias entre las temperaturas. Las fachadas dobles ventiladas permiten la circulación de aire a través de ellas, promoviendo la renovación de aire y, por ende, el intercambio de calor entre los espacios.

Las fachadas dobles, ya sean ventiladas o no, se pueden dividir en opacas, translúcidas y transparentes en función del material con el que están construidas que permite el paso de luz y visibilidad hacia el interior del espacio. Empero pueden cumplir otros objetivos más allá del sistema constructivo, e.g., la transferencia de calor, ya que, en función de la transparencia, es la cantidad de radiación que penetra al interior del espacio.

En función del efecto de flotabilidad del aire dentro de la cavidad (Sánchez, Rolando, Sant y Ayuso, 2016) o de la disipación de calor por convección en la totalidad de la fachada se puede definir si la fachada es de juntas abiertas o cerradas (Ibáñez-Puy, Vidaurre-Arbizu, Sacristán-Fernández y Martín-Gómez, 2017). Si la temperatura del aire exterior es inferior a la temperatura de la cavidad y lo que se busca es disipar el calor acumulado en la cavidad de aire, se puede optar por una fachada de juntas abiertas que permite el paso del aire a lo largo de la altura de la fachada. Un ejemplo de este tipo de formas son las celosías.

Por otro lado, si se busca de bloqueo de la temperatura radiante de la doble fachada o complementar el dispositivo con otro tipo de estrategia, se puede elegir por una doble fachada de juntas cerradas.

La doble fachada de juntas cerradas no permite el paso del aire en el cuerpo de la estructura, dejando aberturas solo en la parte inferior y superior de la misma (Figura 1). Esto fomenta el fenómeno de flotabilidad y de convección natural del aire dentro de la cavidad.

Souza, Souza y Rodrigues (2018) demuestran la efectividad en la reducción de la temperatura tanto en la cavidad como en el espacio interior al utilizar fachadas dobles opacas ventiladas de juntas cerradas. Sin embargo, es importante señalar que la utilización de esta no implica un efecto de enfriamiento dentro del espacio, sino de reducción de las ganancias provenientes del exterior.

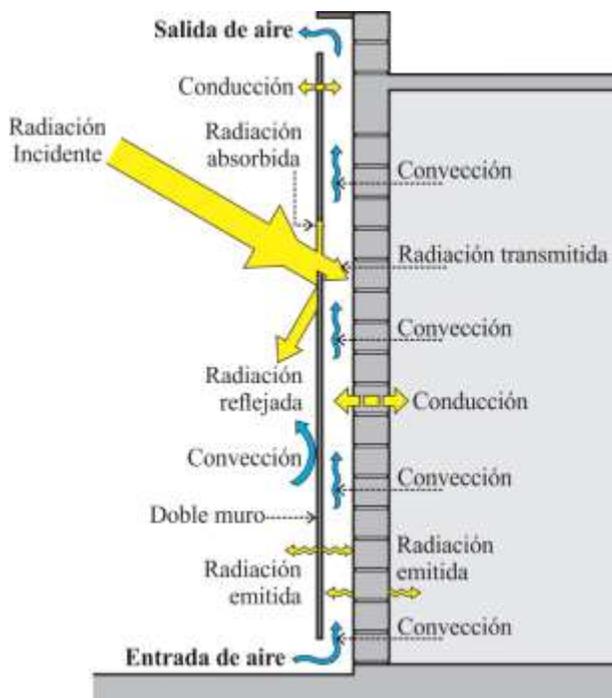


Figura 1 Componentes de una fachada ventilada y mecanismos de transferencia de calor que intervienen en su comportamiento térmico

Fuente: *Elaboración propia con base en Barbosa, Ip y Southall (2015)*

El objetivo de este estudio es analizar el comportamiento térmico de una fachada ventilada opaca en una edificación de un nivel en clima cálido seco extremo para determinar su efecto sobre la temperatura superficial del muro interior en contacto con el espacio habitable, de tal manera que permita definir lineamientos de diseño para la aplicación de este dispositivo de protección solar en edificaciones nuevas y existentes con la finalidad de disminuir las ganancias por radiación solar directa y potenciar el enfriamiento por convección en la cavidad de aire.

Se describe la metodología a partir de simulación en dinámica de fluidos computacional (CFD por sus siglas en inglés), así como el proceso de validación de dichos modelos. Se muestra el efecto de variables ambientales que impactan en el comportamiento térmico de la fachada ventilada opaca, así como la influencia de la distancia entre la doble fachada y el muro en contacto con el espacio interior.

Finalmente se discuten los resultados para determinar el caso con mejor desempeño, es decir, aquel que muestre una diferencia de temperatura mayor con respecto al caso base y determinar la configuración geométrica más apropiada según su interacción con las variables de temperatura de bulbo seco exterior (TBS) y la velocidad de viento del ambiente exterior.

Metodología

1. Simulación CFD: caso de referencia

El estudio se realiza en el programa de dinámica fluidos computacional ANSYS Fluent® 15, el caso de referencia para la realización del análisis es una edificación de un solo nivel, cuyas dimensiones en planta son de 3 m x 3 m, con 3 m de altura. Las variables independientes son la temperatura de bulbo seco exterior, velocidad de viento, y el ancho de la cavidad de aire; las variables dependientes son la temperatura al centro de la cavidad de aire, la temperatura superficial del muro sombreado por la doble fachada, y la velocidad de viento al centro de la cavidad de aire.

En la ciudad de Mexicali se tienen registros de temperatura máxima extrema de 45 °C y un récord histórico de 54 °C (Bojórquez, Gómez-Azpeitia, García-Cueto, Ruiz-Torres, y Luna, 2010), por lo cual se considera que es un sitio representativo del clima cálido seco extremo donde propone el estudio.

Mexicali se ubica al noreste del estado de Baja California, en la frontera norte de México, en latitud de 32°39'48"N y longitud de 115°28'04"O. La edificación utilizada como referencia se caracteriza con la tipología de construcción utilizada en Mexicali, block común de concreto de 0.12 m x 0.2 m x 0.4 m, para vivienda de interés social (Gutiérrez, Romero y Sotelo, 2014).

