

## DIAGNÓSTICO DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL DE LA CIUDAD DE DURANGO

**Claudia K. Romero-Pérez, Ignacio R. Martín-Domínguez**

Unidad Durango, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Victoria 147, Durango, 34000, México,  
+52 (618) 8110774, [claudia.romero@cimav.edu.mx](mailto:claudia.romero@cimav.edu.mx), [ignacio.martin@cimav.edu.mx](mailto:ignacio.martin@cimav.edu.mx)

**Norma A. Rodríguez-Muñoz**

Cátedras CONACYT en Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Insurgentes Sur 1582, Ciudad de México, 03940, México,  
+52 (618) 8110774, [norma.rodriguez@cimav.edu.mx](mailto:norma.rodriguez@cimav.edu.mx)

### RESUMEN

En México las viviendas de interés social tienen gran demanda de energía por el uso de climatización. Principalmente debido al pobre diseño de la vivienda y el uso de materiales de construcción con ineficiencia térmica. Desarrolladores locales han solicitado un análisis de desempeño térmico de la vivienda y de consumo de energía, donde el primer paso es realizar un diagnóstico de las condiciones de la vivienda de interés social en la ciudad de Durango, México y determinar el grado de confort de sus viviendas. En México existen diversos estudios que analizan el comportamiento térmico de la vivienda de interés social, estos se han concentrado en estudiar regiones del país con clima cálido y caliente, donde predominan condiciones para usar aire acondicionado. El clima en la ciudad de Durango se establece como BS por la clasificación Köppen, donde la temperatura ambiente mínima y máxima requiere el uso de algún sistema de enfriamiento y calefacción. En este trabajo, se presenta un análisis de clima del sitio, el desempeño térmico de una vivienda de interés social tipo económica y los niveles de confort en cada una de sus zonas.

### ABSTRACT

**Social housing in México have high demand of energy because of the use of heating and cooling systems. Mainly poor design and the use of thermally inefficient construction materials. An analysis of the thermal behavior and energy consumption was demanded by local housing development chamber, and one of the first steps towards the accomplishment of this objective is to complete a diagnostic of the condition of social housing in the city of Durango in Mexico and their comfort levels. There are previous studies analyzing the thermal behavior of social housing in Mexico that have been focused on hot or warm regions of the country, where the air conditioning needs are predominant. The weather of the city of Durango is ranked as BS in the koppen classification, where the minimum and maximum ambient temperatures require the use of cooling and heating systems. A weather analysis, thermal behavior and comfort levels, currently utilized material and building systems together with the characteristics of the social housing is presented.**

Palabras claves: vivienda de interés social, envolvente, desempeño térmico, confort.

### INTRODUCCIÓN

Se sabe que la climatización de las viviendas representa grandes consumos de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>. En México, generalmente se diseña y construye vivienda de interés social subvalorando el clima y geografía del sitio de construcción. En consecuencia, la vivienda requiere el uso de climatización artificial (calefacción y refrigeración). La creciente demanda de la vivienda de interés social, anuncia una tendencia positiva en el consumo de energía. Diversos estudios realizados en materia del desempeño térmico de las viviendas de interés social exponen la urgencia y la necesidad de un profundo análisis térmico de los modelos actuales de vivienda (Ochoa et al. 2012). Se han realizado trabajos de investigación en diversas regiones de la república Mexicana, principalmente en climas que hacen necesario aire acondicionado. Sin embargo, se ha restado importancia a regiones que tienen necesidad de enfriar y calentar las viviendas, como es el caso de la ciudad de Victoria de Durango.

A la fecha existen diversas metodologías para realizar el estudio del estado actual de una vivienda en cuanto a su desempeño térmico, entre ellas la más destacada es mediante el uso de simulación dinámica. En este trabajo se realizó un análisis del sitio donde se ubica el caso de estudio, se recrea la geometría de la vivienda en el programa Sketch UP y por medio del paquete computacional TRNSYS (Transient System Simulation Tool) se realizara el estudio de desempeño térmico.

En el presente trabajo se presenta un análisis del confort térmico del diseño actual de la vivienda de interés social de la ciudad de Durango. Este estudio tiene como objetivo conocer el comportamiento térmico de la vivienda de interés social de la ciudad de Durango, con el fin de desarrollar un diagnóstico de partida para identificar si es necesario mejorar el confort en su interior. Los resultados obtenidos muestran que la vivienda presenta condiciones de desconfort durante un 60% de las horas de un año típico.

