

Evaluación de los Efectos de Techo Verde en el Nivel de Confort Térmico en Vivienda de Interés Social

Dr. Francisco S. Yeomans Reyna

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Mexico, Nuevo León, Monterrey,
fyeomans@itesm.mx*

MSc. Ing. Delma V. Almada Navarro

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Mexico, Nuevo León, Monterrey,
dalmada@itesm.mx*

Arq. Ramiro Martínez Márquez

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Mexico, Nuevo León, Monterrey,
ramiromarquez@itesm.mx*

ABSTRACT

Recognizing that energy consumption in housing is associated with thermal comfort, a group of researchers from Tecnológico de Monterrey through "Development and innovation processes and technologies in Housing" project has studied different alternatives to improve comfortable indoor climatic conditions in relation to the outside temperature and in most cases avoid unnecessary use of energy. In Mexico, most of the low income housing is single-family homes; which mean that heat enters the home through its roof and walls that have greater sunlight. Furthermore a study was carried out to assess the effect of green roof in 4 low income homes, located in the bioclimatic region number two in Mexico (CONAVI, 2008). The study was conducted over three months in the town of El Carmen, Nuevo León, Mexico from August to October of 2011, evaluated by mean of sensors, gathering the temperature every 5 minutes in walls and slabs. Four households were selected, two were with green roof, one level and two level housing, and were compared with two other homes with the same features but without green roof. The results show that homes with green roof have an average of 10 °C decrease in temperature regarding homes without green roof.

RESUMEN

Reconociendo que parte del consumo energético en vivienda está asociado a mejorar el nivel de confort térmico, un grupo de investigadores del Tecnológico de Monterrey a través del proyecto "Desarrollo e innovación de procesos y tecnologías en Vivienda", ha estudiado diferentes alternativas para mejorar el confort térmico de las viviendas y en la mayoría de los casos reducir el consumo energético. Considerando que la mayoría de la vivienda social en México es unifamiliar, y que el calor entra principalmente a la vivienda a través de la losa y de los muros de mayor asolamiento, se llevó a cabo un estudio para evaluar el efecto del techo verde en 4 viviendas de interés social, ubicadas en la región bioclimática número dos de la República Mexicana (CONAVI, 2008). El estudio se realizó incluyendo los meses de mayor calor, en el municipio El Carmen N.L. de Agosto a Octubre del 2011, evaluando por medio de sensores, la temperatura cada 5 minutos en muros y losa. De las 4 viviendas seleccionadas, dos fueron con techo verde una de un nivel y otra de dos niveles y se comparó con otras dos viviendas con las mismas características pero sin techo verde. Los resultados muestran que las viviendas con techo verde en azotea presentan una disminución de 10 °C en promedio con respecto a las viviendas sin techo verde.

Palabras claves: Techo, verde, confort térmico, sensores

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un proceso natural del medio ambiente, sin embargo debido al desarrollo del sector industrial comenzaron a aumentar considerablemente los niveles de contaminación en el planeta lo que ocasionó que se presentara más rápidamente. Además el aumento de la actividad humana ha ocasionado que se consuman cada vez más recursos naturales, lo que ocasiona que hoy en día se vean más frecuentemente catástrofes naturales como sequías, inundaciones, huracanes y heladas.

México, debido a su situación geográfica, condiciones climáticas, orográficas e hidrológicas, entre otros factores, se ubica en una de las zonas más vulneradas del mundo por el cambio climático. De acuerdo a estudios realizados por científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México los únicos estados de la República Mexicana que han mantenido estables sus temperaturas son Nayarit, Colima, Michoacán y Jalisco; mientras que el resto del territorio mexicano, particularmente el lado del océano Atlántico y el norte del país, se ha calentado más rápidamente (Cárdenas, 2010).

En la actualidad la industria de la construcción consume alrededor del 50% de los recursos naturales de todo el planeta (Edwards, 2008), lo que la convierte en la actividad menos sostenible de la Tierra; si a esto sumamos que la demanda de vivienda en México cada vez es más fuerte y a que las personas más vulnerables a sufrir los efectos del calentamiento global son las de bajos recursos, es muy importante crear viviendas económicas sustentables que contribuyan al bienestar personal de sus ocupantes y del medio ambiente.