Se consideran dos valores de temperatura de bulbo seco, la máxima media del mes de julio, considerado el mes crítico del período cálido que abarca los meses de mayo a octubre, obtenidos del archivo climático de la estación meteorológica del aeropuerto de Mexicali, que analiza valores de 2000-2009, con 47.1 °C como temperatura máxima mensual, y 35 °C como temperatura media mensual.

Adicionalmente, se utilizaron valores de velocidad de viento de 1.5, 4 y 6.5 m/s, la mínima, media y máxima respectivamente.

Respecto a la configuración geométrica de la fachada ventilada, estudios previos reportan que los efectos de enfriamiento se manifiestan a partir de 0.07 m, y que su comportamiento térmico se estabiliza desde los 0.35 m (Ibáñez-Puy et al., 2017), por tanto, en este estudio se manejan intervalos regulares de 0.1 m en un rango de 0.1 m a 0.5 m. Los escenarios de simulación y su nomenclatura se describen en la tabla 1.

Caso	Ancho de cavidad de aire [m]	Temperatura de Bulbo Seco exterior [°C]	Velocidad de viento [m/s]
C1	0.1	47.1	6.5
C2	0.1	47.1	4
C3	0.1	47.1	1.5
C4	0.1	35	6.5
C5	0.1	35	4
C6	0.1	35	1.5
C7	0.2	47.1	6.5
C8	0.2	47.1	4
C9	0.2	47.1	1.5
C10	0.2	35	6.5
C11	0.2	35	4
C12	0.2	35	1.5
C13	0.3	47.1	6.5
C14	0.3	47.1	4
C15	0.3	47.1	1.5
C16	0.3	35	6.5
C17	0.3	35	4
C18	0.3	35	1.5
C19	0.4	47.1	6.5
C20	0.4	47.1	4
C21	0.4	47.1	1.5
C22	0.4	35	6.5
C23	0.4	35	4
C24	0.4	35	1.5
C25	0.5	47.1	6.5
C26	0.5	47.1	4
C27	0.5	47.1	1.5
C28	0.5	35	6.5
C29	0.5	35	4
C30	0.5	35	1.5

Tabla 1 Escenarios de simulación

Se contrastan los resultados de los escenarios de simulación contra un caso base (CB), es decir, un muro orientado al sur completamente expuesto a la radiación solar directa.

El doble muro que conforma a la fachada ventilada se ubica al sur y es el único muro en el estudio donde se implementa el dispositivo en el modelo virtual.

2. Geometría computacional y análisis de malla

Se realizó un modelo computacional con dimensiones de 15 m x 20 m x 10 m de altura (Figura 2). La geometría se realizó con el programa ANSYS DesignModeler®, y la malla se generó con ANSYS Meshing®, donde el tamaño de la malla se determinó a partir de un análisis de sensibilidad, de tal manera que el tamaño de la malla no afectara la simulación del fenómeno estudiado.

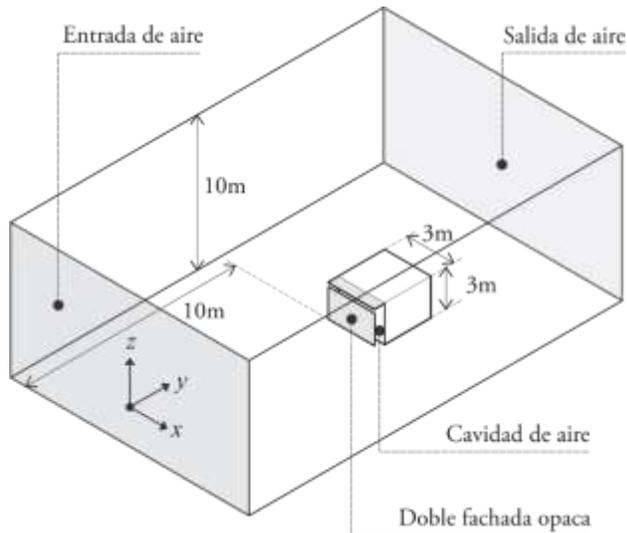
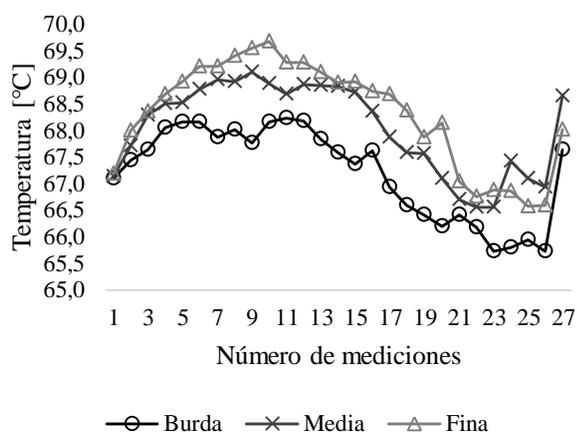


Figura 2 Geometría del modelo analizado

Se consideraron tres tamaños de malla denominados malla burda con 1,159,948 elementos, malla media con 1,870,759 elementos y malla fina con 2,611,906 elementos y se tomaron 27 puntos a lo largo del eje z para la comparación (Gráfica 1). Entre la malla burda y la malla media se presentó un error 0.24% y entre la malla media y la malla fina se encontró un error de 0.12%. Debido a la concordancia mostrada entre las mallas analizadas, se determina que la malla media provee suficiente precisión a menor costo computacional, y se selecciona para realizar el estudio propuesto.



Gráfica 1 Análisis de sensibilidad de malla

3. Condiciones de frontera

La entrada de aire se configura con los parámetros físicos del ambiente exterior según cada escenario de simulación (Tabla 1), con un perfil de velocidad uniforme ($=U_{\infty}$) de acuerdo con el rango de valores seleccionado.

Se utilizó la metodología señalada por Montazeri, Blocken y Hensen (2015) para calcular la energía cinética turbulenta k a partir de U_{∞} y de la intensidad de la turbulencia, I , con valor de 10% para aplicaciones prácticas de flujo de viento en la capa límite atmosférica, con la ecuación (1); la escala de longitud de turbulencia, l , se calculó a partir del diámetro hidráulico, D_H , del dominio computacional, con la ecuación (2); la tasa de disipación de turbulencia, ε , se calculó a partir de la ecuación (3), donde C_{μ} es una constante con valor aproximado de 0.09.

$$k = (U_{\infty} \cdot I)^2 \quad (1)$$

$$l = 0.07 D_H \quad (2)$$

$$\varepsilon = C_{\mu}^{3/4} \left(\frac{k^{3/2}}{l} \right) \quad (3)$$

Las superficies que representan a la edificación de un nivel se caracterizaron como muros de block común de concreto de 0.12 m con una conductividad térmica de 1.013 W/m K. El doble muro que forma la cavidad de aire de la fachada ventilada se caracterizó con tablero de cemento USG Durock® de 0.0127 m de espesor con una conductividad térmica de 0.099 W/m K.