## ANTECEDENTES

La acción global frente al cambio climático es impostergable, se requiere cambiar hábitos de consumo y producción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (SEMARNAT & INECC 2013). Para esto, una estrategia es reducir los consumos de energía a través del uso eficiente de la energía. Se sabe que las edificaciones consumen grandes cantidades de energía, principalmente las viviendas de interés social en México.

Existen diversos trabajos sobre el diagnóstico térmico de la vivienda de interés social. Éstos han estado enfocados a determinar la ganancia térmica con base en la simulación y el monitoreo, considerando las condiciones climáticas y el uso de materiales en la construcción. Sin embargo, el problema actual requiere más de un solo análisis térmico de una vivienda ya que en la nación existen diferentes tipos de climas. Los estudios realizados sólo muestran el comportamiento térmico en algunos de ellos, principalmente el cálido, los cuales no se pueden considerar como representativos para todas las condiciones del país (Andrade 2007).

Estudios realizados por (Lucero 2014) en 20 ciudades de nuestro país, muestran altos consumos de energía por climatización en vivienda de interés social. El envolvente de una vivienda es en sí una frontera física entre el espacio habitado de su interior y el medio ambiente exterior (Martín 2004). Desde el punto de vista térmico, la vivienda debería mantener el interior a temperaturas de confort durante todo el año. En algunas regiones geográficas las condiciones climáticas externas mismas no se alejan mucho de los valores considerados como de confort, por lo cual la vivienda no requiere de mucho esfuerzo en su diseño para cumplir con éste propósito. Sin embargo, en otras regiones del país las condiciones ambientales pueden alcanzar valores de temperatura los cuales provocan que las condiciones internas estarán alejadas de la zona de confort, originándose flujos de energía entre la vivienda y el medio ambiente.

Un análisis dinámico de la vivienda, es aquel que considera las características de la envolvente de la vivienda en interacción con su entorno de manera transitoria, es decir; a través del tiempo (ejemplo; cada hora durante un año global típico). El objetivo de estas simulaciones es el poder recrear las condiciones de la edificación lo más cercanas a la realidad.

Una evaluación del desempeño térmico de la edificación permite tener un diagnóstico del uso de energía, información útil para analizar los resultados y proponer mejoras en el diseño que reduzcan el consumo de energía. La evaluación se centra en las características de la envolvente térmica: su forma, propiedades físicas de los materiales, sistemas constructivos, etc. En un análisis dinámico todo esto, se conjuga con el clima y locación.

## METODOLOGÍA

Se analizaron las características climáticas del sitio; se identifica el caso de estudio y sus componentes. Con ayuda de herramientas computacionales se recrean las condiciones climáticas de la región y la representación tridimensional de la edificación. Se establecen las características de la vivienda de interés social: forma, constitución y propiedades físicas de los materiales. El método de cálculo usado está basado en la aplicación directa de la ecuación de calor unidimensional en estado dinámico.

### Análisis del sitio

Según el sistema modificado de Köppen y García, el clima del sitio tiene la siguiente descripción: seco extremoso, no es de tipo ganges, no hay canícula.

Grupo: Bs1 kw (e)

BS1 Clima templado seco, los menos secos del grupo.

k Templado con verano cálido.

w Régimen de lluvias en verano.

e Extremoso, con oscilación térmica mayor a 14°C.

La ciudad analizada tiene temperaturas máximas normales de 25.5°C y mínimas normales de 2.8 °C. Lluvias en verano (principalmente en julio y agosto) y también lluvias escasas en invierno. La precipitación normal es de 542.2 mm. Los meses más secos corresponden a febrero, mayo y abril.

### Ubicación del caso de estudio

La vivienda de interés social a analizar, se localiza en la ciudad de Victoria de Durango México, a una latitud de 24; longitud 104.6 y altitud de 1875m (Figura 1).

