

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Parámetros de diseño para escuelas
sostenibles en Costa Rica**

Proyecto de Graduación

Para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Alberto Cajiao Arce

Director de Proyecto de Graduación:

Ingeniero Manuel Martínez Guevara

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Hoja de aprobación

Miembros del Comité Asesor



Ing. Manuel Martínez Guevara, MAP

Director



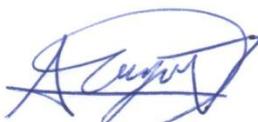
Ing. Roberto Meza Salas

Asesor



Ing. Rodrigo Altmann Ortiz

Asesor



Alberto Cajiao Arce

Estudiante

Derechos de propiedad intelectual

Fecha: 2012, setiembre 10.

El suscrito, Alberto Cajiao Arce, cédula 112090902, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **A20950**, manifiesta que es, que es autor del Proyecto Final de Graduación **“Parámetros de diseño para escuelas sostenibles en Costa Rica”**, bajo la Dirección del **Ingeniero Manuel Martínez Guevara**, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos No. 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre **el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales**”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

DEDICATORIA

A Dios.

A mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por todo el apoyo y confianza durante este proceso.

Al Comité Asesor por su compromiso con este proyecto.

A mis amigos y compañeros de estudio.

A todos aquellos que contribuyeron de una u otra forma.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

| | |
|---|---|
| 1.1 Justificación..... | 1 |
| 1.1.1 Problema específico..... | 1 |
| 1.1.2 Importancia..... | 2 |
| 1.2 Antecedentes teóricos y prácticos del problema..... | 3 |
| 1.3 Objetivos..... | 6 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 6 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 6 |
| 1.4 Metodología..... | 7 |
| 1.5 Delimitación del problema..... | 8 |
| 1.5.1 Alcance..... | 8 |
| 1.5.2 Limitaciones..... | 8 |

CAPÍTULO 2. ESCUELAS SOSTENIBLES

| | |
|---|----|
| 2.1 Definición de sostenibilidad..... | 10 |
| 2.2 Definición de construcción sostenible..... | 10 |
| 2.3 Escuelas sostenibles..... | 15 |
| 2.3.1 Beneficios de las escuelas sostenibles..... | 16 |
| 2.3.1.1 Beneficios en el aprendizaje..... | 16 |
| 2.3.1.2 Beneficios en la enseñanza..... | 17 |
| 2.3.1.3 Beneficios económicos..... | 17 |
| 2.3.1.4 Beneficios comunitarios..... | 18 |
| 2.3.1.5 Beneficios para el planeta..... | 19 |
| 2.4 Casos de éxito de escuelas sostenibles..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.1 Fossil Ridge High School..... | 22 |
| 2.4.2 Barcelona Elementary School..... | 24 |
| | |
| CAPÍTULO 3. SISTEMA DE EVALUACIÓN PARA ESCUELAS SOSTENIBLES | |
| 3.1 LEED 2009 para construcción nueva y renovaciones mayores..... | 26 |
| 3.1.1 Estructura de LEED..... | 28 |
| 3.2 LEED para escuelas..... | 32 |
| 3.2.1 Categorías y puntaje de LEED para escuelas..... | 32 |
| 3.2.1.1 Sitios sostenibles..... | 32 |
| 3.2.1.2 Eficiencia en el manejo del agua..... | 37 |
| 3.2.1.3 Energía y atmósfera..... | 38 |
| 3.2.1.4 Materiales y recursos..... | 41 |
| 3.2.1.5 Calidad del ambiente interno..... | 43 |
| 3.2.1.6 Innovación en el diseño..... | 48 |
| 3.2.1.7 Prioridad regional..... | 49 |
| 3.3 Ejemplo escuela certificada LEED..... | 49 |
| 3.3.1 Fossil Ridge High School..... | 49 |
| 3.3.1.1 El proceso..... | 50 |
| 3.3.1.2 Las finanzas..... | 51 |
| 3.3.1.3 Uso de suelo y la comunidad | 51 |
| 3.3.1.4 Sitio del proyecto y conservación del agua | 52 |
| 3.3.1.5 Energía..... | 53 |
| 3.3.1.6 Materiales..... | 55 |
| 3.3.1.7 Ambiente interno..... | 56 |

CAPÍTULO 4. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ESCUELAS SOSTENIBLES EN COSTA RICA

| | |
|---|-----------|
| 4.1 Descripción general de diseño y construcción de escuelas en Costa Rica..... | 58 |
| 4.1.1 La Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo..... | 58 |
| 4.1.1.1 Conceptos básicos en la planificación educativa..... | 61 |
| 4.1.1.2 Especificaciones técnicas (obra nueva menor, obra de mantenimiento mayor y obra de mantenimiento menor)..... | 62 |
| 4.2 Parámetros de diseño sostenible..... | 66 |
| 4.2.1 Cimentaciones..... | 66 |
| 4.2.2 Estructura..... | 67 |
| 4.2.3 Cerramientos..... | 67 |
| 4.2.4 Cubiertas..... | 68 |
| 4.2.5 Instalaciones mecánicas..... | 71 |
| 4.2.6 Instalaciones eléctricas..... | 76 |
| 4.2.7 Acabados..... | 77 |
| 4.2.8 Sistemas de ahorro energético y aprovechamiento de los recursos..... | 78 |
| 4.2.8.1 Sistemas solares..... | 78 |
| 4.2.8.2 Sistemas eólicos..... | 84 |
| 4.2.8.3 Sistemas hídricos..... | 85 |

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

| | |
|---------------------------------|----|
| 5.1 Conclusiones..... | 87 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 89 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 91 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| Tabla 2.1 Beneficios de la construcción sostenible | 13 |
| Tabla 2.2 Cuatro pilares que definen una escuela sostenible | 21 |
| Tabla 3.1 Sistemas de LEED | 28 |
| Tabla 3.2 Categorías principales de LEED 2009 para construcción nueva y remodelaciones mayores..... | 28 |
| Tabla 3.3 Puntaje requerido para las calificaciones de LEED 2009 | 29 |
| Tabla 3.4 Categorías y puntajes de LEED 2009 | 29 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Flujo del desarrollo del proyecto | 7 |
| Figura 2.1 Los tres pilares del desarrollo sostenible | 12 |
| Figura 2.2 Fossil Ridge High School | 22 |
| Figura 2.3 Paneles solares, que a su vez funcionan como parasoles | 23 |
| Figura 2.4 Césped sintético | 23 |
| Figura 2.5 Barcelona Elementary School | 24 |
| Figura 2.6 Salón de música y artes con iluminación natural | 24 |
| Figura 3.1 La biblioteca de la escuela iluminada con luz natural | 65 |
| Figura 4.1 Inversión en infraestructura y equipamiento 2008-2011 | 60 |
| Figura 4.2 Cubierta ecológica de la empresa Vivicom | 70 |
| Figura 4.3 Sistema solar de ganancia directa | 78 |
| Figura 4.4 Muro de acumulación no ventilado | 79 |
| Figura 4.5 Muro de acumulación ventilado | 79 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.6 Invernadero adosado | 85 |
| Figura 4.7 Techo de acumulación de calor | 86 |
| Figura 4.8 Captación de calor y acumulación directa | 86 |
| Figura 4.9 Sistemas de calentamiento de agua sanitaria | 87 |
| Figura 4.10 Sistema solar para la calefacción | 88 |
| Figura 4.11 Paneles fotovoltaicos para el aprovechamiento del sol | 89 |
| Figura 4.12 Sistemas eólicos | 89 |
| Figura 4.13 Sistemas de captación de aguas pluviales | 90 |
| Figura 4.14 Sistemas de recolección y tratamiento de aguas grises y jabonosas | 91 |

Cajiao Arce, Alberto
Parámetros de diseño para escuelas sostenibles en Costa Rica.
Proyecto Graduación – Ingeniería Civil – San José Costa Rica.
A. Cajiao A., 2012
xi, 94h; 23 ils.- 33 refs.

RESUMEN

La industria de la construcción, con todas sus actividades, agentes y productos asociados es uno de los mercados más lucrativos en Costa Rica. No obstante, la construcción y el desarrollo de infraestructura es quizás el mayor contribuyente al deterioro ambiental y ecológico a nivel global. A partir de este hecho, la comunidad ingenieril se ve en la obligación de crear estrategias implementables que permitan reducir y controlar los efectos de un proyecto. Se define como objetivo general de este proyecto generar parámetros de diseño sostenibles para las escuelas en Costa Rica con el fin de inculcar una cultura sostenible en la niñez y la juventud del país.

La principal herramienta para el cumplimiento de objetivos se analiza el sistema Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED por sus siglas en inglés) para escuelas, el cual toma en cuenta aspectos de ubicación del proyecto, uso eficiente del agua potable, uso eficiente de la energía, calidad del ambiente interior, materiales y recursos. Adicionalmente se consultó a especialistas en el área de la construcción sostenible para respaldar la aplicabilidad del sistema en Costa Rica.

Como principal resultado de este proyecto se obtiene una serie de recomendaciones de diseño para escuelas que abarcan los siguientes aspectos: cimentaciones, estructuras, cerramientos, cubiertas, instalaciones eléctricas, instalaciones mecánicas y acabados. Adicionalmente se presentan sistemas de ahorro energético y aprovechamiento de recursos utilizables en distintos tipos de edificaciones.

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE; ESCUELAS SOSTENIBLES; PARÁMETROS DE DISEÑO SOSTENIBLE

Ing. Manuel Martínez Guevara
Director de la investigación
Escuela de Ingeniería Civil

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.1.1 Problema específico

La Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica cuenta con seis áreas claramente definidas: Geotecnia, Hidráulica, Transportes, Estructuras, Ambiental y Construcción. Esta última área enfatiza en la proyección del estudiante en lo que corresponde a la planificación, administración y ejecución de proyectos de construcción. Si bien un Ingeniero Civil recién graduado dispone de los conceptos estudiados durante la carrera, existen diferentes aspectos, como es la construcción sostenible, sobre la que todavía no se ha acentuado su énfasis en el proceso de enseñanza. En el área de construcción uno de estos ámbitos a los que se les da escasa atención es la construcción sostenible. Este fenómeno se presenta no sólo a nivel académico sino que también en el ámbito laboral, ya que, a pesar de que existe un sinnúmero de lineamientos y directrices que regulan los proyectos y su impacto en el ambiente, en Costa Rica no existe un sistema definido que permita establecer si un proyecto es sostenible o no. A nivel internacional, en países como Estados Unidos, India, Japón, Canadá y Australia entre otros, se utilizan sistemas de evaluación para determinar la sostenibilidad de un proyecto y estas herramientas han permitido que en estos países el desarrollo de la construcción sostenible se manifieste con una mayor velocidad y efectividad que en Costa Rica.

La sostenibilidad va más allá de un material y un diseño de un proyecto. Si añoramos un país carbono neutral para el año 2021, debemos ir más allá de lo que generalmente estamos acostumbrados. Los niños y jóvenes estudiantes de nuestro país carecen de una cultura verde y un primer paso hacia esta evolución sería proporcionarles un ambiente que fomente todo tipo de prácticas sostenibles y que mejor que en sus centros educativos, donde permanecen la mayor parte del tiempo de su etapa formativa.

En Costa Rica apenas incursionamos en el tema de la construcción sostenible y mucho más aun en cuanto a centros educativos concierne, motivo por el cual este proyecto toma relevancia y funciona como el primer escalón a subir para alcanzar un desarrollo sostenible.

En este proyecto se estudiará el sistema de evaluación más relevante proveniente de los Estados Unidos. Esto se debe básicamente a nuestra dependencia económica y técnica de Estados Unidos y como la mayoría de nuestros códigos y manuales son de este origen o adaptaciones a los mismos, por lo tanto, este sería de mayor provecho que otros sistemas de evaluación que utilizan códigos y manuales a los cuales los costarricenses no estamos acostumbrados.

1.1.2 Importancia

La industria de la construcción, con todas sus actividades, agentes y productos asociados es uno de los mercados más lucrativos en nuestro país, generando miles de millones de colones y brindando empleo y sustento a miles de familias. No obstante, la construcción y el desarrollo de infraestructura es quizás el mayor contribuyente al deterioro ambiental y ecológico a nivel global. A partir de este hecho, la comunidad ingenieril se ve en la obligación de crear estrategias implementables que permitan reducir y controlar los efectos de un proyecto.

Si bien en nuestro país se debe cumplir con una serie de lineamientos ambientales a la hora de que se tramita un proyecto, esta práctica se desactualiza constantemente y ya no tiene el impacto que debería tener, de manera que responda a las necesidades ambientales y ecológicas que requiere nuestro entorno hoy en día.

Es urgente la creación a corto plazo de un sistema de evaluación de construcción sostenible que se adapte la realidad económica, tecnológica y bioclimática de Costa Rica de manera que este se pueda implementar y se empiece a crear una cultura ambientalmente amigable en el área de la ingeniería en nuestro país. Es a partir de esta necesidad donde la importancia de este proyecto toma valor, ya que al analizar el sistema de evaluación específico al diseño y construcción de centros educativos utilizados en Estados Unidos se puede generar recomendaciones que sean utilizadas como base para el desarrollo de un sistema adecuado y realista fundamentado principalmente con estudios técnicos.

1.2 Antecedentes teóricos y prácticos del problema

En la Escuela de Ingeniería Civil (EIC) de la Universidad de Costa Rica (UCR) ya se conoce la importancia y principalmente, la necesidad de generar en los estudiantes la conciencia ambiental a la hora de llevar a cabo cualquier proyecto ingenieril. Si bien los proyectos realizados en el área de construcción sostenible no están enfocados en el desarrollo de un sistema de evaluación, estos proveen una base técnica y precisa para generar el conocimiento necesario en cuanto al desarrollo de la construcción sostenible de manera que se pueda iniciar este proyecto con una fundación muy sólida. Dentro de los proyectos de graduación final realizados por estudiantes de la EIC se destacan los siguientes:

- “Construcción Sostenible en Edificaciones: Elaboración de una guía de procedimientos constructivos sostenibles” (2007. Araya, José Eliseo): este es uno de los primeros proyectos de graduación de la EIC de la UCR que da énfasis en la importancia del desarrollo teórico y práctico de la construcción sostenible en nuestro país. El proyecto consistió en la cuantificación de los desechos generados por tres proyectos habitacionales entre los 150 m² y los 300 m² de construcción. Una vez cuantificadas estas cantidades el estudiante procedió a la realización de un manual con recomendaciones aplicado al campo para la aplicación de la construcción sostenible.
- “Elaboración de una guía de procedimientos constructivos sostenibles en edificaciones nacionales, con áreas mayores a 1000 m²” (2009. Méndez, José Aníbal): este proyecto, aparte de la cuantificación de los desechos generados mide también el consumo de recursos como el agua y la electricidad. A partir de estas mediciones y de observaciones realizadas en campo por parte del estudiante, este confeccionó una guía con procedimientos constructivos sostenibles.
- “Implementación del sistema de evaluación LEED-NC V2.2 en empresas consultoras de ingeniería y arquitectura en Costa Rica” (2008. Meza, Roberto): este proyecto ya maneja conceptos globales de la construcción sostenible (también llamada verde) mediante el estudio del sistema de evaluación LEED-NC V2.2 y brinda recomendaciones a empresas consultoras para que realicen diseños verdes que cumplan con los requisitos de dicho

sistema. Adicionalmente, el proyecto propone la inclusión de un curso de construcción sostenible en la EIC.