Se empleó el modelo de radiación Surface-to-Surface, con los valores para radiación solar directa de 879.2 W/m², radiación solar difusa en superficie vertical de 77.5 W/m² y 119.22 W/m² en superficie horizontal.

5. Validación

Para validar las simulaciones realizadas se realizó el análisis de concordancia con el índice propuesto por Willmott (1981), donde se comparan las mediciones obtenidas por experimentación con las mediciones simuladas.

Se utilizaron las mediciones de campo en un módulo experimental ubicado en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California, campus Mexicali, a una latitud de 32°37'57"N y una longitud de 115°26'36"O, y a una altura sobre el nivel del mar de 5 m a nivel de piso.

Sin embargo, debido a que los módulos se ubican en la cubierta del edificio, se adicionan 9.92 m para un total de 14.92 m de altura sobre el nivel del mar en la ubicación de los módulos.

El análisis muestra un error de 1.9% para las mediciones al centro de la cavidad de aire y de 1.52% para las mediciones de temperatura superficial.

Resultados

1. Simulaciones CFD: análisis de parámetros físicos

Los parámetros físicos que se utilizan como variables independientes para este estudio son la temperatura de bulbo seco exterior y la velocidad de viento, en esta sección se describen los efectos de ambas, así como la relación de estas con la configuración geométrica de la fachada ventilada, determinada por el ancho de la cavidad de aire.

2. Efecto de la temperatura de bulbo seco de entrada

Se indica en la tabla 2 la temperatura media para cada caso con temperatura de bulbo seco exterior de 47.1 °C, la comparación con la temperatura media del caso base bajo las mismas condiciones (CB47), y la diferencia de cada escenario con respecto al CB47.

En la tabla 3 se muestra la temperatura media para cada caso con TBS exterior de 35 °C, la comparación con la temperatura media del caso base bajo las mismas condiciones y la diferencia de estas con el caso base respectivo (CB35).

Se observa que a pesar de la diferencia de las condiciones de TBS, el efecto de sombreado y convección natural sobre el muro sur es similar, con variaciones de 0.2 a 1.5 °C en la reducción en la temperatura superficial del muro en contacto con el espacio habitable.

Caso	Temperatura superficial media [°C]	Reducción de temperatura [°C]
CB47	67.81	N/A
C1	53.9	13.9
C2	55.6	12.2
C3	60.4	7.41
C7	53.6	14.2
C8	56	11.8
C9	60.6	7.23
C13	53.1	14.8
C14	55.6	12.2
C15	60.9	6.94
C19	53.5	14.3
C20	55.9	11.9
C21	60.8	7
C25	53.3	14.5
C26	55.8	12
C27	59.8	7.97

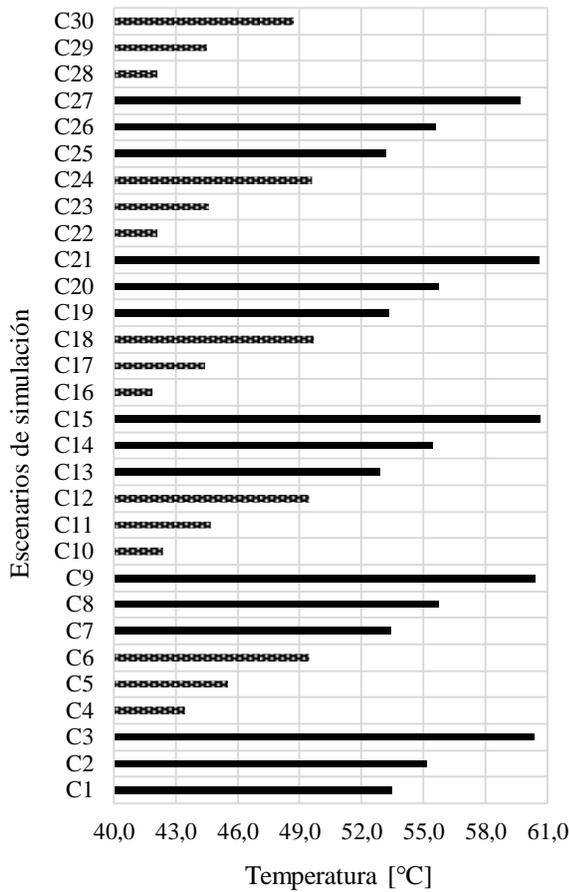
Tabla 2 Temperatura superficial media en muro de block común de concreto y la reducción respecto al caso base

Caso	Temperatura superficial media [°C]	Reducción de temperatura [°C]
CB35	56.18	N/A
C4	43.4	12.8
C5	45.5	10.7
C6	49.4	6.73
C10	42.3	13.9
C11	44.6	11.6
C12	49.5	6.71
C16	41.8	14.3
C17	44.4	11.8
C18	49.8	6.42
C22	42	14.1
C23	44.6	11.6
C24	49.7	6.53
C28	42.1	14.1
C29	44.5	11.6
C30	48.8	7.42

Tabla 3 Temperatura superficial media en muro de block común de concreto y la reducción respecto al caso base

3. Efecto de la velocidad de aire de entrada

Los casos C1, C7, C13, C19, C25, con TBS exterior de 47.1 °C y velocidad de viento de 6.5 m/s, muestran mayor reducción de temperatura media al interior de la cavidad de aire y en la superficie del muro sombreado respecto al caso base (CB47), por otra parte, los casos C4, C10, C16, C22 y C28, con TBS exterior de 35 °C y velocidad de viento de 6.5 m/s muestran una disminución en temperatura mayor a aquellos casos con velocidad de viento de 4 y 1.5 m/s (Gráfica 2).



