



## TECHOS VERDES Y MERCADO INMOBILIARIO EN MÉXICO: ESCENARIO ACTUAL Y EXPECTATIVAS EN EL MARCO DE LA ENERGÍA

GREEN ROOFS AND REAL ESTATE IN MEXICO: CURRENT SCENARIO AND EXPECTATIONS | IN THE CONTEXT OF ENERGY

### MARIO G. GONZÁLEZ PÉREZ

Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Sinaloa, Maestro en Ingeniería por la UNAM, Doctor en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad por la Universidad de Guadalajara.

Profesor-investigador, Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara.  
inge\_united@hotmail.com

### LUÍS F. GONZÁLEZ GABRIEL

Ingeniero Mecánico Electricista por la Universidad de Guadalajara, Maestro en Ciencias en Ingeniería del Agua y la Energía por la Universidad de Guadalajara, Profesor de Arquitectura Bioclimática, Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara.  
Lu.udg@gmx.com

### RESUMEN

El mercado inmobiliario ha estado caracterizado por la ecuación del mínimo costo y la máxima ganancia, con saldos a favor de unos y detrimento en la calidad de vida de otros pues ha sido el usuario del bien inmueble quien ha subsanado los costos de energía y confort térmico al interior de sus productos obtenidos. En este sentido, ha sido mínima la contribución de la industria de la construcción habitacional en el tema bioclimático para reducir el fenómeno de islas de calor que se experimenta actualmente en las principales ciudades metropolitanas. En el presente trabajo se utiliza el análisis descriptivo para mostrar el escenario actual de la participación de los desarrolladores inmobiliarios en la implantación de techos verdes para el aprovechamiento energético en México. Los resultados sugieren que los grandes consorcios que controlan el mercado habitacional, no solo no han incorporado techos verdes sino que se han limitado en el uso de ecotecnias y han dejado para empresas no inmobiliarias el ejercicio de esta práctica ambiental.

### Descriptores

Techos verdes, confort térmico, ahorro energético, mercado inmobiliario en México.

### ABSTRACT

*Market housing construction has been characterized by the equation of the minimum cost and maximum gain, with benefits for some people and difficulties for other people, so that, the user of the property has payed energy costs and thermal comfort within their products obtained. By the way, it has been a minimal contribution of the housing construction industry in the bioclimatic topic for reduce the heat island phenomenon currently experienced a lot of metropolitan cities. This paper uses descriptive analysis to show the current scenario involving real estate developers in the implementation of green roofs for energy saving in Mexico. The results suggest that the large corporations that control the housing market, not only they have not built green roofs, but also have not used other green technologies in their processes, and have left to companies that do not build housing for this environmental exercise.*

### Descriptors:

*Green roofs, thermal comfort, energy savings, housing construction market in Mexico.*



## TECHOS VERDES Y MERCADO INMOBILIARIO EN MÉXICO: ESCENARIO ACTUAL Y EXPECTATIVAS EN EL MARCO DE LA ENERGÍA

En el ámbito internacional existe preocupación sobre el consumo excesivo de recursos renovables y no renovables particularmente en las ciudades con características metropolitanas, donde el crecimiento poblacional aunado a la producción habitacional han aumentado el consumo de energía y, consecuentemente, el consumo de productos asociados con esta pues más personas requieren más espacios y cada nuevo espacio implica la participación de una serie de insumos, no solo en la etapa de diseño y construcción, sino también, en la etapa de operación y mantenimiento.

El sector de la construcción habitacional en general se ha caracterizado por una concepción puramente comercial de los productos ofertados y subordinados al imaginario que supone que menores costos representan mayores ganancias. Además, al ejercicio de compra-venta se suma la especulación del precio del suelo por lo que esta forma de concebir el producto habitacional repercute fuertemente en el dimensionamiento, diseño y precio final.

Lamentablemente, la mayoría de las veces los inconvenientes son detectados *a posteriori*, una vez adquirido el producto habitacional, que es cuando se identifican las desventajas de la ubicación, la orientación, la dimensión de los espacios interiores, la altura o el consumo eléctrico por enfriamiento o calefacción, etcétera, cuando –por ejemplo– poco se puede hacer ya para cambiar la sensación térmica interior, con la salvedad de utilizar los equipos eléctricos

tradicionales. Sin embargo, exteriormente estas construcciones pueden aprovechar el área del techo para la ubicación de sistemas de vegetación que permitan contribuir en un inicio con el confort térmico interior y, posteriormente, con la disminución del gasto energético, sobre todo en climas mayormente cálidos. Incluso, a nivel general es posible incidir contra el fenómeno de isla de calor que se experimenta actualmente en las urbes (Atienza, 2010, pp. 4-5)<sup>1</sup>.

En el caso de México, que padece diversos problemas que comprometen la sostenibilidad de su desarrollo, el escenario ambiental es similar al de otros países del globo. Algunos problemas coinciden con los encontrados en los países del primer mundo relacionados con los acelerados procesos de industrialización y urbanización del espacio geográfico pero otros son característicos de los países en vías de desarrollo, como la transformación del hábitat o la sobreexplotación de los recursos naturales (Sánchez, 2007). Por ello resulta plausible cuestionarse: ¿en qué situación se encuentra México en materia de techos verdes? ¿De qué manera ha contribuido la industria de la construcción inmobiliaria de México con el uso racional de la energía en sus productos ofertados? ¿Qué expectativas tiene México en materia energética ante las directrices internacionales sobre el cambio climático?