- “Metodología y Recomendaciones para la Sostenibilidad Ambiental en Centros Comerciales” (2009. **Rodríguez, Silvia**): este proyecto se enfoca en la sostenibilidad exclusivamente de centros comerciales, y lo hace tanto en su fase constructiva como operativa de la edificación. El estudiante realizó visitas a centros comerciales en ambas fases con el fin de evaluar su impacto en el ambiente. Como producto de este trabajo se presenta una guía de metodologías y recomendaciones para la sostenibilidad en centros comerciales.
- Otro proyecto final de graduación de la EIC que se desarrolla en el marco de la **construcción sostenible** es “Construcción Sostenible en edificaciones: Elaboración de una guía de acabados para la construcción amigables para el medio ambiente” (2008. Badilla, Geimmy).
- Con una relevancia importantísima para el desarrollo de este proyecto se cuenta con “Aplicación de la herramienta de sostenibilidad SBTool al proceso de construcción de viviendas de interés social” (2009. **Salazar, Laura**). **Aquí se estudia a profundidad** la herramienta y su aplicación directa a proyectos habitacionales en nuestro país, de manera que se pueden identificar los principales obstáculos que tuvo el autor a la hora de la aplicación de SBTool en Costa Rica.

Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED por sus siglas en inglés) es un programa de estandarización para la construcción ambientalmente sostenible desarrollado por los Estados Unidos, con el objetivo de lograr edificios de alto desempeño ambiental y energético.

Existen las siguientes clasificaciones según el caso a evaluar:

- LEED-NC: para nueva construcción.
- LEED-EB: para operación y mantenimiento.
- LEED-CI: para remodelación de interiores.
- LEED-CS: para núcleo y envoltorio.
- LEED-H: para viviendas individuales.

- LEED-ND: para desarrollo de urbanizaciones.

Todos estos sistemas fueron desarrollados por comités del *US Green Building Council* (USGBC) de acuerdo con sus políticas y procedimientos que guían el desarrollo y mantenimiento de dichos sistemas de clasificación.

SBTool es un método de evaluación internacional promovido por la Unesco, con un trabajo en conjunto con más de 20 países, desarrollando un núcleo central y común para la homologación de criterios para la construcción sostenible.

Fue desarrollado por el *Green Building Challenge* en 1995 y en el 2001 pasó a ser un programa de *International Initiative for Sustainable Built Environment* (iISBE).

En Costa Rica, dentro de las normativas más fuertes se encuentra la Guía Ambiental para la Construcción de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental SETENA es un instrumento desarrollado para ser aplicado durante el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental de las obras constructivas en Costa Rica.

Esta guía tiene el propósito de servir como herramienta de evaluación ambiental a través de todos los procesos de las obras, colaborando en el cumplimiento de las buenas prácticas ambientales en la construcción, con el fin de evitar o mitigar los impactos negativos en el medio ambiente. Además se plantea como base para el establecimiento de una herramienta de evaluación para la construcción sostenible en Costa Rica.

Hipótesis

En Costa Rica la mayoría de los códigos utilizados para el diseño de obras civiles son norteamericanos. Esto significa que la mayoría de nuestros profesionales están familiarizados con este tipo de documentos. El sistema LEED es actualmente el método de mayor relevancia en los Estados Unidos.

En nuestro país se carece de un sistema adecuado que sea capaz de evaluar un proyecto desde su fase de diseño, construcción y operación desde el punto de vista de la construcción sostenible. Si bien ya se tiene mucho camino recorrido con todos los sistemas internacionales disponibles, la ingeniería costarricense debe darse a la tarea de recopilar la esencia de los códigos más relevantes y adaptarlos a uno para nuestro país, que tome en cuenta la realidad bioclimática, tecnológica y económica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Definir parámetros de diseño para la construcción de escuelas sostenibles en Costa Rica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar y consolidar el concepto de escuelas sostenibles en Estados Unidos y en el medio de Costa Rica.
- Presentar casos de éxito que representan las mejores prácticas de diseño y construcción de escuelas sostenibles en Estados Unidos.
- Describir la estructura del sistema de evaluación para la construcción sostenible *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED).
- Analizar el sistema de evaluación LEED específicamente *LEED for schools* (para escuelas).
- Presentar casos de éxito que **representan las mejores prácticas de la aplicación de "LEED for schools" en Estados Unidos y otros países.**
- Presentar sistemas de ahorro energético y aprovechamiento de los recursos

1.3 Metodología

Se utilizará información proveniente de la revisión bibliográfica, Internet, manuales, documentos oficiales de los diferentes sistemas de evaluación, opinión de expertos y opinión de usuarios (cuando proceda).

En general, el proyecto se llevará a cabo en tres grandes bloques, identificados como "Recopilación de información fundamental", "Consolidación de conceptos" y "Definición de parámetros de diseño"

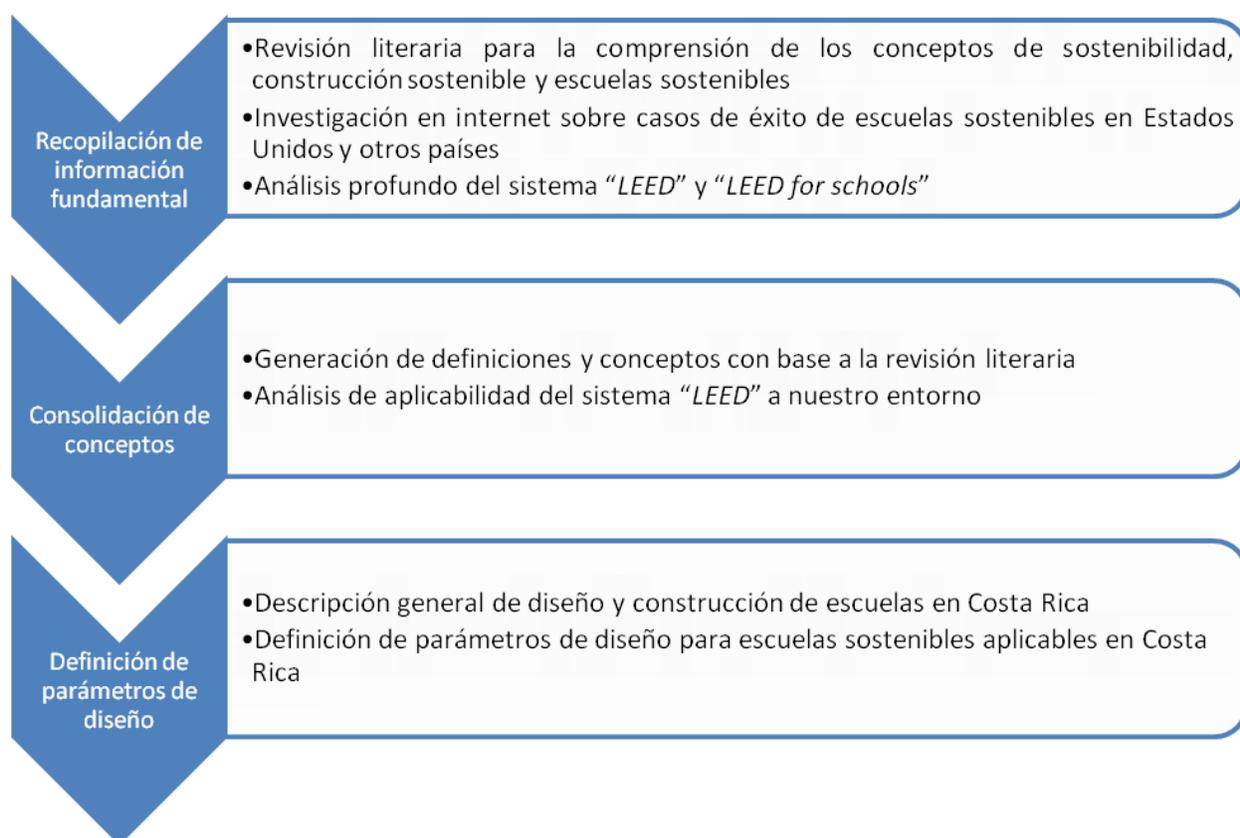


Figura 1.1 Flujo de desarrollo del proyecto.

Adicionalmente, se llevarán a cabo actividades a lo largo de todo el proyecto con el fin de mantener la información actualizada, entre las cuales destacan:

- Revisión de fuentes de información.

- Retroalimentación constante del Comité Asesor.
- **Utilización de redes sociales:** la red social "Twitter" permite el acceso a la más fresca información sobre cualquier tema. Esta se convierte en una herramienta poderosa para asegurar la actualización de información proveniente de entidades internacionales que trabajan con el tema de la construcción sostenible y escuelas sostenibles.

Después de haber analizado todos los documentos y se haya obtenido todo el conocimiento necesario se harán las recomendaciones para los parámetros de diseño para el diseño y construcción de escuelas sostenibles.

1.4 Delimitación del problema

1.4.1 Alcance

Este proyecto se desarrollará exclusivamente en el marco del sistema de evaluación anteriormente mencionado. Dentro del análisis de los mismos se recopilará la siguiente información:

- Resumen general: de dónde proviene, dónde se aplica, su objetivo y en qué consiste.

No se generará un sistema de evaluación de construcción sostenible adaptable a Costa Rica, sino que se darán las recomendaciones pertinentes que sirvan como base para futuras investigaciones y sean de beneficio para consultores y constructores. Esto se decide tras recomendación del ingeniero Roberto Meza Salas, quien con su experiencia, indica que para generar un sistema de evaluación se requiere de un equipo de aproximadamente 20 profesionales del campo.

1.4.2 Limitaciones

Usualmente en el desarrollo de proyectos de graduación una de las principales limitaciones es la carencia de información acerca del tema en cuestión. En este caso se da todo lo contrario, ya

que a nivel mundial se registra una gran cantidad de información disponible en internet. Esto presente una limitación importante, ya que la clasificación y el análisis de la información recopilada constituyen una porción importante del tiempo del proyecto.

El sistema de evaluación elegido para el proyecto se encuentra en inglés, lo que requiere un alto manejo del idioma. Si bien esto no es un obstáculo, siempre en la traducción o la interpretación de textos en un idioma distinto al nativo hay cierto porcentaje de información que se filtra durante el proceso.

Otra limitación de peso es que muchos documentos importantes relacionados con los sistemas no se obtienen de forma gratuita, todo lo contrario, tienen costos de cientos de dólares americanos y por motivos obvios no se podrán obtener todos estos documentos.

2. ESCUELAS SOSTENIBLES

2.1 Definición de sostenibilidad

Desde su aparición, el ser humano ha buscado insaciablemente la manera de desarrollarse tanto personalmente como en sociedad. Este constante deseo de desarrollo ha llevado consigo muchísimas repercusiones tanto positivas como negativas, tal es el caso del deterioro del medio ambiente. En el último siglo han nacido nuevos conceptos tales como sostenibilidad y desarrollo sostenible, cuyas ideologías pretenden que el modelo de progreso de la humanidad se dé en armonía con el medio ambiente con el fin de preservar los recursos naturales y evitar al máximo el deterioro del ambiente.

Para Jose Eliseo Araya la sostenibilidad *"consiste en que los seres humanos nos sepamos adaptar a un factor limitante: la capacidad del entorno de asumir la presión humana para que los recursos naturales no se degraden de forma irreversible."* (Araya, 2007)

La Carta de la Tierra es una declaración internacional de principios para la construcción de una sociedad global justa, sostenible y pacífica. Fue redactada en la Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro en 1992. La misma fue producto de un proceso participativo en el cual participaron diferentes organizaciones de todo el mundo. La definición de sostenibilidad utilizada en esta **cumbre lee de la siguiente manera:** *"desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades."*

En vista de lo anterior, se puede entender el concepto de sostenibilidad como el equilibrio entre el ser humano y su desarrollo, de manera tal que el uso de los recursos de su entorno se dé de una manera controlada y optimizada, permitiendo la existencia y abundancia de los mismos para futuras generaciones.

2.2 Definición de construcción sostenible

Hoy en día el desarrollo sostenible es un tema que ha tomado mucha importancia debido al acelerado crecimiento poblacional y por consiguiente el desarrollo urbano. Esto, sumado al

rápido incremento de actividades económicas genera una explotación desmedida de los recursos naturales, a tal punto que no sólo la abundancia, sino también la existencia de los mismos se ve amenazada significativamente.

El desarrollo sostenible y la construcción sostenible, si bien no son lo mismo, van de la mano de manera que la construcción sostenible y adoptar los conceptos que ella encierra se convierte en un gran paso hacia un desarrollo sostenible de la humanidad.

(Kibert, 2008) define la meta de la construcción sostenible como “crear y operar un ambiente construido saludable basado en la eficiencia de recursos y diseño ecológico.”

(Campos, 2008) menciona que “la construcción sostenible abarca, no sólo la adecuada elección de materiales y procesos constructivos, sino que se refiere también, al entorno urbano y al desarrollo del mismo.”

(Ramírez Zarzosa, 2002) afirma que “la construcción sostenible se puede definir, como aquella que teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales”.

(Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1998) presenta los principios básicos que conforman la construcción sostenible y que pueden ser considerados ecológicos, según Charles Kibert durante la primera Conferencia sobre Construcción Sostenible en 1994:

1. Conservación de recursos
2. Reutilización de recursos
3. Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción
4. Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones.
5. Reducción de la utilización de la energía
6. Incremento en la calidad, tanto en lo que respecta a materiales, como a edificaciones y ambiente urbanizado

7. Protección del medio ambiente
8. Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios

Cabe recalcar, que si bien lo anterior corresponde a edificaciones u obras nuevas, la construcción sostenible se interesa también en prácticas de reutilización de edificaciones, de hecho se cree que un proyecto es mucho más sostenible cuando se utilizan obras o edificaciones existentes en lugar de crear un proyecto totalmente nuevo.

Si bien todo lo anterior es cierto, la sostenibilidad en edificaciones va más allá de los puntos anteriormente expuestos. Sostenibilidad encierra un compromiso con la ecología, la sociedad y la economía.

