

## USO DE SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN EN LA ZONA DE TEMIXCO MORELOS CON CLIMA CÁLIDO SEMIHÚMEDO

**José Antonio Castillo, Adriana Lira-Oliver, José Javier Muñoz, Carlos Ángel Ramírez, Santiago Noé Juárez, Jorge Rojas y Guadalupe Huelsz**

Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México, A.P. 34 Temixco Centro, 62580, Temixco, Mor. México. Tel/fax 55+56-22-97-41, [ghl@cie.unam.mx](mailto:ghl@cie.unam.mx)

### RESUMEN

Se presenta la metodología y los resultados de una investigación de campo realizada en la zona de Temixco y alrededores, con clima cálido subhúmedo. El objetivo de la investigación es la determinación del uso de sistemas pasivos para climatización en viviendas que se están ofertando. En este estudio se consideran sistemas pasivos de climatización a los elementos constructivos que diseñados adecuadamente acorde al clima propician condiciones de confort higrotérmico o reducen la demanda energética para climatización. Se seleccionaron veintiséis modelos arquitectónicos de vivienda, que representan el 56% de la oferta actual en la zona. Se realizó la recopilación de información en campo y se analizaron los modelos considerando once elementos constructivos. De los once elementos evaluados, solo cuatro presentan un porcentaje de viviendas con calificación adecuado mayor a 50%. Estos elementos son piso exterior en el predio, color de muros, porcentaje de área ocupada y color de la superficie exterior del techo. En cuatro rubros (orientación para el control de la radiación, distribución de áreas, material en andadores y uso de vegetación y árboles) la calificación de adecuado no alcanzó ni el 20% de viviendas de la muestra.

### ABSTRACT

The methodology and the results of a field research in the zone of Temixco, with hot subhumid climate, are presented. The objective of this research is the determination of the use of acclimatization passive systems in dwellings that are for sale. In this study the acclimatization passive systems are the constructive elements that are properly designed according to the climate and that bring about conditions of hygrothermal comfort or reduce the energy demand for air-conditioning. Twenty six house architectural prototypes have been selected; they represent the 56% of the offer in the zone. The information was compiled at field and the prototypes were analyzed considering eleven constructive elements. From these eleven evaluated elements, in only four, the percentage of dwellings having a qualification of adequate are greater than 50%. These elements are the floor in the exterior, the color of the walls exterior surface, the used area percentage, and the roof exterior surface. In four items (orientation for the solar radiation control, areas distribution, materials or paving in walking roads, and use of vegetation and trees), the

qualification of adequate was achieved by less than 20% of the sampled dwellings.

Palabras claves: Sistemas pasivos, climatización, cálido semihúmedo, uso, vivienda

### ANTECEDENTES

En 2009 el Fondo Sectorial “CONACYT-SECRETARIA DE ENERGIA-SUSTENTABILIDAD ENERGETICA” emitió una convocatoria donde incluía una demanda específica para el estudio de sistemas pasivos que mejoren la eficiencia energética en los sistemas constructivos. El objetivo de esta demanda específica fue evaluar el impacto que los sistemas pasivos producen en la eficiencia energética en los sistemas constructivos.

Respondiendo a esta convocatoria se organizó un consorcio entre seis grupos de investigación de diferentes instituciones: Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Arquitectura, Departamento de Bellas Artes de la Universidad de Sonora, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Colima, Arquitectura Bioclimática de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco e Ingeniería Mecánica del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Este consorcio propuso el proyecto “Desarrollo y validación de una metodología para estimar los impactos en el ahorro de energía por el uso de sistemas pasivo-constructivos en la edificación para diferentes climas de México”, el cual fue aprobado por el Fondo.

Para la primera etapa del proyecto se planteó generar información sobre la distribución y características de sistemas pasivos usados en viviendas en diferentes climas de México: cálido semi-húmedo, cálido seco extremo, cálido húmedo y templado húmedo.

