

Diseño sustentable de materiales de construcción; caso del concreto de matriz de cemento Pórtland

Silverio Hernández Moreno*

Recepción: 28 de enero de 2008
Aceptación: 26 de junio de 2008

Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma
del Estado de México.
Correo electrónico:
silverhm2002@yahoo.com.mx

Resumen. El presente documento contiene una revisión sobre diseño sustentable aplicado a materiales de construcción, particularmente del concreto de cemento Pórtland; en donde se establecen los principales criterios y métodos para el manejo sustentable de los materiales de construcción a través del ciclo de vida de los materiales y de los edificios. Se menciona la necesidad de tener prácticas sustentables encaminadas a la reducción del impacto al ambiente y reducción de los costos de materiales de construcción, mediante la justa aplicación del diseño sustentable. En el caso práctico, queda definido que podemos disminuir el impacto ambiental mediante el uso de estrategias y métodos diversos para la selección y aplicación de materias primas dentro de los procesos de construcción, principalmente mediante la aplicación de los métodos de recuperación de materiales y de manejo sustentable de materias primas, tales como: reuso, reciclamiento, refabricación y recuperación de energía por materiales de construcción.

Palabras clave: Descriptores: ciclo de vida, proyecto, reciclamiento, diseño sustentable y contaminación.

Sustainable Design of Construction Materials; Specifically to Portland Cement Concrete

Abstract. This paper contains a review about sustainable design applied to construction materials, specifically to Portland cement concrete, where main sustainable methods and approaches are established for sustainable management of building materials, through whole Life Cycle Building and Materials. This paper explains that is necessary to have sustainable practices focus to reduce environmental impacts and to reduce economical costs of construction materials by means of sustainable design. The study case defines that we can reduce the environmental impact by means of methods and strategies for selection and correct application of raw materials and by means of application of methods to reuse, recycle, remanufacturing and energy materials recovering.

Key words: life cycle, project, recycling, sustainable design and pollution.

Introducción

El concreto es el material más usado en todo el mundo, principalmente en la industria de la construcción de edificios, lo cual genera un elevado impacto ambiental que debe ser mitigado

desde el diseño del material, su producción y hasta su aplicación en las construcciones (Villas, 1995). El concreto es un material durable, económico y versátil; de tipo compuesto formado por una matriz de liga que tiene como función principal mantener unida y aglutinada a la mezcla; y diversos dispersoides que son

los materiales aglutinados y que dan volumen y cuerpo al compuesto (Shackelford, 1995). El concreto al que nos referimos es el más usado en la construcción de edificios y obras civiles; el cual consta de cemento Pórtland como matriz de liga, y agregados pétreos (arena y grava) como dispersoides. Se dice que es versátil porque puede realizarse variando su mezcla y dosificación, utilizando diversos agregados, aglutinantes e incluso diversos aditivos a las mezclas; y es durable porque su vida útil puede prolongarse por décadas si cuenta con un buen diseño del material, si está alejado en lo más posible de agentes corrosivos tanto externos como internos que lo dañen y por supuesto si lleva un uso adecuado en determinada aplicación (Comisión Federal de Electricidad, 1997).

Muchos países en el mundo comienzan a incluir prácticas sustentables en sus procesos de producción industrial, y en la creación y mantenimiento de sus ciudades, debido a los problemas que se han generado de contaminación ambiental y degradación del ambiente (Wilson, 1998). Las industrias de la arquitectura y la construcción no son la excepción, por tanto, arquitectos, ingenieros y edificadores debemos estar conscientes de la importancia de evitar, mitigar y corregir los efectos ambientales por motivos de nuestra actividad profesional. En la industria de la construcción se utiliza gran diversidad de materiales para la creación de un edificio o cualquier otra obra. En este documento se analizará exclusivamente el concreto de cemento Pórtland porque es el material más usado en el mundo.