Gráfica 2 Temperatura superficial media en muro de block común de concreto

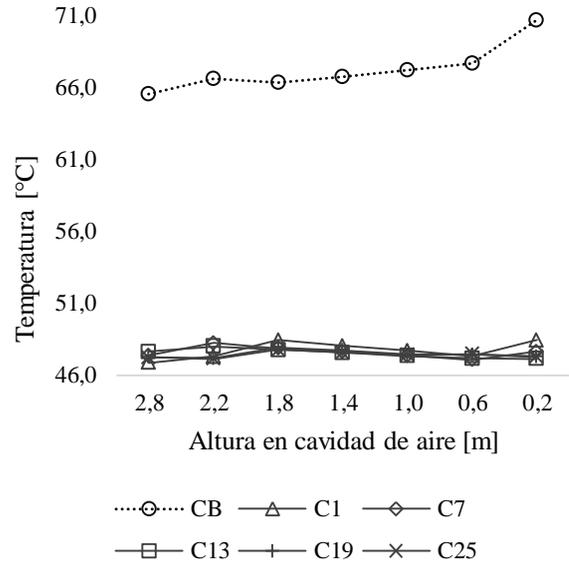
Se observa que, a mayor velocidad del aire de entrada, mejora el intercambio y la renovación de aire en el interior de la cavidad de aire, por lo cual, presenta una mayor reducción de temperatura.

4. Efecto del ancho de la cavidad de aire

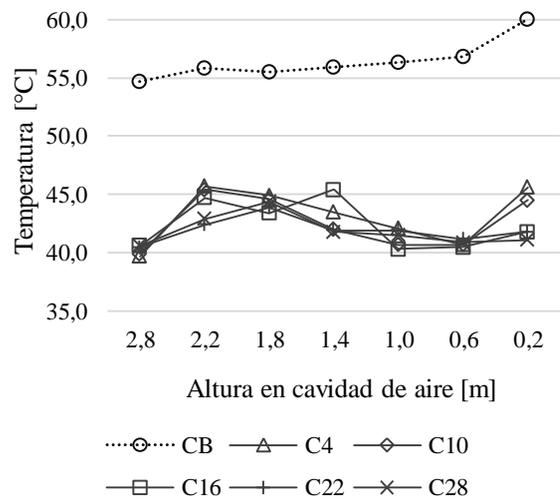
La configuración geométrica de la fachada ventilada en este estudio tiene una variación paramétrica en el ancho de la cavidad de aire que va de 0.1 m a 0.5 m. Las simulaciones muestran que la distancia entre los dos muros que conforman la cavidad de aire, con la caracterización de materiales que se utilizó en el estudio, presenta diferencias de temperatura superficial media de 0.4 a 1.6 °C. Sin embargo, con respecto al caso base CB35 y CB47, muestran diferencias de temperatura de hasta 14.3-14.8 °C.

En la gráfica 3 se observa que el caso con menor temperatura al centro de la cavidad de aire es el caso C13, con 0.3 m de espesor en la cavidad de aire, que respectivamente tiene la menor temperatura superficial media con respecto al CB47.

De igual manera en el caso C16 (con 0.3 m de espesor en la cavidad de aire), se observa la mayor reducción en el centro de la cavidad de aire con respecto al CB35, así como la menor temperatura superficial media con respecto al mismo caso base.



Gráfica 3 Temperatura al centro de la cavidad de aire para CB47



Gráfica 4 Temperatura al centro de la cavidad de aire para CB35

Conclusiones

Se observa de manera consistente con estudios anteriores, que un espesor mínimo de 0.1 m en la cavidad de aire tiene un efecto favorable sobre la temperatura superficial del muro en contacto con el ambiente interior y presenta un comportamiento estable a pesar del incremento en las dimensiones de la cavidad de aire, el mejor caso se presenta en el ancho de 0.3 m.

Adicionalmente, se determina que entre mayor sea la velocidad de viento, ésta genera una reducción mayor en la temperatura al centro de la cavidad de aire y en el muro de block común de concreto.

A pesar de que la temperatura dentro de la cavidad de aire es superior a la TBS exterior, la disminución con respecto a una fachada completamente expuesta a la radiación solar directa es de 14.3-14.8 °C como valor medio, y alcanza en algunos puntos 18 °C de diferencia, dicho comportamiento se considera alentador en la implementación de esta estrategia en edificaciones de clima cálido seco extremo.

Se observa que, de las tres variables estudiadas, la velocidad de viento es la que tiene mayor influencia sobre el comportamiento térmico de la fachada ventilada, con una diferencia de 4.72 °C entre los casos con velocidad de viento de 1.5 m/s y 4 m/s, y una diferencia de 7.06 °C en los casos con velocidad de viento de 1.5 m/s y los casos con 6.5 m/s.

El comportamiento térmico de la fachada ventilada opaca depende en gran medida de las condiciones ambientales al exterior de la edificación, y debido a que la velocidad de viento es la variable con mayor efecto sobre la reducción de temperatura, se sugieren estudios adicionales sobre criterios de diseño de la fachada ventilada que ayuden a incrementar la velocidad al interior de la cavidad de aire, ya sea la implementación de una chimenea solar aunada al cuerpo de la fachada ventilada, o la adición de un ventilador mecánico que garantice el recurso eólico necesario para la reducción de temperatura deseada.

Finalmente se considera que la fachada ventilada opaca es una estrategia de adecuación climática apropiada para edificaciones nuevas y existentes en clima cálido seco extremo, y debido a su comportamiento térmico, coadyuva en la reducción de la demanda de enfriamiento de dichas edificaciones, y por tanto disminuye su impacto ambiental.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura y a la Universidad de Colima por su apoyo en la realización de este estudio, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico. Se agradece a la Universidad Autónoma de Baja California por permitir el uso de los módulos experimentales de la Facultad de Arquitectura y Diseño.

Referencias

- Barbosa, S., Ip, K., (2014). Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 1019–1029.
- Barbosa, S., Ip, K., Southall, R. (2015). Thermal comfort in naturally ventilated Buildings with double skin facade under tropical climate conditions: The influence of key design parameters. *Energy and Buildings*, 109, 397-406.
- Bojórquez, G., Gómez-Azpeitia, L. G., García-Cueto, O. R., Ruiz-Torres, R. P., Luna, A. (2010). Temperatura neutral y rangos de confort térmico para exteriores, período cálido en clima cálido seco. *Ambiente Construido*, Porto Alegre, 10, (2), 133-146.
- Esparza-López, C.J., Gómez-Amador, A., Gómez-Azpeitia, L.G., González-Cruz, E.M., Escobar, C. (2015). Desempeño térmico de tres dispositivos de enfriamiento evaporativo indirecto pasivo en clima cálido sub-húmedo. *Palapa*, III (2), 84–96.
- Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., Tookey, J., Li, H. W., Kariminia, S. (2016). Exploring the advantages and challenges of double-skin façades (DSFs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1052–1065.
- Gutiérrez, M. T., Romero, R., Sotelo, C. (2014). Thermal energy impact of bioclimatic techniques applied to low-income housing in a hot dry climate. *Energy Procedia*. 57, 1743-1752.