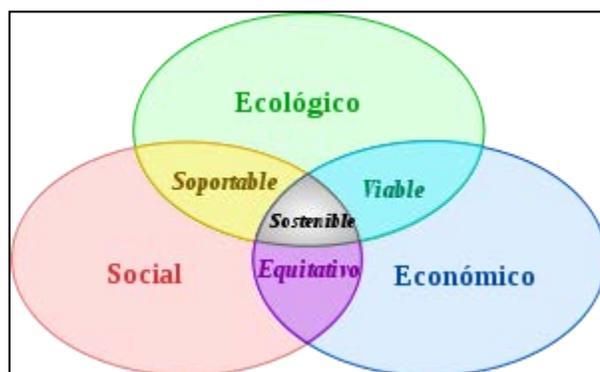


Figura 2.1 Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible.

Fuente: www.wikipedia.com

Según la Figura 1, la sostenibilidad se alcanza cuando se da el equilibrio entre el impacto ambiental, social y económico de un proyecto. Por ejemplo, si se propone la construcción de una escuela en una comunidad, la cual posee todas las características de una construcción sostenible, y que, por ser una escuela, traerá beneficios a la comunidad en la que se encuentra (social) pero el costo del proyecto o bien el costo operativo de la escuela es muy elevado, el proyecto se consideraría como soportable, mas no sostenible. Sin duda alguna, la Figura 1 refleja el por qué muchos de los proyectos que se consideran sostenibles en realidad no lo son. Generalmente alguno de estos tres factores se deja de lado y no se logra alcanzar el estado ideal de sostenibilidad.

Con lo anterior en mente, toma fuerza la definición de construcción sostenible de (WWF, 1993) que dice que “el término de Construcción Sostenible abarca no sólo los edificios propiamente dichos, sino que también debe tener en cuenta su entorno y la manera cómo se comportan para formar las ciudades. El desarrollo urbano sostenible deberá tener la intención de crear un entorno urbano que no atente contra el medio ambiente, con recursos, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética, sino también en su función, como un lugar para vivir.”

Si bien la construcción sostenible trae, claramente, menor impacto y por lo tanto ventajas ambientales en comparación con la construcción convencional, uno de sus valores agregados es que este tipo de proyectos traen beneficios no sólo ambientales, sino también sociales y económicos. Se puede consolidar toda la información anterior afirmando que la construcción sostenible trae beneficios ambientales, sociales y económicos, los cuales se ven resumidos en la Tabla 2.1

| Rubro | Económico | Social | Ambiental |
|---------|---|--|--|
| Sitio | Costos reducidos en preparación del sitio y parqueos. | Mejora en la estética. Más opciones de transporte para empleados. | Preservación de tierras y acuíferos. Menor uso de recursos y menor contaminación |
| Agua | Menor costo por consumo durante la etapa de operación y por inversión en plantas de tratamiento | Preservación del agua para futuras generaciones y para uso recreacional y en agricultura. Plantas de tratamiento de menor capacidad. | Menor uso de agua potable y descargas; menor impacto a los ecosistemas acuáticos; preservación de recursos para la vida silvestre y agricultura. |
| Energía | Menores costos iniciales de combustibles y de | Mejores condiciones de comodidad para los ocupantes. Menos | Menor uso de electricidad y combustibles fósiles. |

| | | | |
|------------------------------|---|---|---|
| | electricidad. Menor demanda de energía. | plantas generadoras de poder y líneas de transmisión. | Menor contaminación al aire y emisiones de CO ₂ . |
| Materiales y recursos | Menor costo inicial por materiales reutilizados o reciclados y duraderos. | Menos rellenos sanitarios, mejor mercado para productos acorde con el medio ambiente. | Menos carga en rellenos sanitarios, y menor deforestación. Mayor interés hacia el reciclaje. |
| Calidad del ambiente interno | Mayor productividad. Menos ausencias por enfermedades y costos por aseguradoras. | Menores impactos en la salud, más comodidad y satisfacción de los ocupantes y mejor productividad individual. | Mejor calidad del aire incluyendo menores emisiones de compuestos volátiles orgánicos y dióxido de carbono. |
| Operación y mantenimiento | Menores costos por energía y quejas de los ocupantes. Mayor vida útil del edificio y su inmobiliario. | Mejoramiento de la salud, satisfacción, productividad y seguridad del ocupante. | Menor consumo de energía, emisión de contaminantes al aire y vertido de aguas. |

Fuente: Acuña Daniel, 2007. Análisis de la metodología de evaluación de edificios sostenibles LEED para su aplicación en Costa Rica

(Acuña, 2007) también afirma que "la construcción sostenible, si bien ha tenido una gran aceptación en muchos países, también se ha topado con obstáculos que impiden que su crecimiento sea aún mayor, como por ejemplo:

- Desmotivación ante mayores inversiones iniciales.
- No se utiliza el concepto de costo de ciclo de vida.
- Falta de interés hacia los asuntos ambientales asociados a la construcción.
- Se cree que la sostenibilidad arriesga la seguridad.
- Falta de fondos para la investigación.

- Prevalece el pensamiento convencional.
- Ignorancia sobre el tema y miedo al cambio.

2.3 Escuelas sostenibles

Dentro del desarrollo de nuestra sociedad en términos de infraestructura podemos encontrar diferentes tipos de edificaciones: centros comerciales, residenciales, hoteles, oficinas, institucionales, etc. Dentro de este último grupo cabe una edificación muy particular el cual es las escuelas o centros educativos.

Al promover el diseño y la construcción de nuevas escuelas sostenibles o “verdes” y transformando escuelas actuales en verdes se puede alcanzar un tremendo impacto en la salud del estudiante, los costos operativos del centro educativo y el ambiente.

Las escuelas verdes son más que edificaciones. Son lugares donde los niños aprenden las maravillas del mundo y los profesores preparan las siguientes generaciones de ciudadanos y líderes de un país. Estas escuelas están construidas y operadas para contar con un aire puro y luz natural y para ser libre de materiales tóxicos y químicos dañinos.

Las escuelas verdes son eficientes en el consumo de energía, ayudando a disminuir los costos de operación, conservan los recursos y reducen el desperdicio. Las escuelas verdes demuestran un compromiso de la comunidad con sus niños y su futuro, quienes a cambio, aprenden desde temprana edad la importancia y los beneficios de actuar responsablemente en su comunidad y en el planeta.

Curiosamente, las escuelas verdes no tienen que ser necesariamente escuelas nuevas. Estableciendo políticas para reducir los desechos, incrementar la utilización de transporte público o grupal y promover la adquisición de productos ambientalmente preferibles son algunos **simples cambios que se pueden implementar para empezar a “enverdecer” una escuela.** Adicionalmente, se puede desarrollar un plan para introducir y mejorar los sistemas actuales y tecnológicos de la edificación enfocándose primero en estrategias de alto impacto que facilitan

resultados inmediatos y/o que tengan un impacto en la salud del estudiante y el bienestar general de los ocupantes.

2.3.1 Beneficios de las escuelas sostenibles

2.3.1.1 Beneficios en el aprendizaje

- El Hospital de Niños de Costa Rica participó en un estudio internacional epidemiológico sobre poblaciones menores de 14 años, en el cual se indica que en el año 2006 hubo más de 150.000 casos de asma en 59 países del mundo. En 1989 la prevalencia de asma en Costa Rica entre la población infantil (menores de 14 años) era de un 23,4% mientras que el dato correspondiente al año 2003 revela una prevalencia del 33,2% en esa misma población (www.nacion.co.cr Mayo 2006). Controlar la exposición a factores ambientales internos, tales como el monóxido de carbón, polvo y polen puede prevenir **más del 65% de casos de asma en escolares, según reporta el "American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine"**
- El Departamento de Educación de los Estados Unidos indica que más del 20% de las escuelas públicas reportan tener condiciones insatisfactorias de la calidad del aire en el interior de la edificación. La Universidad de Carnegie Mellon ha demostrado en estudios que el mejoramiento de la salud general promedio incrementó un 41% debido a técnicas de mejoramiento del ambiente interno.
- Cuando se eliminan químicos tóxicos (frecuentemente encontrados en la pintura, pisos, muebles y productos de limpieza entre otros) los ocupantes reportan menos irritación de ojos y garganta e incidentes relacionados al asma.
- Optimizar la acústica de los salones para que los estudiantes puedan escuchar es primordial para su educación y ayuda también a conservar la salud de las cuerdas vocales de los profesores. Al trabajar en un ambiente de alto desempeño acústico los estudiantes y profesores reciben las condiciones para entablar una comunicación efectiva. De esta manera, las escuelas verdes promueven la participación y reduce las distracciones.

2.3.1.2 Beneficios en la enseñanza

Los profesores en escuelas verdes están más satisfechos con el ambiente dentro de la escuela, lo que ayuda a incrementar la retención de los mismos. Aumentando la retención de los profesores se ayuda a disminuir el reemplazamiento de personal, reclutamientos, entrenamientos y todos los costos asociados.

Las escuelas verdes funcionan como herramientas de aprendizaje. Los profesores pueden utilizar la edificación como la base de proyectos en el aprendizaje experimental. Las escuelas verdes proporcionan una clara oportunidad para conectar a los estudiantes con temas en tecnología ambiental y científica e inclusive hasta con las matemáticas. Por ejemplo, los estudiantes pueden darle seguimiento y monitorear los ahorros de energía, se puede analizar y comparar la diferencia entre productos de limpieza tradicional y productos verdes en clases de química y para estudios sociales los estudiantes pueden analizar el impacto que la escuela tiene sobre la comunidad. Cada estudiante se puede beneficiar de la oportunidad de aprendizaje en cuanto a las relaciones del hábitat natural y el ambiente construido.

2.3.1.3 Beneficios económicos

De acuerdo con el "Greening America's Schools: Costs and Benefits" de Greg Kats, las escuelas verdes utilizan 33% menos energía y 32% menos agua que las escuelas convencionales, reduciendo de manera significativa los costos de operación.

Por ejemplo, si en los Estados Unidos todas las escuelas verdes nuevas o renovaciones siguieran los métodos verdes ese país se ahorraría aproximadamente \$20 millones en los siguientes diez años.

Los ahorros generados en las escuelas verdes provienen de diferentes fuentes, incluyendo ahorros en el consumo de energía en la calefacción y el aire acondicionado, iluminación eficiente y sensores de ocupación, estrategias para el uso de la luz natural, uso eficiente del agua y menores costos de operación y mantenimiento. La jardinería en las escuelas verdes puede minimizar el uso del agua y reducir los costos de mantenimiento debido a la utilización exclusiva

de especies nativas de la zona, recolección de aguas pluviales y sistemas innovadores de irrigación.

2.3.1.4 Beneficios comunitarios

Al invitar a la comunidad a ser parte del proceso colaborativa de enverdecer las escuelas, así como incluirla en las constantes iniciativas sostenibles una escuela verde puede convertirse una fuente de orgullo cívico.

Contratistas locales pueden contribuir con los estudiantes en el proceso de determinar los ahorros generados debido a la utilización de paneles solares. Arquitectos paisajistas pueden ser invitados a investigar con los estudiantes en clases de biología sobre las especies nativas de la zona y cómo se puede ahorrar el agua. Los estudiantes pueden planear programas de reciclaje comunitarios basados en los mismos esfuerzos de su escuela. Los estudiantes se pueden convertir en embajadores de la sostenibilidad educando a sus familiares, amigos y su comunidad. La página en internet de la escuela puede proveer una oportunidad para compartir las iniciativas de la escuela con la comunidad y así conectar de una manera más contemporánea a ambas partes.

Las escuelas verdes también aumentan el valor de las propiedades. En los Estados Unidos, las escuelas verdes reconocidas han incrementado el valor de las propiedades cercanas a ellas, propiciando así diferentes inversiones de terceras partes en la comunidad, generando empleos y sirviendo como pilar de una comunidad vibrante.

Las escuelas de calidad son un factor importante en la decisión de compradores de casas. En un mercado difícil de bienes raíces cada detalle cuenta, lo que refuerza el valor de construir o transformar las escuelas con el fin de incrementar el valor de sus propiedades.

2.3.1.5 Beneficios para el planeta

Las escuelas verdes no solo conservan energía y agua, sino que también reducen el impacto ambiental en general a través de prácticas responsables entre la interacción de la construcción y los ecosistemas locales.

Lo anterior se alcanza debido a diferentes factores, entre los cuales destacan los esfuerzos de reciclaje durante y después la construcción, jardinería con especies nativas de la zona y prácticas que reducen la demanda de la infraestructura municipal. Los edificios verdes están contruidos con materiales sostenibles, reciclados y reciclables, asimismo los productos utilizados dentro del mismo. También reducen la utilización de combustibles fósiles impactando directamente las emisiones de dióxido de carbono y otras formas de contaminación.

Las escuelas sostenibles o escuelas verdes son los agentes más efectivos para promover un cambio ambiental y educacional positivo en las escuelas y comunidades y por ende, en la **sociedad. “Enverdecer” las escuelas se está convirtiendo rápidamente en algo más que una** tendencia, en algunos países, como Estados Unidos, se convierte, hoy en día, en el método de elegido para brindar espacios de aprendizaje saludables, cómodos y productivos mientras se ahorra energía, recursos y dinero.

Una escuela verde mejora la salud y la eficiencia energética de su entorno, asegura una educación ambiental basada en la ciencia y en la práctica y una educación cívica en el aula, implementa opciones de alimentación saludable en los comedores, promueve alternativas de diferentes medios de transporte y expande las opciones recreativas y las oportunidades para los estudiantes.

Los beneficios de las escuelas verdes se encuentran hoy en día bien definidos y varían desde reducciones significativas en las emisiones de gases de efecto invernadero hasta ahorros económicos impresionantes en el consumo de energía. Mejoran los resultados de los estudiantes y la retención de alumnos y profesores así como una mejora significativa en la salud de los ocupantes. Estudios han demostrado que las escuelas verdes reducen la cantidad de días que los estudiantes se reportan enfermos, mejoran la salud de estudiantes con diabetes, asma y

otras enfermedades respiratorias. Asimismo, reducen la inequidad social dentro de la escuela, aumentan la motivación del estudiante y proporcionan en general un ambiente educativo más enriquecedor.

