

Diseño por durabilidad en las ciudades

Durability by design in cities

Silverio Hernández-Moreno

silverhm2002@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN - Este trabajo tiene como objetivo principal generar y presentar diversas estrategias y recomendaciones técnicas sobre diseño por durabilidad del medio urbano construido que coadyuven en el proceso de planeación y diseño de las ciudades, principalmente de la infraestructura urbana, lo cual es parte importante de las ciudades. La metodología propone seleccionar una lista de elementos de infraestructura urbana (objeto de estudio) que forman parte del total de la ciudad, con el fin de establecer una expectativa de vida útil para cada uno de los componentes urbanos, acompañados de una serie de estrategias y recomendaciones de diseño durable, en donde también se recomiendan puntos básicos para el mantenimiento de dicho componente urbano, por partes y en su conjunto. Estas estrategias de diseño durable podrían ser de gran utilidad durante las etapas tempranas de diseño y planeación urbana, sobre todo para partir de puntos de referencia confiables sobre vida útil y durabilidad de los componentes construidos en las ciudades.

Palabras clave: infraestructura urbana, durabilidad, ciudades, vida útil, ISO 15686.

ABSTRACT - The main objective of this paper is to develop and present various strategies and technical advices about durable design for built urban environment that could help in the process of planning and design of cities, mainly on urban infrastructure, which is an important part of the cities. The method proposes to select a list of elements of urban infrastructure (under study) as part of the total of the city in order to establish a life expectancy for each of the urban components accompanied by a series of design strategies and recommendations for durable design which also describes several points for basic maintenance of the urban component recommended for each parts and as a whole. These durable design strategies could be useful during the early stages of design and urban planning, especially to have reliable benchmarks of reference service life and durability of built components in cities.

Keywords: urban infrastructure, durability, cities, service life, ISO 15686.

Introducción

A hablar de diseño durable en las ciudades debemos enfocarnos esencialmente al diseño urbano y arquitectónico de la infraestructura urbana como parte de la sustentabilidad en las ciudades. De un diseño durable dependerá la vida útil de la infraestructura de las ciudades, asimismo beneficiará a los trabajos de mantenimiento de los componentes constructivos.

La definición de vida útil se entiende como el periodo de tiempo después de la instalación o construcción durante el cual un edificio o sus partes cumplen o exceden los requisitos de rendimiento para lo cual fueron diseñados y construidos, por lo que se debe hacer uso del mantenimiento correctivo significativo y de reparaciones de materiales y componentes constructivos, y por consecuencia, tiene un impacto económico y funcional distinto a lo planeado originalmente (International Standards Organization, 2000).

Por otro lado, el medio urbano construido se conforma tanto de edificios como de infraestructura y equipamiento tales como puentes, andadores, banquetas, parques, alumbrado público, calles, drenajes, caminos, glorietas,

camellones, postes, anuncios, cableado, etc. El presente trabajo se centra en agrupar una serie de estrategias y recomendaciones técnicas sobre diseño por durabilidad en infraestructura urbana, que en su mayoría conforma a las ciudades y a los principales centros de población.

Existen varios estudios relacionados con la vida útil y durabilidad de los edificios publicados por diversos autores como, por ejemplo: las normas ISO 15686 (International Standards Organization, 2000) u otros trabajos relacionados a la durabilidad y sustentabilidad de los edificios como Canada Green Building Council (2010) o por ejemplo trabajos sobre predicción de vida útil en componentes constructivos (Lacasse y Sjöström, 2003). También existen trabajos realizados por el autor del presente documento, cuyos estudios se centran básicamente en la estimación de vida útil y planeación de la durabilidad en productos arquitectónicos.

Se ha encontrado una escasez de literatura respecto a la vida útil de la infraestructura urbana y de estudios que respondan a la durabilidad de las ciudades y sus componentes y sobre ¿qué tipo de diseño y planeación urbana es necesaria para alcanzar una mayor durabilidad en los componentes del medio urbano construido? incluyendo

edificios como parte de la infraestructura y equipamiento de las ciudades.

La durabilidad en las ciudades es un tema francamente complejo y no es sencillo de abordar; por tal razón, es necesario partir de una serie de reflexiones y consideraciones sobre diseño por durabilidad en el medio urbano construido y tomar como base los estudios relacionados con la vida útil y durabilidad de los edificios, básicamente a través del método por factores de ISO (International Standards Organization, 2000), lo cual se podría usar como base para la estimación de la vida útil de los componentes o elementos de infraestructura y equipamiento urbano, ya que se trata de elementos constructivos relativamente muy similares en lo que a obra construida se refiere.