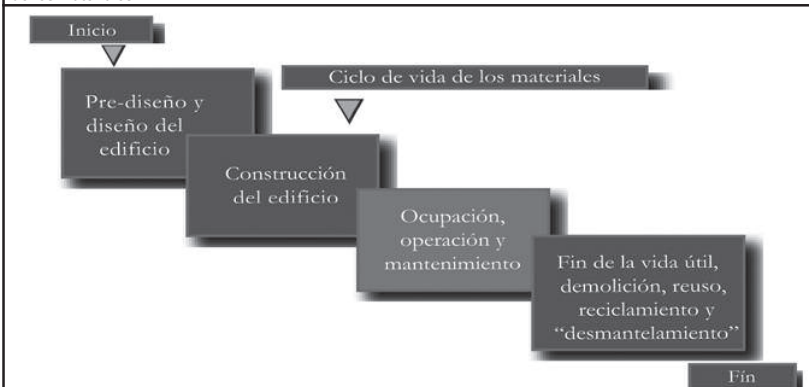
1. Diseño y prácticas sustentables en la industria de la construcción

El diseño sustentable en arquitectura y construcción es un proceso de creación en el cual se establecen criterios de desarrollo sustentable (WBDG, 2007) como: reducción de gastos en los recursos naturales empleados, disminución de la contaminación al suelo, aire y agua, mejoramiento del confort y de la calidad del interior del edificio; ahorro económico y financiero en los proyectos constructivos; reducción de los desperdicios y desechos generados tanto en el proceso constructivo, del mantenimiento y de fin de la vida útil del edificio, así como reducción de los

desperdicios industriales generados por fabricación de materiales constructivos y equipo para edificios (Spiegel, 1999). En este último punto, referente a la fabricación y producción de materiales constructivos, es muy importante establecer algunas estrategias de diseño sustentable para que podamos disminuir el impacto al ambiente causado por los materiales desde su extracción, transporte, producción y aplicación en la industria de la construcción, es decir, en todo el ciclo de vida del material; además ayuda a la disminución de los costos y genera un impacto positivo al sector socioeconómico y no sólo al ambiental.

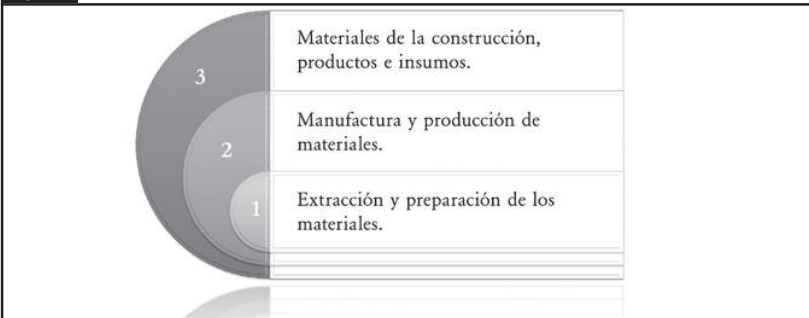
En la parte referente al manejo del ciclo de vida de los materiales es importante mencionar antes el ciclo de vida de los edificios que se muestran en la figura 1, así como las etapas que lo componen, desde el prediseño y diseño hasta el fin de la vida útil del mismo. En este esquema cabe destacar que el ciclo de vida de los materiales se liga directamente con la fase de construcción, y debemos apuntar que los materiales tienen su propio ciclo de vida independiente del proceso de edificación. En la figura 2 se muestran las etapas del ciclo de vida de los materiales, lo cual es parte fundamental para tomar en cuenta cuándo se requiere de prácticas sustentables

Figura 1. Ciclo de vida de los edificios y su relación con el proceso de diseño del edificio y con el ciclo de vida de los materiales.



Fuente: Elaboración propia con base en Alevantis, 2002.

Figura 2. Fases del ciclo de vida de los materiales de construcción.



Fuente: Elaboración propia con base en Alevantis, 2002.

en los materiales de construcción y proponer estrategias y técnicas para hacerlos menos agresivos al ambiente en toda su vida útil.

La figura 2 señala las principales fases que componen el ciclo de vida del material justo antes de entrar en la fase de construcción del ciclo de vida del edificio en sí. Dentro del ciclo de vida de los materiales, la fase dos es la que más contamina al ambiente, ya que en la manufactura de los materiales se desperdician grandes cantidades de energía, agua, insumos y materias primas. Por lo que respecta al ciclo de vida de los edificios, la fase de uso, operación y mantenimiento del inmueble es la que más contamina, incluso por arriba de la fase de construcción.

