

## Tecnologías actuales aplicadas al desarrollo urbano sustentable

Silverio Hernández Moreno\* y Aldemar Garduño Hernández\*

### RESUMEN

El presente trabajo es un artículo de revisión en donde se organiza información de manera sistematizada sobre tecnologías ambientales aplicadas a cada una de las tareas y actividades que se realizan en la planeación y desarrollo urbano de las ciudades. Estas tecnologías son una parte actualizada de todas las tecnologías que se pueden aplicar, por tanto es un estado del arte de las nuevas tecnologías aplicadas al desarrollo urbano sustentable, que en su mayoría son procesos, instrumentos de medición, simuladores, equipo, materiales, software y hardware que son de gran ayuda a urbanistas, diseñadores, arquitectos, y promotores del urbanismo en las ciudades.

### ABSTRACT

This paper presents a review of information about new environmental technologies applied to urban development activities is organized and systematized. These technologies are just a portion of all technologies that can be applied to the development of cities, therefore, this paper is a presentation of the state of the art of new technologies being applied to sustainable urban development, which are mainly processes, precision tools, simulators, equipment, materials, and software and hardware, which facilitate the work of urban designers, architects and construction companies.

Recibido: 26 de Mayo de 2009  
Aceptado: 5 de Agosto de 2009

### INTRODUCCIÓN

Las diversas tecnologías existentes hoy en día son de gran ayuda para el desarrollo de cualquier actividad humana, sea o no industrial. En la industria de la construcción y particularmente en el desarrollo de las ciudades y áreas urbanas, las tecnologías han estado presentes desde la época pre-industrial, industrial e industrial contemporánea en los procesos de producción desde la generación de los materiales constructivos, nuevas tecnologías, hasta la construcción e implementación de la infraestructura y equipamiento urbano. En países desarrollados se han generado iniciativas para mejorar la calidad de los servicios y productos (puentes, edificios, casas, infraestructura, equipamiento, etc.), ofrecidos por los desarrolladores, los gobiernos y las compañías constructoras y empresas inmobiliarias; dos de estas iniciativas son la gestión de la innovación y el desarrollo tecnológico (Delgado, 2008).

El eje de desarrollo sustentable contempla la eficiencia ambiental, económica y social de los procesos de producción (National Resources Institute [NRI], 1987). La tecnología es una herramienta para hacer más eficientes los procesos de producción, por tanto, el uso y aplicación de estas tecnologías deben resultar en soluciones a las distintas "amenazas" que puedan afectar a las diversas tareas y acciones que propician la competitividad de las ciudades, tales como: uso de suelo, transporte urbano, manejo de desechos en la ciudad, calidad del aire, construcción y edificación, patrimonio cultural de las ciudades, sistemas de información urbana con medios electrónicos, energía sustentable, agricultura, nuevos materiales de construcción aplicados al desarrollo urbano y manejo sustentable del agua.

#### Palabras clave:

Urbanismo sustentable; Tecnologías nuevas; Desarrollo; Herramientas; Ciudad.

#### Keywords:

Sustainable urbanism; New technologies; Development; Tools; City.

#### Ámbito y rubros de aplicación de las tecnologías

En el desarrollo urbano de las ciudades, se deben tratar las siguientes áreas prioritarias: Manejo sustentable del sitio y uso de suelo, energía renovable y alterna, manejo sustentable del agua, materiales ecológicos, manejo sustentable de los desechos, confort en el ambiente construido, otros recursos y procesos. Las tecnologías deben ser compatibles con los procesos de

\* Universidad Autónoma del Estado de México, Posgrado de Arquitectura. Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, C. P. 50110, Toluca, México. Teléfono 01 (722) 2 140 414, ext. 135, fax 01 (722) 2 140 414. Correo electrónico: Silverhm2002@yahoo.com.mx

producción, resaltando su carácter ambiental. Para que dichas tecnologías puedan implementarse es necesario contar con las condiciones necesarias en materia de gestión tecnológica, desarrollo de eco-proyectos y eco-productos (Weaver *et al.*, 2000), capacidad financiera y planeación sustentable, además de la normativa urbano-arquitectónica sustentable y políticas públicas que apoyen dichos desarrollos; así como actores sociales y condiciones culturales, recursos humanos especializados en el dominio de herramientas, tales como el análisis y evaluación por ciclo de vida, sistemas de información geográfica, procesos de construcción y desarrollo integral de proyectos por medio de diversos software y otros recursos que se comentarán más adelante en el presente documento. Todos estos recursos y herramientas de apoyo deben ser integrados al manejo de programas y proyectos de desarrollo urbano sustentable de forma sistémica<sup>1</sup> (Sánchez, 2002) para responder de forma innovadora a los problemas de diseño, planeación, gestión y desarrollo de las ciudades.