A pesar de lo que mucha gente cree, las escuelas verdes cuestan en promedio un poco menos del 2% adicional que una escuela tradicional (edu.earthday.org) y su retorno de inversión se recibe en un par de años debido a los ahorros en las cuentas de consumo de energía. Una escuela verde utiliza 33% menos de energía y 32% menos de agua. (edu.earthday.org)

Existen varios aspectos o características que pueden describir si una escuela es sostenible, dentro de los cuales destacan:

- Conserva la energía y los recursos naturales
- Alta calidad del ambiente interno
- Remueve materiales tóxicos de lugares donde los estudiantes aprenden y juegan
- Emplea estrategias de luz natural y optimiza la acústica de los salones
- Utiliza la compra sostenible y prácticas verdes de limpieza
- Aumenta el conocimiento en materia ambiental de los estudiantes
- Disminuye el consumo de agua y manejo de aguas residuales
- Motiva los esfuerzos de administración de desechos para beneficiar a la comunidad
- Conserva agua fresca para beber y administra la escorrentía de aguas pluviales
- Fomenta el reciclaje
- Promueve la protección de los hábitats
- Reduce la demanda de relleno sanitario local

Si se analiza toda la información interior se pueden establecer cuatro pilares en los cuales se encierra la definición de escuela sostenible, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

| Tabla 2.2 Cuatro pilares que definen una escuela sostenible | | | | |
|---|---|--|---|--|
| Pilar | Ambiente interno | Uso sostenible de recursos | Espacios verdes y saludables | Educación ambiental y compromiso con la comunidad |
| Objetivo | Liberar los espacios de tóxicos | Utilizar recursos sosteniblemente | Crear un espacio verde y saludable | Enseñar, aprender y comprometer |
| Acciones | Salud ambiental. Sin pesticidas, ni plomo, ni moho. Construcción y productos de limpieza sostenibles. Evitar construir en sitios contaminados | Eficiencias energéticas y alternativas. Diseño de construcción verde. Suministros escolares ambientalmente amigables. Reducir, reusar, reciclar. | Jardines y espacios verdes. Comida saludable en los comedores. Productos orgánicos. | Clases de educación ambiental. Aprendizaje experimental. Involucramiento de los estudiantes y la comunidad en las iniciativas de sostenibilidad. |

2.4 Casos de éxito de escuelas sostenibles

2.4.1 Fossil Ridge High School, Colorado, Estados Unidos

Descripción general

- Localización: Fort Collins, Colorado
- Construcción nueva
- Área: 27500 m²
- Descripción: edificio de 3 niveles
- Entorno suburbano
- Finalizada en agosto de 2004



Figura 2.2 Fossil Ridge High School.

Fossil Ridge High School fue diseñada para recibir 1800 estudiantes. La escuela se divide en tres “comunidades de aprendizaje” y cada una de esas comunidades contiene oficinas administrativas, áreas de trabajo para los estudiantes, laboratorios de computadora y áreas de casilleros para 600 estudiantes.

El Distrito Escolar de Poudre, al cual pertenece la escuela en cuestión, enfatiza en la eficiencia energética de sus edificios, así como una buena ubicación y orientación, detalles constructivos y dimensiones apropiadas.

La eficiencia energética constituye el parámetro principal del diseño de la escuela. Un caparazón altamente aislado reduce las necesidades de calefacción y aire acondicionado, ventanas operables permiten la ventilación natural y la luz natural reduce la necesidad de luz artificial. Asimismo, sensores de movimiento aseguran que la luz artificial sea utilizada únicamente en los momentos necesarios. Los sistemas mecánicos del edificio incluyen paneles fotovoltaicos y almacenamiento de energía.



Figura 2.3 Paneles solares, que a su vez funcionan como parasoles.

Adicionalmente, accesorios de bajo flujo reducen el uso de agua potable del edificio. En el exterior, el uso de aguas pluviales para la irrigación y el uso de césped sintético para las canchas deportivas contribuyen significativamente a la reducción del uso de agua potable.



Figura 2.4 Césped sintético

Las características sostenibles del mismo edificio son utilizadas para enseñar a los estudiantes, al personal y a los visitantes como las estrategias verdes han sido integradas en su ambiente construido.

2.4.2 Barcelona Elementary School

Descripción general

- Localización: Albuquerque, Nuevo México
- Clima: seco
- Construcción nueva
- Área: 1200 m²
- Descripción: un edificio simple
- Entorno suburbano
- Finalizada en noviembre de 2009



Figura 2.5 Barcelona Elementary School.

Este proyecto consistió en la adición a la escuela de un salón constituido por 8 salones de clases, un salón para música y artes, una bodega, espacio para los padres, oficina, batería de baños, cuarto de pilas y los cuartos para el manejo de los sistemas eléctricos y mecánicos.

El equipo de diseño de este edificio se enfocó principalmente en la calidad del ambiente interno, la educación y la eficiencia energética y del uso de agua potable. Con el 88 % de las clases iluminadas con luz natural se logra ahorrar una cantidad significativa de energía asociada a la iluminación. Desde el 95 % de los espacios de los salones existe visibilidad hacia el exterior.

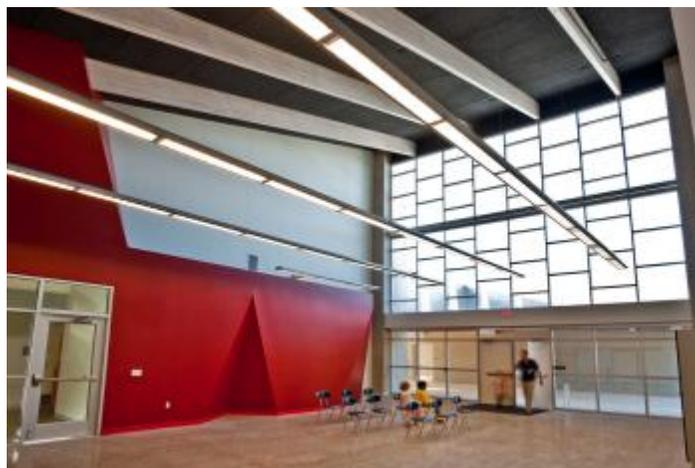


Figura 2.6 Salón de música y artes con iluminación natural.

La educación ambiental no solo es parte del programa de la escuela sino que también se ha abierto la posibilidad al público para aprender de las características sostenibles de la escuela. El desempeño energético de esta escuela es 30 % más eficiente en cuanto a costo en comparación con otras escuelas que utilizan sistemas convencionales. Albuquerque es una zona desértica, por lo que el ahorro de agua potable es trascendental; la escuela ha reducido su consumo en un 50 % al utilizar accesorios de bajo flujo y dejar de utilizar agua potable para la irrigación.

3. SISTEMA DE EVALUACIÓN PARA ESCUELAS SOSTENIBLES

3.1 Sistema de evaluación LEED 2009 para construcción nueva y renovaciones mayores

El ambiente construido ha generado y genera un impacto muy alto en el ambiente natural, en la economía, en la salud y la productividad. Nuevos descubrimientos y estrategias en métodos constructivos, tecnología y operaciones se encuentran a la mano para diseñadores, constructores, operadores y propietarios que quieren desarrollar proyectos verdes y maximizar el desempeño económico y ambiental de su edificio.

El Consejo de Construcción Sostenible de los Estados Unidos (USGBC por sus siglas en inglés) es una organización sin fines de lucro comprometida con un futuro próspero y sostenible a través de edificios sostenibles rentables económicamente y eficientes en el uso de energía. El USGBC trabaja para la transformación del mercado mediante su sistema de calificación y certificación **LEED** ("*Leadership in Energy and Environmental Design*") para construcciones sostenibles y programas constantes de educación entre otros.

El sistema LEED de certificación de construcciones sostenibles es el programa más utilizado en los Estados Unidos y en muchos países del mundo para calificar el diseño, la construcción y operación de edificios sostenibles. Actualmente 35000 proyectos participan del sistema LEED, abarcando más de 4,5 billones de pies cuadrados de construcción en los 50 estados de Estados Unidos y otros 91 países.

Al consumir menos energía, las edificaciones con certificación LEED ahorran dinero a familias, negocios y contribuyentes; reducen las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero y contribuyen a un ambiente más saludable para sus usuarios y a la comunidad en general.

La certificación LEED provee una verificación independiente, realizada por un tercero, que una edificación fue diseñada y construida utilizando estrategias que apuntan hacia un alto desempeño en las siguientes áreas de la salud humana y ambiental: desarrollo sostenible del

sitio, ahorro en el consumo de agua, uso eficiente de la energía, selección de materiales y calidad ambiental interna.

La participación de LEED le facilita a propietarios y usuarios las herramientas necesarias para alcanzar un impacto inmediato y medible sobre el desempeño de su edificio. La certificación LEED genera beneficios tanto económicos como ambientales.

Los edificios certificados por LEED están diseñados para reducir los costos operativos e incrementar el valor del activo, reducir los desechos enviados a los rellenos sanitarios, conservar energía y agua, ser más saludables y seguros para sus ocupantes, reducir los gases que generan el efecto invernadero entre otros.

LEED promueve un enfoque integral hacia la sostenibilidad al reconocer el desempeño en diferentes áreas:

- Sitios sostenibles
- Eficiencia en el uso de agua
- Energía y atmósfera
- Materiales y recursos
- Calidad ambiental interna
- Ubicación y vínculos
- Conciencia y educación
- Innovación en el diseño
- Prioridad regional

Existen diferentes tipos de proyectos y edificaciones que LEED certifica con un sistema de evaluación específico para cada uno de ellos, los sistemas se presentan a continuación.

Tabla 3.1 Sistemas de LEED

| | |
|--|------------------------------------|
| Diseño y construcción sostenible | LEED para construcción nueva |
| | LEED para núcleo y cubierta |
| | LEED para escuelas |
| | LEED para centros de salud |
| | LEED para ventas |
| Diseño y construcción sostenible de interiores | LEED para comerciales interiores |
| | LEED para ventas interiores |
| Operaciones y mantenimiento sostenible | LEED para edificaciones existentes |
| | LEED para escuelas existentes |
| Diseño y construcción de viviendas sostenibles | LEED para viviendas |
| Desarrollo sostenible comunal | LEED para el desarrollo comunal |

3.1.1 Estructura de LEED

Tabla 3.2 Categorías principales de LEED 2009 para construcción nueva y remodelaciones mayores

| Categoría | Puntaje máximo |
|---------------------------------|----------------|
| Sitios sostenibles | 26 |
| Eficiencia en el manejo de agua | 10 |
| Energía y atmósfera | 35 |
| Materiales y recursos | 14 |
| Calidad del ambiente interno | 15 |
| Proceso de diseño e innovación | 6 |
| Prioridad regional | 4 |
| Puntaje total máximo | 110 |

El número de puntos disponibles en cada categoría se estableció para indicar el peso relativo que tiene cada una de ellas en la determinación de una edificación sostenible.

El puntaje total de LEED 2009, el cual equivale a la suma del puntaje obtenido en cada una de las categorías, resulta en la calificación del edificio en cuestión. A continuación se presentan las diferentes calificaciones con sus respectivos puntajes.

Tabla 3.3 Puntaje requerido para las calificaciones de LEED 2009

| Puntaje | Calificación |
|------------|--------------|
| 80 o más | Platino |
| 60-79 | Oro |
| 50-59 | Plata |
| 40-49 | Certificado |
| 25 o menos | No califica |

En cada categoría se cuenta con prerequisites y rubros individuales, los cuales tienen su respectivo puntaje, los cuales se muestran a continuación. Tanto los prerequisites como los rubros individuales serán explicados más adelante.

Tabla 3.4 Categorías y puntajes de LEED 2009

| Sitios sostenibles: 26 puntos posibles | |
|--|-----------|
| Prerrequisito 1 Control de erosión y sedimentación | Requerido |
| 1.1 Selección del sitio | 1 |
| 2.1 Densidad de desarrollo y conectividad con la comunidad | 5 |
| 3.1 Reurbanización del terreno | 1 |
| 4.1 Opciones de transporte (transporte público) | 6 |
| 4.2 Opciones de transporte (parqueo de bicicletas) | 1 |
| 4.3 Opciones de transporte (vehículos de consumo eficiente) | 3 |
| 4.4 Opciones de transporte (capacidad de parqueo) | 2 |
| 5.1 Alteración del sitio (protección o restauración del hábitat) | 1 |
| 5.2 Alteración del sitio (maximización del espacio abierto) | 1 |
| 6.1 Manejo de aguas (cantidad) | 1 |
| 6.2 Manejo de aguas (tratamiento) | 1 |
| 7.1 Efecto isla de calor (no techado) | 1 |

| | |
|--|-----------|
| 7.2 Efecto isla de calor (techado) | 1 |
| 8.1 Contaminación luminosa | 1 |
| Eficiencia en el manejo de agua: 10 puntos posibles | |
| Prerrequisito 1 Reducción del uso de agua | Requerido |
| 1.1 Reducción del agua potable para riego | 2-4 |
| 2.1 Tecnologías innovadoras para la disposición de aguas | 2 |

| | |
|---|-----------|
| Energía y atmósfera: 35 puntos posibles | |
| Prerrequisito 1 Inspección de los sistemas del edificio | Requerido |
| Prerrequisito 2 Desempeño mínimo de energía | Requerido |
| Prerrequisito 3 Reducción de clorofluorocarbonos (CFC) | Requerido |
| 1.1 Optimizar desempeño de energía | 1-19 |
| 2.1 Energía renovable en sitio | 1-7 |
| 3.1 Inspecciones adicionales | 2 |
| 4.1 Protección del ozono | 2 |
| 5.1 Medición y verificación | 3 |
| 6.1 Poder verde (energía renovable) | 2 |
| Recursos y materiales: 14 puntos posibles | |
| Prerrequisito 1 Recolección de productos reciclables | Requisito |
| 1.1 Reuso del edificio (mantener paredes existentes, pisos y techos) | 1-3 |
| 1.2 Reuso del edificio (mantener elementos internos no estructurales) | 1 |
| 2.1 Manejo del desperdicio en la construcción | 1-2 |
| 3.1 Reutilización de materiales | 1-2 |
| 4.1 Contenido reciclado | 1-2 |
| 5.1 Materiales locales | 1 |
| 5.2 Materiales locales (del 20% de 5.1, 50% del sitio) | 1-2 |
| 6.1 Materiales rápidamente renovables | 1 |
| 7.1 Madera certificada | 1 |
| 3.1 Reducción del consumo de agua potable | 2-4 |

| Calidad del ambiente interno: 15 puntos posibles | |
|--|-----------|
| Prerrequisito 1 Calidad mínima del aire | Requerido |
| Prerrequisito 2 Control del tabaco en el ambiente | Requerido |
| 1.1 Monitoreo del dióxido de carbono (CO2) | 1 |
| 2.1 Efectividad de la ventilación | 1 |
| 3.1 Manejo de la calidad del aire interno (etapa construcción) | 1 |
| 3.2 Manejo de la calidad del aire interno (antes de habitar) | 1 |
| 4.1 Materiales de bajas emisiones (adhesivos y selladores) | 1 |
| 4.2 Materiales de bajas emisiones (pinturas y revestimientos) | 1 |
| 4.3 Materiales de bajas emisiones (sistemas de pisos) | 1 |
| 4.4 Materiales de bajas emisiones (maderas) | 1 |
| 5.1 Control de químicos y contaminantes | 1 |
| 6.1 Controlabilidad de los sistemas (iluminación) | 1 |
| 6.2 Controlabilidad de los sistemas (comodidad termal) | 1 |
| 7.1 Comodidad termal (diseño) | 1 |
| 7.2 Comodidad termal (monitoreo permanente) | 1 |
| 8.1 Luz natural y vistas (luz natural) | 1 |
| 8.2 Luz natural y vistas (vistas) | 1 |
| Proceso de diseño e innovación: 6 puntos posibles | |
| 1.1 Innovación en el diseño | 1 |
| 2.1 Profesional acreditado LEED | 1 |
| | |
| Prioridad regional: 4 puntos posibles | |
| 1.1 Prioridad regional | 1-4 |

3.2 LEED para escuelas

LEED para escuelas está basado en LEED para construcción nueva y se enfoca en elementos tales como acústica del salón, planificación integral, prevención de sustancias tóxicas en el aire y evaluación ambiental entre otros. LEED for schools establece una herramienta única y comprensiva para escuelas que desean catalogarse como sostenibles, esto debido al enfoque en los espacios escolares y la salud de los niños.