Halawa, E., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Trombley, J., Hassan, N., Baig, M., Yusoff, S., Ismail, M. A. (2018). A review on energy conscious designs of building façades in hot and humid climates: Lessons for (and from) Kuala Lumpur and Darwin. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2147–2161.

Ibáñez-Puy, M. Vidaurre-Arbizu, M., Sacristán-Fernández, J. A., Martín-Gómez, C. (2017). Opaque Ventilated Façades: Thermal and energy performance review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 180–191.

Montazeri, H., Blocken, B., Hensen, J. L. M. (2015). CFD análisis of the impact of physical parameters on evaporative cooling by a mist spray system. *Applied Thermal Engineering*, 75, 608-622.

Sánchez, E., Rolando, A., Sant, R., Ayuso, L. (2016). Influence of natural ventilation due to buoyancy and heat transfer in the energy efficiency of a double skin facade building. *Energy for Sustainable Development*, 33, 139–148.

Shameri, M.A., Alghoul, M. A., Sopian, K., Zain, M. F. M., Elayeb, O. (2011). Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1468–1475.

Souza, L.C.O., Souza, H.A., Rodrigues, E.F., (2018). Experimental and numerical analysis of a naturally ventilated double-skin façade. *Energy and Buildings*, 165, 328–339.

Willmott C. J., (1981). On the validation of models. *Physical Geography*, 2 (2), 184-194.

Análisis de confort térmico de la vivienda en valle de San Pedro durante el periodo frío por medio de simulación

Thermal comfort Analysis for the Valley of San Pedro housing during the cold period by use of simulation

CAMACHO-IXTA, Ixchel Astrid†*, SAHAGUN-VALENZUELA, Miguel I., DELGADO-RENDON, Rene y PÉREZ-LLERENA, Ma. Teresa

Universidad Autónoma de Baja California

ID 1^{er} Autor: *Ixchel Astrid, Camacho-Ixta* / ORC ID: 0000-0002-2985-6705, Researcher ID Thomson: G-3112-2018, CVU CONACYT ID: 893810

ID 1^{er} Coautor: *Miguel I., Sahagun-Valenzuela* / ORC ID: 0000-0001-6363-0884, Researcher ID Thomson: G-4120-2018, CVU CONACYT ID: 397669

ID 2^{do} Coautor: *Rene, Delgado-Rendon* / ORC ID: 0000-0002-5504-3513, Researcher ID Thomson: G-3111-2018, CVU CONACYT ID: 217938

ID 3^{er} Coautor: *Ma. Teresa, Pérez-Llerena* / ORC ID: 0000-0001-5499-0431, Researcher ID Thomson: Y-8525-2019, CVU CONACYT ID: 483831

DOI: 10.35429/JAD.2019.10.3.29.33

Recibido 25 de Octubre, 2018; Aceptado 18 de Diciembre, 2018

Resumen

Esta investigación se enfoca en los análisis de la problemática del comportamiento de confort térmico interno de una vivienda de interés social, derivados de la falta de adaptaciones al tipo de clima mediterráneo (cálido-seco) predominante de Valle de San Pedro, Tijuana B.C. localizado a latitud 32°29'47"N y longitud 116°58'26"W, condiciones que se presentan en el periodo frío durante diciembre, enero y febrero, cuando se presentan temperaturas mínimas entre 3.5°C a 4.4°C. Se realizó la simulación Design Builder validándola contra datos medidos de la vivienda de manera continua durante los periodos ya mencionados, analizando la temperatura interna de la vivienda. El material de recubrimiento simulado fue el poliestireno, el cual debido a sus características de conductividad térmica permite disminuir el desconfort térmico dentro de la vivienda de interés social contribuyendo a la mejora del espacio habitable, demostrándolo mediante la herramienta de simulación. De esta manera la alternativa de recubrimiento de poliestireno sobre la envolvente de la vivienda, es una solución que permite aumentar las horas de confort dentro del espacio acercando la temperatura interior con respecto a la zona de confort establecida para las condiciones de la localidad durante el periodo frío.

Confort térmico, Vivienda de interés social, Design builder, Periodo frío

Abstract

This research focuses on the analysis of the thermal comfort behavior for the social interest housing, caused by the lack of adaptations to the predominant Mediterranean climate (warm-dry) of San Pedro Valley, Tijuana B.C. located at latitude 32°29'47"N and longitude 116°58'26"W, these conditions occur in the cold period during December, January and February, when minimum temperatures are between 3.5°C and 4.4°C. The Design Builder simulation was carried out by validating results against continuous measured data of the dwelling during the aforementioned periods, analyzing the internal temperature of the dwelling. The simulated coating material was polystyrene, which due to its thermal conductivity characteristics, allows to reduce thermal discomfort in to the social interest housing, contributing to the comfort improvement of the living space, showing it by results of the simulation tool. In this way the polystyrene coating alternative for the housing envelope, is a solution that allows to increase the hours of comfort within the space by bringing the indoor temperature closer to the comfort zone established for the local conditions during the cold period.

Thermal comfort, Social interest housing, Design builder, Cold period

Citación: CAMACHO-IXTA, Ixchel Astrid., SAHAGUN-VALENZUELA, Miguel I., DELGADO-RENDON, Rene y PÉREZ-LLERENA, Ma. Teresa. Análisis de confort térmico de la vivienda en valle de San Pedro durante el periodo frío por medio de simulación. Revista de Arquitectura y Diseño. 2019, 3-10: 29-33

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: Ixchel_ixta@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Hoy en día la problemática del comportamiento térmico dentro de las viviendas de interés social es mucho más común, sumado a la falta de confort térmico derivado por el sistema constructivo y la falta de adaptación al tipo de clima mediterráneo (cálido – seco) de la zona de Valle de San Pedro. Es recurrente que en el periodo frío, de diciembre a enero, se presente este desconfort para los usuarios de la vivienda.