#### Práctica innovadora de tecnologías sustentables en el campo del desarrollo urbano

Hace dos décadas, alrededor de 1990, el factor tecnológico no pesaba tanto como ahora en la sustentabilidad de los productos y procesos del desarrollo de la infraestructura urbana. En la actualidad, los retos son mayores y se requiere que la tecnología no solamente resuelva los problemas técnicos de abastecimiento de energía, agua, materiales, construcción, planeación y diseño, etc., sino que también lo haga bajo premisas de sustentabilidad (Commissie Lange Termijn Milieu-Beleid [CLTM], 1990). Al utilizar estrategias de diseño sus-

tentable en los proyectos urbanos y arquitectónicos, se deben incorporar nuevas tecnologías que sean compatibles con dichas estrategias, para generar productos de diseño ecológico (Urban Environmental Institute [UEI], 2002). Habrá algunos casos en donde los costos de dichas tecnologías aún no son factibles para su implementación en los proyectos, por ejemplo; el caso de los sistemas fotovoltaicos en muchas partes del mundo, el de células de combustible de hidrógeno o sistemas de tratamiento químico y mecánico de aguas residuales. Por tanto, el uso de otras tecnologías deberán sustituir o cubrir dichas necesidades económicas, para que haya un mejor desarrollo urbano (UEI, 2002). Asimismo, se debe contar con incentivos financieros para cubrir y apoyar dichos casos de insuficiencia económica en la implementación de innovaciones tecnológicas. Actualmente existen muchos recursos tecnológicos por explorar. A continuación se muestra un *estado del arte* de las principales tecnologías factibles de aplicar para la solución de diversos problemas en el ámbito urbano-ambiental (enlistado en incisos con letras), lo cual propicia el mejoramiento de las ciudades, la disminución de impacto ambiental y coadyuva a la aplicación sustentable de recursos naturales, financieros y humanos en el desarrollo de las ciudades.

**A. Uso de suelo urbano.** Las principales tecnologías en materia de uso de suelo urbano que pueden ayudar al desarrollo urbano sustentable, son:

**A1. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).** Son sistemas de localización espacial por medio de bases de datos gráficos y estadísticos, en donde se puede visualizar y reconocer las características y tendencias de un modelo de desarrollo geográfico. Los SIG consisten principalmente de hardware y dispositivos periféricos de software para su control y aplicación (Figura 1). Los SIG son capaces de reconocer una serie de patrones para el modelado del uso del suelo urbano en las ciudades; proveer escenarios para el cambio de uso del suelo, y evaluar propuestas de desarrollo incluyendo manejo sustentable de recursos naturales, humanos y financieros. En este punto, la reflexión sería que en el campo de la arquitectura y urbanismo, estos sistemas son de gran ayuda principalmente

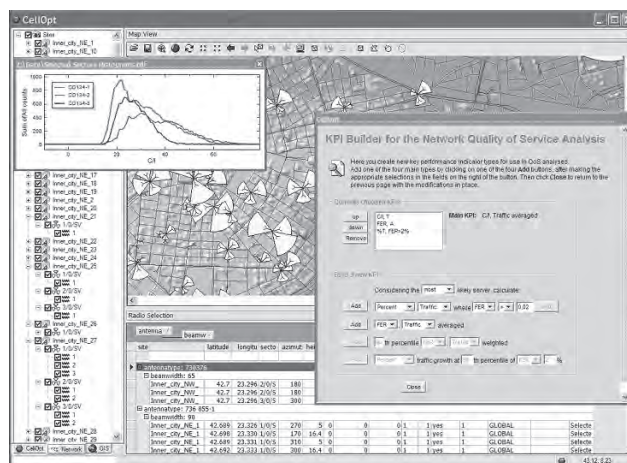


Figura 1. Software de Sistema de Información Geográfica para Desarrollo y Planeación Urbana Sustentable ([www.gis.com](http://www.gis.com)).

<sup>1</sup> Sistémica, es decir, bajo modelos que definan estructuras integradoras las cuales permitan regularidad en alguna actividad, que para este caso, el desarrollo urbano. Los sistemas son conjuntos de elementos organizados y relacionados que operan de manera dinámica, global y en conjunto para un mismo fin.

en el análisis de procesamientos de datos estadísticos geográficos que antes era muy tardado realizar y hacían que los trabajos se atrasaran significativamente. Las áreas del campo profesional en donde se han presentado los mayores casos de éxito, es su aplicación en desarrollo urbano municipal, permitiendo el ahorro de distintos recursos tanto financieros como humanos además del tiempo de ejecución de los trabajos.

**A2. Tecnologías de realidad virtual (RV).** Es una herramienta tecnológica en el campo de la simulación que representa la realidad a través de medios artificiales. Su contribución al desarrollo urbano es el modelado de ambientes urbanos en tercera dimensión (3-D), usando computadoras con técnicas de visualización avanzada, permitiendo ver áreas urbanas en distintas perspectivas y enfoques en un ambiente gráfico de 3-D, también permite la evaluación previa de impactos ambientales causados a un determinado lugar y ayuda a la toma de decisiones en la planeación urbana regional. Esta tecnología en México aún no se ha aplicado por completo ni en el sector público ni en el privado, pero se estima que en los próximos 5 años las principales empresas tanto públicas como privadas de desarrollo urbano y arquitectura las van a emplear en sus procesos de planeación. Los casos de éxito en México de aplicación de estos sistemas se han dado principalmente en la visualización de áreas urbanas en tercera dimensión para estudios de imagen urbana.

