

## **CAPÍTULO 7. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN SUSTENTABLE**

Entender los aspectos económicos involucrados en un proyecto de ingeniería civil es muy importante, y más aun cuando se trata de un edificio sustentable debido a que la justificación de este enfoque puede involucrar un análisis, de alguna manera, más complejo comparado con el de un edificio tradicional. Los edificios sustentables de alto rendimiento tienen un enorme potencial en cuanto a beneficios para sus propietarios, al ambiente y a la sociedad en general se refiere. Algunas de las áreas en las que se presentan estos beneficios son: energía, agua potable y residual, salud y productividad, operación y mantenimiento, emisiones tóxicas, etc. Según el Consejo Mundial de Construcción Sustentable los edificios certificados ahorran, en promedio, 40% en consumo de agua, 30% en energía, y de 50 a 75% en residuos de construcción. La habilidad para cuantificar, expresar y sustentar estos beneficios en un análisis económico es un factor vital para la determinación de la sustentabilidad del proyecto a lo largo de sus etapas, así como para su aprobación por parte del propietario y demás agentes financieros. Para esto, el equipo de proyecto se ayudará de herramientas de simulación, metodologías, investigaciones y datos de otros proyectos, entre otros.

El diseño de un edificio sustentable de alto desempeño deberá ponderar cuestiones de ahorro de energía y agua, reducción de emisiones y calidad interior del aire, con aspectos como la factibilidad de la implantación de las estrategias, competitividad en el mercado, diseño flexible, calidad, durabilidad y mantenimiento. Estos aspectos son de gran importancia, dado que aseguran la sustentabilidad del proyecto en sus tres sentidos, ambiental, social y económico.

Por ejemplo, el hecho de que un material o producto amigable con el ambiente tenga una vida útil de la mitad o una tercera parte, o menor calidad, con respecto a otro material análogo, hará que se prefiera ésta última alternativa, a pesar de que la primera tiene menor impacto ambiental.

Esto es porque un periodo de vida útil corto y menor calidad implicarán un remplazo periódico del elemento y por lo tanto una inversión respectiva la cual aumentará los costos operativos del edificio, resultado totalmente opuesto a las metas de un edificio sustentable. Otro ejemplo es el que relaciona el valor del edificio en el mercado con su diseño flexible (capacidad de adaptación). Esto es, un edificio sustentable que está diseñado para facilitar el desmontaje de sus elementos tiene la ventaja de que en un futuro, cuando el cliente o el propietario así lo deseen, el costo de la remodelación (cambio en la distribución del espacio, posibles expansiones, etc.) será mucho menor comparado con un edificio tradicional, lo cual representa un valor agregado al inmueble que atraerá la atención del cliente dado que se puede adaptar a sus necesidades. Y si a esto le agregamos, una de las características fundamentales de los edificios sustentables como lo es, la reducción de los costos operativos a lo largo de la vida útil del edificio, su plusvalía aumentará considerablemente. De ahí que, aunque en ocasiones, los costos iniciales de este tipo de edificios sean mayores (de 2% a 7%, en E.U.) a los de un edificio tradicional, el propietario o futuros clientes estarán dispuestos a asumir dicha inversión extra sabiendo que los gastos durante el ciclo de vida del edificio se reducirán lo que resultará en un aumento de sus utilidades.

De acuerdo con la revista *Real State Market*, en México, la mayoría de los ejecutivos involucrados en proyectos de edificación sustentable coinciden que “a la larga, los costos inherentes a la construcción de un edificio de oficinas bajo el concepto “verde” son retribuidos ampliamente por los beneficios económicos directos e indirectos”

Esto lo expresa José Picciotto, director de Planeación y Diseño de Proyectos de Picciotto Arquitectos: “ en México, un edificio verde es más caro, se estima que se requiere una inversión adicional de entre 5 y 15%, pero el beneficio se ve a la larga porque se logran ahorros de hasta 30% de operación anual respecto a un edificio convencional. Asimismo, se debe comprender que cuanto más se invierta va a ser más eficiente, siempre y cuando se haga con inteligencia y bajo los principios de búsqueda de la sustentabilidad mediante certificaciones como LEED-NC”

## 7.1 Enfoque General

Conforme a un estudio realizado por Gregory Kats<sup>1</sup>, donde analiza el caso de 60 edificios LEED certificados, demuestra que una inversión adicional del 2% o de entre 21 a 54 dólares por metro cuadrado para un proyecto de edificación sustentable producirá ahorros, a lo largo de la vida útil del edificio, del orden de diez veces el incremento de inversión inicial. Por ejemplo, una inversión adicional de 100 mil dólares en un edificio de 5 millones de dólares generará, al menos, un ahorro de 1 millón tomando en cuenta un ciclo de vida de 20 años. Sin embargo, el porcentaje de la inversión adicional está muy relacionado con el nivel de certificación que se desee, tabla 7.1. En este trabajo se analizarán los casos bajo el sistema de certificación LEED-NC mencionado en el capítulo 2.