A raíz de este desconfort interior se presentan una serie de problemáticas no nada más de confort, también de salud y económicos, por lo cual el usuario tiene que hacer adaptaciones a la vivienda e inclusive a su vestimenta para poder mitigar este inconveniente.

El objetivo de este trabajo es realizar una simulación con el programa Design Builder para validar los datos medidos de manera física contra los analizados en el programa para constatar que el poliestireno ayuda al confort térmico de la vivienda en el periodo frío.

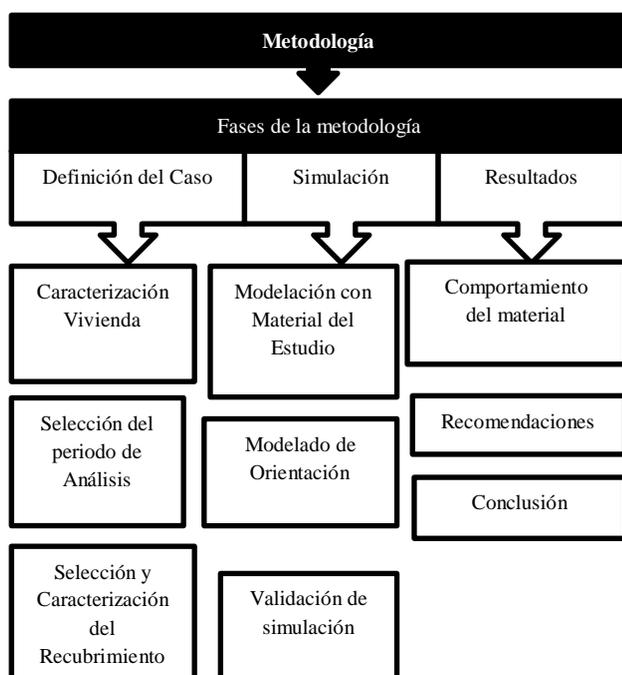


Tabla 1 Metodología

Fuente: *Elaboración Propia*

Desarrollo

En el año 2005 se celebró un convenio en conjunto con el XVII ayuntamiento de Tijuana y la empresa constructora de iniciativa privada Urbi.

En el cual, se desarrolló vivienda de interés social donde se realizó el fraccionamiento Valle de San Pedro (Implan, 2005), junto con esto se inicia las problemáticas de desconfort térmico dentro de las viviendas.

Esta problemática que se da en las viviendas de interés social no es exclusiva de estas, también se pueden ver reflejadas en otro tipo de construcciones en Tijuana, deja en claro que los materiales como los sistemas constructivos que se utilizan para sus edificaciones son fundamentales para las condiciones de ambiente que se busca dentro de la vivienda y que es necesario crear al interior un ambiente de confort térmico adecuado a las necesidades climatológicas de la zonas cálidos - secos.

Zonificación

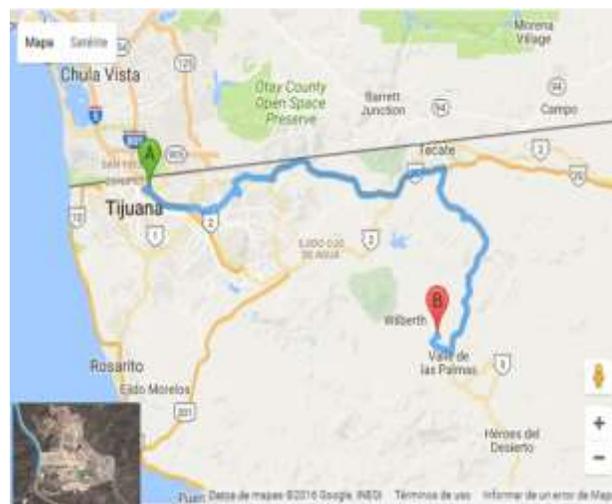


Figura 1 Mapa de Tijuana a Valle de San Pedro

Fuente: *www.google.map*

El estado de Baja California cuenta con cinco municipios cuyos climas son diversos, es decir, van de un clima seco extremo hasta un clima templado húmedo. Tijuana, Baja California debido a su ubicación geográfica se encuentra en las inmediaciones de un clima seco y templado húmedo; podría decirse que en esta ciudad pueden experimentarse en un solo día las cuatro estaciones del año (IMPLAN, 2014) y es en Tijuana donde se localiza Valle de Las Palmas a una latitud $32^{\circ}29'47''N$ y longitud $116^{\circ}58'26''W$.

Una de las características que presentan las viviendas de Valle de San Pedro es la vivienda vertical (Figura 3) con un sistemas constructivos de concreto vaciado (Outinord) el cual presenta propiedades de conductividad térmica muy alto (1.4 W/m°C) lo cual resulta cambios drásticos en confort térmico dentro de la vivienda.

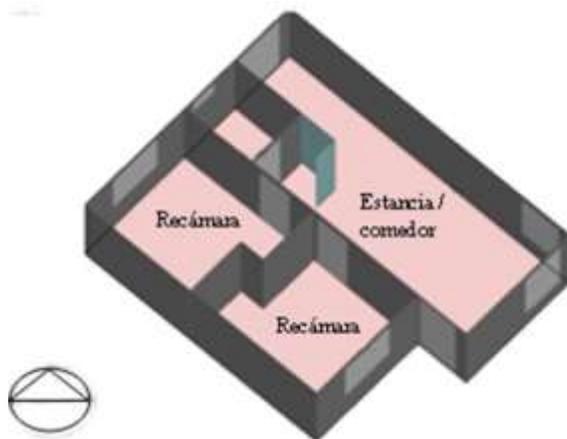


Figura 2 Vivienda de estudio de 63.48m²
Fuente: Casas URBI

Selección del periodo Análisis

Para lograr mitigar el desconfort que se presenta por debajo de los 19°C y por arriba de los 23°C, que se presenta en el interior de esta vivienda durante el periodo frío, se realizó un análisis del material el cual permite hacer consideraciones para la correcta selección del recubrimiento, de tal manera que ayude a reducir el desconfort al interior de la vivienda y minimicé la utilización de sistemas de calefacción.