**A3. Sistemas de medición laser tipo "Airborne".** Es un sistema que permite automáticamente la recolección de datos de información geográfica en 3-D, a un costo efectivo y con alta resolución, que incluye tecnología de modelado de terreno y su interacción con la infraestructura del lugar. Permite la construcción virtual de áreas urbanas para su planeación, control y monitoreo virtual del uso del suelo de las ciudades. En estas tecnologías hace falta que se aplique mayormente en combinación con Sistemas de Posicionamiento Global para que puedan ofrecer un mejor servicio en las tareas de planeación de las ciudades. Los casos de éxito principales de la aplicación de esta tecnología se dan principalmente en el modelado de terrenos, topografía 3-D, y el mayor problema que se presenta es cuando se trata hacer una interacción con la infraestructura del lugar.

**A4. Sistemas "Remote Sensing" (RS).** Son tecnologías que permiten recabar información de algún lugar o predio, sin tener contacto físico con él. Algunos tipos de estos sistemas incluyen fotografía aérea e imágenes de satélite. En el desarrollo urbano permiten detectar los cambios de uso de suelo, permiten un

mapeo espacial de patrones en el desarrollo urbano, identifican el crecimiento de la mancha urbana y de los recursos naturales, y sobre todo ayudan al monitoreo y control del crecimiento desmesurado de las ciudades. Esta tecnología igualmente es muy útil pero tiene la desventaja que son sistemas muy caros debido a que se tienen que usar equipos adicionales de alto costo económico como sensores de humedad, temperatura, presión barométrica, etc., para la realización de diagnósticos adecuados, pero se aplican con mucho éxito cuando es imposible tener acceso al lugar, sitio o terreno.

**B. Transporte Urbano.** Las principales tecnologías que pueden auxiliar en la planeación y manejo del transporte urbano son:

**B1. Uso de combustibles alternos y tecnología avanzada para vehículos de transporte.**

- Gas LP. Mezcla de butano y propano, obtenido de un sub-producto de refinería del petróleo, que produce menor contaminación y emisiones que las gasolinas comunes.
- Gas natural. Mezcla de hidrocarburos, principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ), el cual es obtenido durante el proceso de extracción del crudo. El gas natural puede usarse en vehículos automotores (Figura 2), y produce aún menos contaminantes y menos emisiones que el gas LP y las gasolinas comunes.
- Bio-combustibles. Son alcoholes y otros productos químicos hechos de biomasa celulósica, tales como:



Figura 2. Subestación de gas natural para transporte urbano sustentable (Fuente:www.gncv.org).

desperdicios de agricultura (semillas, residuos y bagazo), paja de arroz, desperdicio de industria forestal, desperdicios de procesamiento de comida, residuos de poda y cultivos, residuos orgánicos municipales, plantaciones de madera suave, lodos de pulpa de papel, desechos maderables.

- Automóviles eléctricos. Son vehículos que funcionan con electricidad por medio de baterías recargables. Estas baterías deben cargarse usando energía limpia o renovable. Un vehículo eléctrico es de 400 % a 600 % más efectivo que un vehículo de motor de combustión interna; el uso de estos vehículos significaría un gran paso para la reducción total de emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte de las ciudades.
- Célula de combustible de hidrógeno. Esta célula produce electricidad directamente de una reacción entre el hidrógeno y el oxígeno de la atmósfera. El único desperdicio de esta reacción es el agua y el calor que emite. Esta tecnología aún es muy cara y no es aplicable a vehículos comerciales, sin embargo, el beneficio de su uso radicaría en la no dependencia de combustibles derivados del petróleo, y también una gran reducción de la contaminación ambiental.
- Vehículos híbridos. Son una combinación entre vehículos eléctricos y con uso de algún otro combustible alternativo como diesel, gas natural, gas LP, etanol, biodiesel e incluso gasolinas comunes. También reduce de manera significativa la contaminación del aire. En el mercado están los vehículos híbridos: Toyota PRIUS, Ford ESCAPE HYBRID, Lexus HYBRID y Honda Civic HYBRID.

La mayoría de las tecnologías anteriores, excepto el uso de gas natural y gas butano, así como algunos coches híbridos que circulan por el país, no se han aplicado aún en México, pero existen algunas políticas actuales y propuestas de gestión sustentable para que se pueda normar de manera detallada a nivel nacional para que se empiece a implementar más su uso; al respecto no hay ningún caso de éxito en México. Por otro lado, es importante mencionar que para que la sustentabilidad pueda aplicarse con éxito al sistema urbano, además del uso de tecnologías ambientales, debe haber un desarrollo equilibrado entre las necesidades de la población, los recursos utilizados y la manera de cómo gestionar y administrar el crecimiento de las ciudades (Jiménez, 2006).

