

CAPÍTULO 1. DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA INGENIERÍA CIVIL

1.1 La Ingeniería Civil Tradicional

Generalmente se dice que un ingeniero civil es aquel profesionalista que está capacitado para “participar en las etapas de planeación, diseño, organización, construcción, operación y conservación de obras civiles y de infraestructura” (Facultad de Ingeniería, UNAM).

De ello resulta la adopción y uso de este esquema en los proyectos de ingeniería civil, el cual, a pesar de que a lo largo de la historia ha funcionado muy bien, no cumple con las exigencias del mundo actual. Carece de una visión a largo plazo, al igual que de etapas claves, ya que aquellas que incluye no son suficientes. Para analizar las etapas de un proyecto debe partirse del hecho de que éste tiene un ciclo de vida. Es decir que si hay una etapa para el nacimiento de un proyecto, como lo es la planeación, también debería tenerse una etapa para la muerte (fin de su vida útil). Con esto en mente, se propondrá la expansión del esquema tradicional a uno con un enfoque más global (Figura 1.1) constituido por las siguientes etapas: planeación, desarrollo, diseño, construcción, uso y operación, mantenimiento, modificación y deconstrucción.

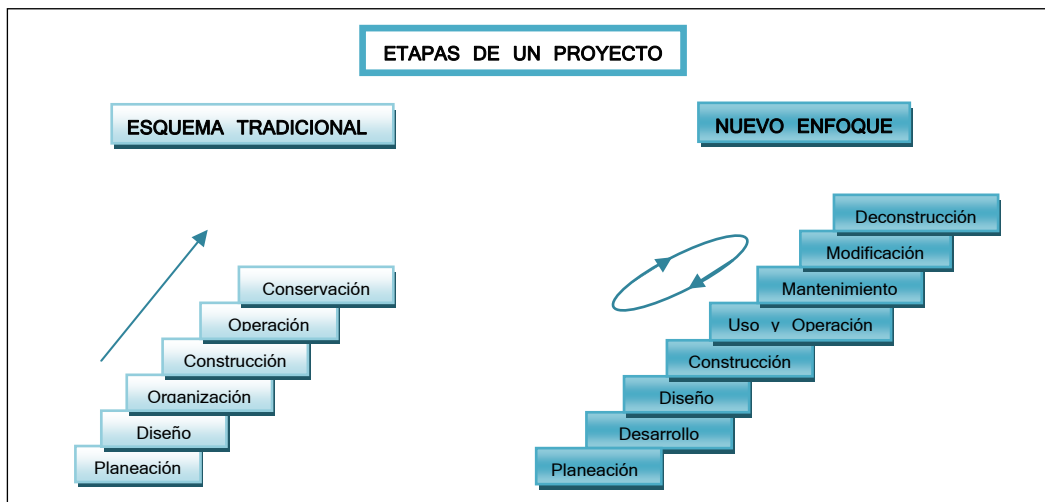


Figura 1.1 Etapas de un proyecto. Fuente: Basado en C.J. Kilbert, *Sustainable Construction 2009*, y modificado por la autora.

deconstrucción (Kilbert, 2009).

Habitualmente estas dos últimas etapas no se consideran al desarrollar un proyecto, aunque son tan importantes como cualquier otra etapa.

Es común ver proyectos en los que una vez concluida su vida útil, se abandonan y terminan por convertirse en una fuente de contaminación ambiental (Figura 1.2). Situación que ocurre debido a que no se analizó si podrían modificarse para volver a ser útiles o cuáles serían los procedimientos para su deconstrucción¹. Tradicionalmente no se han tomado en cuenta los impactos que tiene un proyecto en el medio biofísico y socioeconómico, lo que se ha establecido generalmente es cumplir con que el proyecto se concluya en tiempo, costo y calidad. Un instrumento de la planeación incluye a los estudios de impacto ambiental, que tienen como objetivo determinar los impactos del proyecto y las medidas de mitigación, pero que en muchos casos se ven como un requisito, no como un compromiso real por minimizar los impactos negativos al ambiente a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto y de los materiales que lo constituyen. Es por esto que las etapas de un proyecto deben ampliarse de tal forma que permitan un análisis del proyecto dentro de una perspectiva más real de su ciclo de vida.



Figura 1.2 Presa "El Capulín". Un claro ejemplo de las consecuencias de no tomar en cuenta la deconstrucción de un proyecto al final de su vida útil. Fuente: Tomadas por Francisco Peña.