El material que se seleccionó para el análisis fue: Poliestireno, el cual se tomó en cuenta por sus propiedades térmicas (tomadas de la base de datos del Ener-Habitat) como conductividad, calor específico, densidad de calor y espesor. Con este material se realizó la simulación y propuesta de recubrimiento, por contar con características adecuadas para el clima de Valle de San Pedro, Tijuana, Baja California.

Selección y Caracterización del Recubrimiento

El poliestireno cuenta con una conductividad térmica baja comparada a la de otros materiales que pueden usarse para el mismo fin (Tabla 2).

Además de presentar resistencia a la degradación por exposición a la radiación a largo plazo. Uno de sus beneficios es que es higiénico por que no deja que se acumulen microorganismos (no se pudre o se oxida), es ligero y resiste a la humedad, reduce los efectos de emisión de gases de efecto invernadero.

Propiedades térmicas y físicas de los materiales				
Materiales	Conductividad	Calor	Densidad	Espesor
	Térmica (W/m°C)	Específico (J/kg°C)	(kg/m³)	
Poliestireno	0,035	1675	50	0.025
Concreto armado	1,4	837	2200	0.10
Hoja de yeso	0,1445	600	615,75	0.025

Tabla 2 Propiedades Térmicas
Fuente: Enerhabitat

Validación de Simulación

Se ingresaron los datos de conductividad térmica, calor específico, densidad y espesor del recubrimiento en el programa computacional (Design Builder), y las características de la vivienda de estudio a fin de realizar simulaciones de transferencia de calor dependientes del tiempo, y con base a los datos de la estación meteorológica local (archivo epw). De esta manera se toma en cuenta el efecto de la masa térmica y no sólo la resistencia térmica de los materiales o su conductividad. Ello permite diseñar desde avanzadas estrategias de envolvente hasta complejos de sistemas de climatización para enfocarlos a la mejora del confort térmico.

Se evalúa el sistema constructivo mediante el programa de simulación para dos casos: primero con la vivienda sin recubrimiento y segundo implementando el recubrimiento en solo dos lados de la vivienda, en los meses críticos del año (diciembre-enero). Con ello se pudo determinar el comportamiento de la temperatura dentro del edificio.

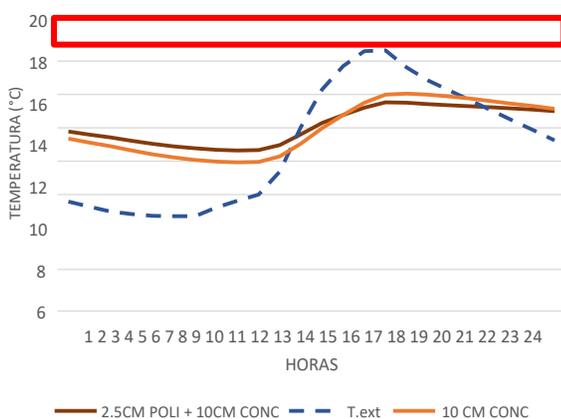
Resultados

Para la simulación se consideró que los espacios de la vivienda no se presenta el uso de sistemas de calefacción, y se realizó para un periodo de análisis del 29 de diciembre al 6 de enero (Gráfica 1).

En la Ilustración 3 se muestra el espacio de estudio modificado con recubrimiento de poliestireno en el sistema constructivo en dos de los muros con contacto directo al exterior. La modificación consistió en añadir una capa exterior de 2.5cm de poliestireno al sistema constructivo de concreto de 10cm.



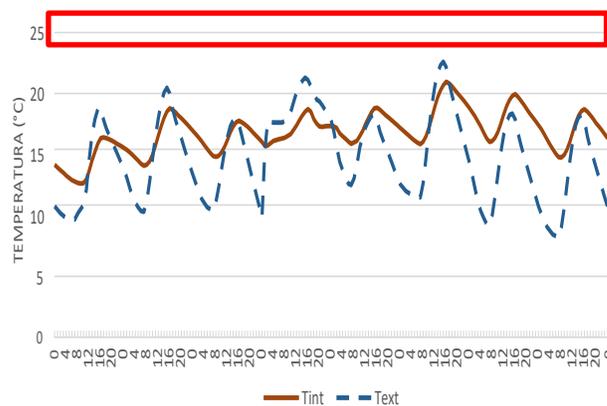
Figura 3 Vivienda de estudio con Poliestireno
Fuente: Casas URBI



Gráfica 1 Temperatura al interior modificada en un día típico de invierno utilizando una capa de recubrimiento
Fuente: Design Builder

En el periodo frío de invierno (diciembre-enero), en la gráfica 1 se aprecia que el muro donde no existe la capa de poliestireno las temperaturas son muy cambiantes ya que por las mañanas temperaturas es muy baja (12°C) y por las tardes tiende a elevarse (16°C) manteniendo un rango de temperatura muy amplio.

Sin embargo la que tiene la capa de poliestireno se mantiene un poco más estable (14°C y 15°C) y con un rango menos amplio, lo que permite que al presentarse el aumento de ganancia de calor dentro de la vivienda por actividad humana, equipos y cocina se pueda incrementar la temperatura y aproximarse a la zona de confort sin la necesidad de la implementación de sistemas de calefacción, y con mejor estabilidad térmica dentro de la casa.



Gráfica 2 Temperatura al interior en una semana típica de invierno sin recubrimiento
Fuente: Design Builder

En la gráfica 2 se presenta la relación entre la temperatura interior y la exterior, en un periodo de 24 horas del periodo de una semana típica (29 diciembre al 6 de enero) de invierno, donde no se contempla algún recubrimiento y se aprecia como la temperatura interior tiene un comportamiento similar al exterior, además se aprecia una respuesta rápida de temperatura interior a los cambios que se dan en la temperatura ambiente del exterior.

Conclusiones

Se concluye que el material seleccionado (poliestireno) en los muros, contribuye a amortiguar el desconfort que puede presentar una vivienda que está construida de concreto vaciado. En función de los resultados de simulación que presenta el poliestireno, este es el material recomendable para el tipo de vivienda en cuestión y que reduce significativamente el desconfort y proporciona condiciones de estabilidad térmica a la vivienda acercando al usuario al rango de temperatura de confort (19°C - 23°C) debido al comportamiento uniforme de la temperatura dentro de ella.