**Tabla 7.1 Costos adicionales dependiendo del nivel de certificación LEED-NC**

| Nivel de Certificación | Costo adicional |
|------------------------|-----------------|
| Platino                | 6.50%           |
| Oro                    | 1.82%           |
| Plata                  | 2.11%           |
| Certificado            | 0.66%           |

**Fuente: C.J. Kilbert, *Sustainable Construction 2009***

Un análisis realizado dentro del mismo estudio, concluyó que existe una correlación entre los beneficios y el rendimiento financiero obtenidos de los edificios sustentables con su nivel de certificación. En la tabla 7.2 se muestran las áreas de ahorros potenciales así como su respectivo Valor Total Presente Neto (*TNPV o Total Net Present Value*) en un horizonte de 20 años. En este caso, los ahorros de energía son del orden de 62.33 dólares por metro cuadrado, sobrepasados por los referentes a la puesta en marcha (91.18 dólares por metro cuadrado) y a los de productividad y salud. En cuanto a ésta última categoría, se puede notar un ahorro de 595.61 dólares, prácticamente diez veces más a los correspondientes a la energía, para un edificio LEED Oro o Platino. No obstante, aunque los beneficios dentro de éste ámbito son muy significativos, su cuantificación se basa en las experiencias de los proyectos de este tipo.

<sup>1</sup> Kats, Gregory. *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings*. Análisis estadístico, Estados Unidos, California's Sustainable Building Task Force, 2003.

| <b>Tabla 7.2 Ahorros en diversas categorías para edificios LEED certificados</b> |  |
|--|--|
| <b>Categoría</b>   | <b>Valor Total Presente Neto (TNPV) a 20 años, en dólares por metro cuadrado</b> |
| Energía  | 62.33  |
| Emisiones  | 12.70  |
| Agua   | 5.49   |
| Residuos (durante la construcción, 1 año)  | 0.32   |
| Puesta en marcha (operación y mantenimiento)                                     | 91.18  |
| Productividad y salud (Certificado & Plata)                                      | 397.11   |
| Productividad y salud (Oro & Platino)  | 595.61   |
| Menos inversión adicional  | -43.06   |
| TNPV, 20 años (Certificado & Plata)  | 526.07   |
| TNPV, 20 años (Oro & Platino)  | 724.57   |
| <b>Fuente: C.J. Kilbert, <i>Sustainable Construction 2009</i></b>                |  |

Por otra parte, si se considera que la inversión adicional para un proyecto de edificación sustentable va de 16.2 dólares por metro cuadrado para edificios LEED Certificados hasta de 102.2 dólares por metro cuadrado para los LEED Platino, la magnitud de los beneficios obtenidos en los edificios sustentables de alto rendimiento resulta muy sorprendente.

El monto de la inversión adicional generalmente asociada a los edificios sustentables está en función de diversos factores. El primero es que este tipo de edificios incorporan sistemas y tecnologías que no están presentes, típicamente, en los edificios tradicionales, tales como sistemas de control de agua pluvial, control integrado de la iluminación natural y artificial, sistemas de recuperación de energía, entre otros. El segundo se refiere al proceso de certificación (costos, recopilación de la información, preparación de documentos, costos de consultores) que puede aumentar el costo inicial del proyecto. Y finalmente, muchos de los productos/materiales amigables con el ambiente tienen un precio mayor a los de sus análogos, generalmente debido a que son nuevos en el mercado y su demanda está en proceso de desarrollo.

Al igual que con cualquier proyecto, el entender e incluir los aspectos económicos en el proceso de toma de decisiones es de vital importancia.

Como se describió anteriormente, el enfoque que se utiliza en la evaluación económica de un edificio sustentable de alto rendimiento es el del costo del ciclo de vida (*LCC o Life Cycle Costing*), el cual considera tanto los costos iniciales como los operativos que se producen a lo largo de la vida útil del edificio. Ambos tipos de costos son combinados en un modelo de costos que toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, el costo del capital prestado, la inflación y otros factores financieros. Estos son posteriormente combinados en un solo valor, el valor total presente neto de los costos anuales, y por lo tanto, la selección de las alternativas se basará en la evaluación de esta cantidad.

## 7.2 Aspectos de Mercado

La propuesta de proyecto para un edificio sustentable de alto rendimiento en el sector privado debe de incluir la justificación del porqué la inversión representa un buen negocio. En el intento de abordar esta cuestión, el Consejo de Construcción Sustentable de Estados Unidos editó un documento<sup>2</sup> que aborda 10 elementos que hacen de los edificios sustentables, proyectos muy factibles económicamente. A continuación se mencionarán los aspectos más importantes.

- 1) En el caso de que los costos iniciales de los edificios sustentables sean mayores a los de un edificio tradicional, se pueden recuperar gracias a los beneficios económicos que generan.
- 2) El diseño integral disminuirá los costos operativos.
- 3) Mejores edificios resultan en mejor productividad laboral.
- 4) Nuevas tecnologías mejoran la salud y el bienestar.
- 5) Edificios más sanos pueden reducir descontentos por parte del propietario y ocupantes.
- 6) Las características sustentables del edificio resultan en un valor agregado que beneficia a los inquilinos.
- 7) El valor de la propiedad aumentará.
- 8) Un edificio con menores costos operativos es fácil de vender.
- 9) La comunidad notará los esfuerzos de éste tipo de edificios, con lo que aumentará su prestigio y reconocimiento social.
- 10) La aplicación de mejores prácticas conduce a resultados más predecibles, reduciendo el riesgo y la incertidumbre de la inversión.