¹ Etapa en la que se busca maximizar el potencial de desmontaje del edificio para recuperar la mayor cantidad de componentes para su reutilización posterior, y de materiales para su reciclaje a fin de reducir la generación de residuos de construcción a largo plazo.

Es necesario cambiar el enfoque que se ha venido dando con respecto a la ingeniería civil, de tal forma que además de los aspectos económicos y técnicos, se consideren los sociales y ambientales.

El análisis de la currícula de la carrera de ingeniería civil conduce a que un ingeniero es el profesional capacitado para “entender y prever tanto las propiedades mecánicas de los materiales, como el comportamiento de las estructuras y las obras de construcción, y con base en ello, prever los impactos sociales, ecológicos y económicos que estas pudieran ocasionar” (Facultad de Ingeniería, UNAM).

Si bien es cierto que se estudian estos aspectos en las diversas asignaturas en la carrera de ingeniería civil, no se ha llegado a su completa implantación en el ejercicio de la misma, así que aún hay un largo camino por recorrer, pero todo comienza con un cambio en el enfoque en la enseñanza de la ingeniería civil. Debe tenerse en cuenta que no sólo importa cuánto se gane económicamente en un proyecto, sino también cuál es el beneficio para el mundo.

Otro aspecto importante, es el relativo a la organización de los grupos de trabajo en un proyecto, donde no hay una interacción entre las partes involucradas. Esto puede ejemplificarse al analizar un extracto del libro de administración de proyectos (Walsh, 1995) en donde se establece:

“En la fase inicial de la planeación, el propietario, el gerente del proyecto, y posiblemente algunos asesores y usuarios, serán las únicas fuentes de información. Su contribución principal será el análisis de factibilidad. Después, asesores adicionales en ingeniería prepararan los planos o diseños de ingeniería preliminares. Conforme se desarrolla el plan, se preparan documentos detallados. El planificador estudiará esta documentación y hará preguntas a cada uno de los miembros del diseño del proyecto de equipo de construcción, con el fin de lograr conocimiento en sus áreas particulares y determinar la relación con las operaciones en otras áreas.”

Puede percibirse cómo, en uno de los procesos claves de un proyecto, se encuentran los equipos de planeación por un lado, los de diseño por otro, los de construcción también por otro lado, y los encargados de la operación y mantenimiento ni siquiera se mencionan. Normalmente no hay una integración de los grupos de trabajo de un proyecto. Lo que sucede generalmente es que una empresa hace la parte de planeación, otra la de construcción, y otra de la operación, y cada quien se encarga de su parte del proyecto pero sin tomar en cuenta de manera directa a las otras. He aquí la necesidad de integrar a los responsables de cada etapa, en las otras etapas del proyecto. Principalmente en la planeación y el diseño, ya que es en estas etapas donde se pueden lograr los mayores beneficios económicos, ambientales y

sociales del proyecto. La omisión de esta práctica trae como consecuencias atrasos en la obra, disminución de utilidades, e impactos negativos para el ambiente y la sociedad.

Todo debido a una deficiente comunicación entre los responsables de los equipos del proyecto.

En la evaluación de proyectos se dispone de varios métodos para la elección de la mejor alternativa, tales como: el valor presente neto, periodo de retorno de la inversión, análisis costo-beneficio, entre otros. Sin embargo, en su aplicación tradicional hay algunos aspectos que conviene perfeccionar: (1) los costos y beneficios futuros son analizados con tasas más adecuadas a los mercados financieros, sin tomar en cuenta el agotamiento de los recursos a mediano y largo plazo; (2) los costos y beneficios para terceras personas son excluidos; (3) hay dificultades para establecer y acordar métodos de valoración de beneficios y costos intangibles que afectan la vida de las personas y del medio ambiente (Carpenter, 2001). Aunque el principal problema recae en el enfoque de costos iniciales, sin tomar en cuenta el ciclo de vida del proyecto, lo cual es inconveniente, como verá en el capítulo 7 donde se demuestra que un proyecto que cuida el ambiente, traerá una amplia gama de beneficios a mediano y largo plazo, como por ejemplo, comodidad de los usuarios finales, aprovechamiento del potencial intrínseco de los recursos naturales, reducción los costos operativos y de mantenimiento, entre otros.

1.2 Problemática Ambiental Actual

La ingeniería civil y sus efectos en el ambiente

La ingeniería civil es una profesión que desde tiempos antiguos ha impulsado el progreso de nuestra sociedad a través de la construcción de edificios, caminos, puentes, acueductos, presas, sistemas de agua potable, y otras obras de infraestructura. Paradójicamente este desarrollo ha resultado en severos daños ambientales debido a la gran cantidad de recursos naturales demandados así como a la contaminación se que produce.