En este trabajo se reportan los resultados de esta investigación, correspondientes a la zona de Temixco y sus alrededores, mismos que fueron reportados al Fondo Sectorial de Sustentabilidad Energética el pasado mes de febrero (Huelsz et al. 2011a). En otros trabajos presentados en este mismo foro, se describen los resultados de las investigaciones de otras zonas (Elías et al. 2011, Figueroa et al. 2011, Ochoa et al. 2011) y el resultado global en

las cinco zonas (Huelsz et al 2011b).

## CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de análisis está localizada en latitud norte entre los 18°46' y 18°56' y longitud oeste entre los 98°53' y 99°15'. Presenta clima cálido subhúmedo, con dos temporadas marcadas: lluvias de mayo a octubre (precipitación mensual promedio de 58.9, 199.4, 160.3, 181.3, 184.7 y 74.9 mm), y estiaje de noviembre a abril (con precipitación mensual promedio de 15.6, 5.3, 9.1, 2.7, 6.7 y 9.4 mm). La época más caliente se presenta en primavera (marzo a mayo) con temperatura máxima promedio de 36.8°C y mínima promedio de 14.9°C y humedad relativa promedio de 44% en mayo. El verano (junio a septiembre) es cálido y húmedo con temperatura máxima promedio de 32.0°C y mínima promedio de 15.0°C y humedad relativa promedio de 66% en agosto. La época más fría corresponde a los meses de diciembre y enero con temperatura máxima promedio de 30.4°C y mínima promedio de 11.3°C y humedad relativa promedio de 46% en enero<sup>73</sup>. Las altas temperaturas que se tienen durante el día, principalmente en primavera y verano, junto con la radiación solar producen fuertes ganancias térmicas en las edificaciones que deben ser reducidas con un buen diseño bioclimático. Las bajas temperaturas por las noches de la época de calor se pueden aprovechar para refrescar las viviendas, por lo que se recomienda la ventilación nocturna.

## METODOLOGÍA

Se realizó el estudio de 26 modelos de viviendas, dado el número de viviendas construidas de estos modelos representan un total de 4,558 viviendas. De acuerdo con la información proporcionada por el Infonavit se estimó que en la zona a finales del 2010 y primer semestre del 2011 se están ofertando del orden de 8,100 viviendas. Por lo que los modelos analizados corresponden al 56% de las viviendas ofertadas en la zona. Esto muestra que los modelos analizados tienen una alta representatividad para el tipo de investigación realizada.

El levantamiento de la información se realizó de manera sistemática utilizando fichas técnicas. Cada ficha técnica está dividida en diez secciones. En la primera sección se encuentran los datos de ubicación de la vivienda, tales como: ubicación, nombre del fraccionamiento, número de viviendas el fraccionamiento, desarrollador y dirección. En la segunda sección están los datos generales de la vivienda: nombre del modelo, número de viviendas del modelo visitado, costo de la vivienda, área del terreno, área construida y número de niveles. Para la tercera sección se dispuso el espacio para la orientación geográfica y los planos arquitectónicos de las plantas y la azotea. La cuarta sección incluye los elementos de la envolvente (azotea, muros y pisos exteriores), los datos por cada elemento son: sistema constructivo con grosores, materiales y color del acabado final hacia el exterior, ancho, largo y alto. Esta misma sección contiene las dimensiones de puertas, ventanas y ventilas, en el caso de ventanas también se toma la apertura máxima. La quinta sección agrupa las dimensiones de los elementos de protección solar como: aleros, quiebrasoles, remetimientos, pérgolas, pórticos y marquesinas. La sexta sección reúne la ubicación de la vegetación (árboles, arbustos y pastos) que por diseño se encuentra en el predio, en el caso de los árboles se incluye el tipo de hoja

<sup>73</sup>Datos climáticos obtenidos mediante la herramienta METEONORM [www.meteonorm.com](http://www.meteonorm.com)

caducifolia o perennifolia. En la séptima sección se anota el o los sistemas pasivos de climatización que pudieran encontrarse en la vivienda. En la octava sección se dispuso del espacio para anotar los sistemas ahorradores (p. ej. focos ahorradores, calentadores ahorradores, tanque de w.c. ahorrador, bomba con retorno, regadera ahorradora) que se encontraban por diseño. En la novena y décima secciones se habilitaron dos espacios para anotar la publicidad de venta que incluyera a los sistemas pasivos y las observaciones generales respectivamente.