Las recomendaciones más importantes para la planeación de la durabilidad de las ciudades, son las siguientes:

- Que el objeto de estudio sea la infraestructura urbana, incluyendo por fines prácticos a los edificios.
- Que la base teórica sobre vida útil y diseño por durabilidad se tome de los trabajos existentes sobre vida útil en los edificios, ya que el medio urbano construido se basa en productos de diseño urbano similares al diseño arquitectónico y tiene como base la construcción de obra civil e instalaciones.
- Los puntos clave de diseño por durabilidad serían los mismos que en los proyectos de arquitectura, ya que los agentes de deterioro y degradación serían prácticamente los mismos para la obra urbana, tales como humedad, infiltración de aire, radiación ultravioleta, condensación y evaporación, corrosión, plagas y desastres naturales.
- Asimismo los factores que determinan la vida útil de los proyectos tanto urbanos como arquitectónicos son básicamente los mismos, tales como la calidad de los materiales y componentes constructivos; el nivel en el diseño; calidad y grado de especialización en la mano de obra; el medio ambiente interior; el medio ambiente exterior; el uso y operabilidad del inmueble y el grado o nivel del mantenimiento.

Metodología

El objetivo del presente trabajo es presentar diversas estrategias y recomendaciones técnicas sobre durabilidad del medio urbano construido (que sirvan para la planeación y el diseño urbano), principalmente de infraestructura urbana.

Se propone seleccionar una lista de elementos de infraestructura urbana (objeto de estudio) que forman parte del total de la ciudad, con el fin de establecer una expectativa de vida útil para cada uno de los componen-

tes urbanos, acompañados de una serie de estrategias y recomendaciones de diseño durable en donde también se recomienden puntos básicos para el mantenimiento de dicho componente urbano, por partes y en su conjunto.

Cabe mencionar que este estudio se centra en la estimación de vida útil y planeación de la durabilidad para la infraestructura urbana de las ciudades, y que si se desea encontrar información detallada para vida útil y durabilidad de edificios (de lo cual hay diversa información muy confiable y de autores precursores del tema), se recomienda consultar: la norma técnica de ISO 15686 (International Standards Organization, 2000), la norma canadiense Q645-95-R2001 (Canadian Standards Association, 2001) así como diversas guías sobre planeación de vida útil en edificios (Architectural Institute of Japan, 1993) y fuentes confiables sobre predicciones de vida útil en componentes de construcción (Frohnsdorff y Martin, 1996), también se recomienda consultar bibliografía referente a vida útil y durabilidad de proyectos de arquitectura y edificación en el entorno mexicano y latinoamericano, y otros trabajos interesantes sobre el tema de durabilidad (de fuentes confiables) para obtener información sobre diseño por durabilidad en edificios y proyectos de arquitectura.

A continuación se presentan los 4 pasos de la metodología que se utilizó en la realización del presente trabajo y con base a cuyo seguimiento se logró alcanzar el objetivo planteado:

(i) Se seleccionó el objeto de estudio (infraestructura urbana) a través de la infraestructura básica considerada por la Organización de Naciones Unidas y corroborada a través de los *Objetivos de Desarrollo del Milenio* y la implementación progresiva de la *Agenda Hábitat y la Agenda 21* para América Latina (United Nations Organization, 2002), que consta de los siguientes componentes: infraestructura hidráulica, energética, de transporte, de telecomunicaciones y de edificación (equipamiento) (en la Tabla 1 de la sección de resultados se desglosan los componentes). Se consideró como objeto de estudio solamente lo esencial y lo más representativo de cada infraestructura urbana por cuestiones de espacio en el presente documento.

(ii) Se identificaron las principales condiciones generales de servicio del elemento urbano construido a través de sus requerimientos y especificaciones de diseño.

(iii) Se determinó la expectativa de vida útil para cada componente a través de información confiable y veraz (Australian Building Codes Board, 2006) sobre referencias de vida útil de proyectos similares de infraestructura urbana.

En lo referente a planeación de durabilidad en las ciudades, es necesario determinar la vida útil de diseño de cualquier componente urbano o constructivo, como punto de partida.