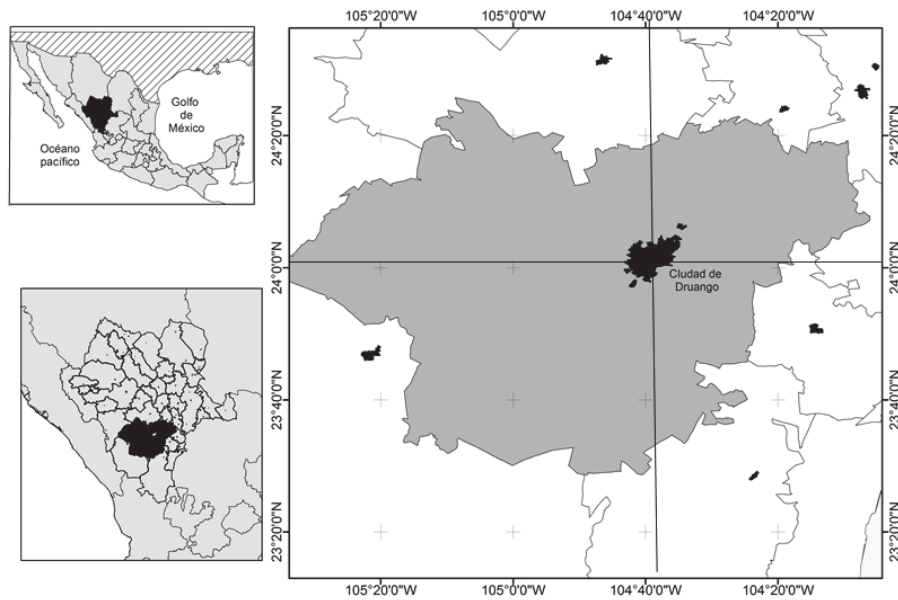


Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad.

### Diseño y simulación

Actualmente la simulación es una metodología que nos permite realizar cálculos tomando en cuenta un gran número de variables. Afortunadamente se han desarrollado poderosas herramientas para el estudio de balances de energía en edificaciones de manera transitoria. Estos programas cuentan con años de desarrollo, especializados en el campo y con gran confiabilidad (Crawley et al. 2006). Este trabajo es realizado con el software TRNSYS, ya que es de interés analizar el desempeño térmico de la vivienda de interés social que se construye en la ciudad de Durango, México. Éste es un programa modular que integra el clima de un año típico, las características físicas de la edificación y las propiedades físicas de los materiales que la constituyen.

Para realizar simulaciones de desempeño térmico se empleó el programa TRNSYS 17 y Google SketchUp 8 para el modelado arquitectónico de la geometría en 3D (Figura 2). Las condiciones climáticas se extraen de Meteonorm 7 en formato TMY.

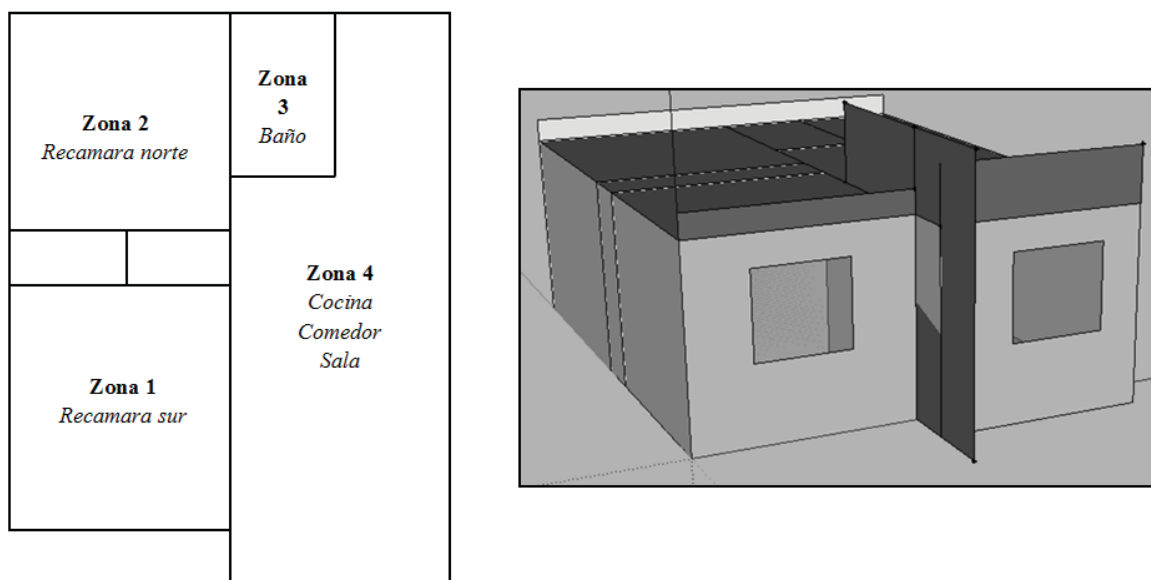


Figura 2. Plano de caso de estudio (área construida de 38.77 m<sup>2</sup>) y Geometría de la vivienda en 3D creada en Google Sketch UP 8.