---

<sup>2</sup> Urban Land Institute. *Making the Business Case for High Performance Green Buildings*. Investigación económica, Estados Unidos, U.S Green Building Council, 2003.

### 7.3 Aspectos Económicos

En cuanto a la economía de los proyectos sustentables, existen dos corrientes. La primera dice que los costos de un proyecto de edificación sustentable deberían de ser iguales o menores que los de un edificio tradicional. Este argumento se basa en que mediante el diseño integral, se logra reducir las dimensiones de los sistemas mecánicos de calefacción, los eléctricos de iluminación, entre otros. Lo cual se traduciría en una disminución de los costos iniciales del proyecto. Un ejemplo de esto es el edificio del Banco ING, al sur de Ámsterdam en Holanda, construido en 1987, el cual costó alrededor de 1,500 dólares por metro cuadrado incluyendo terreno, construcción y amueblado. En aquellos tiempos, éste costo era equiparable o menor al de otros edificios de su tipo.

En contraste, el pensamiento que sigue la segunda corriente, es que los edificios sustentables de alto desempeño tendrán inevitablemente mayores costos iniciales, los cuales al incluirlos en una evaluación basada en el ciclo de vida, se alcanzarán grandes ventajas a lo largo de dicho periodo. La inversión adicional en este tipo de proyectos se debe a los nuevos sistemas que integran al edificio, más eficientes que los tradicionales, aunque a veces más complejos y costosos. Cuando se trata de analizar el *LCC* de diversas alternativas que pueden generar un alto desempeño en los edificios, existen dos tipos de costos a considerar, costos fijos y variables.

- Costos Fijos. Son aquellos que pueden ser fácilmente documentados debido a que el propietario recibe un estado de cuenta periódico de ellos (electricidad, gas, agua).
- Costos Variables. Son aquellos que son más difíciles de documentar y para los cuales se deben de hacer supuestos para su cuantificación. Ejemplos de costos variables son: mantenimiento, productividad, salud y confort de los empleados atribuibles al edificio, mejora de la calidad interior del ambiente, y reducción de emisiones.

Un análisis *LCC* que incluya únicamente costos fijos será aceptado como justificación de estrategias alternativas siempre que se realice una compensación de los costos operativos versus los costos iniciales. El hecho de incluir todos los costos variables en este tipo de proyectos puede ser más difícil de justificar dado que la información no puede ser verificada al mismo grado y con el mismo rigor que para el caso de los costos fijos.

Si el análisis de los resultados de las estrategias alternativas para un edificio sustentable de alto rendimiento está sujeto a una revisión financiera estricta por parte de quienes toman las decisiones, entonces los costos fijos verificables deben predominar en el análisis. Si hay menor rigor en el proceso de toma de decisiones, entonces, los costos variables justificables podrán ser empleados en el análisis.

## 7.4 Cuantificación de Costos y Beneficios

Un análisis del ciclo de vida para un edificio sustentable de alto desempeño puede incluir costos fijos y variables. Los siguientes son beneficios generales que se pueden incluir en un *LCC* y el ámbito de los beneficios que se pueden esperar (costos fijos) o justificar (costos variables).

### 7.4.1 Energía

Con base en el estudio realizado por Gregory Kats, los edificios sustentables consumen en promedio 28% menos energía que los edificios tradicionales y generan un promedio de 2% de su energía in-situ a partir de fuentes de energías alternativas o renovables, como celdas fotovoltaicas, reduciendo el consumo de energía a base de combustibles fósiles en un 30%. La reducción en el consumo de energía trae un segundo beneficio: una reducción en las emisiones que contribuyen al calentamiento global.

Para ejemplificar estos beneficios, se tomará el caso de dos prototipos de edificios desarrollados por el Departamento Estadounidense de Energía y el Laboratorio Nacional de Energía Renovable. El caso base se trata de un edificio de dos pisos, 1,858 metros cuadrados, con un costo de 2.4 millones de dólares que fue modelado con dos programas de simulación de energía (DOE-2<sup>3</sup> y Energy-10<sup>4</sup>) el cual se compara con un edificio sustentable de alto desempeño al cual se le sumó 47,210 dólares en costos de construcción y cerca de 2% para sus sistemas de ahorro de energía. En la tabla 7.3 se muestran los resultados obtenidos en materia de energía. El porcentaje de reducción total en los sistemas de energía resultó de un 36.8%, lo que implicó un ahorro total anual de 4,350 dólares. Así que analizando estos datos, vemos que con un incremento de 47,210 dólares para infraestructura en reducción de energía, el tiempo de retorno de la inversión (*payback*) será de 10.85 años<sup>5</sup>. Esto significa que si partimos de un ciclo de vida de 20 años, a partir del año 10.85 ya se habrá recuperado la inversión adicional inicial y los ahorros empezaran a formar parte de las utilidades del inmueble. Por lo que aparte de que este sistema se paga por sí mismo (gracias a los ahorros que produce), representa una fuente de ingresos o una reducción de costos en las finanzas del edificio.