Los datos de cada modelo se tomaron de los planos y documentación entregados por el constructor y fueron corroborados y ampliados *in situ*.

Se establecieron criterios de evaluación de las viviendas acordes con el clima, con los que se elaboraron fichas de análisis (Givoni 1969 y 1990). En la mayoría de los rubros la evaluación se calificó según tres categorías: adecuado, suficiente e insuficiente. En el rubro de número de niveles, se usó recomendado y no recomendado.

La ficha de análisis utilizada concentra el análisis cualitativo comparando un caso ideal de diseño con los datos del prototipo de vivienda reunidos en la ficha técnica respectiva. La ficha de análisis está compuesta por dos secciones. En la primera sección se encuentran los datos generales de la vivienda: clima, localidad, cantidad de viviendas y tipología de la vivienda según los metros cuadrados construidos (pie de casa, mínima, popular, interés social, interés medio y residencial). La segunda sección se estructuró en ocho clases conteniendo el análisis cualitativo. En la primera clase se analiza la radiación incidente debido a la orientación en las fachadas principal y posterior por nivel de la vivienda. En esta misma clase se analiza la ventilación debido a su orientación en la fachada principal. En la segunda clase se analiza la absorción debido al color exterior del acabado final de la azotea y de cada muro según su orientación. En la tercera clase se encuentra el análisis de la altura interior promedio de la vivienda, distribución de las áreas (p. ej. estar, dormir, servicios) según la orientación, porcentaje del área construida y número de niveles. En la cuarta clase se analiza las características de los materiales del piso exterior, pavimento en calles y andadores. En la quinta clase se analiza las características de la vegetación existente bajo diseño. En la sexta clase se declara la existencia y descripción del sistema pasivo encontrado si es el caso. En la séptima clase se detalla si la vivienda cuenta con hipoteca verde (CONAVI 2010, INFONAVIT 2010), algún sistema ahorrador o preparación para este último. En la octava clase se anota la veracidad de la publicidad encontrada en sitio.

Una vez evaluados estos aspectos de cada una de las viviendas, se analizaron los datos del conjunto de viviendas de la muestra y se interpretó la información.

## TIPOLOGÍA DE LAS VIVIENDAS

De acuerdo a los metros cuadrados construidos se clasificó la tipología de las viviendas, el 16% son pies de casa ( $24 < m^2 \leq 32$ ), 33% son vivienda mínima ( $32 < m^2 \leq 45$ ), 24% son vivienda popular ( $45 < m^2 \leq 60$ ), 23% son vivienda de interés social ( $60 < m^2 \leq 90$ ), 3% son vivienda de interés medio ( $90 < m^2 \leq 120$ ) y 0% son vivienda residencial ( $m^2 > 120$ ). Ver Figura 1. Esto indica que la mayoría de las viviendas que se están construyendo en la zona son menores a 90m<sup>2</sup>. En la Figura 2 se muestra la fachada de uno de los prototipos analizados que corresponde a vivienda de interés medio.