El presente escrito se circunscribe a los estudios sobre la energía en la producción habitacional. Además, el trabajo se relaciona con la

1 De acuerdo con el cuarto informe de evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas, "(...) la mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero de origen humano". Inclusive, una de las consecuencias de este escenario previsto por la Agencia Internacional de Energía en 2009, es que las emisiones de dióxido de carbono pasarán de 28 giga-toneladas a 40 giga-toneladas entre 2007 y 2030. Lo que podría llevar, según las estimaciones más pesimistas, a un incremento de hasta 6 grados Celsius en la temperatura del planeta (Atienza, 2010, pp. 4-5).

implementación de políticas públicas en materia bioclimática en la construcción inmobiliaria. De igual forma, a nivel general se preocupa por la habitabilidad y el metabolismo urbano, donde el uso de la tecnología y la innovación son importantes para la sostenibilidad de las ciudades contemporáneas, sobre todo porque en ellas ocurre el mayor consumo de energía fósil, el cual ha llevado a una preocupación internacional en materia de cambio climático (Huang y Chen, 2005)<sup>2</sup>.

El objetivo principal describe y analiza el escenario actual de la participación de la industria inmobiliaria en la construcción de techos verdes en las principales metrópolis mexicanas. Se parte del supuesto de que la entidad reguladora del proceso de planificación, gestión y supervisión de la construcción habitacional poco ha contribuido a incentivar el uso de techos verdes en el sistema-ciudad. Metodológicamente se utiliza el análisis descriptivo a partir de la indagación documental sobre el escenario actual de los techos verdes en la industria inmobiliaria mexicana. Además, el ejercicio de campo –a través de la inspección *in situ*– realizado en las tres principales metrópolis del país (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey), ha dado testimonio sobre las principales características de esta ecotecnia.

En la primera parte del trabajo se realiza un breve bosquejo del nacimiento y auge de los techos verdes a nivel global con referencia a los principales eventos y ciudades que marcaron las directrices de una posterior reglamentación del proceso constructivo. Aquí se citan las contribuciones experimentales de diversos autores. A continuación se muestra el escenario del mercado inmobiliario en materia de techos verdes. En esta sección se evidencia la disparidad de la contribución de la industria inmobiliaria en relación con las empresas no

precisamente inmobiliarias que ofrecen este servicio. Se discute además los costos que manejan las empresas en México por metro cuadrado de techo verde construido e instalado. Por último se plantea las expectativas de México en materia de techos verdes y los programas para su implantación, que resumen el resultado de la revisión y el análisis efectuado a lo largo del documento. La conclusión resume la reflexión sobre las ventajas de contemplar la integración de estas ecotecnias en la construcción habitacional.

## EL ESTADO DE LA CUESTIÓN EN MATERIA DE TECHOS VERDES: UN BREVE BOSQUEJO

Hace más dos mil quinientos años Babilonia era famosa por sus jardines colgantes, y en el siglo XX Le Corbusier imaginaba techos ajardinados en su visión de ciudad. Sin embargo, esta ecotecnia parte de la Alemania de la postguerra, donde en 1971 Gerda Gollwitzer y Werner Wirsing publicaron el libro *Áreas habitadas de los techos transitables y cubiertos por vegetación*, el cual marcó un momento crucial para el nacimiento del concepto moderno de techos verdes (*Tecnología y Construcción*, 2010, p. 7).

En Estados Unidos, la ciudad de Portland (Oregon) ha sido pionera en programas para fomentar la instalación de techos verdes en propiedades comerciales, industriales, institucionales y residenciales, con el objetivo de reducir el problema de escurrimiento de aguas pluviales (Del Barrio, 1998). Igualmente, en la ciudad de Chicago se han realizado experimentos para aprovechar el agua de la lluvia (Fresneda, 2007). En Nueva York, la Fundación Earth Pledge ha implementado el programa “Tejados Verdes” con la intención de darle un respiro a la ciudad (Enertriz, 2009). A su vez, en Ottawa

2 Autores como Shu-Li Huang y Chia-Wen Chen (2005) aportan elementos importantes para desarrollar una teoría de la energética urbana. En su artículo “Theory of urban energetics and mechanisms of urban development”, indican que la importancia de una teoría de la energía y de las actividades de investigación sobre las relaciones entre el flujo de energía y el desarrollo urbano han sido ignoradas.

(Canadá) se han realizado experimentos para comparar el comportamiento térmico de un techo verde y un techo tradicional, donde los resultados han mostrado que el primero podría reducir la temperatura (Liu y Baskaran, 2003).

En 2005, el Departamento de Asuntos del Medio Ambiente de la ciudad de Los Ángeles (EAD) presentó una guía para incorporar espacios de azoteas verdes como una medida de eficiencia energética. El documento pretende servir como referencia para facilitar el desarrollo de techos verdes, y fomentar su utilización en otras entidades públicas y propietarios privados (Environmental Affairs Department, 2007).

En 2008, Beth Anne Currie y Brad Bass (2008) presentaron un estudio realizado en la ciudad de Toronto, en Canadá, que demuestra que los techos verdes mejoran la calidad del aire y la calidad de vida en los entornos urbanos<sup>3</sup>, lo que consecuentemente lleva a una mejora de la salud pública de la población. Para los autores, los techos y paredes verdes se pueden utilizar en áreas urbanas pobladas para complementar la vegetación existente.