---

<sup>3</sup> DOE 2.2 es la versión del 2009 del DOE, un programa de simulación energética del edificio y de cálculo de costos de los sistemas eléctricos, desarrollado por primera vez por el USGBC en el 2001.

<sup>4</sup> Energy-10 es una herramienta de diseño que analiza, compara e ilustra los ahorros económicos y energéticos que se pueden alcanzar entre diferentes alternativas de diseño.

<sup>5</sup> Se obtuvo mediante el cálculo del *simple payback* que consiste en dividir la inversión adicional (47,210 dólares) entre los ahorros anuales (4,350 dólares).

**Tabla 7.3 Comparación del rendimiento energético entre un edificio base y un edificio sustentable**

| Categoría    | Edificio Base<br>Costo anual de energía en dólares | Edificio sustentable de alto desempeño<br>Costo anual de energía en dólares | Porcentaje de reducción |
|--------------|--|---|-------------------------|
| Iluminación  | 6,100  | 3,190   | 47.7%                   |
| Enfriamiento | 1,800  | 1,310   | 27.2%                   |
| Calefacción  | 1,800  | 1,280   | 28.9%                   |
| Otros        | 2,130  | 1,700   | 20.2%                   |
| <b>Total</b> | <b>11,830</b>                                      | <b>7,480</b>  | <b>36.8%</b>            |

**Fuente:** Sitio web *US. Department of Energy*

#### 7.4.2 Agua

En este apartado, utilizaremos un estudio realizado por la empresa *Falcon Waterfree Technologies*, para ejemplificar los ahorros que se pueden alcanzar con la instalación de mingitorios sin agua en edificios de oficinas (Tabla 7.4). Se analizaron tres escenarios en los cuales la variable es el número de unidades a instalar, la cual está en función del número de ocupantes del edificio. Los ahorros anuales totales están integrados por la suma de los ahorros en agua potable y en agua residual.

**Tabla 7.4 Análisis de ahorros debidos a la instalación de mingitorios sin agua en lugar de mingitorios de descarga**

| Concepto  | Caso A | Caso B | Caso C |
|---|--------|--------|--------|
| Número de ocupantes                                 | 1,500  | 3,000  | 5,000  |
| Porcentaje de hombres                               | 55%    | 50%    | 60%    |
| Número de hombres                                   | 825    | 1,500  | 3,000  |
| Número de mingitorios                               | 75     | 100    | 200    |
| Usos/día/persona                                    | 3      | 3      | 3      |
| Litros/ descarga (mingitorios anteriores)           | 11.4   | 11.4   | 11.4   |
| Costo del agua en dólares / 1 m <sup>3</sup>        | 0.65   | 0.65   | 0.65   |
| Costo del tratamiento en dólares / 1 m <sup>3</sup> | 0.65   | 0.65   | 0.65   |
| Días de operación/año                               | 260    | 260    | 260    |



|   |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
| <b>Ahorros anuales por agua</b>                               |               |               |               |
| Ahorros en litros   | 7,306,943     | 13,285,350    | 26,570,700    |
| Ahorros en dólares  | 4,826         | 8,775         | 17,550        |
| <b>Ahorros anuales por tratamiento</b>                        |               |               |               |
| Ahorros en litros   | 7,306,943     | 13,285,350    | 26,570,700    |
| Ahorros en dólares  | 4,826         | 8,775         | 17,550        |
| <b>Ahorro total de agua y tratamiento en dólares</b>          | <b>9,652</b>  | <b>17,550</b> | <b>35,100</b> |
| <b>Comparación anual de costos operativos en dólares</b>      |               |               |               |
| Mingitorio de descarga  | 5,625         | 7,500         | 15,000        |
| Mingitorio sin agua   | 3,217         | 4,289         | 8,579         |
| <b>Ahorros anuales de costos operativos en dólares</b>        | <b>2,408</b>  | <b>3,211</b>  | <b>6,421</b>  |
| <b>Ahorros anuales totales en dólares</b>                     | <b>12,060</b> | <b>20,761</b> | <b>41,521</b> |
| Ahorros anuales en dólares / mingitorio                       | 161           | 208           | 208           |
| <b>Fuente: Sitio web <i>Falcon Waterfree Technologies</i></b> |               |               |               |

A partir del análisis de la tabla anterior se obtienen importantes beneficios económicos, de los cuales se puede mencionar el corto periodo de payback. Tomaremos como referencia el Caso A, el cual muestra un ahorro anual de 161 dólares, ahora bien, considerando un costo de adquisición de 300 dólares por unidad, resulta un payback de 2 años, y si a eso se le añaden los ahorros por concepto de instalación de sistemas de suministro de agua (el cual no será necesario, debido a que solo necesita conexión al drenaje), tendremos un negocio muy rentable a pesar de que su costo de adquisición sea mayor a los mingitorios de descarga.