Se considera válido partir de una vida de referencia que puede estar definida por la práctica y experiencia del

Tabla 1. Expectativa de vida útil y recomendaciones de diseño por durabilidad de los componentes constructivos más comunes en el medio urbano.

Table 1. Life expectancy and design recommendations for the durability of the most common building components in the urban environment.

Nº	Componente o infraestructura urbana	Especificaciones	Vida útil (años)	Diseño por durabilidad (puntos clave del diseño)
Infraestructura hidráulica (IH) (promedio de vida útil = 33.33 años)				
1	Red de distribución de agua potable	Tubería de acero galvanizado, acero inoxidable o de cobre.	35	- Calidad, grado, calibre y resistencias mecánicas del material. - Uniones, soldadura, sellado y traslapes. - Las tuberías de polímero como PVC y PE, si están protegidas contra la radiación ultravioleta, poseen una vida útil dentro del sistema de 50 años. - El mantenimiento se concentra en las uniones, soldaduras y traslapes.
2	Depósitos para el traslado del agua potable	De concreto armado	50	- Mecánica del suelo. - Resistencias mecánicas de los elementos constructivos. - Composición del concreto. - Recubrimiento del concreto (mínimo 6 cm). - Geometría del componente. - Simetría del edificio y de los componentes constructivos. - Impermeabilizar el concreto. - Realizar mezclas de concreto adecuadas entre contenido de cemento, agua y aditivos. - Encofrado y curado del concreto. - Protección del acero contra la corrosión. - Protección del concreto contra los sulfatos y cloruros. - Evitar la carbonatación de los concretos. - Evitar la reacción de los agregados a los álcalis. - Seleccionar cementos de bajo contenido de álcalis o agregados que contengan minerales de baja reacción con los álcalis. - Evitar las altas concentraciones de humedad en el concreto. - Los sulfatos reaccionan con el cemento Portland formando etringita* y yesos debilitando así la resistencia mecánica del concreto. - Incluir en la mezcla del concreto ceniza volante (de un 10-20%) la cual reduce el contenido de cemento y mejora la durabilidad del concreto. - Incluir en las mezclas refuerzo por precipitación con fibras poliméricas o metálicas en su caso, para evitar agrietamientos por contracción y dilatación. - Evitar impactos fuertes y abrasión severa. - Controlar el curado y la temperatura de hidratación. - Verificar posibles grietas por efectos de dilatación y contracción por cambios bruscos de temperatura. - Control eficiente del vibrado del concreto. - Diseñar juntas apropiadas al cálculo estructural entre los elementos constructivos. - Diseño y control de conexiones de viga-columna principalmente. - Corrosión por bacterias y por agrietamientos en el concreto. - Protección del acero de refuerzo mediante galvanizado, recubrimientos epóxicos y protección catódica.
3	Plantas de potabilización	Purificadora de agua (100,000 ciclos) de tanque de resina reemplazable.	15	- Examinar semanalmente: el sellado, vibraciones, ruidos. - Mensualmente: checar calidad del agua y niveles de sal en el tanque. - Semestral: checar las condiciones del tanque y la corrosión en piezas eléctricas. En el mantenimiento requiere limpieza del tanque y remplazo de válvulas controladoras. - Anual: checar fisuras en el tanque y en general verificar todos los componentes metálicos y poliméricos asociados a tuberías, filtros, válvulas, etc.
Infraestructura sanitaria (IS) (promedio de vida útil = 35 años)				

Tabla 1. Continuación.

Table 1. Continuation.