La mayoría de los estudios sobre techos verdes han coincidido en torno a los beneficios ambientales, relativos al confort térmico y el ahorro de energía (Cárdenas, 2000; De Schiller, Evans y Katschner, 2001; De Schiller, 2002; Fariña y Naredo, 2010; Velazquez, 2005; Paz y Ulloa, 2006; Currie y Bass, 2008; Bodach y Hamhaber, 2010; Cárdenas, 2012; Cerón, Sanyé, Oliver, Montero, Ponce y Rieradevall, 2013; otros)<sup>4</sup>. Pero también los estudios realizados han evidenciado que estas alternativas medioambientales podrían ayudar a reducir el efecto de isla de calor en las zonas urbanas (Kubuta y Ahmed, 2005; Higuera, 2006; Wong, 2007; Szokolay, 2009; Rashid

y Anmed, 2009; Alpuche, Ochoa y Marincic, 2010; Abdel y Aboulgheit, 2012; Barragán y Ochoa, 2014; otros). En este entendido, al igual que los árboles y la vegetación en el terreno natural, un techo verde provee sombra y elimina el calor del aire a través de la evapotranspiración. Estos dos mecanismos reducen las temperaturas de la superficie del techo y el aire circundante. Incluso la superficie de un techo vegetado puede ser más frío que el aire del ambiente, mientras que las cubiertas convencionales pueden exceder las temperaturas del ambiente hasta 50°C. Igualmente, los techos verdes pueden ser instalados en una amplia gama de edificios, incluyendo instalaciones gubernamentales, educativas, industriales, oficinas, propiedades comerciales y residencias (Environmental Protection Agency, 2008).

En resumen, el desarrollo de esta alternativa constructiva implica la simbiosis de los conocimientos y elementos tradicionales de un techo tradicional, con los conocimientos y elementos propios del paisajismo, originando así una tecnología propia, aunque su tipo y formas de aplicación pueden variar desde una simple capa de césped hasta elaborados jardines sofisticados, se deben evaluar y considerar múltiples aspectos colaterales como región, clima, tipo de edificio, entre otros (Villalobos, 2007, p. 68).

## TECHOS VERDES E INDUSTRIA INMOBILIARIA EN MÉXICO

En la industria de la construcción habitacional, factores como el incremento en el precio de la energía, el surgimiento de nuevas tecnologías y la necesidad de maximizar el valor de los bienes inmuebles, exigen medidas

3 Se estima que en Alemania se han efectuado más de 800 proyectos de techos verdes (Velazquez, 2005). De igual forma, la ciudad de Tokio (Japón) ha participado en la instalación de techos verdes para mitigar los efectos de la isla de calor (Eumorfopoulou y Aravantinos, 1998, en Liu y Baskaran, 2003).

4 Diversos enfoques argumentan que la orientación sol-aire abarca factores como la topografía local, las exigencias de privacidad, los placeres que provocan las vistas, la reducción del ruido y los factores climáticos (Olgay y Olgay, 1954a, 1954b, 1957; Olgay, 2013).

de mayor calidad e innovación para triunfar en el mercado inmobiliario verde<sup>5</sup>. Por lo que, en la idea de devolver aunque sea una porción de la cubierta vegetal sustituida por el asfalto o el concreto debido a las transformaciones de la actividad antrópica, o bien porque es parte del paisajismo innovador que tiende hacia el ecologismo habitacional, se han planteado programas para financiar la construcción de viviendas, denominadas comúnmente como viviendas ecológicas<sup>6</sup> las cuales han estado caracterizadas por la implantación de ecotecnias, generalmente *a posteriori*<sup>7</sup>. No obstante, a partir de la peor crisis hipotecaria de 2008 en Estados Unidos se generó una inevitable caída en los precios de las viviendas y, consecuentemente, una profunda recesión económica que se trasladó al resto de la economías del mundo, la de México entre ellas, si bien la crisis hipotecaria provocó que las grandes empresas inmobiliarias como “Geo”, “Urbi” y “Homex” se tambalearan financieramente y emergieran nuevos consorcios viviendistas<sup>8</sup> como “Javer”, “Cadu”, “Vinte” y “Ruba” (Rojas y Huerta, 2015, pp. 37-39). Sin embargo, los principales consorcios que operan la mayor parte de la obra pública inmobiliaria no han incorporado el concepto de techos verdes en sus productos habitacionales aunque sí han incluido algunas

ecotecnias como celdas fotovoltaicas, calentadores solares, focos ahorrativos, etcétera<sup>9</sup>.

## EL ECOLOGÍSMO EN LA INDUSTRIA INMOBILIARIA

En 2016 se contabilizaban 753 empresas *no viviendistas*<sup>10</sup>, con facultad para realizar techos verdes a lo largo de toda la República mexicana. La mayoría de ellas se concentran en Ciudad de México (171 empresas) seguidas del estado de México y el estado de Jalisco con 90 empresas. El resto se distribuye en los diferentes estados de la República (Jardineros, 2016). Además de ofrecer el servicio de techos verdes, también participan con una gama de servicios de tipo paisajístico, bioclimático, jardinería o decoración.