Por otro lado, hay otras prácticas sustentables en el sector de los materiales de construcción, además del manejo por ciclo de vida, los cuales incluyen el uso de materiales de desecho, reciclados, de reuso, renovables, de la región, no tóxicos, económicos y duraderos. Todas estas características encaminadas a tener materiales de bajo impacto ambiental.

De forma general, el diseño sustentable de materiales reconoce que:

- a) Los productos y los procesos son interdependientes del medio ambiente, de la economía del lugar y de la sociedad en cuestión, es decir de un sistema sustentable.
- b) Además implementa las medidas para prevenir la afectación a dicho sistema.
- c) Usa los recursos de manera eficiente previendo sus límites dentro del sistema.

En la industria de la arquitectura y construcción, el diseño sustentable es una herramienta primordial para alcanzar tanto productos como procesos sustentables, a través de métodos, técnicas y estrategias (BREEAM, 1999). El diseño sustentable de productos va relacionado directamente con el diseño por ciclo de vida (DCV), lo cual se resume en las siguientes fases: diseño preliminar, diseño del proyecto, construcción, uso, mantenimiento y fin de la vida útil (Alevantis *et al.*, 2002). El diseño por ciclo de vida considera también que todos los elementos de un producto, proceso o edificio intervienen de manera sistémica en cada fase del ciclo de vida del producto, principalmente en las fases de operabilidad y uso del edificio, en el caso de arquitectura.

2. Manejo sustentable de los materiales de construcción y sus desperdicios

Existen cuatro métodos para el manejo sustentable de los materiales de construcción y sus desperdicios:

- a) *Reuso*: sugiere volver a usar los materiales tal y como los recuperamos, sin invertir ningún recurso.

- b) *Reciclamiento*: sugiere invertir en la recuperación de un material por medio de una transformación física o química.

- c) *Refabricación*: es un proceso similar al reciclamiento pero sugiere más de un producto para la elaboración de otro final.

- d) *Recuperación de energía*: sugiere recuperar algún tipo de combustible que genere energía con base en desperdicios de la construcción.

La aplicación de los métodos anteriores nos proporciona muchos beneficios principalmente en la reducción del impacto ambiental, económicos y sociales, por lo que es conveniente su implementación en la industria de la construcción. Cabe destacar que en la fase de diseño preliminar es en donde vamos a evitar muchos problemas en el futuro del edificio (NAHB, 2000), tales como los excesos en los desperdicios de materiales de construcción, en la contaminación al medio ambiente, ya sea al suelo, al agua o al aire; en el alto consumo de la energía y agua en los edificios, etcétera.

3. Caso del concreto de matriz de cemento Pórtland

El concreto de matriz de cemento Pórtland se aplica en numerosos usos en la industria de la construcción de edificios, entre los que se encuentran: las estructuras, los entresijos, los techos, los muros, los cimientos, los pisos, los pavimentos, los puentes, las guarniciones, las presas, las carreteras, etc., pero, ¿cómo podemos hacer sustentable al material más usado en el mundo?, la respuesta es buscar nuevos métodos, estrategias y prácticas sustentables para la elaboración del concreto, enfocándonos principalmente en el manejo de las materias primas a usar, y sus procesos de producción, sin afectar sus características para determinado uso y aplicación a que normalmente está destinado (Villas, 1995).

Para ello vamos a usar los métodos para el manejo sustentable de materiales de construcción anteriormente descritos, aunado con nuevas estrategias y prácticas sustentables para el material en cuestión, lo cual nos ayuda a ser menos agresivos con el ambiente.