En materia de impactos ambientales, es indudable que no hay alguna otra actividad humana cuyos impactos afecten de forma tan directa, compleja y a largo plazo al ambiente como las obras de ingeniería.

Pero no siempre fue así, antes, los agricultores practicaban la conservación del suelo; los ingenieros construían vías de comunicación y acueductos de tal manera que se adaptaran al entorno, o sirvieran para su desarrollo; la elección de los materiales de construcción, como

ladrillo o piedra se hacía de tal forma que se buscaba el aprovechamiento de las características del lugar, en lugar de su destrucción. Pero la creciente demanda de las sociedades en desarrollo, primero por agua y tierras fértiles, después por recursos minerales y recientemente por combustibles fósiles no renovables fáciles de explotar, ha resultado en una tasa de agotamiento de los recursos nunca antes vista.

De ahí que, de no tomar medidas para contener esta demanda, en el largo plazo, las futuras generaciones se enfrentarán a una escasez de recursos que amenazará su calidad de vida al igual que la del planeta en general.

Sexta extinción

De acuerdo a un artículo publicado por los *Angeles Times*, “Cada veinte minutos, en algún lugar de la Tierra, perdemos una especie animal. Si esto continua al mismo ritmo que hasta ahora, para finales del siglo, el 50% de las especies habrán desaparecido” (Corwin, 2009). Este fenómeno forma parte de lo que se conoce como la sexta extinción. La quinta extinción fue hace 65 millones de años cuando un meteorito chocó contra la Tierra, matando a dinosaurios y otras especies, y abriendo al mismo tiempo las puertas para el desarrollo de los mamíferos. Actualmente, la sexta extinción está en camino de sobrepasar a la quinta.

Algunos de los procesos que han contribuido a este fenómeno son:

- Cambio climático

Es la variación del clima de la Tierra con respecto al tiempo, lo cual provoca un aumento de la temperatura, un cambio en la distribución de especies y en la química del océano, un aumento de los niveles del mar, el derretimiento de los glaciares, un cambio en los patrones de las corrientes marinas, etc. Este cambio afectará la producción de alimentos y obligará a las personas a desplazarse a zonas urbanas menos afectadas, reduciendo la biodiversidad, y principalmente la calidad de vida.

- Agotamiento del ozono:

Este proceso es causado por la emisión de clorofluorocarbonos (**CFC's**), hidroclorofluorocarbonos (**HCFC's**), y otras sustancias usadas en gran medida en refrigerantes, espumas aislantes, y solventes. A pesar de esta disminución del ozono, existe la posibilidad de que regrese a sus niveles normales para el año 2050, asumiendo que el Protocolo de Montreal (1987) sea seguido por la comunidad internacional.

- Deforestación

La deforestación es el proceso de destrucción de los bosques y una de las causas más importantes que contribuyen al efecto invernadero. Por una parte, la quema o descomposición de la madera libera dióxido de carbono, y por otra, los árboles que una vez eliminaron el dióxido de carbono de la atmósfera, son destruidos. Además, es sabido que la deforestación en gran escala afecta el albedo, o reflectividad, de la Tierra, alterando la temperatura y energía superficial, al igual que el índice de evaporación de las aguas superficiales y los patrones de lluvia. De acuerdo la WWF México, “en México, la tasa anual de pérdida de bosques y selvas ha sido estimada entre 300 000 y 1 500 000 hectáreas” (Ibarra, 2007).

- **Desertificación**

La desertificación se presenta en regiones áridas y semiáridas como resultado de la degradación de la tierra, producida por la erosión del suelo. Su principal característica es la destrucción de la cubierta vegetal natural.

- **Erosión**

La erosión es el desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua o el viento. Y es en parte, resultado de la deforestación, dado que al no haber árboles (o más específicamente, raíces) que contengan al suelo e impidan su desgaste, éste proceso ocurrirá con mayor rapidez.

- **Eutroficación**

Es junto con la acidificación, una de las dos condiciones que amenazan los ecosistemas acuáticos. La eutroficación se refiere al incremento excesivo de nutrientes inorgánicos en un cuerpo de agua, provenientes de fertilizantes agrícolas, escurrimientos urbanos, descargas de aguas residuales, entre otros. De modo que se provoca un exceso de malezas que bloquean la luz solar, hecho que a su vez hace inviable la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban el ecosistema.