En materia de empresas viviendistas, Casas Geo, por ejemplo, maneja varios tipos de “casa ecológica”, a través de técnicas de diseño bioclimático. Por su parte, Grupo Demet, Techo, Sadasi y Habitat han incorporado algunos tipos de casa ecológica, pero ninguna técnica de diseño bioclimático o de climatización pasiva. El Grupo Homex no ha incluido ningún tipo de casa ecológica o técnica de diseño bioclimático, aunque sí ha incorporado técnicas de climatización pasiva, y en relación con Grupo Sare, al igual que muchas otras empresas construc-

- 5 Un estudio de mercado realizado por Havas Media consultó a más de 11 mil consumidores en México, Estados Unidos, Reino Unido, Francia, España, Brasil, Alemania, China e India. Solo en México, más del 80% de los encuestados manifestó que pudiera contribuir con la mejora ambiental mediante acciones concretas, tales como la compra de productos o servicios ambientalmente amigables (Paterson, 2015).
- 6 En México se denomina vivienda ecológica a la construcción de una casa-habitación que utiliza elementos que contribuyen con el ahorro energético a través de la utilización de celdas solares, focos ahorrativos, materiales de aislamiento térmico, etc.
- 7 La Organización Mundial de la Salud plantea un mínimo de 9 metros cuadrados de área verde por persona para garantizar la calidad de vida (Del Castillo, 2013).
- 8 Empresas con la función primordial de realizar construcciones habitacionales para diferentes estratos socioeconómicos.
- 9 Enormes consorcios como Homex, Casas Geo, Urbi, Hogar, Grupo Ara, Sare, Sadasi, etc., han construido miles de productos habitacionales, impactando directamente en el crecimiento urbano de las principales ciudades metropolitanas y extendiéndose al resto de la República mexicana.
- 10 Empresas que no tienen por objetivo la construcción de casas habitación sino que realizan actividades de carácter decorativo o mantenimiento preventivo (jardinería, muros y techos verdes, diseño paisajístico, etc.).

toras del país, no ha considerado técnicas de diseño bioclimático o de climatización pasiva. En este sentido, el marco regulatorio ha sido permisivo en la industria de la construcción habitacional, donde no ha habido restricciones aunque sí sugerencias del tipo de material utilizado (con excepción del asbesto-cemento), y la calidad del proceso constructivo.

El diseño, por su parte, se ha limitado al cumplimiento de los dimensionamientos mínimos permisibles en los reglamentos de construcción pues el costo inicial de instalación es visto como una de las principales barreras para su implantación masiva, ya que este sobrecosto coloca al techo verde por arriba de un techo convencional. Sin embargo, es sabido que el inmueble con techo o azotea verde puede modificar su precio de venta en alrededor de 15%-20% (Cruz, 2012).

## EL COSTO DEL TECHO VERDE

La Universidad Autónoma de México (Universidad Azcapotzalco) ha diseñado un proyecto ejecutivo para la realización de varias cubiertas ajardinadas de diferentes presupuestos, con costos que varían entre \$1.224 pesos mexicanos a \$5.000,25 pesos mexicanos más IVA por metro cuadrado<sup>11</sup>, lo cual implica un elevado costo para su aplicación, comparado con los sistemas tradicionales (Valerdi, Barnard, Elías y Tovar Jiménez, 2014). Esta variación de costos está relacionada con las características del techo verde adoptado según estos sean extensivos, intensivos y semi-intensivos. En los primeros, el sustrato tiene una profundidad de la capa de tierra entre 2 cm y 10 cm, con un peso que va de 60 kg a 150 kilogramos por metro cuadra-

do. Aquí se utilizan plantas de bajo crecimiento y mantenimiento como: sedum, zacates o musgos. En cambio, en los techos intensivos se requiere de diversas capas de sustrato de mayor profundidad, generalmente de más de 15 cm y pesos entre 200 kg y 500 kilogramos por metro cuadrado (véase cuadro I). En el caso de los techos semi-intensivos, la profundidad del sustrato oscila entre 4 cm y 30 cm. Usualmente son accesibles y pueden ser utilizados para el crecimiento de hierbas poco profundas y cultivos de hoja (Agro entorno, 2012).

Cuadro I. Características de los techos verdes

Características	Techos verdes extensivos	Techos verdes semi-intensivos	Techos verdes intensivos
Espesor (cm)	8-15	15-30	40 o más
Vegetación	Musgos, sedums, suculentas, crasuláceas, hierbas y pastos	Perennes, crasuláceas, sedums, pastos ornamentales, arbustos y hierbas	Perennes, césped, arbustos, arboles, pastos y crasuláceas
Peso (kg/m <sup>2</sup> )	110-140 kg/m <sup>2</sup>	Hasta 250 kg/m <sup>2</sup>	Mayores de 250 kg/m <sup>2</sup>
Sistema de Irrigación	No recomendado	Parcial si es necesario	Automático
Mantenimiento	Reducido	Regular	Alto
Utilización	Aparatos	Hábitat	Jardín o terraza
Costo	Bajo	Medio	Alto

Fuente: Elaboración propia basado en Green Roof Technology, 2015.