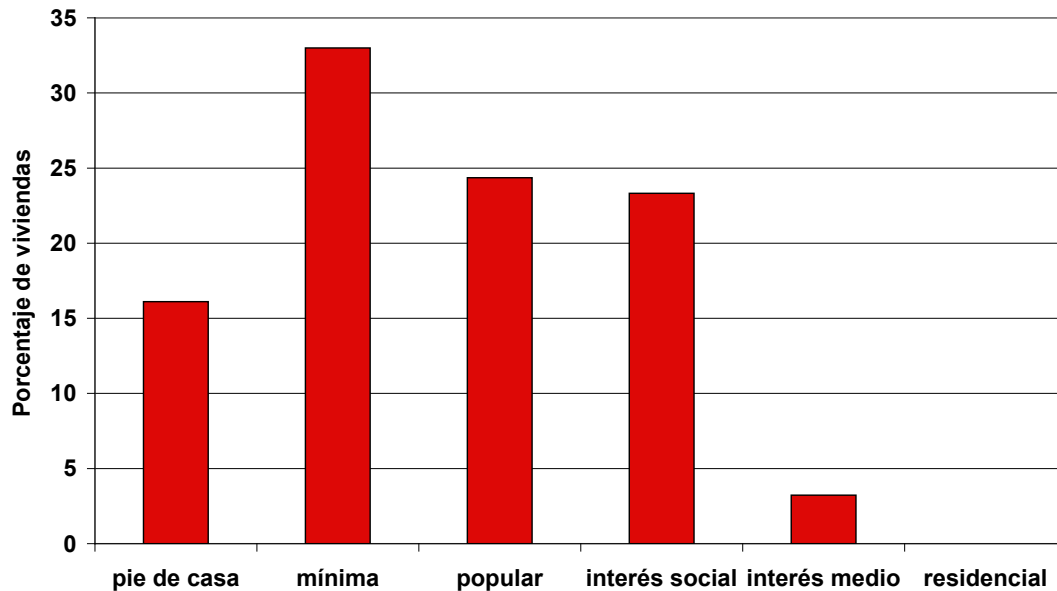


Figura 1. Tipología de las viviendas analizadas.



Figura 2. Fachada de uno de los prototipos analizados.

## ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS

### Orientación para la radiación

Para esta zona una vivienda tiene orientación adecuada para el control de la radiación solar si las ventanas con orientación norte (N), este (E) y oeste (O) están protegidas de la radiación solar durante primavera y verano y si las que tienen orientación sur (S) están protegidas en invierno, ya que esto evita las ganancias

térmicas por radiación solar directa en el interior de la vivienda. Se considera suficiente si algunas ventanas con orientación N, E u O están protegidas en primavera y verano, es insuficiente si ninguna ventana con estas orientaciones está protegida. El análisis de la orientación para la radiación se realizó utilizando la gráfica solar para esta zona sobre los planos arquitectónicos del prototipo.

Solamente el 1% de las viviendas estudiadas presenta orientación para el control de la radiación solar adecuada, 73% suficiente y 25% insuficiente. Esto indica el potencial que existe para mejorar el confort térmico si se toma en cuenta este aspecto del diseño bioclimático.

### Orientación para ventilación

Debido a que los vientos dominantes en la zona provienen del sur (S), sureste (SE) y suroeste (SO), las características adecuadas para la ventilación son: 1) el área de apertura en las ventanas orientadas al S, SE y SO es grande, 2) la ubicación de las ventanas y ventilas favorece la ventilación cruzada y 3) propicia el mezclado del aire en el interior. Se considera suficiente si el área de apertura en las ventanas orientadas al S, SE y SO es mediana y propicia mezclado e insuficiente si tiene poca área de apertura en ventanas orientadas al S, SE y SO. El 36% de las viviendas estudiadas presenta orientación para ventilación adecuada, 47% suficiente y 17% no adecuada.

### Color de superficie exterior de techos

El 53% de las viviendas estudiadas presenta color de la superficie exterior del techo adecuado (blanco o colores claros, porque esto disminuye la ganancia térmica por absorción de la radiación solar en el techo), el 0% suficiente (colores intermedios) y el 47% no adecuado (colores oscuros). Estos resultados indican la poca difusión que se ha dado en la zona a la importancia que tiene utilizar colores claros en techo para reducir la ganancia térmica.

### Color de superficie exterior de muros

El color de la superficie exterior de los muros es adecuado si los muros este (E) y oeste (O) son blanco o color claro, ya que disminuye la ganancia térmica por absorción de la radiación solar en los muros con mayor incidencia de radiación solar directa. Es suficiente si el color de estos muros es intermedio y no adecuado si el color es oscuro. El 83% de las viviendas estudiadas presenta color adecuado, 7% suficiente y solo el 10% no adecuado.