De la misma forma que con los mingitorios sin agua, se puede analizar cada elemento que integra la infraestructura de ahorro de agua en un edificio sustentable, análisis que mostrará resultados similares que confirman la factibilidad económica tanto de los elementos como del edificio en general.

### 7.4.3 Salud y productividad

La cuantificación de los beneficios humanos para su integración en un análisis de costos del ciclo de vida se debe hacer de manera conservativa y cautelosa, dado los datos relacionados a este campo están basados en experiencias y testimonios de los ocupantes de edificios sustentables de alto rendimiento, y de los proyectos de este tipo. Sin embargo, algunos de los ejemplos en este campo son muy significativos, como lo muestran los siguientes casos:

- Un estudio realizado por el Grupo *Heschong Mahone* en el condado Orange, California, señala que los estudiantes de escuelas con aulas iluminadas por luz natural tuvieron un incremento en las calificaciones de sus exámenes; 20% en matemáticas y 26% en lectura, comparada con estudiantes en escuelas con bajos niveles de luz natural. El estudio también se aplicó en Seattle, Washington, y en Fort Collins, Colorado, donde las mejoras en las calificaciones estuvieron de entre el 7 al 18%.
- Otro análisis conducido por el mismo grupo, comparó las ventas realizadas en tiendas departamentales con domos y otras entradas de luz solar con tiendas que no tienen estas características, encontrando para el primer caso un aumento del 40% en las ventas.

Por otra parte, en cuanto a la productividad de quienes trabajan en un edificio sustentable, se ha observado un aumento que va del 0.5 al 34% debido al control personalizado, de la temperatura, iluminación y ventilación.

De acuerdo al anteriormente mencionado informe de Gregory Kats, se puede atribuir de un aumento del 1.0 al 1.5% en la productividad de los trabajadores debido al nivel de confort y calidad de aire interior que caracteriza a este tipo de edificios.

### 7.4.4 Puesta en marcha

Uno de los sellos distintivos de los edificios sustentables de alto rendimiento es que, una vez terminada su construcción, todos los sistemas son cuidadosamente revisados y validados mediante pruebas para confirmar su óptimo funcionamiento (mismo que se había previsto con los softwares de simulación) en materia energética, eléctrica, térmica, etc. Los beneficios inherentes a esta actividad son difíciles de cuantificar, por lo que la regla en la práctica es atribuirle un 10% de los ahorros de energía a la puesta en marcha.

Es así que dentro del presupuesto se tendrá que considerar la contratación de profesionales que se encarguen de esta labor y que estarán involucrados en el proyecto desde su inicio. Y a pesar de que la puesta en marcha del edificio sí aumenta los costos del proyecto, es un costo indispensable debido a que los beneficios que de ello se obtiene son invaluable, dado que asegura que su rendimiento real será igual que el de diseño (y bajo el cual se tomaron

decisiones económicas importantes). En la tabla 7.5 se incluyen los costos típicos por concepto de puesta en marcha en proyectos de edificación sustentable. Como se ve en la tabla, los costos dependerán del alcance de dicha actividad, ya sea del edificio completo o solo de ciertos sistemas en particular, como lo es el sistema eléctrico o el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (*HVAC* o *Heating, Ventilating and Air Conditioning*).

| <b>Tabla 7.5 Costos de puesta en marcha para proyectos de construcción sustentable</b> |  |
|--|--|
| <b>Categoría</b>   | <b>Costo adicional</b>                     |
| Todo el edificio   | 0.5 - 1.5% del costo de construcción       |
| Sistemas de control y HVAC   | 1.5 - 2.5% del costo del sistema mecánico  |
| Sistemas eléctricos  | 1.0 - 1.5% del costo del sistema eléctrico |
| 2da puesta en marcha<br>Aplica para edificios existentes                               | 1.83 dólares por metro cuadrado            |
| <b>Fuente: C.J. Kilbert, <i>Sustainable Construction 2009</i></b>                      |  |

### 7.5 Control de Costos Iniciales

Uno de los retos de un edificio sustentable es el hacer que los costos iniciales no estén muy por encima de los tradicionales, o al menos, dar ejemplos claros de la rapidez de la recuperación de la inversión así como de los múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos durante la vida útil del edificio.

Los costos iniciales son, generalmente, el factor principal en el proceso de toma de decisiones de cualquier proyecto. Ahora bien, considerando que un proyecto de edificación sustentable tiende a presentar un aumento en sus costos iniciales debido a la integración de nuevas tecnologías y nuevos expertos, se ha buscado la forma de tratar de administrar estos costos en el proyecto. Como resultado, a continuación se proporcionan algunas recomendaciones para el buen control de costos iniciales en un edificio sustentable de alto rendimiento.