## LOS TECHOS VERDES EN MÉXICO: EXPECTATIVAS EN EL MARCO DE LA ENERGÍA

La mayoría de los países desarrollados –junto a los países que se encuentran en proceso de desarrollo– han ignorado los llamados de alerta en torno a la práctica del modo de consumo

11 Estamos hablando de costos que van entre la mitad de un salario mínimo mensual y un poco más de dos salarios mínimos mensuales por metro cuadrado de construcción de techo verde. El salario mínimo mensual en 2016 en México es de 2.220,416 pesos mexicanos; alrededor de 128,35 dólares estadounidenses al mes, con un tipo de cambio promedio de 17,3 pesos mexicanos por un dólar estadounidense. En este entendido, actualmente se tienen empresas que operan costos por metro cuadrado de techo verde que van de 1.900 a 3.375 pesos mexicanos. Es decir, costos entre los 109,83 y los 195,09 dólares estadounidenses. Además, este costo está sujeto a los eventuales elementos y las plantas a utilizar (Azotea y Muro Verde, 2016; Verde Lavanda Paisaje, 2016).

y la consecuente devoración de los recursos naturales. Esta situación ha llevado a escenarios inciertos y complejos para la supervivencia de las generaciones futuras pues siguen siendo los hidrocarburos (carbón, petróleo, gas) las principales fuentes de energía y representan 80% de toda la energía y la mitad de toda la materia prima que se consume a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas, 2009, p. 81). Esto ha disparado de manera alarmante las emisiones de gases de efecto invernadero que se ha manifestado en un aumento significativo en la temperatura promedio a nivel global sobre todo en la última década, considerada como la más calurosa de los últimos 150 años (Mosquera y Merino, 2007).

Este panorama adverso genera múltiples expectativas relativas a solventar para los próximos años los recursos naturales lo que conlleva la apropiación de prácticas ambientalmente responsables, no sólo para cumplir con la normativa ambiental, sino por un compromiso con la sostenibilidad. Por ello esta inquietud llevó a la Asociación Mexicana para la Naturación de Azoteas Verdes a crear la primera norma para la instalación de “sistemas naturados”, siendo ésta la primera de Latinoamérica (Sánchez Mora, 2012, p. 18)<sup>12</sup>. En esta norma se establecen los pasos y requerimientos básicos que se deben satisfacer para la implantación de techos verdes. A su

vez, esta considera la articulación con la Secretaría de Medio Ambiente y el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (Gobierno del Distrito Federal, 2007).

Efectivamente, Ciudad de México ha sido pionera en la implementación de techos verdes en toda América Latina. Sin compararla con las ciudades altamente industrializadas, su impulso ha sido notable y en incremento pues actualmente la capital concentra cerca del 90% de los techos verdes, seguido por la ciudad de Guadalajara y Monterrey (Valerdi et al., 2014). Asimismo, se han creado programas gubernamentales denominados “hipotecas verdes” que consisten en la asignación de un monto adicional al crédito otorgado por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda que cuente con ecotecnologías que generen ahorros en el gasto familiar por la disminución en el consumo de energía eléctrica, agua y gas (Infonavit, 2015)<sup>13</sup>.

En 2014, el Infonavit en conjunto con el Fidecomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), ofrecieron alrededor de 500 mil créditos para viviendas con paneles solares para calentar el agua, además de eficientes instalaciones de luz y gas, con un costo por vivienda de 340 mil pesos, donde el paquete ecológico oscilaba en 14 mil pesos (Paterson, 2015)<sup>14</sup>.

12 El proceso de naturación se dio inicio en 1999, en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por medio de un convenio con la Comisión de Recursos Naturales del Gobierno de la Ciudad de México para mitigar los altos índices de contaminación atmosférica. Entre 2000 y 2011 se pasó de 3.000 a 20.000 metros cuadrados de techos vegetados en edificios públicos. Ejemplo de ello son el Banco HSBC, el Museo Interactivo de Economía, la Glorieta de Insurgentes con alrededor de 1.037 metros cuadrados, y la azotea verde más grande de México que se encuentra en las instalaciones del Infonavit contando con 5.200 metros cuadrados en lo que respecta al Distrito Federal y área conurbada (Sánchez Mora, 2012, pp. 17-18).

13 El Infonavit representa una entidad a cargo del Estado mexicano que triangula las participaciones económicas del sector obrero y el sector empresarial para gestionar créditos de vivienda nueva o usada, los cuales son destinados a beneficiarios con ingresos estables y continuidad laboral superior a 6 bimestres. Además de otros requisitos como el ingreso mensual y la edad del solicitante.

14 Estamos hablando de un costo por vivienda de 19.653,2 dólares estadounidenses y costo del paquete ecológico de 809,25 dólares estadounidenses, con un tipo de cambio de 17,3 pesos mexicanos por un dólar estadounidense.



## CONCLUSIONES

La situación de México en materia de techos verdes es todavía germinal. La participación de la industria de la construcción habitacional poco ha hecho por contribuir con el uso racional de la energía en sus productos ofertados pues la incursión de los grandes consorcios inmobiliarios en el paradigma de la sustentabilidad ambiental aún no ha ocurrido. Si bien estos han integrado algunos recursos a favor del ahorro energético a través de mejoras bioclimáticas, la utilización de techos verdes continúa ausente. Además, la práctica de la construcción habitacional se sigue realizando de manera horizontal lo que se traduce en consumo de grandes extensiones de suelo. En este sentido, ha sido el sector no inmobiliario el que se ha erigido como el proveedor de techos verdes a lo largo de México, además de proporcionar otros servicios de carácter bioclimático destinados comúnmente a estratos sociales de mayores ingresos.