### Altura interior

El 39% de las viviendas presenta una altura interior adecuada (mayor o igual de 2.60m, porque permite que el aire más caliente que se encuentra en la parte más alta esté por encima de los ocupantes), el 24% suficiente (altura menor que los 2.60m y mayor o igual a 2.40m) y el 38% insuficiente (altura menor a 2.40m).

### Distribución de áreas

Para este clima la distribución de áreas se considera adecuada si los espacios para estar o dormir se encuentran al este (E) y los servicios al oeste (O), ya que esto permite que los espacios de mayor tiempo de ocupación reciban menor ganancia térmica durante la tarde, hora de máxima temperatura al interior. Es suficiente si algunos espacios están bien orientados, e insuficiente si la mayoría de los espacios están mal orientados. Solo el 16% tiene distribución de áreas adecuada, el 50% suficiente y el 34% insuficiente.

### Porcentaje de área ocupada

Se estima que el 65% de las viviendas estudiadas tienen un porcentaje de área ocupada (porcentaje del área construida en planta baja con respecto al área del predio, ya que esto en general permite adecuada ventilación e iluminación natural) adecuado, (menor o igual al 75%), el 25% suficiente (entre 75% y 90%) y solo el 10% no adecuado (mayor o igual al 90%).

### Número de niveles

Se recomienda que el número de niveles de la vivienda sea mayor o igual a dos niveles, ya que esto reduce la proporción de ganancia térmica por el techo, que es una de las más importantes, con respecto al área construida. El 45% de las viviendas estudiadas cumplen esta característica, mientras que el 55% no la cumplen.

### Piso exterior

Se considera que el piso exterior en el predio es adecuado si existe alguna especie de pasto (gramínea), porque éstos tienen baja absorción y reflexión (albedo) de energía solar y por lo tanto reducen la ganancia térmica en los alrededores y en el interior de la vivienda. Además de esto permiten la filtración de agua. Es suficiente si al exterior la vivienda tiene piso de concretos u otros materiales con colores intermedios, e insuficiente si los pavimentos tienen colores oscuros. El 85% corresponde a la condición adecuada, el 15% suficiente y el 0% insuficiente. Estos resultados contrastan con los resultados del uso de materiales en andadores; solo el 2% de las viviendas tienen pavimento en andadores adecuado (adopastos o adocreos claros, porque tienen baja absorción a la energía solar), solo el 2% suficiente (materiales con colores intermedios), mientras que el 96% presenta materiales en el exterior no adecuados (asfalto u otros materiales con colores oscuros).

### Vegetación y árboles

El uso de vegetación y árboles es adecuado si sombrea o sombreará (cuando el árbol crezca) el techo (sin bloquear ventilación), ya que disminuye la ganancia térmica por el techo, que como se ha dicho es una de las más importantes en esta zona. Se considera suficiente si existe algo de árboles o arbustos en el predio e insuficiente si no hay. El 0% de las viviendas estudiadas corresponde a la condición adecuada, el 44% es suficiente y el 56% insuficiente.