- Asegurarse que quienes toman las decisiones del proyecto apoyan el concepto de sustentabilidad en la construcción.
- Establecer un objetivo claro al inicio del proyecto. Idealmente, la decisión de buscar la sustentabilidad del proyecto deberá tomarse antes de iniciar el proceso de tal manera que

las decisiones de los encargados de cada etapa reflejen este objetivo, permitiendo mayor flexibilidad en la toma de decisiones. Algunas decisiones sustentables que puedan ahorrar dinero (como la ubicación de la obra) deben tomarse mucho antes.

- Redactar licitaciones y contratos que muestren claramente los requerimientos de sustentabilidad. Por ejemplo, especificar el nivel de certificación o equivalente que se desea para el proyecto.
- Seleccionar equipo que tenga experiencia en el desarrollo sustentable. Contratar una sola firma que se encargue de la parte mecánica/eléctrica/hidráulica, que cuente con experiencia en sustentabilidad puede reducir hasta un 10% los costos iniciales de construcción. Buscar profesionales con un historial en resolución creativa de problemas para su integración al equipo de proyecto.
- Alentar a los miembros del equipo para conseguir la formación continua y estudio a fondo de las fuentes de información en materiales, productos, componentes y tecnologías sustentables, e información técnica/económica de los sistemas avanzados que mejorarán el rendimiento sustentable del proyecto.
- Usar un proceso de diseño integral. No hacer que los componentes sustentables se unan al resto del proyecto, se deben de integrar todas los sistemas y sus componentes dentro del esquema integral (ver el proyecto como un todo, no como la suma de sus partes). El establecimiento de un diseño integral puede conducir a un ahorro de capital. "El invertir 3% de los costos totales de un proyecto en el proceso de diseño puede resultar en, al menos, 10% de ahorros en la construcción debidos a simplificaciones en el diseño y unos cuantos cambios que mejoraran los procesos" (Kilbert, 2009).
- Explicar los procedimientos a los encargados de tomar las decisiones sin abrumarlos con demasiada información técnica. Usar un lenguaje claro y concreto. Permanecer enfocado en los objetivos. Respetar su opinión con respecto a la aversión al riesgo.
- Administrar los tiempos cuidadosamente. Seleccionar uno o dos miembros del equipo para supervisar el alcance de los sistemas y productos sustentables. Seleccionar una fecha límite para entrega de resultados por parte del equipo de investigación de tecnologías, sistemas, materiales, productos, etc. sustentables.
- Entender la importancia de la puesta en marcha y de las simulaciones. Mediante estas prácticas se asegura el buen funcionamiento del edificio lo cual implica menores costos por reparaciones futuras o imprevistos por incompatibilidad del diseño con el funcionamiento del edificio una vez que se encuentre en operación.

Las siguientes son algunas estrategias de diseño y construcción que puede ocupar el equipo de diseño para reducir los costos iniciales.

- Optimizar el sitio y la orientación. Una estrategia importante para reducir los costos iniciales recae en la aplicación adecuada de técnicas de selección del sitio y orientación de tal forma que el edificio capture la irradiación solar para iluminación y calefacción en invierno, y el uso de vegetación y otros elementos del sitio para reducir las cargas de enfriamiento en verano. La correcta y amplia explotación de técnicas de calefacción, enfriamiento y ventilación pasivas pueden resultar en sistemas HVAC más pequeños y menores costos iniciales.
- Reutilizar/renovar viejos edificios y uso de materiales reciclados. Reutilizando edificios y usando materiales y mobiliario reciclados, se salvan materiales vírgenes y se reduce la energía requerida para producir nuevos materiales. Además se disminuye el costo por concepto de adquisición de materiales nuevos.
- Reducir las dimensiones del proyecto. Un diseño que es espacialmente eficiente para satisfacer los objetivos y necesidades del proyecto, generalmente reduce los costos totales, a pesar de que el costo por unidad de área pueda ser mayor. El usar óptimamente el área de piso interior y moviendo ciertos espacios hacia el exterior del edificio puede reducir los costos iniciales de manera considerable.
- Eliminar elementos y acabados innecesarios. Un ejemplo de esta estrategia es la eliminación de techos falsos, muros o paneles de decoración y puertas (cuando la privacidad no es crítica). En el caso de la eliminación de los techos falsos, se obtendrán como resultados, además de la disminución de costos iniciales, mejor alcance de la luz dentro del inmueble y reducción de la altura de entrepiso (lo cual reducirá las dimensiones del edificio).
- Evitar el sobrediseño estructural y residuos de construcción. El dimensionamiento óptimo de los sistemas estructurales junto con el uso de técnicas avanzadas de construcción reducirán el uso de materiales sin afectar el rendimiento estructural del edificio. Diseñar para minimizar residuos en la construcción (como por ejemplo, usar materiales modulares para evitar el corte de piezas y la generación, por ende, de residuos) también minimiza los costos que implicaría el realizar los cortes del material y la disposición de los residuos.
- Analizar exhaustivamente el diseño integral, incluyendo la optimización del sistema energético. Un diseño integral puede llegar a reducir las dimensiones de los sistemas mecánicos HVAC. El uso de modelos de simulación energética permite que el rendimiento energético de un edificio sea analizado logrando optimizar el tamaño de los sistemas mecánicos. El uso de la luz natural y de ventanas operables para fines de ventilación

pasiva pueden reducir la necesidad de accesorios de iluminación artificial y enfriamiento mecánico, reduciendo de este modo los costos iniciales. Más allá de los sistemas relacionados con la energía, el diseño integral también puede reducir los costos de construcción y reducir los tiempos de obra. Por ejemplo, al involucrar a los responsables de las diferentes etapas del proyecto en la fase de planeación, se encontrarán sinergias que mejorarán notablemente el rendimiento del edificio y del proyecto en general.