De acuerdo al Consejo Nacional de la Población (CONAPO), para el año 2030, en México se necesitarán más de 20 millones de viviendas nuevas, lo que contribuirá a elevar el consumo de agua, energía eléctrica y otros recursos del país.

Actualmente México ocupa el lugar número 17 a nivel mundial en países mayores consumidores de energía eléctrica, ocupando los cinco primeros lugares Estados Unidos, China, Japón, Rusia y Alemania respectivamente (CIA, 2009). La energía eléctrica consumida en construcción en México constituye el 32 por ciento del total de la energía que se consume en el país (Cárdenas, 2010).

México ocupa el lugar número 11 a nivel mundial en países mayores emisores de CO₂ lo que representa el 1.6% del total de emisiones de este gas, sin embargo ocupa el primer lugar en América Latina, seguido de Brasil, Argentina y Venezuela (ONU, 2010), por lo que se estima que los edificios residenciales y comerciales han emitido alrededor de 75 millones de toneladas de CO₂ en México durante el año 2006, lo que representa 12 por ciento de las emisiones totales de este gas de efecto invernadero en nuestro país (CONAVIC. N., 2010).

En respuesta a la problemática de nuestro país en el año 2007 el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) creó el programa Hipoteca Verde el cual consiste en otorgar un monto adicional de crédito para financiar la instalación de eco tecnologías en las viviendas, la cual consiste en dotar a la vivienda de elementos sustentables como aire acondicionado, aislante térmico, luminarias ahorradoras, calentadores solares de agua y dispositivos ahorradores de agua que ayudan a disminuir el consumo de energía de la misma. Además todos los créditos a partir del año 2011 se otorgan orientados a la vivienda sustentable.

En ciudades como Cancún, Playa del Carmen, Mexicali, Acapulco y Coatzacoalcos empresas desarrolladoras mexicanas como Urbi, Geo, Ara entre otras, han creado viviendas de interés social Cero Energía, también llamadas, Net Zero, las cuales auto producen el 90 por ciento de la energía consumida y por lo tanto contribuyen a disminuir las emisiones de CO₂ mediante la utilización de celdas fotovoltaicas, aislamiento térmico, ventilación natural, control solar y lámparas fluorescentes (Naves, 2010).

El presente reporte de investigación sobre techos verdes en vivienda se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey, en el Programa de Investigación en Desarrollo e Innovación de Procesos y Tecnologías de Vivienda cuyo objetivo es el de mejorar la calidad de vida de los

miembros más vulnerables de la sociedad a través del estudio, desarrollo e innovación de procesos para vivienda e infraestructura educativa.

Dentro de las diferentes propuestas sustentables para reducir el consumo energético en vivienda se encuentran el uso de aires acondicionados eficientes, focos ahorradores, ventanas de doble vidrio, aislamiento térmico en losas y muros de mayor asoleamiento entre otros. En los últimos años, el programa de investigación del Tecnológico de Monterrey, ha desarrollado varios proyectos financiados por CONACYT y CONAVI para determinar la eficiencia de los programas encaminados a reducir el consumo energético de la vivienda social en México. Actualmente se está llevando a cabo el estudio “Monitoreo de viviendas con criterios de ahorro de energía en tres regiones Bioclimáticas del país”, donde se monitorea por un año y en 32 viviendas (16 con eco tecnologías y 16 sin eco tecnologías en cada ciudad), la temperatura, humedad, y consumo de energía.

En el programa de investigación se han desarrollado proyectos experimentales en el laboratorio para evaluar el comportamiento térmico de diferentes aislantes comerciales tales como el polietileno y poliuretano de diferentes densidades y espesores, esta alternativa de aislamiento, permite una disminución del consumo energético sin embargo representa un costo que el usuario de la vivienda o constructor debe de considerar.

En la arquitectura Bioclimática, se consideran elementos pasivos aquellos que al ser incluidos, mejoran el confort térmico de la vivienda y el mantenimiento es mínimo o nulo. Entre los elementos pasivos más utilizados se encuentran: el uso de ventilación cruzada, chimeneas de calor, aleros, pretilas, aumento de la altura de entepiso, orientación, arborización, usos de techos y muros verdes y velarias como sistemas de sombreado en losas. Sin embargo aunque se reconoce el efecto de estos sistemas en el mejoramiento del confort térmico, no se cuenta con valores cuantitativos.