### Descripción de la envolvente del caso del estudio

La vivienda tipo económica se compone de los materiales básicos de construcción típica de los desarrolladores locales, principalmente ladrillo en muros, techo de concreto, suelo de concreto y ventanas sencillas (Tabla 1). El diseño urbanístico-arquitectónico de la vivienda, utiliza el adosamiento de muros laterales. La fachada principal queda expuesta al exterior y el muro del patio exterior colinda con el patio de la vivienda trasera.

Tabla 1 Propiedades físicas de los materiales que componen la vivienda.

Tipo	Material	K (kJ/hmK)	Cp (kJ/kg K)	Espesor (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Piso	Concreto armado	6.264	0.84	0.08	2300
	Lechada de mortero	3.1392	0.72	0.002	1860
Losa azotea	Ladrillo maceteado	2.7648	0.2	0.025	2000
	Mortero	2.5128	0.72	0.025	1860
	Tierra de azotea	0.342	0.44	0.075	1500
	Membrana asfáltica Termotek	0.612	1.26	0.002	1127
	Concreto armado	6.264	0.84	0.1	2300
	Yeso	1.3392	1.09	0.02	800
	Texturizado	0.5256	1.00	0.003	1760
	Pintura	0.4572	1.00	0.001	1270
Muro Exterior	Enjarre de mortero	2.9232	0.72	0.02	1860
	Tabique rojo recocido	3.1392	0.9	0.13	1920
	Yeso	1.3392	1.09	0.02	800
	Texturizado	0.5256	1.00	0.002	1760
	Texturizado	0.5256	1.00	0.002	1760
Muro colindante	Yeso	1.3392	1.09	0.02	800
	Tabique rojo recocido	3.1392	0.9	0.26	1920
	Texturizado	0.5256	1.00	0.002	1760
Ventanas	Acristalamiento sencillo	3.24		0.003	2000

### Consideraciones de la simulación

Se considera una vivienda aislada para la simulación, es decir sin viviendas colindantes. Una vez definida la geometría, se establecen los materiales y sus propiedades físicas. Es importante mencionar que la vivienda no cuenta con aislante en el suelo, por lo que es necesario activar un componente de TRNSYS para modelar la temperatura del suelo. Se establecen infiltraciones de aire de 0.98 l/h. Se estableció un horario de ocupación en la vivienda (Tabla 2), los ocupantes se contemplan con actividad normal de estancia laboral y escolar diurna. Como ganancias de calor internas se consideran 2 ocupantes realizando actividades ligeras y de descanso cambiando su vestimenta de acuerdo a la temporada estacional (Tabla 3 y Tabla 4). La vivienda es modelada bajo condiciones naturales sin uso de climatización artificial.

Tabla 2 Horario ocupacional

De	hasta	Descripción	Horas del año	MET	CLO
00:00	08:00	En casa	0-1896 (invierno)	1	1
08:00	18:00	Fuera de casa	1896-6336 (verano)	1.5	0.5
18:00	24:00	En casa	6336-8760 (invierno)	1	1

Tabla 3 Ganancias internas

Tabla 4 Programación de tasa metabólica y vestimenta estacional

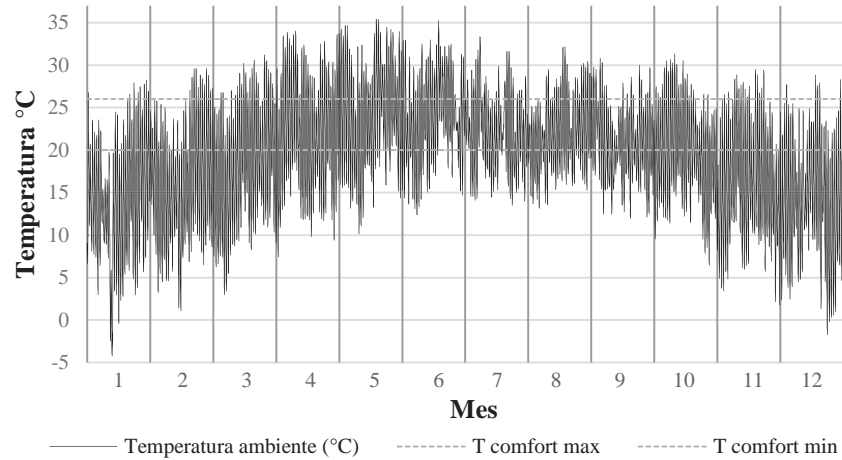
Ganancias internas	Zona 1 (Recamara sur)	Zona 2 (Recamara norte)	Zona 3 (Baño)	Zona 4 (Sala, comedor , cocina)
Personas	1 (descansando, sentado 100W)	1 (descansando, sentado 100W)		
Computadoras	140 W PC con monitor	140 W PC con monitor		
Iluminación	10 W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>

\*No se consideró el calor de la estufa u otros electrodomésticos.