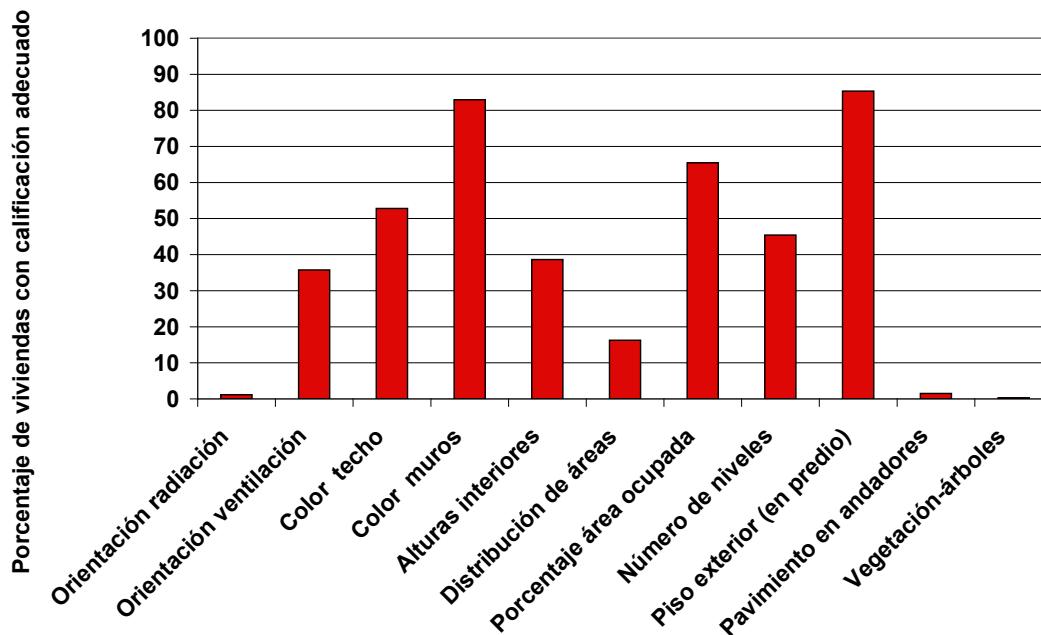


Figura 3. Porcentaje de viviendas con calificación “adecuado”.

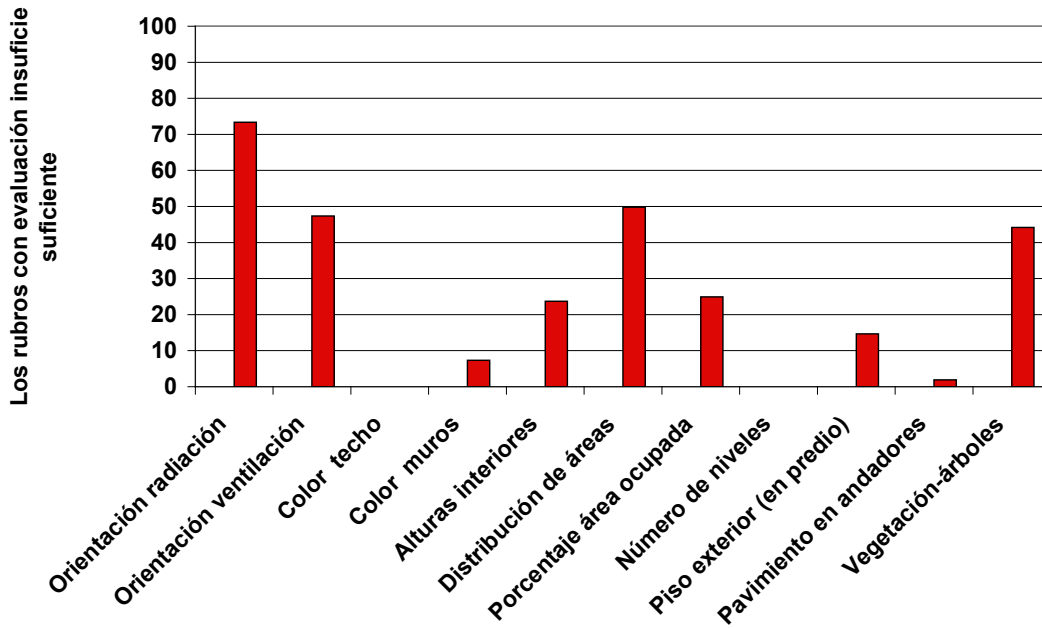


Figura 4. Porcentaje de viviendas con calificación “suficiente”.