N°	Componente o infraestructura urbana	Especificaciones	Vida útil (años)	Diseño por durabilidad (puntos clave del diseño)
4	Red de desagüe de aguas negras (colector general)	De concreto: De PVC: De acero galvanizado: De polipropileno:	35 35 35 30	- Resistencia mecánica, geometría, juntas, ataque de sustancias químicas. - Juntas, tipo y grado de PVC, espesor. - Calidad, grado, calibre y resistencias mecánicas del material, uniones, soldadura, sellado y traslapes, corrosión. - Juntas, tipo y grado de PP, espesor.
5	Red de desagüe de aguas pluviales (colector general)	De concreto: De PVC: De acero galvanizado: De polipropileno:	50 50 50 40	Lo mismo que en el punto 4 para cada material.
6	Alcantarillado	Rejillas metálicas de acero inoxidable	10	Calidad, grado, calibre y resistencias mecánicas del material, uniones, soldadura, sellado y traslapes; corrosión.
7	Plantas de tratamiento	Capacidad de 90 lps (litros por segundo)	15	- Colocación y ubicación del sistema. - Voltaje. - Resistencia a la corrosión. - Sujeción y soportes. - Unión, soldadura y sellado. - Condiciones de humedad y de polvo. - Vibraciones.
Infraestructura energética (IE) (promedio de vida útil = 29 años)				
Eléctrica				
8	Red eléctrica de alta tensión	Incluye conductor de aluminio con alma de acero.	35	- Tipo, grado y área transversal del cable. - Tipo y grado del conductor metálico. - Protección a los bichos, roedores, solventes y químicos agresivos. - Protección extra a daño mecánico con tubería plástica. - Temperatura de operación (tanto altas como bajas temperaturas pueden ser dañinas).
9	Red eléctrica de mediana tensión	Incluye conductor de cobre y aislante gemelo de PVC o algún termo-plástico.	40	Lo mismo que el punto 8.
10	Red eléctrica de baja tensión	Incluye conductor de cobre y aislante gemelo de PVC o algún termo-plástico.	45	Lo mismo que el punto 8.
11	Transformadores	Los núcleos son de tipo enrollado y están contruidos con lámina de acero al silicio M3-MOH de grano orientado con tratamiento térmico.	15	- Colocación y ubicación del sistema. - Voltaje. - Resistencia a la corrosión. - Sujeción y soportes. - Unión, soldadura y sellado. - Condiciones de humedad y de polvo. - Vibraciones.
12	Alumbrado público	De alta intensidad de descarga (HID), de Sodio o Mercurio a alta presión, con un rango promedio de duración de 14000 a 28000 horas.	15 (el sistema)	- Uso y número de horas prendidas al día. - Voltaje en uso. - Instalación adecuada. - Corrosión. - Resistencia al movimiento de las partes metálicas. - Prueba cíclica de resistencia de las partes de plástico a la radiación ultra-violeta. - Resistencia a la compresión y espesor de las partes plásticas.

Tabla 1. Continuación.**Table 1.** Continuation.

N°	Componente o infraestructura urbana	Especificaciones	Vida útil (años)	Diseño por durabilidad (puntos clave del diseño)
<i>De gas y petróleo</i>				
13	Redes de distribución de gas natural	Tubería multicapa (polietileno-aluminio-polietileno). La tubería multicapa PE-AL-PE a utilizar deberá cumplir con la norma NMX-X-021-SCFI-2007. La tubería multicapa PE-AL-PE no debe superar una presión de trabajo de 689 kPa (100 psi).	15	- Corrosión - Cambios de temperatura del sistema. - Tensión, punzonamiento y esfuerzos cortantes del sistema. - Espesor y calibre. - Elongación a la ruptura.
14	Oleoductos y gasoductos	Tubería de acero con especificación APIL 5L, tiene un diámetro exterior de 203.2 mm.	10	- Calibre, uniones, protección a la corrosión. - Inspección en fisuras y grietas.
<i>Plantas generadoras</i>				
15	Plantas hidroeléctricas	Central en pozo con una máquina tipo Kaplan. Diseñada para un caudal nominal de 150 m³/s y prevé la instalación de 1 turbina Kaplan de eje vertical de 23,25 MW de potencia nominal que moverá un generador trifásico, sincrónico de 28 MVA de potencia aparente asignada. Con intenso mantenimiento preventivo y correctivo.	25	El punto clave tanto en el diseño durable y el mantenimiento se centra en el mantenimiento de la turbina: - Corrosión y resistencia a intemperie. - Resistencia al movimiento de las partes metálicas. - Prueba cíclica de resistencia de las partes de plástico a la radiación ultravioleta. - Resistencia a la compresión y espesor de las partes plásticas. - Inspección y servicio anual. - Colocación y ubicación del sistema. - Voltaje - Resistencia a la corrosión. - Sujeción y soportes. - Unión, soldadura y sellado. - Condiciones de humedad y de polvo. - Vibraciones.
16	Plantas carboeléctricas	28 MVA de potencia aparente. Con intenso mantenimiento preventivo y correctivo.	20	Lo mismo que en el punto 15.
17	Presas	De concreto armado	70	Lo mismo que en el punto 2.

Tabla 1. Continuación.

Table 1. Continuation.