Estas prácticas sustentables y estrategias se aplican y se resumen en los siguientes casos de producción de concreto:

- a) Uso de cemento celular a base de cemento Pórtland y sólo con agregados finos y aditivos en aplicaciones como sistemas de muros y techos requiere de menos utilización de materias primas, por tanto, afecta menos al ambiente por la extracción, transporte y fabricación del producto final. Tal vez, el único inconveniente es que el concreto celular o ligero es menos resistente en el aspecto mecánico que el concreto normal a base de agregados gruesos, ya que este último alcanza una resistencia $f'c =$ de 2700 kg/cm², y uno aligerado alcanza alrededor de $f'c =$ 300 a 800 kg/cm² (IMCYC, 1993);

pero al ser de tipo ligero y/celular contiene propiedades muy elevadas de resistencia térmica y acústica (Wilson, 1995).

b) Concreto con contenido de cenizas volantes producto de desperdicio, principalmente por la quema de carbón mineral para la producción de electricidad en algunas plantas termoeléctricas. La ceniza volante puede ser utilizada en la mezcla de concreto de un 15 a 20% del volumen total del cemento, lo cual aumenta notablemente la resistencia del material o producto final.

c) Concreto hecho a base de cemento producido en plantas que funcionan con energía renovable y/o alternativa puede ser una buena opción para mitigar los efectos nocivos al medio ambiente en la producción de cemento y concreto. En México la implementación de recursos energéticos, productos de desperdicios, es aún muy difícil de realizar, pero en un futuro puede ser una muy buena opción a considerar. Es muy importante mencionar que no cualquier desperdicio encaminado a la producción de energía podría aplicarse en los procesos de manufactura de materiales, debido a las normas reguladoras de dichos procesos. Debemos tener muy en cuenta que todo combustible para la producción de energía produce emisiones contaminantes y que unos son más nocivos que otros, por ejemplo: se producen sustancias nocivas como el dióxido de carbono, el metano, el óxido de nitrógeno, pero también sustancias más peligrosas como los clorofluorocarbonos, el óxido nitroso, metales pesados, amoníaco, entre otros compuestos orgánicos volátiles como aldehídos y formaldehídos.

d) Concreto reciclado para uso como agregado para la fabricación de concreto nuevo. Esta opción pudiera ser aplicable en la fase de construcción, con relativa facilidad y con un potencial de mediano a alto en el ahorro de materias primas, como agregado grueso; en donde se estaría beneficiando directamente al costo del proyecto y al medio ambiente, en el sentido de la reducción de la explotación de minas de agregados (grava y arena).

e) Agente para el curado del concreto a base de semilla de soya. Esta opción consiste en un producto basado en la soya, que lo podemos usar como aditivo para el curado del concreto, más que acelerador, actúa como protector y conservador del hidratante, ya que mantiene fresco el concreto. Esta opción también se implementaría en la fase de construcción de fácil implementación, y con un potencial bajo de ahorro de recursos naturales en cantidad, porque en calidad se estaría reduciendo de forma importante el uso de aditivos sintéticos de alto impacto ambiental. Con esta acción el costo del proyecto disminuiría, así como el impacto al ambiente. Esta tecnología aún se encuentra en experimentación, pero puede ser una muy buena opción para el futuro.

f) Realizar la limpieza de la superficie del concreto aparente por medio de técnicas que no utilicen agua ni energía. Esta opción consiste en cepillar o barrer las impurezas del concreto para su limpieza sin utilizar agua, solamente cepillos especiales que permitan la acción. Esto tendría como consecuencia, en la etapa de la construcción, el ahorro en el consumo de agua y evitar algunos productos químicos de alto impacto ambiental, mediante una implementación muy accesible, de bajo costo y de mediana a alta efectividad.

g) Establecer una norma y un método de selección del tipo de cemento o matriz de liga para que se puedan realizar las mezclas adecuadas de concreto sin afectar sus propiedades, principalmente para aplicaciones en estructuras de edificios que requieren de altas resistencias mecánicas, aunado con las opciones o estrategias anteriores, se podrían reducir mucho los costos y sobre todo el impacto al medio ambiente por sobreutilización de materias primas nuevas, sobre todo el cemento (Neville, 1997).

Conclusiones

Todos los materiales de construcción a lo largo de toda su vida útil, desde su extracción, transporte, fabricación y aplicación, generan contaminación e impacto al ambiente en menor y mayor grado. Por tanto, para mitigar estos efectos nocivos debemos aplicar prácticas sustentables en el diseño de la construcción en todos los niveles, es decir, desde la selección y fabricación de las materias primas a usar, hasta el manejo sustentable en el diseño, proyecto y construcción. Dichas prácticas sustentables en la producción y aplicación de los materiales nos van a ayudar a ser menos agresivos con el ambiente tanto natural como en el ambiente construido.