Actualmente se está llevando a cabo el estudio de “Efectos de techo verde y arborización en el nivel de confort térmico en vivienda social” en donde se evalúa el efecto de techo verde en 2 viviendas a escala 1:5, la temperatura al interior y exterior. Adicionalmente se ha evaluado la disminución de temperatura que produce un árbol nativo de la región, encontrándose que la temperatura abajo del árbol en un radio de 0 a 4 metros, se reduce en un 30% de la temperatura al sol.

En éste artículo, se presenta un proyecto piloto para evaluar el efecto de techo verde en el confort térmico de una vivienda social de uno y dos niveles no habitadas.

TECHOS VERDES

Los techos verdes son aquellos que utilizan diferentes tipos de vegetación para mejorar el desempeño de: la losa de azotea, su vista, el confort térmico o ahorrar energía eléctrica.

Tipos

Existen dos tipos de techos verdes, los intensivos y los extensivos; se diferencian entre sí en el uso, tipo de vegetación que utilizan, el peralte requerido para dicha vegetación, el grado de mantenimiento requerido y la capacidad estructural de la construcción donde se colocarán.

En la siguiente tabla se pueden ver las características de cada tipo de techo verde:

Tabla 1: Características de Techos Verdes

TIPOS DE TECHOS VERDES		
Parámetro	Extensivo	Intensivo
Peso	60 a 150 kg/m ²	180 a 500 kg/m ²
Espesor de sustrato	Menos de 15 cm.	Mínimo 20 cm.
Mantenimiento	Bajo o nulo	Medio o alto
Selección de Vegetación	Pastos cortos	Abierto
Eficiencia	Baja	Media o alta
Biodiversidad	Media	Alta
Costo	Bajo	Alto
Refuerzo de Estructura	No	Sí
Uso	Protección ecológica	Jardín tipo parque

Los techos verdes ofrecen múltiples ventajas tanto a los usuarios del inmueble como al medio ambiente las cuales son:

- Aumento del valor del inmueble y mejora la estética de la vivienda
- Se reduce el efecto de isla de calor
- Reducción de ruido
- Protección a la losa
- Provee asilo a especies animales nativas de aves e insectos
- Intercambio de dióxido de carbono por oxígeno
- Mejora de la calidad del aire
- Aislamiento térmico
- Filtro de partículas de polvo y suciedad del aire
- Superficie de absorción de agua de lluvia
- Regulación de la variación de los cambios de temperatura entre el día y la noche
- Regulación de las variaciones de humedad
- Ahorro en el consumo de energía eléctrica

Composición

El funcionamiento de un techo verde está compuesto por varias capas cada una de ellas con una finalidad específica como se muestra en la siguiente figura:

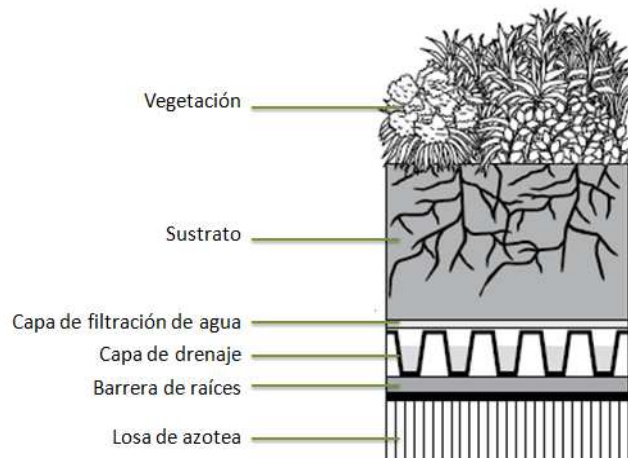


Figura 1. Composición de un techo verde (Optigreen, 2008)