Nº	Componente o infraestructura urbana	Especificaciones	Vida útil (años)	Diseño por durabilidad (puntos clave del diseño)
Infraestructura de transporte (ITr) (promedio de vida útil = 27.8 años)				
<i>Por tierra</i>				
18	Calles con pavimento de concreto	De concreto simple y tráfico pesado	15	Lo mismo que en el punto 2 excepto las consideraciones sobre el refuerzo metálico.
19	Calles con pavimento de asfalto	Tráfico pesado	10	- Diseño de la mezcla. - Tipo de asfalto y aditivos. - Bases y sub-bases (compactación).
20	Banquetas con guarnición	De concreto simple	15	Lo mismo que en el punto 2 excepto las consideraciones sobre el refuerzo metálico.
21	Carreteras de mediana y alta velocidad	De concreto armado	10	Lo mismo que en el punto 2.
22	Puentes de concreto	De concreto armado	50	Lo mismo que en el punto 2.
23	Puentes de acero	De acero inoxidable	35	- Espesor y diseño estructural. - Geometría y dimensionamiento. - Simetría del edificio y de los componentes constructivos. - Grado del galvanizado. - Mecánica del suelo. - Resistencias mecánicas de los elementos constructivos. - Soldadura. - Protección del acero contra la corrosión. - Tipo de acero y resistencias mecánicas.
24	Líneas de ferrocarril	De acero inoxidable con durmientes de madera durable.	+100	- Nivelación de durmientes. - Tipo de madera. - Tipo y grado del acero.
<i>Por mar</i>				
25	Puertos	De concreto armado.	15	Lo mismo que el punto 2.
26	Canales	De concreto armado.	25	Lo mismo que en el punto 2.
<i>Por aire</i>				
27	Aeropuertos internacionales	Edificios con uso de prefabricados (metálicos, poliméricos y cerámicos).	60	Lo mismo que en el punto 2.
28	Aeropuertos nacionales	De concreto armado.	60	Lo mismo que en el punto 2.
<i>Accesorios de transporte</i>				
29	Letreros de metal	Metálicos al intemperie	3	- Repintado cada año. - Protección anticorrosiva.
30	Letreros de plástico	Termoplásticos al intemperie.	3	- Grado y nivel del polímero. - Repintado cada año.
31	Semáforos	Tradicionales	6	- Protección a la humedad y a la radiación ultravioleta. - Corrosión.
32	Semáforos	Con focos LED	10	- Protección a la humedad y a la radiación ultravioleta. - Corrosión.

Tabla 1. Continuación.

Table 1. Continuation.

Nº	Componente o infraestructura urbana	Especificaciones	Vida útil (años)	Diseño por durabilidad (puntos clave del diseño)
Infraestructura de telecomunicaciones (ITC) (promedio de vida útil = 31.25 años)				
33	Redes de telefonía e internet fija	Conductores de cobre suave; aislamiento de polietileno sólido.	35	- Tipo, grado y área transversal del cable. - Tipo y grado del conductor metálico. - Protección a los bichos, roedores, solventes y químicos agresivos. - Protección extra a daño mecánico con tubería plástica. - Temperatura de operación (tanto altas como bajas temperaturas pueden ser dañinas).
34	Redes de televisión por cable	Conductores tipo coaxial de cobre.	35	Lo mismo que en el punto 33.
35	Cableado de fibra óptica	Hilo semiconductor a base de silicio.	35	Lo mismo que en el punto 33.
36	Celdas de telefonía celular	Red formada por celdas de radio (o simplemente celdas) cada una con su propio transmisor, conocidas como estación base; 900 Mhz de GSM.	20	Lo mismo que en el punto 33 + protección anticorrosiva en la antena.
Infraestructura de equipamiento urbano (EU) (promedio de vida útil = 51.8 años)				
37	Construcciones temporales	Como ferias, circos o edificios para exhibición temporal.	3	- Tipo de material a emplear. - Si se opta por velarias y estructuras ligeras, la atención debe estar en la estructura metálica y en las uniones.
38	Vivienda	Promedio	60	Lo mismo que en el punto 2.
39	Edificios comerciales	Plazas y centros comerciales.	50	Lo mismo que en el punto 2.
40	Estacionamientos	De concreto armado.	25	Lo mismo que en el punto 2.
41	Edificios industriales	Fábricas y galeras.	25	Lo mismo que en el punto 2.
42	Hospitales	Edificios de la salud.	80	Lo mismo que en el punto 2.
43	Escuelas e institutos	Edificios para la educación.	80	Lo mismo que en el punto 2.
44	Oficinas	Corporativos	75	Lo mismo que en el punto 2.
45	Recreativos (incluyendo parques y jardines)	De esparcimiento.	20	Lo mismo que en el punto 2.
46	Monumentos y museos	Edificios duraderos.	+100	Lo mismo que en el punto 2.