Efectivamente, se ha generado un marco normativo para la instauración de esta ecotecnía, donde la entidad gubernamental ha proporcionado algunos incentivos en el uso de techos verdes, sin embargo, esta legislación aún no se ha articulado con la reglamentación habitacional en las diversas entidades federativas. En este contexto, en el ámbito gubernamental el tema del uso de la energía representa un tema de interés primordial, sobre todo porque existen compromisos internacionales como nación que obligan a reducir gradualmente las emisiones de gases de efecto invernadero para los próximos años. Por ello el diseño arquitectónico que incorpore ecotecnias como los techos verdes entre otras medidas que favorezcan el ahorro energético y el confort térmico interior, implicaría en consecuencia, un menor consumo de energía fósil y una contribución con las directrices establecidas a nivel global en materia de cambio climático.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel, A.I. y Aboulgheit, I. (2012). "Assessing housing interior sustainability in a new Egyptian city". En *Procedia Soc. Behav. Sci.* n° 68, 564-577. Extraído el 22 de Marzo, de 2015 de [http://ac.els-cdn.com/S1877042812057321/1-s2.0-S1877042812057321-main.pdf?\\_tid=3c24f4980589-11e6ae6600000aab0f02&acdnat=1460999946\\_92374e16\\_001ae6f0f98e98e4391743\\_62](http://ac.els-cdn.com/S1877042812057321/1-s2.0-S1877042812057321-main.pdf?_tid=3c24f4980589-11e6ae6600000aab0f02&acdnat=1460999946_92374e16_001ae6f0f98e98e4391743_62)
- Agro Entorno (2012). "Los techos verdes, una opción para reducir la temperatura de las casas". Extraído el 11 de Febrero de 2014 de [http://www.funprover.org/agroentorno/agro\\_sept012/lostechosverdesopcionparareducirtemp.pdf](http://www.funprover.org/agroentorno/agro_sept012/lostechosverdesopcionparareducirtemp.pdf)
- Alpuche, M.G.; Ochoa, J.M. y Marinic, I. (2010). "análisis térmico de viviendas económicas en México, utilizando los techos verdes". En *Arquitectura y Estudios Urbanos* Vol. III, UNISON, Sonora, México.
- Atienza, Serna, L. (2010). "El sector energético en España". En *Revista Ingeniería y Territorio* n° 89, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España.
- Azotea y Muro Verde (2010). Comunicación personal. Extraída el 3 de Abril de 2016 de [eric@requilibrium.com](mailto:eric@requilibrium.com)
- Barragán, A.E. y Ochoa, P.E. (2014). "Estudio de caso: diseño de viviendas ambientales de bajo costo, Cuenca (Ecuador)". En *MASKANA*, n° 1 (5) 81-98 pp.
- Bodach, S. y Hamhaber, J. (2010). "Energy efficiency in social housing: Opportunities and barriers from a case study in Brazil". En *Energ. Policy*, n° 12 (38), 7898-7910. Extraído el 12 de Enero de 2015 de [http://ac.els-cdn.com/S0301421510006890/1-s2.0-S0301421510006890-main.pdf?\\_tid=a9fdea70-0588-11e6870900000aab0f27&acdnat=1460999700\\_ff77a2ed6bbcbf8ea03828b4b4094c7e](http://ac.els-cdn.com/S0301421510006890/1-s2.0-S0301421510006890-main.pdf?_tid=a9fdea70-0588-11e6870900000aab0f27&acdnat=1460999700_ff77a2ed6bbcbf8ea03828b4b4094c7e)
- Cárdenas Jirón, L.A. (2000). "La forma urbana del medioambiente construido: hacia una propuesta de estructuración para el instrumento Plan Regulador Comunal". En *Revista de Urbanismo* n° 3. Extraído el 12 de Agosto de 2014 de <http://revistaurbanismo.uchile.cl/In3/indice.html>.