- Reducir la infraestructura en sitio. Los costos se pueden reducir si alterara menos terreno y si se necesitara construir menor infraestructura. La infraestructura en el sitio se puede disminuir al planear cuidadosamente el sitio, minimizando el área de concreto impermeable, usando el paisaje natural en lugar de cubrir todo con césped, usando el drenaje natural en lugar del alcantarillado, y reduciendo otras infraestructuras artificiales siempre que sea posible.

Algunas de las medidas que se deben de seguir en cada una de las etapas del proyecto con el fin de mantener la construcción de un edificio sustentable de alto rendimiento dentro del presupuesto son:

- Establecer objetivos por equipo de trabajo, expectativas y habilidades.
- Incluir objetivos específicos dentro del programa.
- Alinear el presupuesto dentro del programa.
- Mantener la focalización en la sustentabilidad durante el diseño y la construcción.
- Optimizar los sistemas completos, no sus partes.
- Explotar los múltiples beneficios para gastos individuales.

## **7.6 Caso Estudio: Torre HSBC**

La Torre HSBC (Figura 7.1) es un rascacielos ubicado en Paseo de la Reforma, Delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México. Se encuentra frente a la glorieta del Ángel de la Independencia, y es la sede central de HSBC México. Su construcción fue finalizada en el 2006, con un costo de aproximadamente 160 millones de dólares (190 dólares por metro cuadrado) más un 1.6% adicional por concepto de sobre costos para los materiales y las instalaciones verdes y 6.7% para recursos humanos adicionales.

Cuenta con 20 pisos de oficinas, 10 niveles de estacionamiento y 2 pisos penthouse. Es utilizado por alrededor de 2,800 empleados. En el techo tiene un helipuerto y una azotea verde en una terraza de techo más abajo.

El diseño del edificio fue realizado por la firma Helmut Obata & Kassabaum, Inc. quienes buscaron crear una imagen simple que sirviera como respaldo y complemento a la Columna de la Independencia, resaltando sus texturas y formas clásicas. La fachada es una curva blanda de imagen clásica contemporánea que maneja volúmenes sencillos y elegantes pensados para resaltar la verticalidad del edificio. Otras consideraciones importantes en el diseño fueron integrar el volumen del estacionamiento con el volumen del edificio para formar una unidad, así como utilizar jardineras en la planta baja para crear un ambiente vivo y fresco.

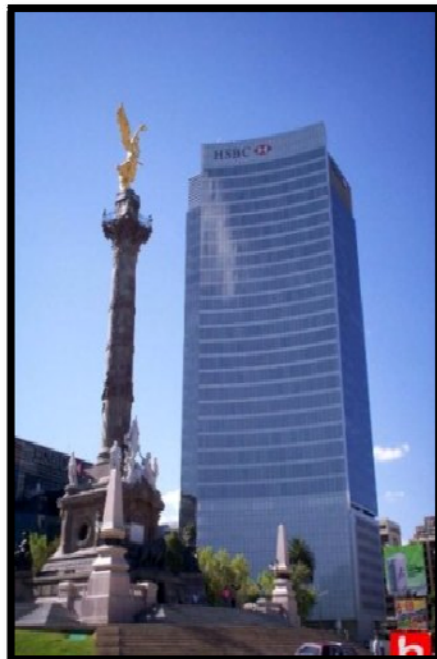


Figura 7.1 Torre HSBC, Ciudad de México. Primer edificio de Latinoamérica en obtener la certificación LEED Oro. Fuente: Sitio web *Edificios de México*

Los principios ambientales en el diseño de la Torre HSBC se ven plasmados en los elementos sustentables que la integran, como lo son:

- Reducción en el uso de agua de 63% (de 19 millones de litros por año a 7 millones) a través de inodoros eficientes, mingitorios secos y sensores de presencia en los lavabos para evitar desperdicio de agua.
- Cero uso de refrigerantes contenido CFC (clorofluorocarbonos) en los sistemas mecánicos del edificio.
- Sistema de Lutron<sup>6</sup> para eficiencia en el uso de la luz.
- Programa de gestión de residuos para su reciclaje. Figura 7.2.
- Vistas y luz natural para todas las oficinas.
- Alfombras con contenido reciclado y con bajos componentes orgánicos volátiles (*VOC's*).
- 

---

<sup>6</sup> Sistema de control de intensidad de luz que integra tres tipos de sensores: ocupación, luz de día e intensidad de luz natural.