Nota: (*) La etringita, una forma de sulfoaluminato de calcio, se encuentra en cualquier parte del cemento. Las fuentes de sulfato de calcio, tal como yeso, se adicionan al cemento portland durante la molienda final en el molino de cemento para prevenir el fraguado rápido. El deterioro del concreto acelera la tasa en la cual la etringita deja su posición original en la pasta para entrar en solución y recrystalizarse en espacios grandes, tales como los vacíos de aire o los agrietamientos. Hay que tener suficiente agua y espacio para la formación de los cristales. Los agrietamientos pueden formarse debido al daño causado por la acción del congelamiento, reactividad álcali-agregado, retracción por secado, efectos térmicos, deformación resultante de tensiones excesivas u otros mecanismos.

Fuentes: National Association House of Building (2007); Architectural Institute of Japan (1993); Australian Building Codes Board (2006) y Mayer (2005).

diseñador o planificador, previamente confrontada con información confiable y registrada de manera estadística sobre determinados tipos y categorías de edificaciones y sobre determinadas condiciones de durabilidad y factibilidad técnica, constructiva y económica del proyecto (Mayer, 2005).

(iv) Se generó el plan de durabilidad por elemento o componente urbano a partir de propuestas sobre estrategias y recomendaciones de diseño por durabilidad en puntos clave del diseño del componente, resaltando las recomendaciones más importantes para evitar la degradación y el deterioro de los elementos o componentes mencionados y dando recomendaciones de mantenimiento preventivo y correctivo de los elementos considerados en los puntos clave de diseño por durabilidad.

Resultados

La Tabla 1 concentra los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta, que permitió alcanzar los objetivos planteados. Cabe señalar que la vida útil se trata de una expectativa de durabilidad realizada a través de una homogeneización y confrontación de diversas fuentes consultadas. Por otro lado, las especificaciones señalan las características mínimas del componente, mencionando el tipo de material usado y solo algunas propiedades del mismo sin detallar las características a fondo, esto con el fin de dar información generalizada sobre los elementos y componentes urbanos para una rápida toma de decisiones durante el proceso de diseño. Por lo que corresponde a la última columna de izquierda a derecha de la Tabla 1, referente al diseño por durabilidad, aquí se describen algunos puntos importantes para tomarse en cuenta en el proceso de diseño de los componentes constructivos mencionando la clave para evitar deterioro y degradación por alguna anomalía en los factores de vida útil (mencionados anteriormente y que se resumen en: calidad de materiales, nivel del diseño, mano de obra o manufactura, ambiente interior y exterior, uso y operabilidad y mantenimiento del componente o elemento constructivo).

A continuación el Gráfico 1 muestra el resumen del análisis comparativo de vida útil por tipo de infraestructura urbana incluyendo también el promedio general.

Los valores promedios de vida útil para cada uno del tipo de infraestructura y equipamiento urbano muestran que van desde el menor con un valor de 27.8 años correspondiente a la infraestructura de transporte al mayor referente al equipamiento urbano con un valor de 51.8 años.

El promedio general para todos los tipos de infraestructura urbana muestra un valor en años de 34.69 lo cual expresa un valor de vida útil estimativo que nos puede ayudar en la planeación y diseño de las ciudades de manera aproximativa para la toma de decisiones en etapas tempranas de proyectos y programas de desarrollo urbano.

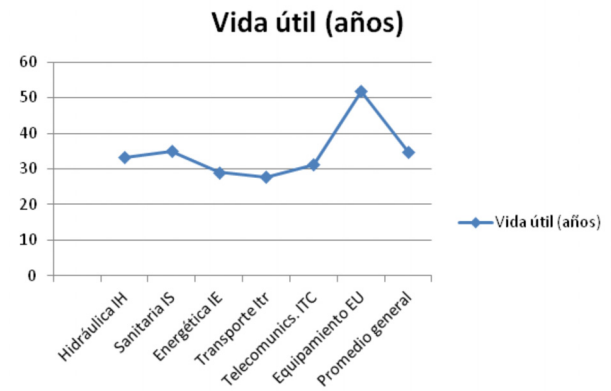


Gráfico 1. Resumen del análisis comparativo de vida útil por tipo de infraestructura urbana.