## **B2. Tecnología para el control del tránsito automatizado. Existen dos sistemas:**

- Tecnología de tránsito personalizado (TTP). Es una forma de transporte personal y público. Funciona

mediante un sistema mecánico de cabinas que viajan en un mismo trayecto y dirección, de una forma muy rápida y segura. Este sistema permitiría un mejor y fluido tránsito en la ciudad, transportando directamente a los pasajeros, reduciendo las emisiones de energía a un bajo costo.

- Sistema avanzado de asistencia a la conducción. Se refiere a un sistema de vehículos automatizados guiados por sistemas de control computarizado, que permitiría la reducción de accidentes, la reducción de horas viaje, la reducción de combustibles, la reducción de la contaminación ambiental, el control del tránsito y congestionamientos, a bajos costos de implementación, construcción y mantenimiento de la infraestructura del transporte.

En este caso la reflexión y crítica es la misma que el punto anterior, porque en México no existen incentivos para los gobiernos locales para que usen y apliquen estos sistemas, además del problema de inversión inicial para la adquisición y mantenimiento de estos sistemas. Con las tecnologías el problema es su adaptación e implementación en países como el nuestro.

## **B3. Sistemas de control del tránsito, de dos maneras:**

- Sistema de navegación satelital. Usando señales de radio transmitidos por satélites, capaces de ubicar exactamente la localización de los elementos del transporte y el control de los sistemas. En combinación con Sistemas de Posicionamiento Global (SPG o GPS), se puede tener un control total de todos los elementos del sistema de transporte.
- “Electronic Road Pricing”. Sistema electrónico de pago para uso en carreteras y caminos, lo que permite mayor flexibilidad en el uso de los sistemas e infraestructura de transporte, lo cual reduce el tránsito intenso y logra un mayor control del tránsito en horas pico.

El sistema de navegación satelital es un sistema muy útil si se aplica de manera correcta para la agilización y control del tránsito vehicular en nuestro país. No existe mayor problema en su aplicación, de hecho se ha empezado a implementar de forma individual por parte de algunos usuarios de vehículos comerciales y particulares. Por supuesto en México no hay casos de éxito pero se estima que dentro de 10 años estos sistemas serán muy comunes tanto en el sector privado como en los municipios a nivel urbano, y también en las carreteras de cuota.

## **C. Manejo y disposición de desechos sólidos de la ciudad**

- **C1. Sistemas de clasificación de desechos.** Son instalaciones en donde por medio de varias técnicas,

permite la separación de los diversos residuos municipales, para su procesamiento, ya sea reciclamiento u otra disposición. Estos sistemas permitirían reducir los rellenos sanitarios comunes, fomentar el re-uso y reciclamiento de materiales, reducir los volúmenes de materiales para incineración y fomentar los sistemas biológicos y de composta en las áreas urbanas y rurales. La clasificación de desechos es un problema urgente en México y en todo el mundo debido a que en la actualidad no existe un adecuado manejo de los residuos y desechos en México, debido también a razones de tecnología, pero igualmente a razones de incentivos gubernamentales para que el sector municipal y algunas empresas privadas puedan entrar en este negocio y que sea factible económica, ambiental y socialmente para las partes interesadas en el buen manejo y control de desechos municipales.

**C2. Procesamiento aeróbico de desperdicios.** Es un proceso biológico para la eliminación y procesamiento de desperdicios municipales y domésticos (Figura 3), utilizando técnicas aeróbicas y anaeróbicas. El tratamiento aeróbico es la degradación biológica natural de los residuos, permitiendo procesos totales de purificación.

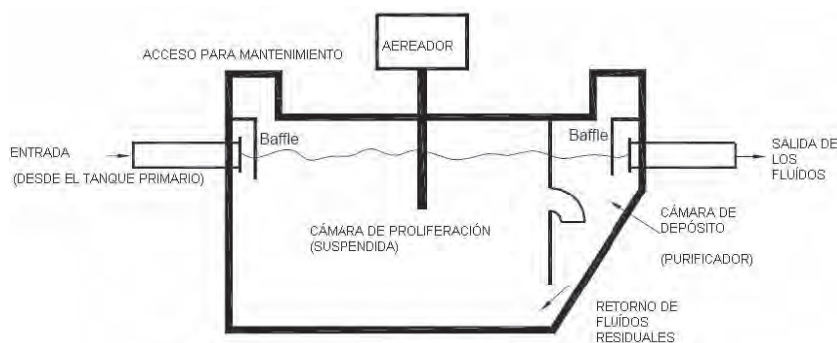


Figura 3. Sistema aeróbico de tratamiento final de residuos (Fuente: [www.inspect-ny.com](http://www.inspect-ny.com))

Estos sistemas ya se aplican en México desde hace tiempo pero sólo a nivel de algunos edificios y algunos conjuntos de edificios, pero a nivel urbano municipal (que cubra grandes áreas urbanas) no ha habido casos de éxito.