Aparte al tener la edificación perfectamente aislada con el poliestireno, se ayuda al ahorro de energía y reducción el uso de climatización no solo en periodo frío ya que el ahorro sería de hasta 40%.

Si se toma en cuenta en el ahorro de climatización para esta época de invierno también hay que tomar en consideración que al tener este recubrimiento. Las familias invertirían menos en cuestiones de salud o inclusive en arropamiento adicional dentro de la vivienda.

El poliestireno, es un material que por su resistencia conviene usar (su espesor es de 2.5cm), ya que permite que la temperatura interior de la vivienda se mantenga de una manera constante durante el periodo crítico de Invierno, con una temperatura entre 14°C y 15°C el cual al tomar en cuenta la ocupación estos rangos entrarían en la zona de confort de Invierno (19°C a 23°C).

Referencias

Barrios G, E. P. (2010). Analisis de Indicadores del desempeño térmico de la envolvente de una edificación no climatizada. Memorias de la XXXIV Reunión Nacional de Energía Solar, ANES . Guanajuato, Gto., México.

Barrios G., H. G. (Octubre de 2010). Seccion de Materiales de muros y techos para mejorar el confor térmico en edificaciones no climatizadas. III(3). (P. d. Sonora, Ed.) México, México: Estudios sobre la Arquitectura y Urbanismo del Desierto.

Camacho, I. A. (07 de octubre de 2015). Distribución de la energía solar en un modulo experimental . Campeche, Campeche, México: ANES.

Carrasco, C., & Morillón, D. (2004). Adecuación Bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base al análisis de la arquitectura vernácula. Avances

Castejón, A. F. (s.f.). Análisis Térmico comparativo por medio de la simulación numérica de tres viviendas de interés social en tres diferentes climas de la república mexicana. México, México. en Energías Renovables y Medio Ambiente, 97-102.

Figuroa, A., Valerdi Madrigal, H., Elías López, P., Tovar Jiménez, E., Castorena Espinosa, G., & Fuentes Freixanet, V. (2012). Análisis Térmico comparativo por medio de simulación numérica de tres viviendas de interés social en tres diferentes climas de la república mexicana. lema.arq.usin.mx.

Gobierno del Estado de Baja California. (2002). Recuperado el 2016, de Cecytebc: [http://cecytebc.edu.mx/spf/compendio_normatividad/Programas%20\(Nivel%207\)/Programas%20Sectoriales/P.%20Vivienda.pdf](http://cecytebc.edu.mx/spf/compendio_normatividad/Programas%20(Nivel%207)/Programas%20Sectoriales/P.%20Vivienda.pdf)

Huelz G., B. G. (2010). Importancia del análisis de transferencia de calor dependiente del tiempo en la evaluación del desempeño térmico de la envolvente de una edificación. (A. 2. Castrejón, Ed.) México, México: Editorial Limusa, UAM Azcapotzalco.

Implantijuana.org. (19 de septiembre de 2014). Recuperado el 08 de junio de 2016, de [implantijuana.org](http://www.implantijuana.org): <http://www.implantijuana.org>

López, O. A. (2013). El proceso de Transformación de La Vivienda Vernácula en la Región Centro de Guerrero. Guerrero, Guerrero , México.

Pimentel, S. O. (Enero de 2010). Revista RUA. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Veracruzana: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/37771/1/RUA3%209-13.pdf>

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Arquitectura y Diseño. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10).

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

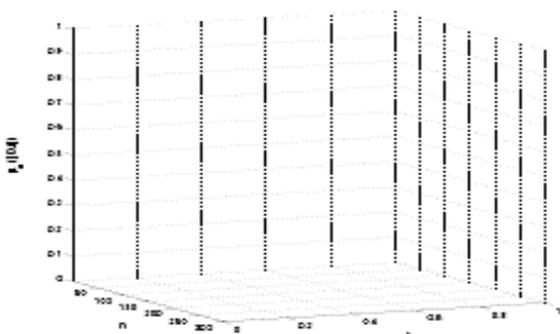


Gráfico 1 Título y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

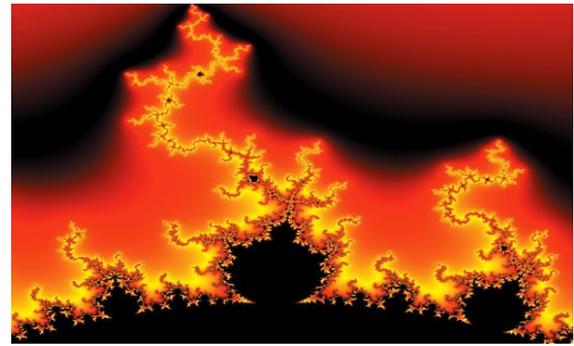


Figura 1 Título y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Título y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción.*
2. *Descripción del método.*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda.*
4. *Resultados.*
5. *Agradecimiento.*
6. *Conclusiones.*
7. *Referencias.*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista de Arquitectura y Diseño se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Arquitectura y Diseño emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Spain para su Revista de Arquitectura y Diseño, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

38 Matacerquillas, CP-28411. Moralarzal –Madrid-España. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Spain), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

38 Matacerquillas, CP-28411. Moralarzal –Madrid-España.

Revista de Arquitectura y Diseño

“Determinación de horarios de aberturas en una vivienda de construcción masiva para su corrección térmica interior”

DIAZ-SALAZAR, Arlees Ysrael, OJEDA-SANCHEZ, Jorge Armando y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo

“Desempeño térmico de un espacio habitable con ventilación modo mixto. Diferentes condiciones volumétricas y diferentes condiciones térmico ambientales en el Estado de Guanajuato. México”

VÁZQUEZ-TORRES, Claudia Eréndira, GÓMEZ-AMADOR, Adolfo y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos

Universidad de Colima

“Comportamiento Térmico de fachada ventilada opaca en clima cálido seco extremo”

SOTELO-SALAS, Cristina, ESPARZA-LÓPEZ, Carlos Javier y ESCOBAR-DEL POZO, Carlos

Universidad de Colima

“Análisis de confort térmico de la vivienda en valle de San Pedro durante el periodo frío por medio de simulación”

CAMACHO-IXTA, Ixchel Astrid, SAHAGUN-VALENZUELA, Miguel I., DELGADO-RENDON, Rene y PÉREZ-LLERENA, Ma. Teresa

Universidad Autónoma de Baja California