- Bajo contenido de VOC's en pinturas y selladores.
- Educación acerca de prácticas sustentables para todos los empleados.
- Reducción del 20% en energía.
- Colectores pluviales.
- Una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Programa de uso eficiente de agua no potable.

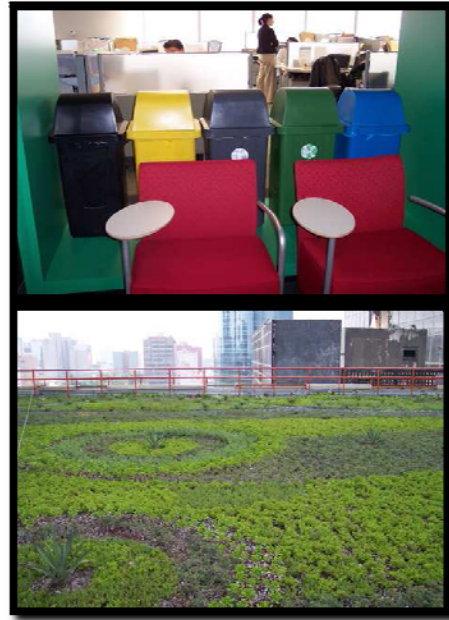


Figura 7.2 Contenedores para la separación de 5 tipos de residuos (arriba). Azotea verde (abajo). Fuente: Publicación "Case Study HSBC", *Green Building Worldwide*, 2009

### Selección del sitio

Para los empleados que utilicen bicicletas para llegar a la oficina, la Torre HSBC cuenta con espacio para estacionar 140 bicicletas y tiene 18 duchas y cambiadores. Una azotea verde (Figura 7.2) actúa como aislante, disminuyendo el efecto "isla de calor" creado por los espacios pavimentados, y trata 1% de las aguas pluviales. Además de ofrecer un espacio en donde los empleados pueden relajarse. Las aguas pluviales también son almacenadas y reutilizadas en las torres de enfriamiento en el sistema mecánico y en los inodoros. El tamaño de la cisterna que almacena el agua es de 154 m<sup>3</sup>.

### Eficiencia en el uso de agua

Se utilizaron especies nativas del sitio con demanda baja de riego de tal forma que pueden sobrevivir con la cantidad de lluvia que cae cada año. Todos los mingitorios son secos y no requieren agua. Los sensores de presencia en los lavabos controlan la cantidad de agua utilizada. Las aguas pluviales son reutilizadas en inodoros y en áreas verdes. Con estas prácticas, el edificio ahorra 12 millones de litros de agua potable cada año.



### **Energía y Atmósfera**

Un sistema de Lutron regula la intensidad de iluminación en función de la cantidad de luz natural presente en el interior del edificio. El diseño de los sistemas mecánicos cuenta con refrigerantes libres de CFC's y HCFC (Hidroclorofluorocarbonos) que no dañan la capa de ozono. En edificio cuenta con monitores de LCD con la aprobación de *Energy Star* (certificación de eficiencia energética) en todas las oficinas demandando un 80% menos de energía eléctrica que los monitores convencionales.

### **Materiales y Recursos**

Durante la etapa de construcción se siguió un plan de reciclaje de residuos y se implantó otro para su deconstrucción. Los residuos fueron separados y reciclados o reutilizados. Solo fueron tirados como último recurso. Se estima que más del 75% de los desperdicios fueron desviados del relleno sanitario. Las alfombras tienen alto contenido de material reciclado. Algunos elementos de los baños fueron construidos con material 100% reciclado.

Las pinturas que se emplearon tienen un bajo contenido VOC's certificados por *Green Seal* (certificación ecológica de materiales). Las alfombras y mueblería están certificadas por *Green Guard* (certificación que promueve la salud de los ocupantes) por ser productos con contenido reciclado y sin emisiones de VOC's. El 10% de los agregados del material de construcción es reciclado.

### **Luz Natural y Vistas**

La Torre HSBC cuenta con una fachada de cristal, lo que en conjunto con el uso de mobiliario bajo, permite que la luz natural llegue a un 90% de los espacios. Debido a que el sistema de Lutron mantiene las luces apagadas mientras haya suficiente luz de día, lo cual implica un ahorro de energía y un uso reducido de luz artificial.

En lo que se refiere a seguridad, la Torre cuenta con dos bloques de escaleras presurizadas de emergencia, equipo de protección contra incendios de acuerdo con las normas internacionales establecidas, tecnología sísmica de vanguardia y cristales de seguridad en sus fachadas.

La Torre fue equipada con las más altas medidas de seguridad sísmica, cuenta con 76 amortiguadores a lo largo de toda su estructura y 127 pilotes de acero y concreto que penetran a una profundidad de 55 metros superando el relleno pantanoso del antiguo lago de la ciudad.

Además, la Torre HSBC cuenta con un sistema de vigilancia y control electrónico del inmueble que monitorea el funcionamiento del circuito cerrado de televisión, el control de accesos, sistemas de detección de incendios y evacuación, aire acondicionado y elevadores. Este sistema es el "cerebro" que controla las instalaciones y equipo de la Torre.