- **Acidificación**

Es el proceso mediante el cual la contaminación del aire, en forma de amonio, dióxido de azufre, y óxidos de nitrógeno, liberada a la atmósfera mediante la quema de combustibles fósiles, es convertida en ácidos.

- **Pérdida de biodiversidad**

Es una consecuencia del daño causado por los diferentes procesos previamente mencionados que conllevan una disminución en la variedad y cantidad de organismos

vivientes en un ecosistema. México es uno de los 10 países más diversos del mundo. No sólo alberga más del 10% de las plantas terrestres y vertebrados del planeta en un área que representa sólo el 1% de la superficie de la Tierra, sino que también destaca por poseer fauna y flora únicas (endémicas). Sin embargo, según *La Crónica* en los últimos 30 años se han perdido 50 especies de animales y actualmente 40% se encuentran en peligro de extinción (Torres, 2007) De aquí que nos demos cuenta que vivimos en un país muy rico y frágil a la vez, al que hay que proteger. Es por eso que es responsabilidad de todos los sectores de la economía (en nuestro caso, de la ingeniería) tomar medidas dentro de sus ámbitos para fomentar la preservación y protección de la naturaleza.

- Contaminación del aire, agua y suelo:

Es resultado de prácticas no sustentables en el desarrollo de la sociedad. Por ejemplo, “La industria de la construcción es una importante fuente de contaminación, responsable de alrededor del 4% de las emisiones de partículas, mayores incidentes de contaminación de agua que cualquier otra industria” (*Sustainable Build*, 2009), y una disminución en las funciones naturales del suelo.

- Agotamiento de las reservas de metales

De acuerdo a un estudio sobre la explotación de metales, “actualmente, las reservas de metales están siendo explotadas a un ritmo que no es sustentable. A nivel mundial, el 26% de cobre extraíble de la corteza terrestre es perdido en desechos no reciclables; el 19% en el caso del zinc. Aunque estos dos metales no están en riesgo de desaparecer en un mediano plazo, metales escasos como el platino sí lo están. Es por esto que si el consumo de metales continúa aumentando, y no se toma ninguna medida para mitigar las consecuencias, aún las reservas de metales más abundantes podrían llegar a estar en peligro de agotarse (*Yale University*, 2006)

Los aspectos antes mencionados resumen los impactos ambientales producidos de manera directa e indirecta por las actividades humanas. Con base en lo anterior, comprenderemos mejor la situación actual de nuestro planeta en materia ambiental que se describe a continuación.

Situación actual del planeta

A pesar de los importantes avances tecnológicos logrados en los siglos XIX y XX, en cuestión ambiental hemos fallado en conservar los recursos naturales de la Tierra. Así pues, enunciaremos cinco aspectos importantes que muestran el porqué.

1. La población de la Tierra se ha triplicado en el último siglo.
2. Los suelos aptos para la agricultura, al igual que las fuentes de suministro de agua se están agotando. Con el fin de incrementar la producción de comida al mismo ritmo que el crecimiento de la población, se han desarrollado e implantado procesos de mecanización, intensificación, modificación biológica y sistemas de riego, que han beneficiado a la sociedad a expensas de un aumento en el consumo de energía, pérdida de flora y fauna, y en algunos casos la degradación de la tierra.
3. El ambiente se ha dañado, varias especies han sido extintas, y el equilibrio entre la interdependencia de los seres vivos y su ecosistema se ha roto.
4. Los recursos minerales han sido explotados con una rapidez nunca antes vista, principalmente en el caso de las reservas de petróleo y gas natural, a causa de la dependencia en los combustibles fósiles como principal fuente de energía en las actividades humanas.
5. La tierra ha sido devastada por la minería, el manejo y disposición de residuos, contaminación del suelo, y efluentes tóxicos provenientes de procesos químicos.

Con base en todo lo anterior, no cabe duda que la calidad de vida de muchas personas se encuentra en una condición crítica. Condición que responde al agotamiento de recursos naturales a un ritmo que ya no es sustentable, dado el rápido crecimiento de la población y la excesiva explotación de recursos acompañada de un grado innecesario de contaminación.