El sistema de evaluación LEED para escuelas consiste en una serie de estándares de desempeño para certificar el diseño y construcción de escuelas sostenibles. El objetivo principal es promover prácticas saludables, duraderas y costeables en una edificación. Siendo LEED for schools un derivado de LEED 2009 para construcción nueva se analizan los mismos 7 aspectos (sitios sostenibles, eficiencia en el uso de agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad del ambiente interno, innovación en el diseño y prioridad regional) y su clasificación de acuerdo al puntaje es la misma. La diferencia entre uno y otro radica en créditos adicionales bajo ciertas categorías.

3.2.1 Categorías y puntaje de LEED para escuelas

3.2.1.1 Sitios sostenibles (24 puntos posibles)

SS Prerrequisito 1: Prevención de la contaminación de la construcción

Obligatorio

Propósito

Reducir la contaminación de las actividades de construcción a través del control de la erosión del suelo, sedimentación del flujo de agua y generación de polvo.

SS Prerrequisito 2: Evaluación ambiental del sitio

Obligatorio

Propósito

Asegurar que se haya llevado a cabo una evaluación de la contaminación ambiental y en caso de existir contaminación, que esta haya sido mitigada para la protección de la salud de los estudiantes.

SS Requisito 1: Selección del sitio

1 punto

Propósito

Evitar el desarrollo en sitios inapropiados y reducir el impacto ambiental generado por la ubicación de la edificación en el sitio.

SS Crédito 2: Densidad urbana y conectividad con la comunidad

Propósito

Incentivar el desarrollo en áreas urbanas con infraestructura existente, proteger áreas verdes y preservar el hábitat y los recursos naturales.

SS Crédito 3 Reurbanización del terreno

1 punto

Propósito

Reducir el desarrollo en terrenos sin construir a través de la rehabilitación de terrenos previamente alterados.

SS Crédito 4.1 Opciones de transporte (acceso a transporte público)

4 puntos

Propósito

Reducir la contaminación y el impacto en el terreno por el uso de automóviles.

SS Crédito 4.2 Opciones de transporte (parqueo para bicicletas)

1 punto

Propósito

Reducir la contaminación y el impacto en el terreno por el uso de automóviles.

SS Crédito 4.3 Opciones de transporte (vehículos de consumo eficiente)

2 Puntos

Propósito

Reducir la contaminación y el impacto en el terreno por el uso de automóviles.

SS Crédito 4.4 Opciones de transporte (capacidad de parqueo)

1 puntos

Propósito

Reducir la contaminación y el impacto en el terreno por el uso de automóviles.

SS Crédito 5.1 Alteración del sitio (protección o restauración del hábitat)

1 punto

Propósito

Conservar las áreas naturales existentes y restaurar áreas previamente alteradas para conservar el hábitat y promover la biodiversidad.

SS Crédito 5.2 Alteración del sitio (maximización del espacio abierto)

1 punto

Propósito

Promover la biodiversidad para alcanzar una proporción alta de espacio abierto.

SS Crédito 6.1 Manejo de aguas pluviales (control de cantidad)

1 punto

Propósito

Limitar la disminución de la hidrología natural reduciendo cubiertas impermeables, incrementando la infiltración en el sitio, reduciendo la contaminación de las aguas pluviales y eliminando contaminantes.

SS Crédito 6.2 Manejo de aguas pluviales (control de calidad)

1 punto

Propósito

Limitar la alteración y contaminación de flujos naturales de agua al tratar las aguas pluviales.

SS Crédito 7.1 Efecto isla de calor (no techado)

1 punto

Propósito

Reducir las islas de calor para minimizar el impacto en el microclima y los habitantes humanos y animales.

SS Crédito 7.2 Efecto isla de calor (techado)

1 punto

Propósito

Reducir las islas de calor para minimizar el impacto en el microclima y los habitantes humanos y animales.

SS Crédito 8 Contaminación luminosa

1 punto

Propósito

Minimizar el escape de luz del edificio, incrementar el acceso al cielo nocturno, mejorar la visibilidad nocturna a través de la reducción del reflejo y reducir el impacto proveniente de la iluminación en el ambiente nocturno.

SS Crédito 9 Plan maestro del sitio

1 punto

Propósito

Asegurar que todos los aspectos ambientales tratados en el plan inicial del proyecto sean considerados en desarrollos futuros del proyecto.

SS Crédito 10 Utilización conjunta de instalaciones

1 punto

Propósito

Integrar las instalaciones de la escuela con la comunidad facilitando el uso de las mismas para eventos y actividades comunales.

3.2.1.2 Eficiencia en el manejo de agua (11 puntos posibles)

Prerrequisito 1 Reducción del uso de agua

Obligatorio

Propósito

Incrementar la eficiencia en el uso de agua potable para reducir el consumo municipal y la utilización de los sistemas de tratamiento.

WE Crédito 1 Reducción del agua potable para riego

2-4 puntos

Propósito

Limitar o eliminar el uso de agua potable para riego.

WE Tecnologías innovadoras para la disposición de aguas

2puntos

Propósito

Reducir la generación de aguas residuales y la demanda de agua potable al mismo tiempo que se aumenta la recarga de los acuíferos locales.

WE Reducción del uso de agua

2-4 puntos

Propósito

Incrementar la eficiencia en el uso de agua para reducir la demanda de agua pública y la utilización de los sistemas de tratamiento.

WE Reducción de uso de agua de proceso

1 punto

Propósito

Incrementar la eficiencia en el uso de agua para reducir la demanda de agua pública y la utilización de los sistemas de tratamiento

3.2.1.3 Energía y atmósfera (33 puntos posibles)

EA Prerrequisito 1 Inspección de los sistemas del edificio

Obligatorio

Propósito

Verificar que los sistemas relacionados a la energía se encuentren instalados, calibrados y en funcionamiento de acuerdo a los requerimientos iniciales del proyecto.

Los beneficios de la inspección incluyen un uso reducido de energía, menores costos operativos, mejor documentación del edificio y productividad mejorada del ocupante.

EA Prerrequisito 2 Desempeño mínimo de energía

Obligatorio

Propósito

Establecer el nivel mínimo de eficiencia energética para reducir el impacto ambiental y económico asociado al uso excesivo de energía.

EA Prerrequisito 3 Reducción de clorofluorocarbonos (CFC)

Obligatorio

Propósito

Reducir el agotamiento del ozono estratosférico.

EA Crédito 1 Optimizar desempeño de energía

1-19 puntos

Propósito

Alcanzar altos niveles de desempeño energético superior a los estándares del prerrequisito.

EA Crédito 2 Energía renovable en sitio

1-7 puntos

Propósito

Promover y reconocer posibles fuentes de energía en el sitio para reducir el impacto ambiental y económico asociado al uso de energía de combustibles fósiles.

EA Crédito 3 Inspecciones adicionales

2puntos

Propósito

Inicial las inspecciones temprano en el proceso de diseño y ejecutar actividades adicionales una vez que el desempeño de los sistemas ha sido verificado.

EA Crédito 4 Protección del ozono

1 punto

Propósito

Reducir el agotamiento del ozono y minimizar la contribución directo al cambio climático.

EA Crédito 5 Medición y verificación

2puntos

Propósito

Proporcionar una constante rendición de cuenta del consumo de energía del edificio en el tiempo.

EA Crédito 6 Poder verde (energía renovable)

2puntos

Propósito

Fomentar el uso y desarrollo de energías renovables.

3.2.1.4 Materiales y recursos

MR Prerrequisito 1 Recolección y almacenamiento de productos reciclables

Obligatorio

Propósito

Facilitar la reducción de desechos generados por los ocupantes del edificio que son dispuestos en rellenos sanitarios.

MR Crédito 1.1 Reutilización del edificio (mantener paredes existentes, pisos y techos)

1-2 puntos

Propósito

Extender el ciclo de vida de elementos existentes del edificio, conservar recursos, retener recursos culturales, reducir los desechos y reducir el impacto ambiental de edificios nuevos, ya que estos se relacionan directamente con la utilización de nuevos materiales y su transporte.

MR Crédito 1.2 Reutilización del edificio (mantener elementos internos no estructurales)

1 punto

Propósito

Extender el ciclo de vida de elementos existentes del edificio, conservar recursos, retener recursos culturales, reducir los desechos y reducir el impacto ambiental de edificios nuevos, ya que estos se relacionan directamente con la utilización de nuevos materiales y su transporte.

MR Crédito 2 Manejo del desperdicio en la construcción

1-2 puntos

Propósito

Disminuir la cantidad de materiales de construcción y demolición que son dispuestos en rellenos sanitarios e incineradores. Redireccionar recursos recuperados reciclables de vuelta a su proceso de fabricación y materiales reutilizables a sitios donde puedan ser útiles.

MR Crédito 3 Reutilización de materiales

1-2 puntos

Propósito

Reutilizar materiales y productos del edificio para reducir la demanda de materiales vírgenes y reducir los desechos, de manera que se reduzca el impacto asociado a la extracción y procesamiento de recursos vírgenes.

MR Crédito 4 Contenido reciclado

1-2 puntos

Propósito

Incrementar la demanda de productos y materiales con contenido reciclado para reducir el impacto asociado a la extracción y procesamiento de materiales vírgenes.

MR Crédito 5 Materiales locales

1-2 puntos

Propósito

Incrementar la demanda de materiales y productos extraídos y fabricados localmente, apoyando el uso de recursos indígenas y reduciendo el impacto resultante del transporte.

MR Crédito 6 Materiales rápidamente renovables

1 punto

Propósito

Reducir el uso y agotamiento de materias primas finitas y materias primas renovables a largo plazo reemplazándolas por materias rápidamente renovables.

MR Crédito 7 Madera certificada

1 punto

Propósito

Incentivar la gestión forestal ambientalmente responsable.

3.2.1.5 Calidad del ambiente interno (19 puntos posibles)

Prerrequisito 1 Calidad mínima del aire interno

Obligatorio

Propósito

Establecer el desempeño mínimo de la calidad del aire interno para contribuir al confort y bienestar de los ocupantes del edificio.

Prerrequisito 2 Control del tabaco en el ambiente

Obligatorio

Propósito

Eliminar la exposición al tabaco de los ocupantes del edificio, superficies internas y sistemas de ventilación.

Prerrequisito 3 Desempeño mínimo acústico

Obligatorio

Propósito

Proporcionar salones silenciosos y acústicamente efectivos para que los profesores no tengan que forzar sus cuerdas vocales y los estudiantes se puedan comunicar efectivamente los unos con los otros y sus profesores.

EQ Crédito 1 Monitoreo del dióxido de carbono

1 punto

Propósito

Proporcionar la capacidad para el monitoreo de los sistemas de ventilación para contribuir al confort y bienestar en general.

EQ Crédito 2 Efectividad de la ventilación

1 punto

Propósito

Proporcionar sistemas de ventilación natural.

EQ Crédito 3.1 Manejo de la calidad del aire interno (etapa construcción)

1 punto

Propósito

Reducir los problemas de contaminación de la calidad del aire durante la etapa constructiva.

EQ Crédito 3.2 Manejo de la calidad del aire interno (antes de habitar)

1 punto

Propósito

Reducir los problemas de contaminación de la calidad del aire previo a la entrega del edificio.

EQ Crédito 4 Materiales de bajas emisiones

1-4 puntos

Propósito

Reducir la cantidad de contaminantes internos del aire que son olorosos, irritantes y/o dañinos para el confort y bienestar de los instaladores y ocupantes.

EQ Crédito 5 Control de químicos y contaminantes

1 punto

Propósito

Minimizar la exposición de los ocupantes a partículas químicas contaminantes.

EQ Crédito 6.1 Controlabilidad de los sistemas (iluminación)

1 punto

Propósito

Proporcionar un control de alto nivel de la iluminación para los ocupantes para promover su productividad, confort y bienestar.

EQ Crédito 6.2 Controlabilidad de los sistemas (comodidad termal)

1 punto

Propósito

Proporcionar un control de alto nivel de la temperatura para los ocupantes para promover su productividad, confort y bienestar

EQ Crédito 7.1 Comodidad termal (diseño)

1 punto

Propósito

Proporcionar un ambiente con una temperatura confortable que promueva la productividad y el bienestar de los ocupantes.

EQ Crédito 7.2 Comodidad termal (verificación)

1 punto

Propósito

Realizar en los ocupantes una evaluación del confort termal en el tiempo.

EQ Crédito 8.1 Luz natural y vistas (luz natural)

1-3 puntos

Propósito

Proporcionar a los ocupantes del edificio una conexión entre el espacio interno el espacio exterior mediante la luz natural y visibilidad hacia el exterior desde las áreas de ocupación del edificio.

EQ Crédito 8.2 Luz natural y vistas (vistas)

1 punto

Propósito

Proporcionar a los ocupantes del edificio una conexión entre el espacio interno el espacio exterior mediante la luz natural y visibilidad hacia el exterior desde las áreas de ocupación del edificio.

EQ Crédito 9 Alto desempeño acústico

1 punto

Propósito

Proporcionar salones que facilitan la comunicación entre estudiantes y profesores mediante un diseño acústico efectivo.

EQ Crédito 10 Prevención contra el moho

1 punto

Propósito

Reducir la presencia potencial de moho en las escuelas a través de un diseño preventivo y medidas constructivas adecuadas.