- **Losa de azotea:** ésta debe de estar perfectamente impermeabilizada para evitar el paso de la humedad al interior de la vivienda, es recomendable usar una impermeabilización elastomérica aplicado con calor.
- **Barrera de raíces:** membrana que impide el paso de humedad hacia la losa de azotea y que las raíces dañen su estructura, sin embargo no cumple la función de impermeabilizante, generalmente es una membrana plástica de polietileno o PVC.
- **Capa de drenaje:** su función es evitar que las bajantes pluviales de la vivienda se saturen o queden obstruidas por partículas sólidas provenientes del sustrato del techo verde. Actualmente existen numerosos productos en el mercado que cumplen con esta función y son compuestos por membranas sintéticas o plásticas, sin embargo pueden utilizarse una capa de piedra o grava gruesa lográndose los mismos resultados.
- **Capa de filtración de agua:** generalmente se utiliza cuando se tiene pensado reciclar el agua de lluvia para uso doméstico, se puede utilizar una membrana textil, generalmente un fieltro, el cual permite el paso del agua pero retiene la tierra y raíces.
- **Sustrato:** es la capa de tierra donde va a crecer la vegetación, dependiendo del tipo de vegetación que va a ser utilizado, es el espesor que debe tener.
- **Vegetación:** es la capa superior del techo verde, el tipo de vegetación depende del uso que se le vaya a dar al techo verde, del clima de la región donde se va a instalar y del nivel de mantenimiento deseado.

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL EN CAMPO

El objetivo de esta investigación es el de elaborar e implementar un proceso para la evaluación cuantitativa de los efectos de techo verde en vivienda de interés social ubicada en la región bioclimática número dos de la República Mexicana. El proceso para llegar a este objetivo fue de la siguiente manera:

Como primer paso la empresa GP, desarrolladora de vivienda nos permitió instrumentar cuatro viviendas recién construidas y no habitadas, dos de un nivel que se les denominó con el nombre de Lisboa y las otras dos de dos niveles que se les denominó con el nombre de Marsella. Por otro lado, la empresa “Bioconstrucción y energía alternativa S.A. de C.V.” apoyó con la instalación de techos verdes del tipo extensivo para el mismo objetivo.

Las cuatro viviendas seleccionadas tienen su fachada orientada al sur y en los alrededores del fraccionamiento durante el experimento no hubo edificios ni árboles que se pudieran influir en los resultados.

Las viviendas evaluadas se encuentran en el fraccionamiento Buena vista ubicado en el municipio de El Carmen, Nuevo León.

Descripción de los espacios

Vivienda tipo Lisboa

La distribución de los espacios en este tipo de vivienda, consta de 7 áreas básicas en su interior como se puede observar en la Figura 2., los espacios que la conforman son:

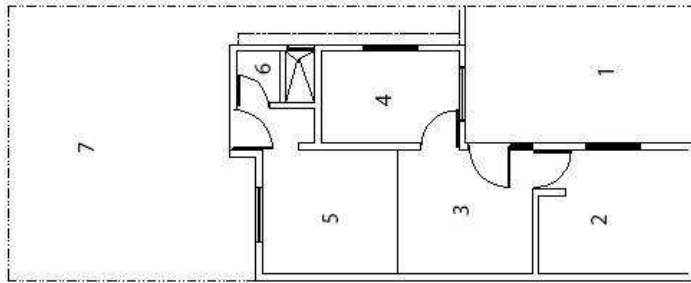


Figura 2. Planta arquitectónica vivienda Lisboa

1. Estacionamiento
2. Recamara 1
3. Sala
4. Recamara 2
5. Cocina / Comedor
6. Baño
7. Patio

Vivienda tipo Marsella

La distribución de los espacios en este tipo de vivienda, consta de 10 áreas básicas en su interior como se puede observar en la Figura 3, los espacios que la conforman son:

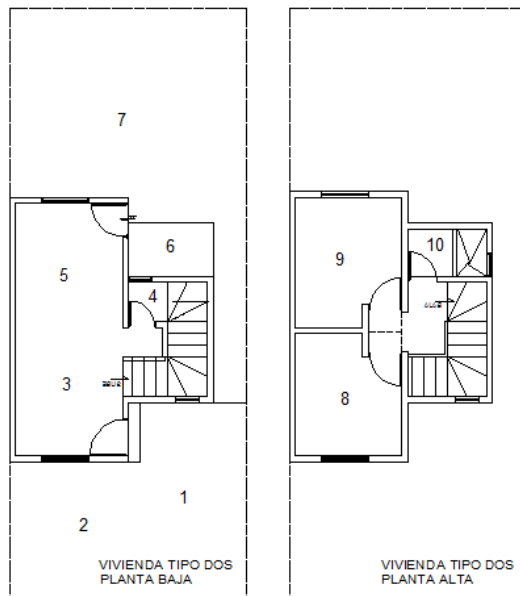


Figura 3. Planta arquitectónica vivienda Marsella

1. Estacionamiento
2. Jardín
3. Sala
4. Baño 1
5. Comedor
6. Lavandería
7. Patio
8. Recamara 1
9. Recamara 2
10. Baño 2

El siguiente paso fue la programación e instalación de sensores conocidos como “Tag Temp” marca Novus (Figura 4) en la losa de cada una de las cuatro viviendas y en los muros ubicados al Este, Oeste, Norte, Sur de las mismas, esto se realizó tanto en el interior como en el exterior.



Figura 4. Sensor Tag Temp, Marca: NOVUS

Instalación y ubicación de los sensores.

Los sensores fueron ubicados en los espacios principales de la vivienda, cada uno de los sensores registra la temperatura del área a la cual fue destinada, por consiguiente se puede establecer un análisis y valoración específica en cada área de la vivienda. En las Figuras 5 y 6, se puede observar la ubicación de los sensores marcados con un círculo de color rojo.

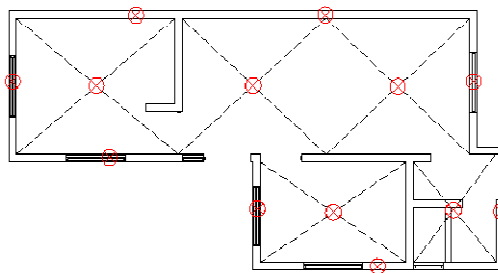


Figura 5. Ubicación de sensores en vivienda tipo Lisboa

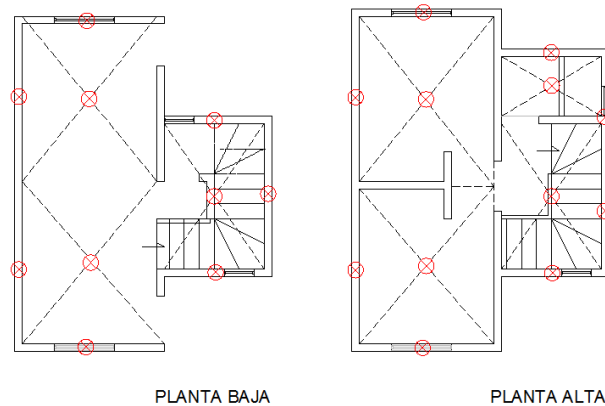


Figura 6. Ubicación de sensores en vivienda tipo Marsella

RESULTADOS

El período de estudio en las viviendas fue de Agosto a Octubre del año 2011. La variable de temperatura se registró cada cinco minutos, los tiempos de registro corresponden a la máxima capacidad de almacenaje de datos por mes que se pueden registrar a la memoria interna en cada sensor.

Con la instalación de techos verdes en las viviendas de interés social se puede reducir la temperatura en la losa exterior de las viviendas y por lo tanto también en el interior de las mismas. La máxima disminución de la temperatura registrada fue de 10 °C, utilizando un techo verde tipo extensivo, pero los resultados se pueden mejorar dependiendo del crecimiento de las plantas y el riego de las mismas sin presentar un gasto significativo para los habitantes de las viviendas.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las temperaturas máximas y mínimas promedio en azotea para las 4 viviendas evaluadas.

Tabla 2. Promedio de temperaturas máximas y mínimas en Azotea.