Retos éticos

Es claro que los seres humanos tenemos una gran responsabilidad con las generaciones futuras en materia de conservación de recursos y del ecosistema en general, tal como lo expresa el ecologista Gary Peterson:

“Los humanos, individualmente o en grupos, pueden anticiparse y prepararse para el futuro en un grado mucho mayor que los sistemas ecológicos... La diferencia entre los sistemas

humanos con visión hacia el futuro y los sistemas naturales que se basan en el pasado es fundamental. Esto significa que entender el papel de las personas en los sistemas ecológicos requiere no solo de entender cómo las personas actuaron en el pasado, sino también cómo piensan hacia el futuro.” (Kilbert, 2009)

Lo cual es totalmente cierto, los humanos hemos desarrollado tecnologías y modelos probabilísticos que nos predicen el futuro de ciertos parámetros, y actuamos con base en ello. Por ejemplo, si va a ocurrir un tornado, nos alejamos de la zona que será afectada; va ocurrir un sismo, salimos del lugar en el que estemos para protegernos. En cambio, la naturaleza no puede hacer lo mismo, solo reacciona y evoluciona en función de los sucesos del pasado, no puede prepararse para el futuro, nosotros sí. De manera que así como somos capaces de inventar tecnologías que nos ayuden a mejorar nuestra calidad de vida, también tenemos la capacidad de destruir nuestro ambiente con impactos que pueden llegar a ser irreversibles.

De aquí que las decisiones que tomemos con respecto a cómo actuar en el futuro “deberán estar basadas en (1) un esquema ético que represente la responsabilidad moral con las futuras generaciones; (2) en la voluntad de aceptar y entender el riesgo; (3) y los costos económicos de su aplicación y los impactos resultantes” (Carpenter, 2001).

Estrategias a implantar

Con los tres puntos anteriores en mente, y con el fin de reducir el daño que le estamos causando a nuestro planeta, es necesaria la adopción de estrategias en materia de:

- **Política:** Implica reglamentaciones más estrictas en materia ambiental, acciones para fomentar el control de la natalidad, al igual que un mayor control del crecimiento de las áreas urbanas.
- **Ciencia:** Se refiere a la invención de tecnologías que nos ayuden a reducir la contaminación, a hacer sustentable la producción de alimentos, y a mantener la calidad de vida de las personas sin dañar al ambiente, entre otras.
- **Construcción:** Involucra aplicar nuevos métodos y enfoques en la industria de la construcción que reduzca su impacto ambiental y encuentre una sinergia con su entorno.
- **Sociedad:** Conlleva la participación de la sociedad para mejorar su entorno urbano así como su relación con el ambiente a fin de no dañarlo.

Actualmente, industrias tales como la de manufactura, turismo, agricultura, medicina y el sector público, han implantado diferentes medidas para mitigar el daño al ambiente. Esto se ha logrado mediante la modificación de sus actividades con el fin de hacerlas amigables con el ambiente; ya sea desde rediseñar procesos completos hasta reformas administrativas para

concretar políticas de sustentabilidad dentro de cada industria, así como la adopción de un nuevo enfoque que considere al ambiente, los sistemas ecológicos y el bienestar de las personas tan importantes como el rendimiento económico.

En cuanto al sector de la construcción, surge un interés particular en el actuar proactivamente y cambiar rápidamente de las prácticas excesivas y perjudiciales hacia un esquema bajo el cual la ingeniería civil y la naturaleza trabajen sinérgicamente en lugar de antagónicamente, con fin de preservar y mejorar la calidad de vida en la Tierra.

1.3 La Ingeniería Civil y la Sustentabilidad

Sustentabilidad

La sustentabilidad surge como respuesta para hacer frente a la situación actual en que se encuentra inmerso nuestro planeta.

La sustentabilidad está definida como el “satisfacer las necesidades de la generación actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras” (Fredman, 2007). Si bien es cierto que esta definición puede tener diferentes interpretaciones, el común denominador será el hecho de tener implícita una gran responsabilidad con las generaciones futuras. Además de tener un contenido ético el cual no solo involucra a las personas sino también a los seres vivos y no vivos con quienes compartimos este planeta, ya que cualquier alteración en alguno de estos sistemas, repercutirá de manera directa en los otros.

La práctica de la sustentabilidad nos da como resultado el desarrollo sustentable. Las actividades y/o proyectos realizados con ésta visión, se basan en un esquema llamado “*triple bottom-line reporting*” (Kilbert, 2009) que se refiere a un nuevo enfoque empresarial que va de los puros resultados económicos a un estándar más amplio que también incluye impactos ambientales y sociales (Figura 1.3).