**C3. Sistema de información de manejo de desperdicios (SIMD).** Son sistemas de bases de datos que permiten el modelado y simulación para la selección, evaluación y optimización para el manejo y control de los desperdicios, propiciando soluciones a los grandes volúmenes de desechos municipales, desde antes que estos se generen. Estos sistemas de información, son similares a los de información urbana, solo que específicamente para los casos del manejo de desechos. En México hace falta desarrollar el sistema y luego implementarlo a nivel municipal, que es donde se recomienda hacerlo.

**C4. Estabilización de desperdicios.** Es una técnica para la estabilización de desechos, principalmente de residuos peligrosos por ejemplo: estabilización de residuos que se depositan en rellenos sanitarios, evitando que contaminen directamente el suelo, agua o aire; mediante técnicas de composta y materiales inertes, añadiendo algunos productos químicos

que ayuden a disminuir la toxicidad de los desechos; además estos procesos pueden coadyuvar a la producción de energía alterna en los municipios.

#### D. Calidad del aire en las ciudades

- Uso eficiente de combustibles alternos, limpios y biodegradables.
- Programas del mejoramiento del transporte en las ciudades.
- Programas para mitigación y reducción de gases de efecto invernadero en las ciudades.
- Programas para la reducción de contaminantes industriales.

Sobre el control de la calidad del aire en México todos conocemos algunos programas como el “hoy no circula” y programas de mejoramiento de parques y “pulmones” de las ciudades, pero aún falta mucho por hacer en este rubro, sobre todo en la parte de reducción y mitigación de emisiones a la atmósfera y contaminación del agua, ambas por industria. El único caso de éxito es el Programa “hoy no circula” y el de verificación vehicular que logró bajar notablemente las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes por metales pesados en el uso de combustibles para el transporte, tanto público como privado.

#### E. Construcción y edificación.

Es el rubro que más incide en el impacto ambiental de las ciudades. Por tanto, se proponen las siguientes tecnologías que pueden ayudar al control del impacto que estas actividades producen.

**E1. Sistemas de automatización en los edificios (SAE).** Son sistemas que ayudan a optimizar el equipo del aire acondicionado y calefacción, sistemas de alarmas y seguridad, sistemas de iluminación

artificial, ahorro en energía, control de equipo e instalaciones electromecánicas, eléctricas y electrónicas, por medio de dispositivos “inteligentes” de control; lo cual ayuda, además de reducir el impacto ambiental causado por el edificio, a aumentar el confort al interior del mismo. En general, este sistema ayuda a otros subsistemas de instalaciones (Figura 4) a funcionar de manera adecuada.



Figura 4. Sistemas automatizados en edificios. Tecnologías ambientales para la construcción de edificios (Fuente: [www.automatedbuildings.com/frame\\_products](http://www.automatedbuildings.com/frame_products))

**E2. Reguladores y controladores de sismos.** Son dispositivos electromecánicos para el control de la fricción en las conexiones de los edificios que se activan cuando un sismo se presenta. Este sistema permite reducir costos en el diseño y construcción de las estructuras de los edificios, permite un mejor funcionamiento y comportamiento estructural del inmueble. En la fabricación de estos mecanismos se usa acero reciclado, por lo que es aún más sustentable.

**E3. En el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los edificios** y otras construcciones, también se utilizan los sistemas SIG, GPS, RV antes señalados en este documento, lo cual permite crear escenarios de visualización para la planeación de las actividades, así como para el control y monitoreo de las construcciones.

**E4. Métodos de Evaluación y Análisis por Ciclo de Vida en la Edificación.** Son modelos, sistemas y métodos para determinar los ciclos de vida útil en los edificios, y ayudan a estimar la factibilidad económica de la construcción desde elementos constructivos y materiales hasta edificaciones completas de cualquier tipo. Para estas actividades, existe suficiente software que simula y calcula dichos elementos.

En este inciso E, es importante reflexionar que la tecnología por sí sola no va a resolver ningún problema urbano-arquitectónico si no se acompañan con

procesos de diseño, de normas técnicas ambientales en materia de edificación, y sobre todo, se implementan incentivos a los desarrolladores y usuarios de las bienes inmuebles. Las tecnologías ayudan al control y un poco a la mitigación de algunos problemas como es al caso de seguridad en los edificios, de uso racional de los recursos en la operación de los edificios y en la seguridad estructural en los mismos, pero no resuelve todos los problemas que tienen que ver más con el diseño y gestión del ciclo de vida de los edificios. Casos de éxito de la aplicación de estas tecnologías son en el campo de los edificios inteligentes como el edificio de WTC de la ciudad de México y varios más en Santa Fé y Avenida Reforma igual en la ciudad de México.