3.2.1.6 Proceso de diseño e innovación (6 puntos posibles)

ID Crédito 1 Innovación en el diseño

1-4 puntos

Propósito

Facilitar la oportunidad a equipos de diseño y proyectos de alcanzar un desempeño excepcional por encima de los requisitos determinados por el sistema LEED y/o desempeño innovador en cuanto a construcción sostenible que no sea reflejado por las categorías del sistema.

ID Crédito 2 Profesional acreditado LEED

1 punto

Propósito

Apoyar y fomentar la integración del diseño requerido por LEED para agilizar la aplicación y el proceso de certificación.

ID Crédito 3 La escuela como herramienta para la enseñanza

1 punto

Propósito

Integrar las características sostenibles de la escuela con la misión educativa.

3.2.1.7 Prioridad regional (4 puntos posibles)

RP Crédito 1 Prioridad regional

1-4 puntos

Propósito

Proporcionar un incentivo para el cumplimiento de créditos que abarcan prioridades ambientales específicas de la zona.

3.3 Ejemplo de escuela certificada LEED

3.3.1 Fossil Ridge High School (clasificación "Plata")

Fuente: leedcasestudies.usgbc.org

Para efectos de ejemplo de una escuela certificada LEED se utilizará la escuela presentada en la sección 2.4.1, en donde ya se formuló una descripción general de la edificación y sus estrategias. A continuación se analizará la escuela tomando en cuenta los siguientes aspectos de LEED: el proceso, las finanzas, el uso del suelo, el sitio del proyecto, energía, materiales y ambiente interno.

3.3.1.1 El proceso

Prediseño

El equipo de diseño del proyecto tenía 4 objetivos centrales para el edificio, que debían alcanzar sin añadir diseños adicionales ni mucho menos costos de construcción adicionales, estos objetivos eran:

- Crear un ambiente saludable y confortable que fomentara el aprendizaje.
- Utilizar el edificio como una herramienta de enseñanza para el diseño ambiental.
- Construir un edificio eficiente en cuanto a recursos y energía que redujera los costos operativos del mismo, para facilitar más recursos económicos con otros fines educativos.
- Realizar un diseño flexible y adaptable para solventar fácilmente cualquier cambio en el futuro.

Diseño

El edificio fue diseñado en un proceso colaborativo e integrado que inició con la formación de un equipo verde de arquitectos, ingenieros, profesores y personal de mantenimiento entre otros.

Construcción

El equipo de diseño trabajó cercanamente a los contratistas y subcontratistas para asegurarse que todos los objetivos de su diseño fueran satisfechos. La escuela fue terminada a tiempo y por debajo del presupuesto previsto y estaba operando sin problemas mayores para su apertura en agosto de 2004.

Mantenimiento

El personal de operaciones y mantenimiento fue incluido a tempranas alturas en el proceso de diseño y como resultado de esto ellos comprenden el propósito del diseño y lo han adaptado en sus operaciones diarias. El entrenamiento al personal en cuanto al manejo de los sistemas mecánicos ha sido un factor importante en el mantenimiento de la integridad del diseño y el desempeño de la escuela.

Post-ocupación

Se han llevado a cabo varios estudios para medir el impacto de las estrategias verdes de diseño en los estudiantes y en los profesores. Los niveles de satisfacción de ambas partes sobrepasan las expectativas y los ocupantes realmente aprecian su entorno. La atención a la calidad del aire interno y a la luz natural ha incrementado notablemente el desempeño y confort de los ocupantes.

3.3.1.2 Las finanzas

Fort Collins Utilities proporcionó personal de apoyo y pericia durante el proceso de diseño, así como asistencia financiera para contrarrestar los costos adicionales de los servicios de consultoría de eficiencia energética.

El costo total del proyecto fue de \$38, 500,500 (el precio del terreno excluido). Los costos de la construcción se mantuvieron dentro del presupuesto establecido en el año 2000 para una escuela típica del distrito.

3.3.1.3 Uso del suelo y la comunidad

El equipo del proyecto diseñó la escuela para que esta pueda tener espacios y servicios de usos múltiples. Las canchas de baseball, softball, tenis y otros campos de deportes son utilizados por la escuela y el departamento de parques y recreación de la ciudad. Adicionalmente, un estanque adyacente recoge las aguas pluviales, las cuales son utilizadas para la irrigación tanto en Fossil

Ridge High School como en otra escuela vecina y el departamento de parques y recreación de la ciudad. Estas aguas recolectadas son también compartidas con un parque de la localidad.

Estrategias verdes

- Planeación responsable: asegurarse que el proyecto se adecue a un marco de planeación responsable local y regionalmente.
- Apoyo para medios de transporte apropiados: proporcionar un acceso seguro a peatones y ciclistas.
- Selección de las oportunidades de la propiedad: buscar una propiedad donde las necesidades de la infraestructura puedan ser combinadas.

3.3.1.4 Sitio del proyecto y conservación del agua

La mayoría del sitio se encuentra plantado con especies de plantas nativas. El equipo del proyecto instaló campos sintéticos para las canchas, permitiendo así más horas de juego con menos mantenimiento.

La escuela conserva el agua a través de accesorios de bajo flujo y el uso de aguas pluviales capturadas para la irrigación, además de que tener canchas sintéticas ya de por sí ahorra altos volúmenes de agua.

La escuela esperaba ahorrarse \$11500 anuales en el recibo de agua potable; los ahorros reales en los tres primeros años fueron de \$27850.

Datos del consumo de agua:

- Uso de agua potable en el interior del edificio: 3620000 litros/año
- Uso de agua potable en el exterior del edificio: 0 litros/año
- Uso de agua potable total: 3620000 litros/año
- Uso de agua potable por unidad de área: 132 litros/metro cuadrado

Estrategias verdes

- Impacto del desarrollo: agrupar los edificios para preservar el espacio abierto y proteger el hábitat
- Paisajismo y jardinería: sembrar únicamente especies nativas
- Accesorios de bajo flujo: usar inodoros de bajo volumen
- Recolección de aguas pluviales: recolectar y almacenar las aguas pluviales para la irrigación
- Sistemas de riego: usar sistemas eficientes de riego

3.3.1.5 Energía

Fossil Ridge High School fue diseñada para utilizar 60 % menos energía que una escuela convencional. Se esperaba que el edificio generara un ahorro de \$60000 anuales en el consumo de energía.

El caparazón del edificio se encuentra eficazmente aislado y tiene una alta capacidad térmica (las paredes exteriores son de 30 cm de ancho). Un techo blanco refleja la radiación solar contribuyendo a la reducción de la necesidad de enfriamiento interno.

El edificio fue orientado para maximizar la exposición a la luz solar sin dejar de lado el deslumbramiento y la temperatura. La luz natural proporciona 60 % de la iluminación requerida, esta a su vez está regulada por ventanas especiales y tragaluces dentro del edificio. Sensores de movimiento aseguran que se utilice luz artificial únicamente cuando es necesario, sin embargo existen controles manuales para que los usuarios puedan manejar el sistema a su criterio.



Figura 3.1 Ventanales de la escuela.

Sistemas eficientes y un sistema de recuperación del calor reduce el uso de energía en los sistemas mecánicos, mientras que sensores aseguran que tanto la calefacción como el aire acondicionado funcionen únicamente cuando todas las ventanas se encuentren cerradas.

En cuanto a sistemas de emergencia, el sistema fotovoltaico puede proveer al edificio de energía en caso de emergencia.

Estrategias verdes

- Aislamiento de paredes: utilizar paredes térmicamente eficientes
- Enfriamiento por el calor solar: utilizar paredes y techos exteriores de colores claros y orientar el edificio apropiadamente
- Luz natural para la eficiencia energética: orientar el edificio en un eje este-oeste, utilizar los mismos elementos del edificio para Redireccionar la luz natural y controlar el deslumbramiento, utilizar amplios ventanales interiores para aumentar la penetración de luz natural y utilizar tragaluces.



Figura 3.2 La biblioteca de la escuela iluminada con luz natural.

- Cargas de agua caliente: utilizar grifos eficientes.
- Enfriamiento normal: utilizar ventanas movibles
- Sistema de aire acondicionado: inspeccionar los sistemas constantemente.
- Fotovoltaicos: utilizar paneles fotovoltaicos para generar electricidad en el sitio.
- Sistema de calefacción: utilizar aceite condensado, calderas de gas y hornos eficientes.
- Sistemas de ventilación: utilizar ventilación natural
- Controles de iluminación: utilizar sensores de movimiento e interruptores reguladores.

3.3.1.6 Materiales

El equipo del proyecto seleccionó los materiales de manera tal que se reduzca el consumo de energía y materias primas. Por ejemplo, el alfombrado contiene material reciclado y él mismo podrá ser reciclado al final de su vida útil. También la porcelana de las baldosas del piso y los cielos acústicos contienen material reciclado, y la madera utilizada para el piso del gimnasio y ciertos cerramientos es certificada.

Desechos de la construcción

Reutilizar material y reciclaje redujo el total del volumen de desecho del proyecto. Un granero de los años 1930 fue preservado y utilizado para el almacenamiento de equipo de mantenimiento y casi 75 % del desperdicio de del proyecto fue reciclado.

Productos verdes utilizados: pintura de bajas emisiones, baldosas fabricadas de chatarra, alfombras certificadas, paneles de los cielos con contenido reciclado y rápidamente renovable.

Estrategias verdes

- Materiales reciclables: seleccionar productos que los fabricantes recibirán de vuelta para su reciclaje y especificar las alfombras a fabricantes que reciclarán alfombras usadas.
- Maderas: utilizar únicamente madera certificada.
- Transporte de materiales: preferir materiales fabricados en la zona.

3.3.1.7 Ambiente interno

La calidad del ambiente interno fue una consideración importante para el equipo de diseño. Todas las pinturas seleccionadas son de bajas emisiones y las baldosas de porcelanas de los pisos y el concreto utilizado no necesitan de ningún químico para su mantenimiento.

Ventanas movibles aumentan la ventilación natural y el confort termal de los ocupantes. El tamaño y ubicación de las ventanas permiten extensiva luz natural durante el día y las sombras minimizan el deslumbramiento.

Estrategias verdes

- Confort termal: utilizar ventanas con un bajo coeficiente de absorción solar.

- Confort visual y el caparazón: utilizar tragaluces y/o claraboyas para la luz natural.
- Confort visual y diseño interior: instalar amplios ventanales que permitan la transmisión de luz natural.
- Confort visual y fuentes de luz: proporcionar sensores de iluminación.
- Sistemas de ventilación y filtración: proporcionar acceso a las ventanas movibles.
- Reducción de los contaminantes internos: utilizar pinturas de bajas emisiones y utilizar adhesivos de alfombras con bajas emisiones.

4. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ESCUELAS SOSTENIBLES EN COSTA RICA

4.1 Descripción general de diseño y construcción de escuelas en Costa Rica

4.1.1 La Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo

El Ministerio de Educación Pública (MEP) es el órgano adscrito al poder ejecutivo de la República de Costa Rica encargado de velar por mantener una educación de alta calidad en todo el territorio nacional.

Como ente rector de todo el Sistema Educativo, al Ministerio de Educación Pública le corresponde promover el desarrollo y consolidación de un sistema educativo de excelencia que permita el acceso de toda la población a una educación de calidad, centrada en el desarrollo integral de las personas y en la promoción de una sociedad costarricense integrada por las oportunidades y la equidad social.

En el artículo 77 de la Constitución Política de la República de Costa Rica se especifica que “la educación pública será organizada como un proceso integral correlacionado en sus diversos ciclos desde la preescolar hasta la universitaria.”

Dentro de la estructura organizacional del MEP se encuentran los Despachos (Ministro de Educación, Vice-Ministra Académica, Vice-Ministra Administrativa, Vice-Ministro de Planificación Institucional y Coordinación Regional), Oficinas Asesoras (Contraloría de Servicios, Planificación Institucional, Auditoría Interna, Asuntos Internacionales y Cooperación, Asuntos Jurídicos, Prensa y Relaciones Públicas, Programa de Mejoramiento de la Calidad de la Educación), Direcciones Académicas (Desarrollo Curricular, Educación Técnica y Capacidades Emprendedoras, Gestión y Evaluación de la Calidad, Recursos Tecnológicos en Educación, Contraloría de Derechos Estudiantiles), Organismos Desconcentrados (Vice-Ministro Académico, Vice-Ministro Administrativo), Organismos (Tribunal de Carrera Docente, Consejo Nacional de Enseñanza Superior Universitaria Privada, Consejo Superior de Educación), Direcciones Regionales y Direcciones Administrativas (Administración Financiera, Infraestructura y

Equipamiento, Informática de Gestión, Oficialía Mayor, Programas de Equidad, Proveduría Institucional, Recursos Humanos, Servicios Generales, Archivo Central).

Precisamente dentro de las Direcciones Administrativas se encuentra La Dirección de Infraestructura y Equipamiento (DIEE). Esta entidad es el órgano encargado de planificar, desarrollar, coordinar, dirigir, dar seguimiento y evaluar planes, programas y proyectos tendientes al mejoramiento y ampliación de la infraestructura física educativa y su equipamiento, como medio para facilitar el acceso, la calidad y la equidad de la educación pública costarricense. Contempla el mantenimiento preventivo y correctivo, la rehabilitación y la construcción de infraestructura educativa, así como su equipamiento y dotación de mobiliario.

La DIEE brinda asesoría técnica a las Juntas de Educación y Juntas Administrativas para la ejecución de proyectos relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo, la rehabilitación y la construcción de infraestructura educativa, así como su equipamiento y la dotación de mobiliario, financiados con presupuesto del MEP u otras fuentes de financiamiento, de acuerdo con la normativa específica que se establezca para tales efectos.

Históricamente, la atención de las necesidades para la provisión de infraestructura educativa estuvo limitada no solo por la disponibilidad de recursos financieros, sino también por significativas limitaciones de carácter administrativo a lo interno del MEP. Por ello, en aras de solventar la limitada capacidad de gestión, en 2007 se elimina el antiguo Centro Nacional de Infraestructura Educativa (CENIFE) y se crea mediante el Decreto Ejecutivo N° 34075-MEP Capítulo VI, Sección II, del lunes 5 de noviembre de 2007, la nueva Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo (DIEE); a partir de la cual se instauraron prácticas de gestión renovadas, con estrategias diferenciadas que se ajustaran a las necesidades de los centros educativos y las características de las zonas geográficas. A ello se unió la capacitación masiva en materia administrativa y de contratación a los integrantes de las juntas educativas, para que pudieran cumplir en forma expedita y eficiente con la ejecución de los millonarios recursos que les asignaba el MEP.

En los últimos cuatro años se ha otorgado una mayor importancia por parte del MEP, a la inversión, incrementando los recursos destinados a construcción de nuevas obras y

reparaciones, como también al aumento del presupuesto para la adquisición de mobiliario y equipo.

A continuación se indican los recursos asignados a estas partidas en los últimos años.