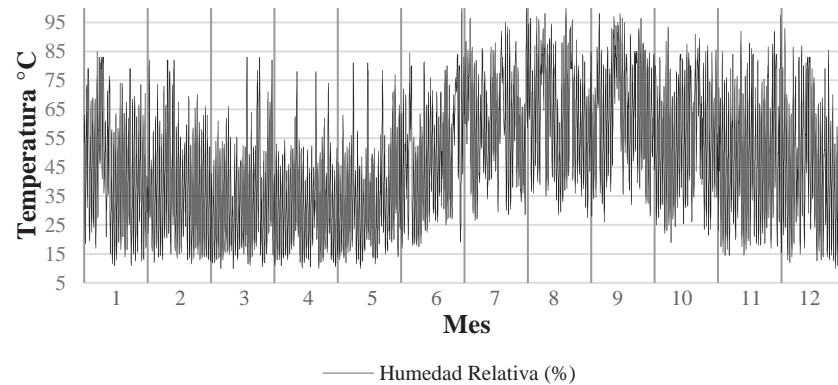
## RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis climático del caso de estudio y los niveles de confort térmico en el interior de la vivienda analizada.

En la Grafica 1 y 2 se presenta el comportamiento de la temperatura ambiente y de la humedad en la ciudad de victoria de Durango a lo largo de un año típico. Estos resultados fueron obtenidos de en TRNSYS con información climática del software Meteonorm, que corresponden al sitio analizado. Los datos confirman la necesidad de calefacción y enfriamiento estacional en la ciudad analizada. Se establece el rango confort de 20-26°C como temperaturas aceptables para estado de satisfacción.



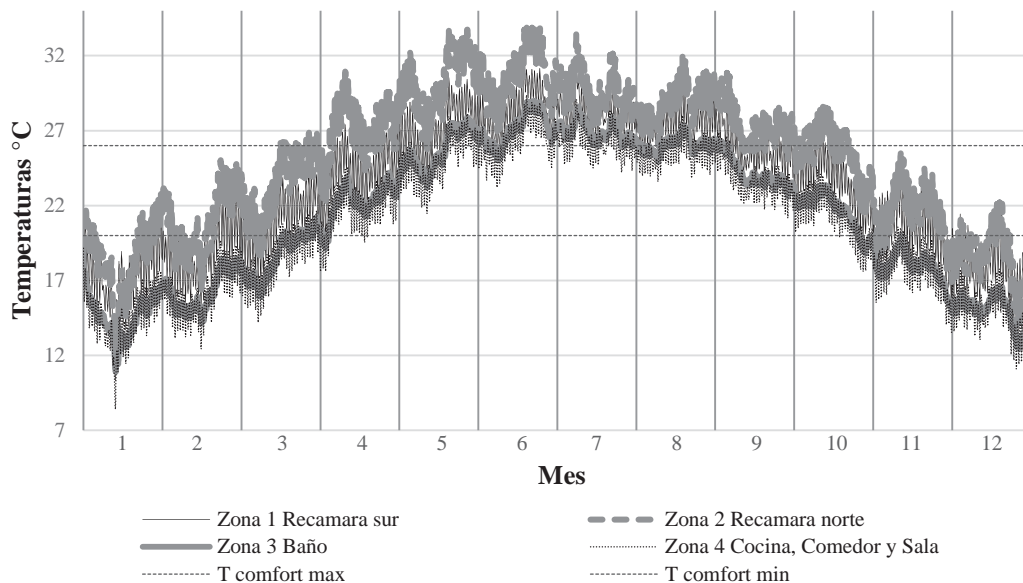
Grafica 1 Temperatura ambiente de la ciudad de Victoria de Durango de un año típico.



Grafica 2 Humedad relativa de la ciudad de Victoria de Durango de un año típico.