**F. Patrimonio cultural, arquitectónico y artístico en las ciudades.** Para el cuidado de este patrimonio de las ciudades existen varias herramientas muy útiles que pueden ayudar en las tareas de conservación, preservación y restauración, las cuales son:

**F1. Fotogrametría digital.** Para los levantamientos que alimentan a los sistemas de información urbana de la ciudad.

**F2. Tecnologías de limpieza laser.** Son tecnologías y métodos para remover la suciedad y las capas nocivas adheridas a la superficie de los edificios (Figura 5). Estas tecnologías proveen niveles de limpieza y control muy eficientes, debido a que no son de contacto, es decir, que no se requiere el uso de herramientas de limpieza que dañen directamente la superficie a tratar, y son además muy rentables. Las ventajas sobre las técnicas tradicionales son que las tecnologías laser no tienen contacto con el inmueble, no usan productos químicos corrosivos, hay un mejor control en la remoción, se pueden usar en cualquier tipo de material, no dañan la superficie y su control es muy preciso.

**F3. Bio-remediación.** Es el uso de mecanismos biológicos para destruir, transformar o inmovilizar contaminantes que dañen el medio ambiente. Permite la conservación y rehabilitación de monumentos degradados, sin emplear productos químicos altamente nocivos y corrosivos (Ejemplos de productos recomendables: Biorush®, Bio-renfor-CE®, Coalition®).

**F4. Tecnologías isotópicas.** Estas tecnologías reproducen materiales antiguos y originales para incorporarlos a los procesos de conservación y rehabilitación en monumentos históricos. La autenticidad de los monumentos y edificios puede ser preservada lo más posible con el empleo de estas tecnologías.



Características técnicas:	
Fuente del laser	Nd:YAG
Longitud de onda	1064 nm 532 nm
Energía	10 mJ - 300 mJ
Frecuencia	1 Hz - 5 Hz
Duración del pulso	20 ns
Diámetro del spot	3 mm
Dimensiones	41x23x28 (LxPxA) cms
Peso	12 kg ca.

Figura 5. Limpiador láser portátil para uso en conservación y rehabilitación de monumentos y obras de arte ([www.lambdascientifica.com](http://www.lambdascientifica.com)).

**F5. Tecnologías y materiales para protección y seguridad estructural en edificios.** Aleaciones con memoria de forma (AMF), los cuales son metales con dos propiedades importantes: poseen una pseudo-elasticidad, combinada con una alta flexibilidad, y además tienen la “habilidad” de regresar a su forma original bajo condiciones físicas y químicas determinadas (ejemplo: aleación de Níquel + Titanio). Se pueden usar en conexiones estructurales en edificios para regular cargas y deformaciones, también se pueden usar en elementos de fachadas para regular condiciones de confort, en entradas de aire y luz al interior del inmueble creando un mejor confort higo-térmico.

**F6. Barreras para evitar inundaciones.** Barreras de distintos materiales y formas, de tipo móvil e inflables con aire o agua. Muy útiles para desvío de corrientes y control de inundaciones, incluso para el control y manejo de la erosión en terrenos afectados.

En el caso del cuidado del patrimonio urbano-arquitectónico en México, la tecnología en México poco a poco, en los últimos 10 años sí ha tenido incidencia y ha sido de gran ayuda, sobre todo en monumentos históricos prehispánicos y coloniales. Caso particular de los trabajos realizados en la zona arqueológica de Teotihuacán, Chichén-Itzá, Palenque, etc.; y en la estructura y subestructura de la catedral de la ciudad de México, la limpieza de la catedral de Morelia y del acueducto de la misma ciudad, por citar algunos casos.

**G. Sistemas de información urbana en medios electrónicos.** Son sistemas con la suficiente información en bases de datos de acceso público en donde se registran datos y estadísticas sobre el manejo de los principales indicadores urbano sustentables, que pueden servir de apoyo a los planeadores y diseñadores urbanos de las ciudades. Estos sistemas pueden ser de dos tipos:

- e-government (para uso público a través del gobierno).
- e-learning (para uso público y privado a través de universidades).

La reflexión en este rubro es el mismo del punto referido a los sistemas de información de desechos, y falta mucho por hacer en México, sobre todo en la parte de desarrollo de bases de datos y recolección de información urbana que atienda al desarrollo de las ciudades.

#### H. Agricultura

- Producción agrícola utilizando energía renovable, maquinaria nueva, combustibles biodegradables y sistemas de riego de poco agua.
- Agricultura orgánica, utilizando fertilizantes e insumos naturales.
- Proceso de fito-remediación, el cual hace que las plantas absorban contaminantes del agua y suelo contaminado, sin causas ni efectos nocivos. Lo cual ayuda a revertir los efectos de contaminación ambiental.
- Producción de comida con un alto índice de nutrientes.
- Disminución de desperdicios producto de la agricultura.

Aunque la agricultura es parte del desarrollo rural sustentable, tiene mucha relación e incidencia con la parte del desarrollo urbano, debido a que la agricultura es la actividad primaria para el desarrollo de cualquier asentamiento humano. En México existe muy buena tecnología y ciencia al respecto del manejo de la agricultura (Universidad de Chapingo, Colegio de Postgraduados, INIFAP, etc.) el problema es directamente la administración pública (programas de Gobierno y políticos ineficientes) de todos estos recursos, y del desarrollo tecnológico insuficiente para que se puedan implementar directamente al campo, es decir a las parcelas toda esta tecnología existente.