	AREA	VIVIENDA TESTIGO		VIVIENDA VERDE	
		Máxima Promedio	Mínima Promedio	Máxima Promedio	Mínima Promedio
LISBOA	BAÑO	45.17	18.57	44.90	18.86
	RECAMARA 1	44.35	19.52	33.04	25.38
	RECAMARA 2	49.5	22.3	35.5	30.7
MARSELLA	BAÑO	43.94	19.80	NE	NE
	ESCALERA	NE	NE	31.93	25.55
	RECAMARA 1	44.93	19.53	38.70	14.20

Los datos obtenidos por los sensores Tag Temp se analizaron y graficaron en cada muro y losa de las 4 viviendas 2 con techo verde y 2 sin techo verde (testigo). Los datos analizados de los sensores ubicados en muros de las viviendas con techo verde no muestran diferencia significativa en comparación con la vivienda testigo lo cual era de esperarse, ya que el techo verde estaba ubicado solo en la losa.

En seguida se muestran 2 tipos de graficas resultados de los sensores ubicados en la losa de la Recamara 1 de la vivienda tipo Lisboa. En la Figura 7 y 8, se observan las temperaturas máximas y en las Figuras 9 y 10 las temperaturas mínimas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en éste proyecto, es recomendable llevar a cabo estudios para diferentes techos verdes durante el período de un año, y evaluar la factibilidad económica del uso de techos verdes comprada con la disminución del consumo energético o con la mejora del confort térmico.

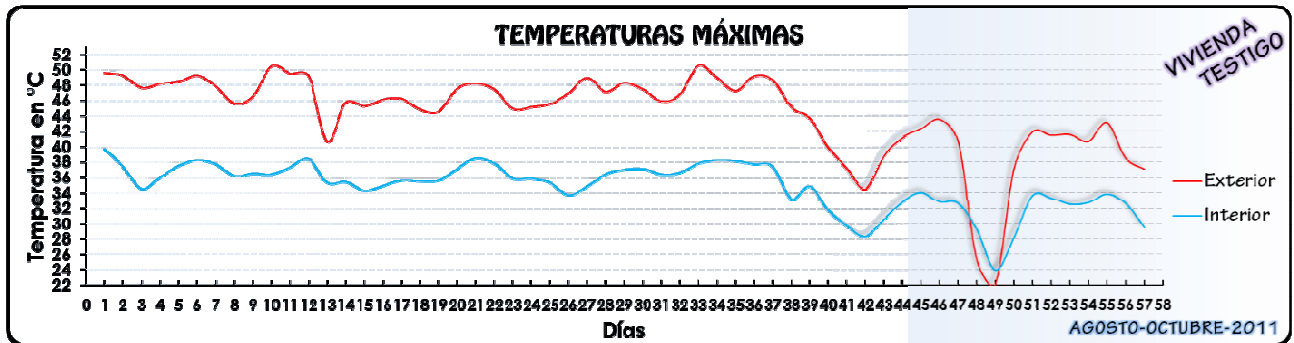


Figura 7. Temperaturas máximas por día en vivienda testigo.

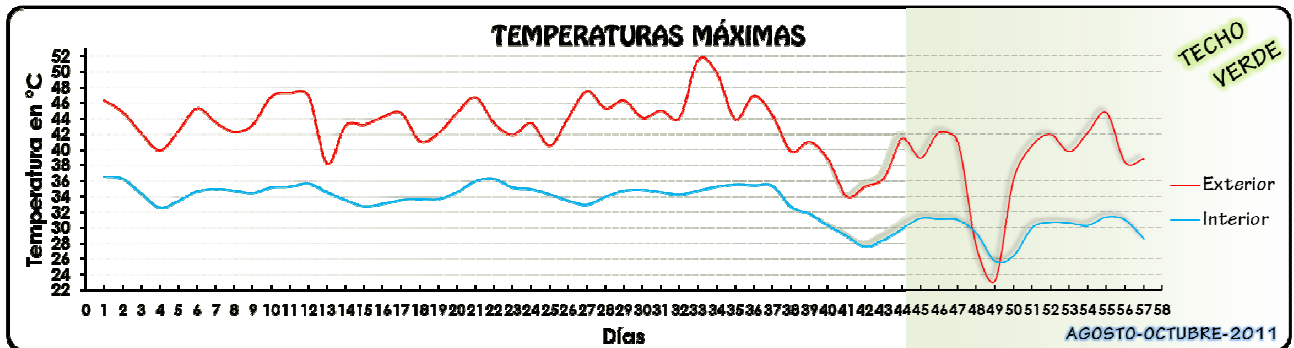


Figura 8. Temperaturas máximas por día en vivienda con techo verde.