**Distribución de temperaturas**

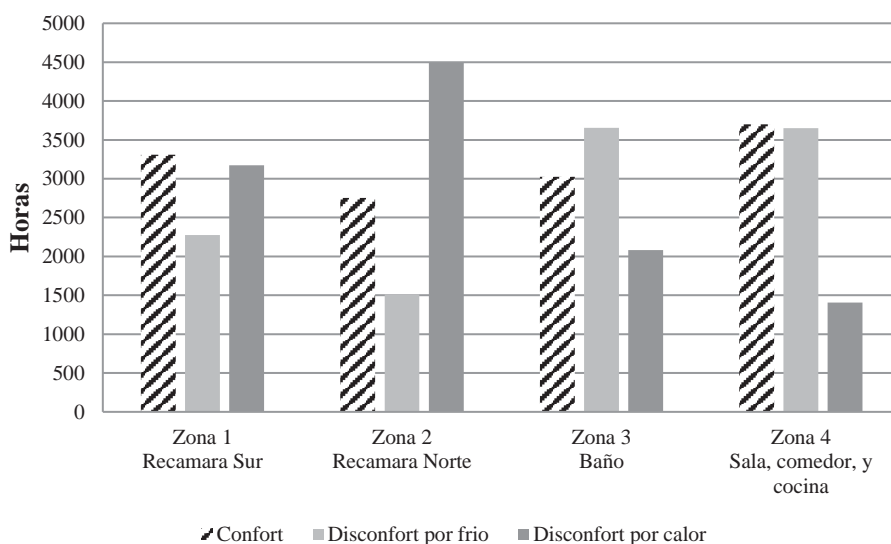
Integrando las características de la vivienda en la recreación de su entorno climático se obtienen la distribución de temperaturas (Grafica 3). Se reportan las temperaturas de las zonas térmicas de la vivienda, esto cada hora a lo largo de un año típico. Por su orientación, se destaca la zona 2 con mayor temperatura (33.93°C) y la zona 4 con la mínima temperatura (8.42°C). También se distingue que tanto en invierno como verano las temperaturas se salen del rango de confort térmico aceptable en el interior de la vivienda.



Grafica 3 Temperaturas horarias por zona.

**Confort térmico en la vivienda**

En base al rango de confort definido se reportan el número de horas de confort y desconfort al año y por zona térmica de la vivienda. En la Grafica 4 se muestra que predomina el estado de desconfort en la vivienda.



Grafica 4 Horas de confort al año por zona térmica

## CONCLUSIONES

Las distribuciones de temperatura ambiente y temperatura interior en cada una de las zonas de la vivienda analizada confirman que se carece de confort térmico durante el 60% de las horas del año. Lo que demuestra que el diseño y ubicación actual de la vivienda analizada requiere de algún tipo de climatización. Se planea que en las siguientes simulaciones, se integren las viviendas colindantes para estudiar el efecto que estas tienen en el desempeño térmico de la vivienda. Posterior a este estudio se busca identificar y analizar el uso de tecnologías de acondicionamiento ambiental pasivas que ayuden a mejorar la sensación de confort en el interior de la vivienda.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico recibido por parte del: Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CeMIE-Sol), A través del Proyecto: P13 “Laboratorios de pruebas para baja y media temperatura, laboratorio para el diseño e integración de sistemas termo solares asistido por computadora” Perteneciente a la Convocatoria 2013-02, del: FONDO SECTORIAL CONACYT - SENER - SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA, para el desarrollo y presentación de éste trabajo.

## REFERENCIAS

- Andrade, Andrés A. (2007). “Diagnóstico Del Comportamiento Térmico, Energético Y Ambiental De La Vivienda De Interés Social En México: Una Retrospectiva Y Prospectiva (2001 – 2012).” *Tesis de maestría de la UNAM*: p.7–13.
- Crawley, Drury B., Jon W. Hand, Michaël Kummert, and Brent T. Griffith. (2006). “Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs.” *Building and Environment*: p. 661–73.
- Lucero, Jorge. (2014). “The Effect of Solar Reflectance , Infrared Emissivity , and Thermal Insulation of Roofs on the Annual Thermal Load of Single-Family Households in México.” *ISES International Solar Energy Society*: p.5.
- Martín, Ignacio R. (2004). Reporte *Desarrollo de Un Simulador Para La Optimización Termo-Económica de Viviendas de Interés Social*. p.7.
- Ochoa, Jose M. et al. (2012). “Bioclimatic And Energy Efficiency Considerations For Social Housing : A Case Study In Hot Dry Climate.” *ES2011-54*: p.1–10.
- SEMARNAT & INECC. (2013). “Estrategia Nacional de Cambio Climático.” *Informe CICC (Cambio climático)*: p.8.