**I. Energía sustentable.** En lo referente al manejo de la energía en las ciudades y edificios que ya se ha comentado en el apartado de los combustibles es posible añadir que:

- Se recomienda el uso de energía alternativa para la operación y uso del edificio mediante paneles fotovoltaicos de nueva generación (Figura 6), sistemas de calentamiento pasivo de agua, energía eolo-



Figura 6. Arreglo de paneles fotovoltaicos para energía alternativa en los edificios (Fuente: [www.wagner-solar.com](http://www.wagner-solar.com))

eléctrica, energía geotérmica, mini-hidráulica e incluso energía nuclear.

- Ahorro y balance en el uso de la energía eléctrica en los hogares, trabajos, oficinas y cualquier edificación.

En materia de manejo de energía sustentable, en México aún muchos de estos sistemas son muy caros económicamente y se dificulta su aplicación, por ejemplo el uso de sistemas Fotovoltaicos en edificios solamente está al alcance de los que tienen poder adquisitivo alto. En el otro extremo de la sociedad no es factible económicamente su aplicación debido a que por el momento los créditos otorgados para la inclusión de tecnologías ambientales en casas de interés social son muy pocos (caso de la hipoteca verde, la cual es aún insuficiente para cubrir el total de la demanda en México). Así mismo pasa con tecnologías como los sistemas de generación Eolo-eléctrica y el uso de celdas de combustible que son dispositivos muy caros para aplicarlos en la actualidad a las ciudades y edificios.

**J. Nuevos materiales constructivos aplicados al desarrollo urbano sustentable.** Los nuevos materiales, ya sean: cerámicos, metálicos, poliméricos, naturales o compuestos (combinación de todos los anteriores), son de gran ayuda en la aplicación de nuevas tecnologías ambientales en el desarrollo de las

ciudades. Los materiales nuevos para construcción deben ser de preferencia reciclables, reusables, biodegradables, re-fabricables y muy durables.

A lo largo de toda la historia de la humanidad ha habido descubrimientos de nuevos materiales que aplican a la edificación y construcción de ciudades que siempre van a resolver diversos problemas, principalmente estructurales y de aislamiento. Hoy en día pareciera que no hay muchas aplicaciones nuevas y que el concreto y el acero se han afianzado en el sector de la industria de la construcción, en parte es verdad, pero existen diversos materiales que resuelven nuevos requerimientos como cuestiones térmicas, acústicas, lumínicas, de piro-resistencia, de humedad, etc., los cuales son muy útiles; dichos materiales nuevos interactúan con los materiales tradicionales para satisfacer problemas de habitabilidad, principalmente en las cuestiones técnicas de confort, estructura y seguridad en los edificios. En México llegan muchas tecnologías del exterior que aplicamos la mayoría de las veces, esto no es sustentable, por lo que arquitectos, ingenieros y constructores mexicanos deben desarrollar más aún estos sistemas y dar innovaciones técnicas al respecto.

**J1. Los materiales cerámicos o compuestos de matriz cerámica** son los menos contaminantes, ya que su origen y producción se realiza de forma más natural, evitando el uso excesivo de energía, agua y otros insumos.

**J2. Los metálicos son materiales recomendables** dentro de la industria de la construcción por sus características de alta resistencia mecánica y reciclabilidad.

**J3. Los materiales poliméricos** como el policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), poliuretano (PW) y otros similares, no son recomendables desde el punto de vista ambiental, ya que para su producción se requieren grandes volúmenes de energía, agua y materias primas; además de que emiten sustancias tóxicas a la atmósfera durante su producción.

**J4. Los materiales naturales y de la región** son los materiales más recomendables para fines de construcción y edificación, porque evitan alto impacto ambiental, ya que requieren de mínimas transformaciones para su uso.

**J5. Nuevos materiales nano-estructurados.** Son nuevos compuestos muy durables y resistentes, que poseen numerosas propiedades mecánicas, térmicas, acústicas, etc. Estos materiales utilizan dimensiones de nanómetros para su procesamiento y diseño, y aún se encuentran en investigación y desarrollo.

**J6. Eco-productos y eco-procesos de diseño sustentables.** Son productos y procesos totalmente ecológicos, ya que existe un alto control de calidad en su producción de bajo impacto ambiental. Algunos ejemplos en arquitectura y urbanismo, son:

- Paneles de excelente comportamiento térmico.
- Materiales derivados de desechos de plástico.
- Cermets (compuestos de materiales cerámicos y metálicos).
- Materiales producto de desechos industriales y reciclaje.



### **K. Manejo y calidad del agua**

- Sistemas de tratamiento de agua mediante placas de plata.
- Sistemas de purificación de agua con partículas con base en compuestos de vidrio. Consiste en el uso de pequeñas cuentas de vidrio de bajo contenido de carbono, que tiene la propiedad de remover y descontaminar el agua sin uso de energía ni productos químicos costosos.
- Filtros orgánicos para la limpieza de residuos de aguas grises.