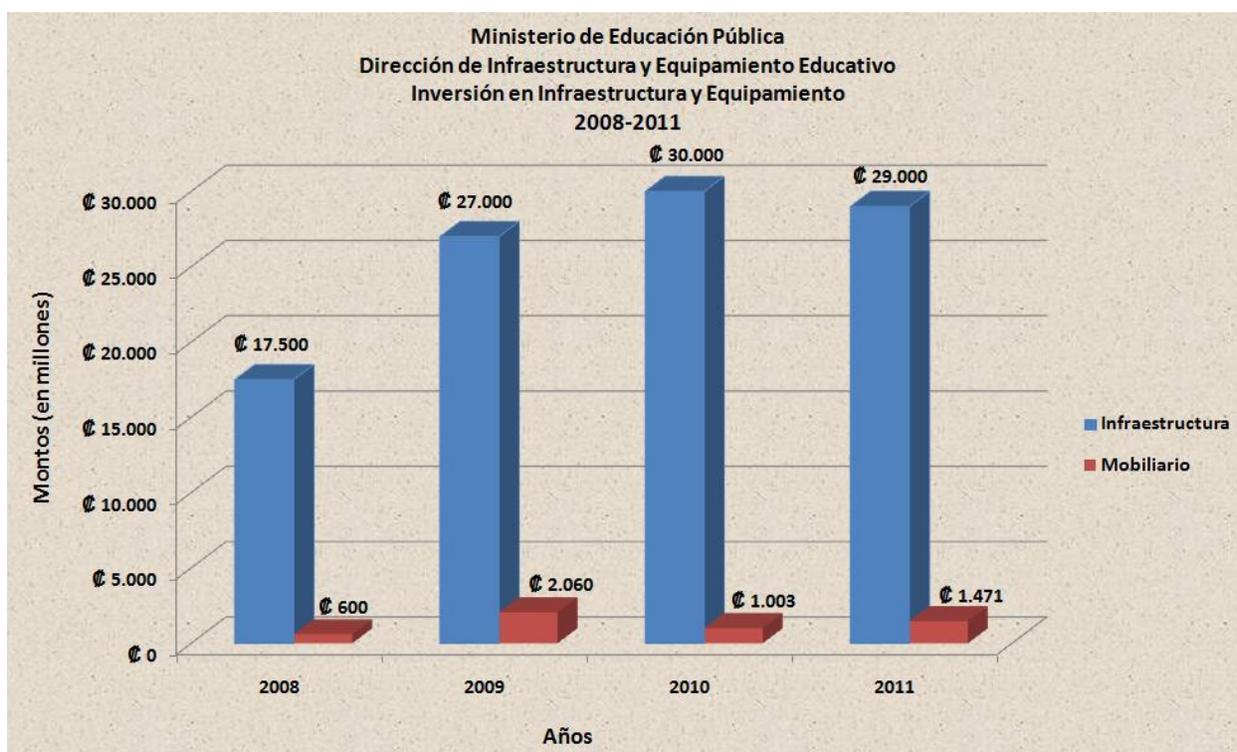


Figura 4.1 Inversión en infraestructura y equipamiento 2008-2011. Fuente: www.mep.go.cr

La DIEE pretende desarrollar y evaluar la infraestructura y el equipamiento educativo requeridos a nivel nacional, mediante participación comunitaria y la asignación eficiente de recursos, para propiciar el acceso, calidad y equidad de la educación pública costarricense.

Dentro de la DIEE se manejan actualmente cuatro documentos que resumen sistemas constructivos, especificaciones técnicas y demás información en cuanto a la construcción de centros educativos:

- Conceptos básicos en la planificación educativa
- Manual para Obra de Mantenimiento Menor

- Manual para Obra de Mantenimiento Mayor

- Manual para Obra Nueva Menor

4.1.1.1 Conceptos básicos en la planificación educativa

Dentro de la estructura de la DIEE se encuentra el Departamento de Proyectos, en donde surge la necesidad de la creación y publicación de un documento como herramienta de ayuda técnica para la visualización, comprensión y planificación del la componente de la infraestructura educativa en beneficio y optimización de las obras que deban realizarse en los diferentes centros educativos.

Este trabajo ha sido realizado y supervisado por el Departamento de Proyectos como parte integrante de la DIEE, encargado de la realización de los planes maestros de las necesidades de planta física para las diferentes instituciones que conforman el sistema educativo nacional.

Esta primera publicación se ha considerado y visualizado como una herramienta de ayuda para la planificación y composición de las necesidades de espacios físicos de un centro educativo; en otras palabras el desarrollo del plan maestro. Se inicia con una referencia hacia las instituciones que de una u otra forma, a favor o en contra, han participado en el desarrollo de la infraestructura educativa de nuestro país.

Posteriormente, se muestra un compendio general de formas y desarrollo que han tenido los centros educativos a través de nuestra historia, mencionando la utilización de los diferentes materiales así como los diferentes sistemas constructivos utilizados. Este análisis y las variables consideradas, conforman un primer intento conceptual, cuyo objetivo es proporcionar una mayor claridad en beneficio de la comprensión de la normativa y su aplicación.

Luego de este análisis de los sistemas constructivos que se han generado en el país, el documento introduce al lector en los conceptos y sus aplicaciones en la planificación educativa, que abarca tanto la creación, localización y número de centros educativos, considerando el crecimiento urbano y rural, como las necesidades de espacios físicos que deben contar los

centros educativos, según su matrícula, el área del lote escolar, en concordancia con el plan de estudios y los módulos horarios.

Como soporte a esta primera publicación la DIEE trabaja en una segunda publicación que ahondaría en la aplicación de la normativa educativa y sus afines en el diseño de los centros educativos y sus espacios físicos. Exponiendo el tema de la vulnerabilidad de las obras civiles en los centros educativos, como punto de discusión en un país como todos lo sabemos muy propenso a los sismos, con muchas posibilidades de ser afectado por huracanes, tormentas y desplazamientos de tierra.

Como conclusión se espera que este documento sea de mucha ayuda en la comprensión de los diferentes problemas que se presentan en el día a día, desde la escogencia de un terreno, su capacidad, hasta el desarrollo del plan maestro y todo lo que conlleva para la construcción y posterior uso de un centro educativo.

4.1.1.2 Especificaciones técnicas (obra nueva menor, obra de mantenimiento mayor y obra de mantenimiento menor)

Obra nueva menor

La DIEE pone a disposición de las Juntas de Educación y Administrativas el Manual de Especificaciones Técnicas para Obra Nueva Menor, el cual constituye un conjunto de parámetros e instrucciones técnicas orientadas al mejoramiento de la calidad constructiva, así como a la conservación de las condiciones de seguridad, salubridad y estética que deben reunir los centros educativos por medio de indicaciones e instrucciones sencillas, accesibles y claras, pero con fundamento y criterio.

Cada capítulo está relacionado con las diferentes etapas del proceso constructivo y cuenta con instrucciones fáciles de entender, para lo cual, incluye ilustraciones que facilitan su lectura y permiten localizar con rapidez cualquier consulta de índole técnico.

Obra Nueva Menor comprende la construcción de alguno de los siguientes módulos constructivos o combinación de algunos de ellos: aula académica, aula preescolar, baterías sanitarias, biblioteca, comedor, aula de ciencias, entre otros. Cuyo valor total no debe ser menor a los ¢100000000 (cien millones de colones). Por tratarse de infraestructura nueva se requiere la intervención y el respaldo de un profesional en las áreas de arquitectura, ingeniería civil o ingeniería en construcción; dichas obras, requerirían de la supervisión estricta del proceso por parte un profesional especializado. La Junta deberá velar por que este profesional fiscalice el proceso constructivo al menos una vez por semana, de lo contrario deberán notificarlo al Departamento de Contrataciones de la DIEE.

El Manual está estructurado en capítulos concordantes con las diferentes etapas del proceso del proyecto, conforme a lo estipulado en la normativa vigente y las exigencias de seguridad reglamentadas; así como a las sanas prácticas constructivas. Tanto las especificaciones generales como las particulares son una guía para la realización de la obra, en ellas se establecen de forma clara las características, tipo y calidad de materiales que deberán utilizarse. El propósito fundamental de la DIEE, es dotar a las Juntas de una herramienta técnica confiable a fin de que puedan desarrollar infraestructura de calidad por sus propios medios y con la debida asesoría profesional. Este objetivo, ratifica el compromiso de la DIEE de adecuar y evolucionar continuamente las presentes recomendaciones técnicas, como herramienta de consulta actualizable.

Obra de Mantenimiento Menor

El Manual de Especificaciones Técnicas para Obras de Mantenimiento Menor constituye un conjunto de instrucciones técnicas orientadas al mejoramiento de las condiciones de seguridad, salubridad y estética que deben reunir los centros educativos.

Cada capítulo está orientado a las actividades que se consideran mantenimiento menor, con instrucciones precisas, concretas y fáciles de entender por lo que incluye ilustraciones para facilitar su lectura y localizar con rapidez las consultas de índole técnico.

Obras de Mantenimiento Menor, son todos aquellos trabajos o actividades que deben realizarse para rehabilitar o corregir el deterioro o fallas detectadas en los inmuebles en sus instalaciones; es decir, obras que por sus características se pueden realizar de forma satisfactoria, con la participación de un obrero especializado, en cada área específica de mantenimiento las cuales, por sus características, no afectan las estructuras primarias ni sistemas constructivos que pueden poner en riesgo la vida de los usuarios, por lo que no se requerirá la intervención de profesionales en las áreas de Arquitectura o Ingeniería. Dichas obras, requerirán de la supervisión estricta del proceso por parte de las Juntas de Educación y las Juntas Administrativas de los respectivos Centros Educativos.

El Manual se estructura por capítulos que corresponden a los diferentes elementos que conforman las edificaciones de los Centros Educativos. Todas las operaciones de mantenimientos aquí señaladas se realizarán conforme a la normativa técnica vigente, cumpliendo con las exigencias de seguridad reglamentadas. Tanto las especificaciones generales como las particulares son una guía para la realización de la obra, en ellas se estipulan las características, tipo y calidad de materiales que deberán usarse.

El propósito de la Dirección de Infraestructura ha sido facilitar a las Juntas herramientas para garantizar el confort y la calidad de vida de los usuarios de los centros educativos, por medio **del funcionamiento eficaz de las instalaciones en las cuales se desarrolla el proceso “enseñanza – aprendizaje”**.

Obra de Mantenimiento Mayor

El Manual de Especificaciones Técnicas para Obras de Mantenimiento Mayor constituye un conjunto de instrucciones técnicas orientadas al mejoramiento de las condiciones de seguridad, salubridad, funcionalidad y estética que deben reunir los centros educativos.

El Manual establece una guía con indicaciones e instrucciones sencillas, accesibles y claras, pero con fundamento y criterio profesional que asegura su adecuación a los requerimientos de cada institución.

Cada capítulo está orientado a las actividades que se consideran mantenimiento mayor, con instrucciones precisas, concretas, y fáciles de entender por lo que incluye ilustraciones para facilitar su lectura y localizar con rapidez las consultas de índole técnico.

Obras de Mantenimiento Mayor, son todos aquellos trabajos o actividades que deberán realizarse para rehabilitar o corregir el deterioro o fallas detectadas en los inmuebles o en sus instalaciones, es decir obras que por sus características técnicas afectan la estructura del edificio y que por su dificultad, especialización y riesgo no se pueden realizar únicamente con la participación de un obrero especializado si no que necesita la intervención y el respaldo de un profesional en las áreas de la arquitectura, la ingeniería civil o ingeniería eléctrica; dichas obras, requerirían de la supervisión estricta del proceso por parte del Profesional y La Junta del respectivo centro educativo.

El Manual se estructura por capítulos que corresponden a los diferentes elementos que conforman las edificaciones de los centros educativos. Todas las operaciones de mantenimiento aquí señaladas, se realizarán conforme a la normativa técnica vigente, según las exigencias de seguridad reglamentadas. Tanto las especificaciones generales como las particulares son una guía para la realización de la obra, en ellas se estipulan las características, tipo y calidad mínima de materiales que deberán usarse.

Al analizar todos los documentos resumidos anteriormente se logra identificar que dentro de la planificación educativa en cuanto a infraestructura y operación de los centros educativos públicos no existen iniciativas sostenibles, sino que hasta el día de hoy se procura cumplir con las normativas tradicionales vigentes en Costa Rica en cuanto a la protección del ambiente, las cuales han ido perdiendo relevancia y peso en miras al desarrollo sostenible de nuestro país.

4.2 Parámetros de diseño sostenible

4.2.1 Cimentaciones

En la actualidad, la cimentación se realiza mayoritariamente mediante elementos de concreto armado, que debido a las barras de acero que poseen reducen considerablemente el ciclo de vida de la misma. La nueva tendencia es utilizar concretos en masa con áridos reciclados y aditivos con fibras de polipropileno que mejoran la resistencia del hormigón.

La cimentación sostenible busca esencialmente la adecuación al entorno y la compatibilidad con el sistema constructivo y estructural adoptado. Para muros de carga la más utilizada es la zapata corrida, realizada en concreto de cemento blanco o con concreto de cal. Al excavar las zanjas hasta un estrato resistente se crea el molde que sirve como contenedor a la masa de concreto. En ese contacto, la composición química de los terrenos y las bases del cemento pueden alterar la durabilidad del concreto; además, las adiciones correctoras introducidas para paliar estos efectos incluyen compuestos lixiviables, como metales pesados, que pueden contaminar los terrenos colindantes y, especialmente, mantos de agua en el subsuelo. Por ende, este proceso tiene mayores repercusiones cuando se trata de cimentaciones ubicadas cerca de aguas en circulación si los concretos contienen escorias, cenizas, o adiciones correctoras, o si la porosidad final del concreto curado es excesiva.

El aporte del acero, en este caso, representa también costos ambientales considerables en cuanto al consumo energético y contaminación. Por ello, se recomienda considerar la incorporación de concretos en masa con áridos reciclados en donde sea posible, e incluso soluciones experimentales o innovadoras en este sentido. Sin embargo, y teniendo en cuenta que el concreto es el material universal de cimentación, se debe cuidar su ejecución y puesta en obra, para lograr reducir al máximo los niveles de contaminación, evitando la presencia de freáticos y, sobre todo, adecuando el diseño al terreno y su entorno.

Se debe resaltar, igualmente, el considerable volumen de suelo excedente que producen las excavaciones; éstas pueden, en ocasiones, aprovecharse en la propia obra cuando se organizan las actividades y se dispone de espacios de almacenamiento adecuados.

Las estructuras portantes sobre rasante no tienen, en principio, esa relación inmediata con el terreno, por lo que su impacto ambiental depende básicamente del material de que están hechas y, especialmente, de la incorporación o no de sistemas de unión en seco y el uso de elementos prefabricados.