Graph 1. Summary of comparative analysis of service life by urban infrastructure classification.

Lo anterior no significa que sean valores exactos, ni contundentes, ni definitivos, ni que se deban tomar estrictamente como valores reales de vida útil, ya que las dinámicas urbanas son más complejas, en donde influyen otras variables, tales como: variables socioculturales y políticas, pero por otro lado, se considera de gran utilidad e interés conocer estas estimaciones de vida útil para un mejor diseño de los componentes urbanos que requerimos en nuestras ciudades.

Conclusiones

Se concluye que durante el proceso de planeación y diseño urbano es importante y necesario partir de una vida útil de referencia para reconocer las necesidades del proyecto en materia de durabilidad y mantenimiento. Es importante saber que la estimación de la vida útil y durabilidad de la infraestructura urbana es muy compleja y requiere del control de muchas variables como factores de diseño por vida útil para tener éxito, además de otras variables de control como agentes de degradación y de deterioro, los cuales a través del diseño y planeación podemos evitar para hacer más duraderos nuestros proyectos urbanos y, por consecuencia, a nuestras ciudades.

Este trabajo tiene como aportación una propuesta de metodología que se puede aplicar y replicar en etapas tempranas de diseño y planeación urbana para conocer la vida útil de diseño para distintos tipos de componentes urbanos, que nos ayudará a tomar las decisiones correctas durante la fase del ciclo de vida del inmueble, comenzando con la etapa de diseño y posteriormente la de construcción, uso, operabilidad y fin de la vida útil del componente.

En este trabajo también se proponen diversas estrategias de diseño por durabilidad que pueden ayudar para planear cada componente constructivo y del

proyecto en su totalidad, con base en recomendaciones de diseño y construcción de los componentes de la infraestructura urbana.

Estas estrategias de diseño durable mejoran y prolongan la vida útil de los componentes de infraestructura urbana, y pueden ser de gran utilidad no solamente para diseñar los componentes constructivos apropiados, sino también para prever las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo, reparaciones y remplazos correspondientes durante toda la vida útil del componente; eso hará de forma integral un proyecto más duradero y proporcionará un mayor rendimiento estético y funcional para cumplir con lo diseñado y construido.

Referencias

- ARCHITECTURAL INSTITUTE OF JAPAN (AIJ). 1993. *The English Edition of Principle Guide for Service Life Planning of Buildings*. Tokio, AIJ, p. 24-72.
- AUSTRALIAN BUILDING CODES BOARD. 2006. *Durability in Buildings*. Canberra, ABCB, 376 p.
- CANADA GREEN BUILDING COUNCIL (CaGBC). 2010. *LEED™ CANADA, Guide of Reference, Version: 3.0*. Ottawa, CaGBC.
- CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA). 2001. Q645-95 (R2001). In: *CSA, Life Cycle Costing*. Ottawa, CSA, p. 34-52.
- FROHNSDORFF, G.J.; MARTIN, J.W. 1996. Towards Predictions of Building Service Life: The Standards Imperative. *Durability of Building Materials and Components*, 7(2):17-28.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO). 2000. *Buildings and Constructed Assets - Service Life Planning, part 1: General Principles, ISO 15686-1*. Switzerland, ISO, p. 18-49.
- LACASSE, M.A.; SJÖSTRÖM, C. 2003. Methods for Service Life Prediction of Buildings Materials and Components. In: *International Workshop on Management of Durability in the Building Process*, Milan, 2003. *Proceedings...* Milan, CIB W80/ RILEM 175-LSM, NRCC-45691, 7:1-11.
- MAYER, P. 2005. *BLP Durability Assessment; Final Report (020 7929 1366) for National Audit Office*. London, Building Life Plans Ltd. Available at: www.buildinglifeplans.com.
- NATIONAL ASSOCIATION HOUSE OF BUILDING (NAHB). 2007. *Study of Life Expectancy of Home Components*. New York, Bank of America Home Equity, 19 p.
- UNITED NATIONS ORGANIZATION (UN). 2002. *Sustainable Urbanization: Achieving Agenda 21*. London, UN-Habitat, 52 p.

Submetido: 01/10/2014
Acepto: 14/05/2015

Silverio Hernández-Moreno

Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Arquitectura

Cerro de Coatepec, s/n

C.P. 50110, Ciudad Universitaria

Toluca, México