Estas prácticas sustentables en el manejo y aplicación de materiales son técnicas, métodos y estrategias que podemos usar para hacer a los materiales amigables con el medio ambiente, usando la adecuada tecnología y métodos de selección y evaluación de materias primas a usar, desde el punto de vista constructivo. En el ejemplo del caso de estudio, el concreto de cemento Portland, se propusieron y enlistaron varias estrategias y opciones para hacer al concreto sustentable. Estas siete opciones o estrategias que se revisaron en el artículo, consisten básicamente en reducir la contaminación al ambiente por efectos de producción de materiales hasta su aplicación en el proyecto. También están enmarcadas dentro de los métodos básicos para el manejo y aprovechamiento sustentable de materiales de construcción: reuso, reciclamiento, refabricación y recuperación de energía. Cabe mencionar que estas estrategias para hacer sustentable un material para edificación como el

concreto, se centró fundamentalmente en técnicas de tipo constructivo, más no en soluciones arquitectónicas de tipo bioclimático, lo cual es un tema tratable en otra ocasión, pero en este caso no era pertinente.

Se concluye también que debemos aplicar el manejo sustentable de materiales y desperdicios de construcción en todas las fases posibles del ciclo de vida del edificio o proyecto, principalmente en la fase de construcción, uso y

mantenimiento del inmueble; y que además, el ciclo de vida de los materiales forma parte del ciclo de vida de los edificios, pero independiente en su mismo proceso. En el caso del concreto de cemento, es necesario trabajar más en las mezclas de materias primas que lo componen, así como en sus procesos de producción para ahorrar energía y agua en su elaboración mejorando la durabilidad y sus propiedades tanto físicas como químicas.

obre

Bibliografía

- Alevantis, L. E. *et al.* (2002). "Prácticas de edificación sustentable en el Estado de California", IX Conferencia Internacional sobre calidad del aire y clima al interior de los edificios. Monterrey, California, Estados Unidos de América.
- BREEAM (1999). *Método de evaluación medioambiental, modelo de desarrollo sustentable europeo*. Gobierno de Reino Unido, Inglaterra.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE) (1997). *Manual de tecnología del concreto*. Limusa, México.
- IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto) (1993). *Proporcionamiento de mezclas*. Reporte ACI 211.1-91, Editorial IMCYC, A. C., México.
- NAHB (National Association House Building) (2000). *A Guide to Deconstruction; an Over View of Deconstruction with a Focus on Community Development Opportunities*. House Urban Department, USA.
- Neville, Adam M. (1997). *Tecnología del concreto*. IMCYC, A. C., México.
- Shackelford, J. F. (1995). *Ciencia de materiales para ingenieros*. Pearson Education, México.
- Spiegel, R. (1999). *Green Buildings Materials, A Guide of Product Selection and Specification*. John Wiley and Sons, N.Y., USA.
- The Partnership for Achieving Construction Excellence (PACE) (2004). *Field Guide for Sustainable Construction*. PACE, Universidad del Estado de Pennsylvania, EUA.
- Villas, B. R. C. (1995). *Sustainable Development and the Advanced Materials*. Johnson Editor, Brazil.
- WBDG (Whole Building Design Guide) (2007). *Principios de diseño sustentable en edificación*. Gobierno de Estados Unidos. EUA. <www.wbdg.org> Wilson, A. (1998). *Green development: Integrating Ecology and Real State*. John Wiley e Hijos, Nueva York.
- (1995). "Insulation materials: environmental comparisons", *Environmental building News*. Vol. 4, Núm. 1, enero, Building STb Inc., Dinamarca.

La Colmena

Revista de la Universidad Autónoma del Estado de México

Te invita a participar en este foro de expresión en el que confluyen la creatividad, la pluralidad y la libertad del pensamiento, mediante un ejercicio de análisis, reflexión y crítica.

Envíanos tu colaboración a:
 Francisco de P. Castañeda No. 105,
 Col. Universidad, Toluca, Estado de México, C.P. 50150.
 Teléfonos: (722) 2 77 38 35 y 2 77 38 36
 E-mail: lacolmena@uaemex.mx
 Página electrónica: <http://www.uaemex.mx/plin/colmena/home.html>