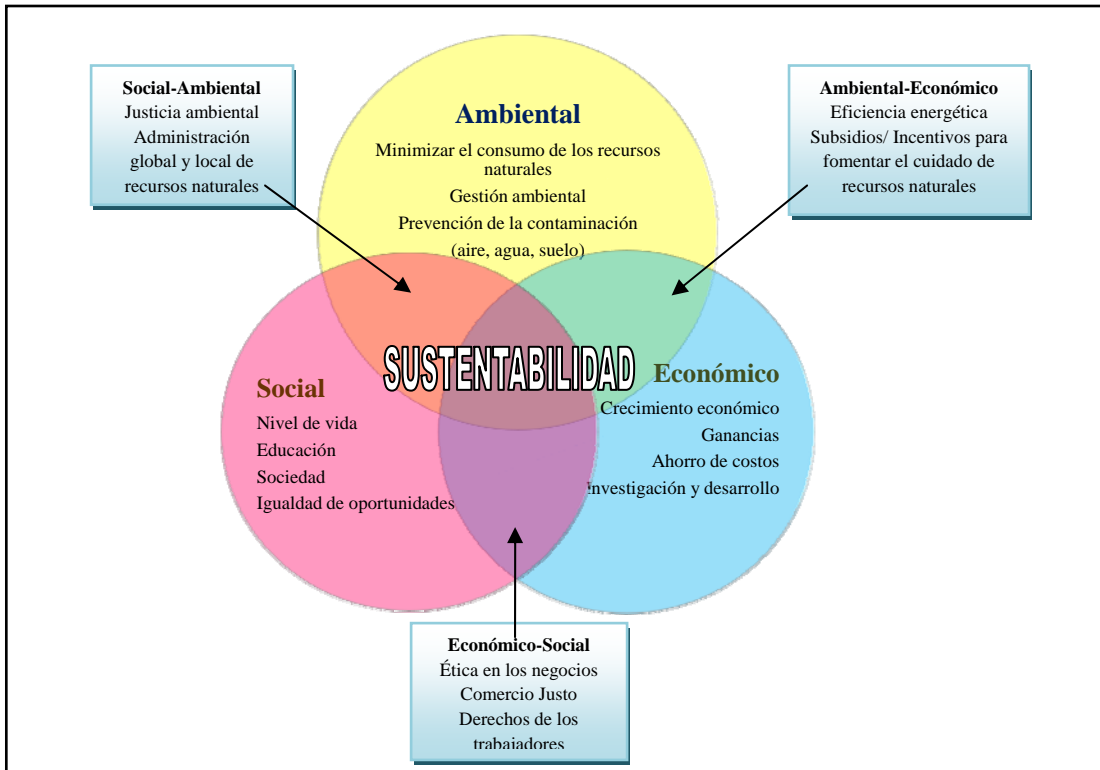


Figura 1.3 Las tres esferas de la sustentabilidad. Fuente: Basado en el artículo de *Sustainability at Vanderbilt University*, y modificado por la autora.

Construcción sustentable

Dentro del desarrollo sustentable, la ingeniería civil se encuentra presente en un subconjunto llamado construcción sustentable, que se refiere al papel del entorno urbano en una visión global de la sustentabilidad.

En noviembre de 1994, el Consejo Internacional de Edificación (*CIB o Conseil International du Bâtiment*), definió el objetivo de la construcción sustentable como "... la creación y operación de un ambiente urbano sano basado en el uso eficiente de los recursos y en principios ecológicos".

Con esto en mente, surge un movimiento que viene a hacer frente a los impactos en el ambiente y en los recursos naturales producidos por el ambiente construido. Movimiento que tiene como principal objetivo el unir fuerzas de carácter social, económico y ambiental dentro de la industria de la construcción con el fin de trabajar sinérgicamente entre ellas. En este trabajo nos referiremos a él como movimiento de construcción sustentable de alto rendimiento (*high-performance green building movement*).

Un edificio sustentable de alto rendimiento (*HPGB* o *high-performance green building*) es un edificio que está diseñado: (1) para ahorrar energía y recursos, reciclar materiales, y minimizar la emisión de sustancias tóxicas a lo largo de su ciclo de vida; (2) estar en armonía con el clima local, la cultura y el ambiente del entorno; (3) ser capaz de sostener y mejorar la calidad de la vida humana mientras mantiene los ecosistemas a niveles locales y globales; (4) trabajar de manera sinérgica con el ambiente, la sociedad y la economía.

La razón fundamental de la adopción de los edificios sustentables de alto desempeño, es que juntan las mejores características de los métodos convencionales de construcción con nuevos enfoques de alto rendimiento. Los alcances de un diseño sustentable van más allá del simple hecho de poner paneles solares en un edificio para ahorrar energía eléctrica.

He aquí algunas características del diseño sustentable.