Haciendo reflexión sobre el agua, existen diversas tecnologías y procesos que se pueden emplear para el manejo sustentable del vital líquido, pero al igual que en los casos y rubros anteriores, si no existe una buena gestión de los recursos, un buen diseño y buena implementación de los sistemas, no será posible la sustentabilidad del agua en las ciudades.

Todas estas tecnologías ambientales producidas para un mejor desarrollo urbano de las ciudades deben ir acompañadas de otro tipo de herramientas como: Diseño Asistido por Computadora (CAD) y otro software para análisis y mediciones que procesen los datos y evalúen una situación determinada, no solamente ambiental sino también sustentable en su totalidad.

### **CONCLUSIONES**

Las nuevas tecnologías ambientales aplicables al desarrollo urbano sustentable dependen del grado de desarrollo del país, de su infraestructura, de los recursos humanos especializados y de la gestión con que se ejecuten los planes y programas de desarrollo urbano; además de otras herramientas como metodologías y procedimientos que ayuden a su aplicación. La norma-

tividad, lineamientos y reglamentos igualmente juegan un papel importante en el uso y aprovechamiento de estas nuevas tecnologías, asimismo la forma de aplicar las políticas públicas en la región. Existen diversos rubros tecnológicos que pueden ser más importantes que otros para la aplicación de los sistemas en el desarrollo urbano sustentable; por ejemplo lo que se concluye que es más importante, por razones de economía, ecología y sociedad (es decir sustentables) son el manejo adecuado de la energía en las ciudades, que además de ser el motor principal de desarrollo de la ciudad es un recurso, el cual se consume en elevadas cantidades y hay que cuidar, porque cuesta mucho producirlo; el mismo caso es para el manejo sustentable del recurso agua, que aunque es un recurso renovable, está cada día más contaminado debido a la mala distribución y planeación urbano-arquitectónica.

La tecnología debe servir para un mejor aprovechamiento de los recursos y además para que los productos arquitectónicos y urbanos tengan mayor durabilidad y servicio en su vida útil. En México es necesario normar técnicamente todas estas tecnologías ambientales, que aunque poseen fichas técnicas y características definidas por normas mexicanas e internacionales, éstas se deben de integrar en un reglamento de construcciones verde o ecológico que esté actualizado y que no solo contemple los aspectos de diseño, estructuras, costos y construcción tradicional, sino que también ponga especial atención al manejo sustentable de las tecnologías nuevas aplicadas al desarrollo urbano-arquitectónico.

Las tecnologías son herramientas las cuales hacen más fácil y eficientes las actividades industriales y otras actividades humanas; dichas actividades en materia de desarrollo urbano, son: diagnóstico, diseño, análisis, evaluación, desarrollo, planeación y ejecución en los siguientes rubros del desarrollo urbano sustentable:

- Uso de suelo
- Transporte urbano
- Manejo de desechos de la ciudad
- Calidad del aire
- Construcción y edificación de las ciudades
- Patrimonio cultural de las ciudades
- Sistemas de información urbana en medios electrónicos
- Agricultura
- Energía sustentable
- Nuevos materiales de construcción aplicados al desarrollo urbano
- Manejo sustentable del agua en la ciudad

Se afirma que las tecnologías son muy cambiantes y requieren actualizarse continuamente, sobre todo cuando utilizamos procesos, sistemas y métodos sofisticados para la evaluación y análisis de alguna actividad implicada en el desarrollo y planeación urbana sustentable.

Es importante mencionar que en este artículo de revisión solo se analizaron las tecnologías más recientes y actuales aplicadas al desarrollo urbano sustentable, ya que existen mucho más tecnologías que son anteriores a las presentadas en este documento y que no se analizaron por razones obvias del tema del artículo.

## REFERENCIAS

- Commissie Lange Termijn Milieu-Beleid [CLTM]. (1990). *Het Milieu denkbeelden voor, 21 ste eeuw*, Kerkebosch, Zeist.
- Delgado, D. J. (2008). Prácticas de gestión tecnológica en la industria de la construcción: el caso de una empresa pública de ingeniería civil, *Ciencia Ergo Sum*, Vol. 15, Núm. 2, pp. 167-175.
- Jiménez, Jiménez, J. J. (2006). Historia y contexto de la sustentabilidad urbana, *Legado*, N° 3, septiembre de 2006, pp. 61-72.
- National Resources Institute [NRI], EUA. (1987). *A Guide to the Global Environment*, Oxford University Press, NY, EUA.
- Sánchez-González, A. (2002). *Modelos Cuantitativos de Edificios y Reportes Tecnológicos*, Reporte Tecnológico en CD 02, Facultad de Arquitectura de la UNAM, México.
- Urban Environmental Institute [UEI]. (2002). *Resource Guide for Sustainable Development in an Urban Environment*, UEI, EUA.
- Weaver, P., Jansen, L., Grootveld, G. V. (2000). *Sustainable Technology Development*, Editorial Green Leaf Publishing, Holanda.