- Cárdenas Jirón, L.A. (2012). "Caracterización de patrones bioclimáticos en tejidos urbanos residenciales". En *Cuaderno de Investigación Urbanística* n° 82, mayo-junio. Extraído el 2 de Mayo de 2014 de [Dialnet-CaracterizacionDePatronesBioclimaticosEnTejidosUrb-4201101.pdf](http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4201101)
- Cerón Palma, I.; Sanyé Mengual, E.; Oliver Solá, J.; Montero, J.I.; Ponce Caballero, C. y Rieradevall J. (2013). "Towards a green sustainable strategy for social neighbourhoods in Latin America: Case from social housing in Merida, Yucatan, Mexico". En *Habitat International* n° 38, 47-56 pp. Extraído el 9 de Abril de 2015 de [http://ac.els-cdn.com/S0197397512000549/1-s2.0S0197397512000549main.pdf?\\_tid=2297b3f2058a11e6bf4a0000aacb360&acdnat=1461000332\\_f01bdc685c404c0c4383c6ad633a20a5](http://ac.els-cdn.com/S0197397512000549/1-s2.0S0197397512000549main.pdf?_tid=2297b3f2058a11e6bf4a0000aacb360&acdnat=1461000332_f01bdc685c404c0c4383c6ad633a20a5)
- Cruz, Martínez, S. (2012). "Las Azoteas verdes, una alternativa sustentable ante la acelerada urbanización". Extraído el 12 de Agosto de 2014 de <https://ecotecnologiasparaelsenbienestar.wordpress.com/eco-tecnologias/azoteasverdes/>.
- Currie, B.A. y Bass, B. (2008). "Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model". En *Urban Ecosyst* n° 11, 409-422 pp.
- Del Barrio Palomo, E. (1998). "Analysis of the Green Roofs Cooling Potential in Buildings". En *Energy and Buildings* no. 27, 179-193 pp.
- Del Castillo, A. (2013). "En Guadalajara y Tlaquepaque, hay menos áreas verdes". En *Periódico Milenio*. Extraído el 4 de Marzo de 2014 de [http://www.milenio.com/region/GuadalajaraTlaquepaqueareasverdes\\_0\\_200979958.html](http://www.milenio.com/region/GuadalajaraTlaquepaqueareasverdes_0_200979958.html)
- De Schiller, S. (2002). "Transformación Urbana y Sustentabilidad". En *Urbana*, n° 31 (7), 13-30 pp.
- De Schiller, S.; Martin Evans, J. y Katschnner, L. (2001). "Isla de calor, microclima urbano y variables de diseño Estudios en Buenos Aires y Río Gallegos". En *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, (5), 145-149 pp.
- Enertriz (2009). "Tejados verdes para unos edificios más sostenibles". Extraído el 4 de Marzo de 2014 de <http://www.blogtarifas.es/tejados-verdes-para-unos-edificios-mas-sostenibles/>
- Environmental Affairs Department (2007). "Green Roofs-Cooling Los Angeles a Resource Guide. City of Los Angeles". Extraído el 4 de Marzo de 2015 de <http://environmentla.com/pdf/EnvironmentalBusinessProgs/Green%20Roofs%20Resource%20Guide%202007.pdf>
- Environmental Protection Agency (2008). "Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies; Green Roofs". Extraído el 2 de Marzo de 2015 de <http://www.epa.gov/heatisland/mitigation/greenroofs.htm>
- Eumorfopolou, E. y Aravantinos, D. (1998). "The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece". En *Energy and Buildings* n° 27, pp. 29-36 Extraído el 6 de Enero de 2015 de [http://ac.els-cdn.com/S0378778897000236/1-s2.0S0378778897000236main.pdf?\\_tid=9821ec6a058411e6bbd40000aacb362&acdnat=1460997952\\_74e4a7a321bab1849329f99088d192d2](http://ac.els-cdn.com/S0378778897000236/1-s2.0S0378778897000236main.pdf?_tid=9821ec6a058411e6bbd40000aacb362&acdnat=1460997952_74e4a7a321bab1849329f99088d192d2)
- Fariña, Tojo, J. y Naredo, J.M. (2010). Libro blanco de la sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español. Madrid: Ministerio de la Vivienda.
- Fresneda C. (2007). "Chicago, la ciudad de los tejados verdes". Extraído el 2 de Marzo de 2015 de <http://www.elmundo.es/suplementos/natura/2007/20/1197068433.html>.
- Gobierno del Distrito Federal (2008). "Norma ambiental para el distrito federal NADF-011-AMBT-2007 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de compuestos orgánicos volátiles en fuentes fijas de jurisdicción del distrito federal que utilizan solventes orgánicos o productos que los contienen". En *Gaceta oficial del Distrito Federal* n° 491. Extraído el 12 de Abril de 2016 de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/DISTRITO%20FEDERAL/Normas/DFNORM22.pdf>
- Green Roof Technology (2015). "Green Roof Types". Extraído el 5 de enero de 2015 de <http://www.green-rooftechnology.com/green-roof-types>
- Higueras, García, E. (2006). Urbanismo bioclimático. Barcelona: Gustavo Gili.
- Higueras, García, E. (2009). El reto de la Ciudad habitable y Sostenible. España: DAPP.
- Huang, Shu-Li y Chen, Chia-Wen (2005). "Theory of Urban Energetics and Mechanisms of Urban Development". En *Ecological Modelling* n°.189 (2), pp. 49-71.
- Infonavit (2015). "¿Qué son los créditos verdes?". Extraído el 12 de Enero de 2015 de [http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/trabajadores/saber+para+decidir/cuido\\_mi\\_casa/ahorro+y+cuido+el+medio+ambiente](http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/trabajadores/saber+para+decidir/cuido_mi_casa/ahorro+y+cuido+el+medio+ambiente).