1. Las técnicas de construcción sustentable proporcionan una respuesta ética y práctica a las cuestiones de impacto ambiental y de consumo de recursos. Los principios de la sustentabilidad abarcan el ciclo de vida del proyecto, desde la extracción de recursos hasta la disposición final de los materiales al término de su vida útil. El diseño de un *HPGB* se basa en el uso de fuentes renovables de energía para los sistemas eléctricos, en la reutilización y reciclaje de agua y materiales, la integración de especies nativas en la jardinería, sistemas de aire acondicionado, ventilación y calefacción pasivos, y otros enfoques que minimicen el impacto ambiental y el consumo de recursos.
2. Los *HPGB* prácticamente siempre son viables económicamente al analizar el costo de su ciclo de vida (*LCC* o *Life Cycle Costing*), aunque desde un punto de vista de costos iniciales puedan ser más caros. Los sistemas de ahorro de energía para iluminación y aire acondicionado costarán más que los convencionales. Los sistemas para capturar y almacenar agua pluvial para usos no potables requerirán equipo adicional como bombas, tuberías, sistemas de filtración y tanques de almacenamiento. Sin embargo, todos estos sistemas recuperarán su inversión inicial en un tiempo relativamente corto. Conforme los precios de agua y energía aumenten, debido a la creciente demanda y una disminución del suministro, el periodo de retorno de la inversión disminuirá. El *LCC* es un método que determina la verdadera ventaja económica de estas alternativas al evaluar su rendimiento en el curso de la vida útil de un proyecto.
3. El diseño sustentable reconoce el efecto del potencial de un edificio, en la salud de las personas que lo ocupan. Los métodos de construcción convencionales toman muy poca importancia al síndrome del edificio enfermo (*SBS* o *Sick Building Syndrome*), a las enfermedades relacionadas con el edificio (*BRI* o *Building Related Illness*) y a la sensibilidad química múltiple (*MCS* o *Multiple Chemical Sensitivities*). En cambio, los

edificios sustentables de alto rendimiento son diseñados para promover la salud de quienes lo ocupan, incluyendo medidas tales como especificar acabados que tengan de bajos a nulos componentes orgánicos volátiles con el fin de prevenir la liberación de gases químicos potencialmente peligrosos; uso de radiación ultravioleta para matar el moho y las bacterias en los sistemas de ventilación; y proteger los ductos durante su instalación para evitar que se contaminen.

Estas características aplican bajo un esquema que toma en cuenta los principios de la construcción sustentable, establecidos en 1994 por el *CIB*, los cuales son fundamentales en la toma de decisiones durante cada una de las fases del diseño, la construcción, hasta su deconstrucción (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Principios de la construcción sustentable
<ol style="list-style-type: none">1. Reducir el consumo de recursos2. Reutilizar los recursos3. Utilizar recursos reciclables4. Proteger la naturaleza5. Eliminar sustancias tóxicas6. Aplicar una evaluación económica del ciclo de vida7. Centrarse en la calidad
Fuente: Charles J. Kilbert, <i>Sustainable Construction</i> 2009

Además de aplicarse también a aquellos recursos necesarios para crear y operar el ambiente construido (suelo, materiales, agua energía y ecosistemas) en todo su ciclo de vida (Figura 1.4).