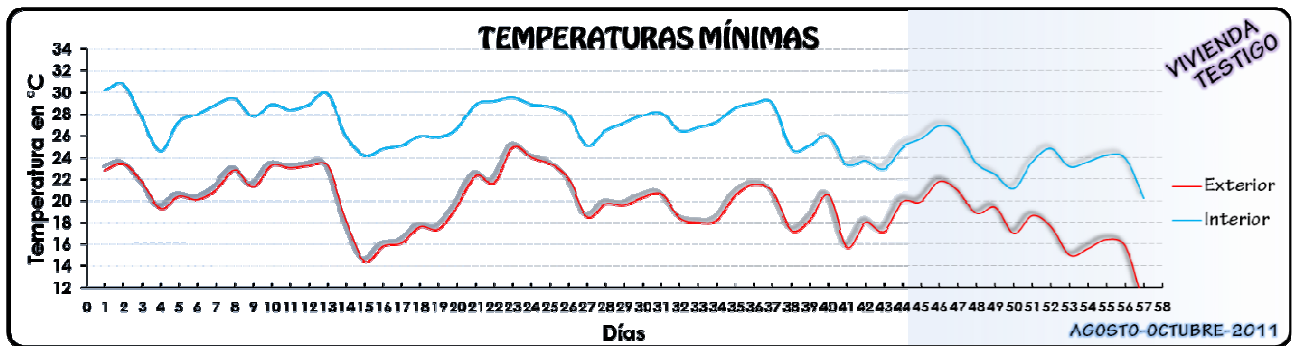


Figura 9. Temperaturas mínimas por día en vivienda testigo.

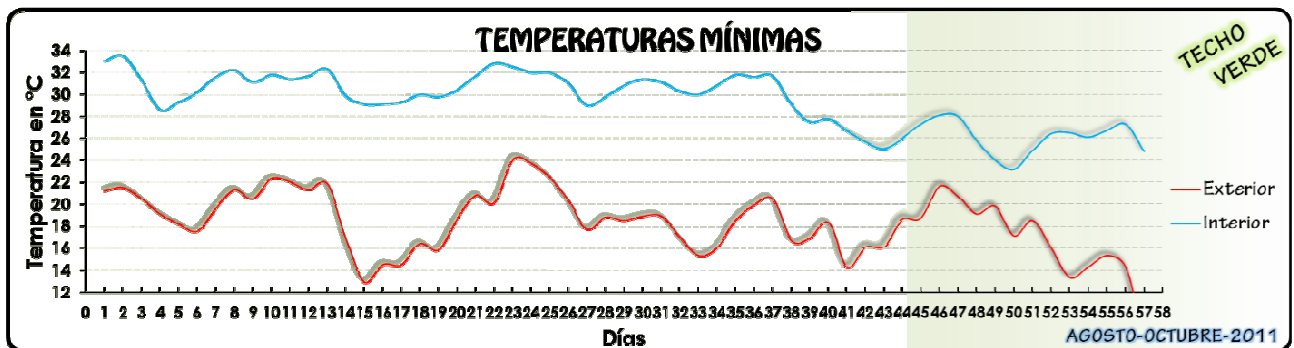


Figura 10. Temperaturas mínimas por día en vivienda con techo verde.

Bibliografía

- Cárdenas, M. J. (2010). México Ante el Cambio Climático: Evidencias, Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. *Greenpeace México*.
- CIA, C. I. (2009). *Electricity Consumption*. Estados Unidos.
- CONAVI. (2008).
- CONAVI, C. N. (2010). *COP16*. Cancún: Centro Urbano.
- Edwards, B. (2008). *Guía Básica de la Sostenibilidad*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Naves, V. (14 de Diciembre de 2010). Viviendas del Futuro, Proyecto NetZero. *El Universal*.
- ONU, U. N. (23 de Junio de 2010). *Millennium Development Goals Indicators*. Recuperado el 8 de Febrero de 2011, de <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/SeriesDetail.aspx?srid=749&crd=>
- Optigreen. (Octubre de 2008). *Green Roof Handbook*. Estados Unidos.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.