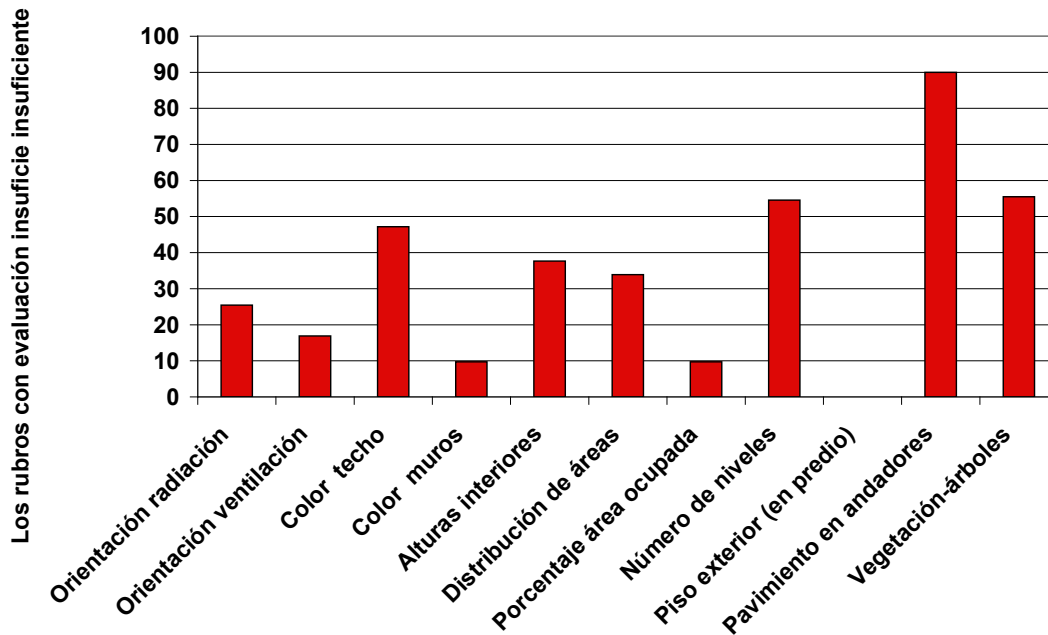


Figura 5. Porcentaje de viviendas con calificación “insuficiente”.

En la Figura 3 se observa que hay cuatro rubros con evaluación adecuada que tienen porcentaje de viviendas mayor al 50%, estos son piso exterior en predio, color de muros exteriores, porcentaje de área ocupada y color de techo al exterior.

El único rubro con un porcentaje de viviendas mayor del 50% con la calificación de suficiente es orientación para radiación, como se observa en la Figura 4.

En la Figura 5 se muestra el porcentaje de viviendas con calificación insuficiente (o no recomendado), los rubros con evaluación insuficiente donde el porcentaje de las viviendas es mayor del 50% son pavimento en andadores, uso de vegetación o árboles, número de niveles.

#### **Sistemas pasivos adicionales**

Solo el 2% de las viviendas evaluadas tiene algún sistema pasivo de climatización adicional, éste es un sistema de ventilación natural cenital a base de una chimenea ubicada en el tiro de las escaleras. La intención es que la inclinación de la losa dirija el flujo de aire caliente hacia la apertura del domo. El 23% de las viviendas cuentan con una alberca dentro del conjunto, que pudiera servir para humidificar a las viviendas más cercanas, sin embargo el que porcentaje de viviendas al que beneficiaría se estima muy bajo, por lo que no se consideró contabilizó como sistema pasivo.

#### **SISTEMAS DE AHORRO DE ENERGÍA Y AGUA**

Solo el 5% de las viviendas estudiadas se oferta con hipoteca verde del Infonavit. Sin embargo el 37% de las viviendas presentan algún tipo de sistema ahorrador de energía o agua: el 17% tiene obturador en regadera, 17% llaves ahorradoras, 14% calentador de gas de paso, 9% regadera ahorradora, 6% tanque del WC con capacidad menor de 5 litros y 5% lámparas ahorradoras.

#### **Publicidad**

Solo el 2% de las viviendas que se estudiaron contiene algún concepto relacionado con ser bioclimáticas o frescas, lo que coincide parcialmente con la evaluación de las mismas.