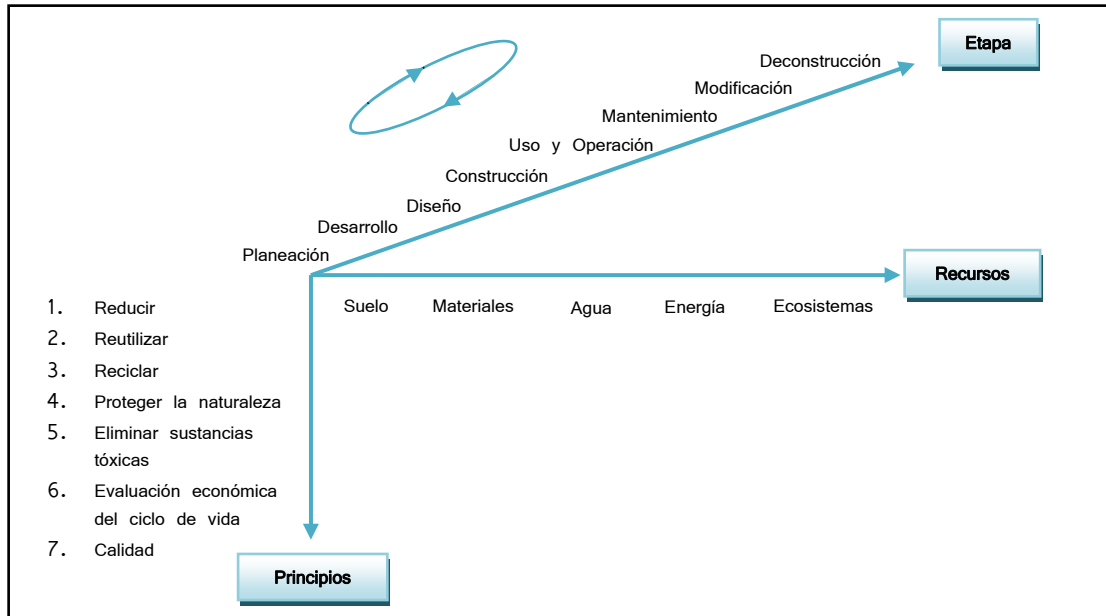


Figura 1.4 Esquema para la construcción sustentable desarrollado en 1994 por el CIB para demostrar la potencial contribución de los proyectos de edificación en el alcance de el desarrollo sustentable. Fuente: *C.J. Kilbert, Sustainable Construction, 2009*

En el esquema anterior se muestra la existencia de una relación interdisciplinaria entre los recursos del ambiente, los principios del desarrollo sustentable, y las etapas del proyecto. Lo cual garantiza el desarrollo sustentable de los proyectos.

De aquí que la aplicación de este esquema resulte en beneficios no solo ambientales, sino también sociales y económicos. Y lo que es más, un cambio en la perspectiva con que se ven los proyectos de ingeniería civil, de una industria que solo daña al ambiente a una en la que se vea el compromiso que como seres humanos tenemos con la naturaleza sin poner a un lado las cuestiones técnicas que involucran estos proyectos.

Sistemas de uso sustentable de recursos

Los recursos involucrados en un proyecto de construcción son los que vimos anteriormente en el esquema: suelo, materiales, agua, energía y ecosistemas. De ahí que sea necesario dar un panorama general de la sustentabilidad en su uso.

- Suelo

El uso sustentable del suelo se basa en el hecho de que el suelo fértil (*greenfields*) es un recurso finito y muy valioso cuyo uso para fines de construcción urbana debe de ser minimizado. Por otra parte la sustentabilidad promueve el reciclaje de suelos, como los usados anteriormente como zonas industriales (*brownfields*) o zonas urbanas deterioradas (*grayfields*).

- Materiales

En cuanto a la selección de materiales para la construcción. Hay dos puntos clave dentro de la sustentabilidad en los que hay que poner especial atención, el uso de materiales de ciclo cerrado (*closing materials loop*²) y la eliminación de emisiones líquidas, sólidas y gaseosas.

- Energía

La conservación de la energía se logra a través de la aplicación de tres enfoques: (1) implementar un diseño pasivo; (2) emplear fuentes de energía renovables; y (3) diseñar la envolvente del edificio para que sea resistente a la transferencia de calor conductivo, convectivo y radiactivo. Este diseño se refiere a usar el tamaño, la forma y orientación del edificio para condicionar la estructura usando las características naturales y climáticas tales como la insolación, la topografía, el microclima, los vientos y el paisaje.

- Agua

El agua es un recurso fundamental para el desarrollo de la sociedad. Además de ser no renovable y cada vez más escaso. Una vez contaminada el agua, es muy difícil de revertir el daño. De ahí el desarrollo de técnicas de conservación del agua que van desde la captación de agua pluvial, el tratamiento de aguas, el uso de bombas de bajo flujo hasta la implementación del *Xeriscaping*³.

² El *Closed loop* se refiere al proceso en el cual un material se mantiene en uso productivo mediante su reutilización y reciclaje en lugar de disponer de él como residuo una vez terminado el ciclo de vida del edificio. Debido a que el reciclaje conlleva un proceso termodinámico, los materiales que se dispongan para este proceso no deben de ser tóxicos para los sistemas biológicos.

³ Método de jardinería en el que se da prioridad a las plantas xerófilas, con el fin de disminuir la demanda de agua para riego.

- Ecosistemas

Uno de los objetivos de la construcción sustentable es que el ambiente construido y los sistemas trabajen de manera sinérgica. La integración del entorno urbano con el ecosistema puede jugar un papel importante en la selección de materiales. Trabajando sinérgicamente con el ecosistema del lugar en el que vamos a desarrollar nuestro proyecto, podemos mejorar la estética, tener un almacén natural de agua, en el caso de los humedales, y sobretodo preservar la naturaleza.