- Jardineros (2016). "Azoteas verdes". Extraído el 16 de Enero de 2015 de [http://www.jardineros.mx/search?search=azoteas+verdes&btn\\_search=](http://www.jardineros.mx/search?search=azoteas+verdes&btn_search=)
- Kubuta, T. y Ahmed, S. (2005). "Questionary survey on behaviour for natural ventilation and electricity consumption in terraced houses, a case study of Johor Bharu City". Conference APSA, Penang, Malaysia. Extraído el 6 de Enero de 2015 de [http://eprints.utm.my/1732/1/No.8%2C\\_Tetsu\\_Kubota.pdf](http://eprints.utm.my/1732/1/No.8%2C_Tetsu_Kubota.pdf)
- Liu, K. y Baskaran, B. (2003). Thermal performance of green roofs through field evaluation. Ottawa, Canada: Institute for Research in Construction.
- Mosquera, M.P. y Merino, R.L. (2007). Empresa y energía renovables. España: Fundación Confemetal.
- Olgay, V. (2013). Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili.
- Olgay, V. y Olgay, A. (1954a). "The Theory of Solar-Air Orientation". En *Architectural Forum* n° 97, pp.133-137.
- Olgay, V. y Olgay, A. (1954b). "Environment and Building Shape". En *Architectural Forum* n° 98, pp.104-108
- Olgay, V. y Olgay, A. (1957). Solar Control and Shading Devices. New Jersey, Princeton: University Press.
- Organización de las Naciones Unidas (2009). "El vivir como respuesta a la crisis global". Extraído el 16 de Enero de 2015 de [http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/Presentation%20by%20Govt%20of%20Bolivia%20\(Spanish\).pdf](http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/Presentation%20by%20Govt%20of%20Bolivia%20(Spanish).pdf)
- Paterson Díaz, K. (2015). "¿Qué tan buen negocio es ser verde?". Extraído el 12 de Enero de 2015 de [http://www.coparmex.org.mx/upload/bibVirtualDocs/9\\_entorno\\_julio\\_09.pdf](http://www.coparmex.org.mx/upload/bibVirtualDocs/9_entorno_julio_09.pdf)
- Paz Jácome, J.F. y Ulloa López, F.V. (2006). "La vivienda de interés social". En *Revista Ingenius*, n° 3, 8 pp.
- Rashid, R. y Ahmed, B.M.H (2009). "Thermal performance of rooftop greenery system at the tropical climate of malaysia a case study of a 10 storied building R.C.C flat rooftop at UTM, Johor Bahru, Malaysia". En *Journal of Architecture and Built Environment* n° 1 (37), July, 41-50 pp. Extraído el 16 de Marzo de 2015 de [file:///Users/mario\\_guadalupegonzalezperez/Downloads/18113-20732-1-PB%20\(1\).pdf](file:///Users/mario_guadalupegonzalezperez/Downloads/18113-20732-1-PB%20(1).pdf)
- Rojas Merced, J. y Huerta Quiroz, J. (2015). "Situación de las empresas del ramo de la construcción de viviendas de la BMV en México". En *Economía Actual* n° 3, Año 8. Extraído el 2 de Diciembre de 2015 de [http://www.uaemex.mx/feconomia/Publicaciones/e803/EA15\\_Juvenal-Judith.pdf](http://www.uaemex.mx/feconomia/Publicaciones/e803/EA15_Juvenal-Judith.pdf)
- Sánchez Martínez, M. (2007). "Carreteras ecológicas vs carreteras asesinas". En *Revista Matria* n° 11, diciembre, 3 p. Extraído el 22 de Marzo de 2014 de [http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/pistzayar/resources/LocalContent/55/1/matria\\_11.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/pistzayar/resources/LocalContent/55/1/matria_11.pdf)
- Sánchez Mora, I.G. (2012). "Manual para el diseño e instalación de una azotea verde". Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Szokolay, S.V. (2009). Humanity and Technology. Malasya: Universiti Teknologi Malaysia.
- Tecnología y Construcción* n° 58 (2010). "Techos verdes: Jardín en las alturas", Barrio Yungay: Historia de lucha, terremotos e identidad. Extraído el 4 de Diciembre de 2014 de <https://ambienteuniversal.files.wordpress.com/2013/04/tcagosto2010.pdf>
- Valerdi Madrigal, H.; Barnard Amosurrutia, R.; Elías López, P. y Tovar Jiménez, I. (2014). "El estado del arte de las azoteas verdes y sus implicaciones en la ciudad de México". *XXXVIII Semana Nacional de Energía Solar*. ANES, Santiago de Querétaro, Querétaro, México, 190-199.
- Velázquez, Linda S. (2005). "Organic green roof Architecture: design considerations and system components". En *Wiley Periodicals, Inc. Environmental Quality Management*. Extraído el 5 de Diciembre de 2014 de [http://www.greenroofs.com/pdfs/news-EQM\\_VelazquezPart2.pdf](http://www.greenroofs.com/pdfs/news-EQM_VelazquezPart2.pdf)
- Verde Lavanda Paisaje (2016). Comunicación personal. Extraída el 4 de Abril de 2016 de [contacto.verdelavanda@gmail.com](mailto:contacto.verdelavanda@gmail.com)
- Villalobos, L. (2006-2007). "Aplicación de techo verde en edificios de planta extensa para climas caliente a cálido húmedo Caso de estudio: edificio de oficinas en la ciudad de Maracaibo". En *Tecnología y Construcción* n° 23. Extraído el 5 de Diciembre de 2014 de <http://www2.scielo.org.ve/pdf/tyc/v23n1/art06.pdf>
- Wong Nyuk, Hien (2007). "Study of thermal performance of extensive roof top greenery system in the tropical climate". En *Building and Environment*, n° 1, (42), 25-54 pp. Extraído el 11 de Enero de 2015 de [http://ac.els-cdn.com/S0360132305003136/1-s2.0-S0360132305003136-main.pdf?\\_tid=20cabbf2-0588-11e6-8a0e0000aacb35f&acdnat=1460999470\\_e08832f370be2f54bc8ee16b14390d08](http://ac.els-cdn.com/S0360132305003136/1-s2.0-S0360132305003136-main.pdf?_tid=20cabbf2-0588-11e6-8a0e0000aacb35f&acdnat=1460999470_e08832f370be2f54bc8ee16b14390d08)