#### **CONCLUSIONES**

Existe un gran potencial para mejorar el desempeño térmico la vivienda en la zona de Temixco y sus alrededores. De los once rubros evaluados en esta fase de la investigación, solo cuatro presentan un porcentaje de viviendas mayor a 50% con calificación adecuado, piso exterior en el predio (85%), color de muros (83%), porcentaje de área ocupada (65%) y color de la superficie exterior del techo (53%). En cuatro rubros (orientación a la radiación, distribución de áreas, material en andadores y uso de vegetación y árboles) la calificación de adecuado no alcanzó ni el 20% de viviendas de la muestra.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación fue patrocinada por el Fondo de Sustentabilidad Energética Conacyt-SENER S0019-2009-01 proyecto 118665. Los participantes en el proyecto agradecen a las empresas constructoras de vivienda que permitieron evaluar

las viviendas que están ofertando, sin ellas esta investigación no se hubiera podido llevar a cabo. También agradecemos al INFONAVIT Delegación Morelos por la información proporcionada, a la CANADEVI Morelos y al Instituto de la Vivienda de Morelos por presentarnos con constructores de la zona.

#### **REFERENCIAS**

CONAVI 2010. Características de paquete básico para programa de subsidios. [www.conavi.gob.mx](http://www.conavi.gob.mx)

Elías-López P, Roux R, García V, Espuna A, 2011. Caracterización y uso de sistemas pasivos de climatización en viviendas de la zona metropolitana de Tampico-Madero-Altamira, Tamaulipas. XXXV Semana Nacional de Energía Solar 2011. Chihuahua, Chih.

Figueroa A., Fuentes V.A., Castorena G., García-Chávez R., Valerdi H., Tovar E.I., Torres E., Morales Y., Olivares M.G. y Campos A. Uso de sistemas pasivos de climatización en el área norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México con clima semifrío. XXXV Semana Nacional de Energía Solar 2011. Chihuahua, Chih.

Givoni B, 1981. Man, climate and architecture, Elsevier Publishing, New York.

Givoni B, 1990. Passive and low cooling of buildings, Van Nostrand Reinhold, New York.

Huelsz G, Ochoa JM, Elías-López P, Gómez A y Figueroa A, 2011a. Uso de sistemas pasivos de climatización en cinco zonas de la República Mexicana XXXV Semana Nacional de Energía Solar 2011. Chihuahua, Chih.

Huelsz G, Ochoa JM, Roux RS, Gómez A, Simá E, Figueroa A, Rojas J, Barrios G, Tovar R, Cortés H, Marincic I, Alpuche G, Duarte EA, Elías PD, García V, Espuna A, Gómez G, Alcántara A, Álvarez GS, Fuentes V, Valerdi H, Castorena GM, García R, Lira-Oliver A, Rodríguez S, Salas M, Castillo A, Muñoz JJ, Ramírez CA, Juárez SN, Ramos A, Naves N, Vargas LA, González I, Barrera IG, Galván J, Márquez A, Esparza C, Fugarolas X, González M, Jiménez R, Tovar EI, Torres E, Morales Y, Olivares MG y Campos A, 2011b. Proyecto 118665: Desarrollo y validación de una metodología para estimar los impactos en el ahorro de energía por el uso de sistemas pasivo-constructivos en la edificación para diferentes climas de México. Informe parcial 1: ETAPA 1 Uso de sistemas pasivos. Presentado en febrero de 2011 al Fondo Sectorial de Sustentabilidad Energética, SENER-CONACYT.

INFONAVIT 2010. Manual explicativo, Vivienda ecológica, [www.infonavit.gob.mx](http://www.infonavit.gob.mx)

Marincic, I., Ochoa, J.M., Alpuche, M. G., Vargas, L., González, I., Barrera, I., Huelsz, G. 2011. La construcción actual de viviendas en Hermosillo y su adecuación al clima por medios pasivos. XXXV Semana Nacional de Energía Solar 2011. Chihuahua, Chih.