En el caso de las soleras o contrapisos, la impermeabilización natural se realiza a base de grava lavada o zahorras de poca acción capilar y un espesor mínimo de 15 cm o bien, una lámina de nódulos de polietileno, protegida con un geotextil. Luego se colocan 5 cm de aislamiento, que pueden realizarse con mezcla húmeda de granulado de corcho natural ó perlita, con arena y cal. Para finalizar, se realiza la solera de hormigón de cal, de 10 cm., que funciona también como masa térmica, y un acabado final de pavimento. La colocación del aislamiento y la solera puede ser invertida, según sea necesaria o no la inercia térmica. Los morteros a base de cal son más elásticos, higroscópicos, transpirables, y con alta capacidad de difusión; son adecuados para colocar solados de barro cocido o de piedra natural.

4.2.2 Estructura

Para la estructura, también de hormigón armado, se espera mejorar la sostenibilidad mediante las uniones en seco, el aumento del uso de elementos prefabricados y muros estructurales con bloques cerámicos, los cuales confieren una gran inercia térmica. Para vigas, vigas maestras y pilares la nueva tendencia es usar la madera. Las estructuras portantes sobre rasante no tienen, en principio, esa relación inmediata con el terreno; dependen básicamente de la catalogación ambiental del material de que están formadas y sobre todo de dos consideraciones: la incorporación o no de los sistemas de unión en seco y la utilización de elementos con el mayor grado de prefabricación posible.

4.2.3 Cerramientos

La práctica habitual en el diseño y construcción de los cerramientos del edificio conlleva, generalmente, a que los espacios y componentes sean sumamente rígidos. Cuando esto sucede, cualquier modificación posterior del proyecto obliga a la demolición de elementos construidos, lo que genera daños en suelos y techos, entre otros.

Los cerramientos interiores sirven para dividir el espacio habitable, y protegerlo del sonido. Pueden ser fijos, como por ejemplo las paredes interiores, o móviles, como las puertas o en espacios cambiantes. Se realizan en diversos materiales, espesores, medidas y acabados.

Se busca cada vez más nuevas particiones que permitan modificar los espacios interiores de forma más flexible, ya que los actuales tabiques generan residuos contaminantes al ser demolidos, causando adicionalmente la modificación de diversas instalaciones. Los materiales más adecuados para este propósito son las particiones con alma metálica y uniones atornilladas con paneles prefabricados de madera o aglomerados, en lugar de los de cartón-yeso. Los cerramientos deben, también, tener un alto desempeño acústico que integrado con el resto del espacio facilita la enseñanza y el aprendizaje.

Para cerramientos exteriores se debe considerar que para las caras expuestas estas deben ser de un color claro de manera tal que el calor reflejado disminuya.

4.2.4 Cubiertas

Cubiertas inclinadas

La cubierta inclinada es una solución constructiva basada en una pendiente, integrada por distintos planos inclinados que favorecen la eliminación del agua. Está formada por faldones ó "planos" dispuestos con una inclinación mayor del 10%. La misma posee una capa de protección y se compone de piezas impermeables (p. ej.: tejas) sobre una base y solapadas entre sí.

Recomendaciones para su aplicación sostenible:

- Usar productos que provengan de materiales sin procesar, cuya extracción sea la menos perjudicial para el medio ambiente.
- Adoptar buenas prácticas y sistemas de construcción que reduzcan el desperdicio de materiales.

- Evitar el uso de productos y materiales que generen residuos contaminantes.

Una cubierta inclinada puede estar constituida por un soporte ligero o pesado, un aislamiento térmico, un impermeabilizante y una capa de acabado, en un proceso en el que se puede fácilmente evitar la generación de residuos o desperdicios, y que permite la reutilización de casi todos sus componentes materiales y, por ende, facilita su mantenimiento.

Cubiertas planas

La cubierta plana no posee una pendiente mayor del 5% y se compone de tres partes bien diferenciadas, el soporte, las capas intermedias y la superficie exterior de acabado.

Existen varios requisitos mínimos que una cubierta plana debe cumplir entre las que se encuentra la resistencia a las distintas condiciones climáticas, con respecto a su rol de cobijo, esta cualidad se desprende de dos condicionantes: el espesor del material y la pendiente de la cubierta. Sabemos que los techos poseen también una función estructural, en ese sentido la exigencia debe ir hacia los aspectos de resistencia y estabilidad. Es importante que un techo plano posea un adecuado sistema de drenaje, que facilite la rápida evacuación del agua de la cubierta. Esto facilita el mantenimiento y evita las indeseadas filtraciones

Recomendaciones para su aplicación sostenible

- Reconocer y analizar los factores climáticos y los factores geográficos existentes en el lugar a intervenir.
- Preferiblemente utilizar materiales que puedan ser reutilizados o reciclados.
- Promover el uso de "cubiertas verdes" ó "cubiertas ecológicas".
- Considerar diseños que faciliten su construcción y que a su vez, reduzcan la cantidad de desperdicio y que primordialmente utilice materiales que al término de la vida útil de la misma sean reciclados o reutilizados.

Está demostrado que las cubiertas tradicionales que mejor aíslan son la inclinada con cámara de aire ventilada. Los mejores materiales de recubrimiento son las tejas cerámicas y de concreto, así como las cubiertas de tipo ecológico compuestas de un sustrato de pequeño espesor, de especies vegetales de nulo mantenimiento, que mediante elementos drenantes recogen las aguas de lluvia y las almacenan hasta que lo requiere la vegetación dispuesta en su superficie. Se logra, de este modo, aumentar el confort higrotérmico, la retención de polvo y sustancias contaminantes, un mejor aislamiento y una mayor absorción acústica.

A continuación se presenta un ejemplo para alternativa de cubiertas sostenibles.

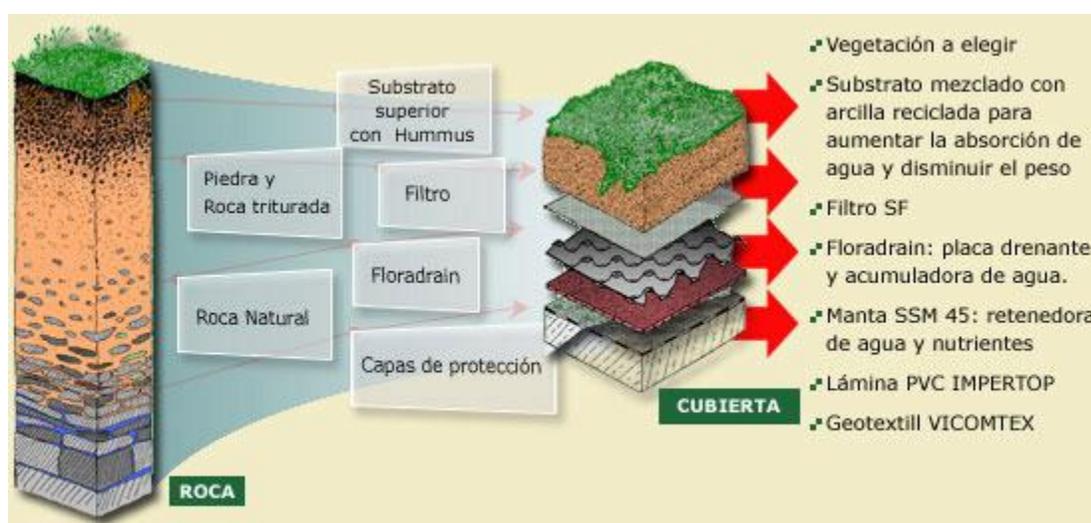


Figura 4.2 Cubierta ecológica de la empresa Vivicom

Fuente: www.vivicom-cubiertasecológicas.com

El agua de lluvia empapa el sustrato y se filtra por el geotextil llegando a la placa drenante. Esta placa está formada por cavidades inferiores donde queda almacenada parte del agua. Otra parte del agua se filtra por los orificios que tiene la placa en las concavidades superiores. Cuando la parte del agua filtrada llega a la manta retenedora esta se empapa. Siguiendo un ciclo natural el agua se va evaporando humedeciendo y oxigenando el sustrato por medio de los orificios de la placa drenante.

En el caso de cubiertas de concreto u otras que no sean las denominadas "ecológicas" se puede utilizar cubiertas con colores claros para disminuir el calor reflejado por la superficie de la cubierta.

4.2.5 Instalaciones mecánicas

Además de los sistemas constructivos, otro de los aspectos fundamentales a tomar en cuenta para la construcción sostenible son las instalaciones, tanto de abastecimiento y evacuación de agua, de climatización, eléctricas y de iluminación, como cualesquiera otras que sea necesario incorporar para el buen funcionamiento del proyecto. Todas estas instalaciones tienen en común que su funcionamiento contribuye al consumo de recursos naturales, en unos casos de agua y en otros de energía. Así, cualquier medida que se emplee en mejorar la eficiencia ayuda a reducir la factura a la hora de contabilizar recursos.

Una premisa fundamental en el diseño y colocación de las instalaciones de los edificios es la accesibilidad a las diversas redes, ya que de ello se deriva la facilidad en las operaciones de mantenimiento, la comodidad de ampliación o sustitución de componentes y las ventajas de su recuperación en trabajos de demolición al término de su vida útil, obteniendo residuos de fácil reutilización, reciclaje o valorización. Para ello, la flexibilidad de los espacios es fundamental, y por tanto ha de serlo también la posibilidad de acoplar las instalaciones en cualquier zona de los espacios habitables. Debe mejorarse esta práctica, de modo que se logre llegar a todos los puntos, incluyendo ductos de comunicación vertical, de modo que la accesibilidad a cualquier sector de las instalaciones sea continua y fácil. De igual manera, la red de saneamiento debe formar parte de estas premisas, permitiendo que puedan ser inspeccionadas, con fácil acceso y mantenimiento de sus componentes.

Abastecimiento y saneamiento

Son el conjunto de elementos que permiten abastecer de agua potable a una obra y la evacuación de aguas residuales producidas como resultado de la actividad humana en el interior de un espacio habitado.

Las instalaciones de saneamiento de un edificio consisten en la evacuación por conductos de las aguas negras (aparatos sanitarios, cuartos de lavado, cocinas, riego, vertidos industriales, etc.) y también de las aguas pluviales (en cubiertas, azoteas, patios, calles, etc.) que se generan en el mismo.

La descarga se realiza por gravedad hacia los conductos generales verticales (bajantes) y otros de menor sección (desagües). Dicha evacuación puede realizarse mediante redes pluviales y fecales separadas o en una misma red sanitaria.

Aplicar técnicas como:

- Reducir su consumo.
- Usar plomerías de poco flujo.
- Una jardinería de bajo consumo de agua.
- Empleo de contadores individuales.
- La utilización de las aguas grises y de lluvia.

Emplear determinados equipos o sistemas nos permitirá cubrir las necesidades para ser capaces de ofrecer los servicios que una edificación demanda con un consumo mucho menor de recursos.

Instalaciones de abastecimiento y tratamiento de aguas

El abastecimiento de agua se plantea como uno de los grandes retos a enfrentar. Al procurar ahorros sustanciales en el consumo de agua, se avanzará hacia un modelo de construcción más sostenible. El consumo de agua caliente sanitaria puede reducirse empleando aparatos de mayor eficiencia y mediante un mantenimiento que evite fugas accidentales. Reducir este consumo no sólo ahorra agua, sino también la energía para calentarla.

En usos no sanitarios, el consumo de agua potable puede suprimirse si se reutilizan aguas residuales, previamente tratadas, que pueden emplearse en sistemas que no requieran una gran calidad en el agua, como la instalación contra incendios, refrigeración o riego. Las instalaciones de abastecimiento de agua pueden ser más sostenibles también si se emplea materiales más ecológicos. En el caso de las tuberías, los plásticos (como los polietilenos y los polipropilenos) son preferibles a los metales por su resistencia a cualquier tipo de agua, su poca rugosidad, su menor conductividad térmica, su colocación sencilla y sus uniones estancas. Los metales más nocivos son el cobre, que es el más empleado, y el plomo, que no se recomienda debido a su toxicidad y peligrosidad.

La medida más sencilla y barata, y que mejores resultados puede dar, posiblemente sea incorporar a los elementos de fontanería sistemas de ahorro de agua.

En grifos:

- Regulador de caudal
- Apertura en frío
- Termostáticos
- Temporizados
- Electrónicos
- Adaptaciones a grifos existentes aireador-perlizador
- Limitador de caudal

En duchas:

- Rociadores eficientes
- Reducción del área de difusión
- Reducción de caudal
- Mecanismos externos reductores de caudal
- Interruptores de flujo de agua

En inodoros:

- Descarga por gravedad
- Doble pulsador
- Descarga presurizada
- Descarga electrónica

Una jardinería sostenible:

- Diseñar el edificio bajo criterios de ahorro de agua
- Estudiar las características del suelo
- Plantas con menor necesidad de riego
- Sistemas de riego eficientes

- Riego localizado
- Goteo
- Sistemas de regulación de caudal
- Programadores de riego
- Adecuado mantenimiento

Empleo de contadores individuales:

Es esencial además, en cualquier medida de ahorro, no dejarlo todo en manos de la tecnología y fomentar la participación de los usuarios. Para el caso del agua, se ha comprobado que si los ciudadanos disponen de información periódica sobre sus consumos, a través de contadores individuales, están en mejores condiciones de conseguir sustanciales ahorros.

La utilización de las aguas grises y de lluvia:

Otra opción para el ahorro de agua es la utilización de las aguas grises y de lluvia. El diseño de las redes de saneamiento de las ciudades generalmente reúne en una misma conducción todas las aguas sobrantes sin distinción de aguas de lluvia, aguas grises o aguas negras. Todas ellas desembocan en las depuradoras, lo que hace que en períodos de muchas lluvias los sistemas de depuración se vean desbordados, vertiendo directamente sobre los cauces de los ríos, con el evidente riesgo de contaminación.

Una opción viable es diseñar sistemas separativos de saneamiento de aguas, desde la construcción de los edificios hasta las redes municipales. Así, las aguas grises y de lluvia pueden encauzarse en la misma conducción y emplearse para riego, inodoros, limpieza de calles o bien vertido directo a los cauces, mientras que las aguas negras, mucho más alteradas, deben llevarse a las plantas para su posterior tratamiento.

4.2.6 Instalaciones eléctricas

Son el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilicen. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes. Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos).

Un buen diseño del edificio puede reducir las necesidades de climatización artificial hasta un 100 %, lo cual debería ser el caso en Costa Rica, especialmente para edificaciones en el Valle Central. Para lograrlo, se debe diseñar las instalaciones de manera que funcionen según una zonificación que respete orientaciones y usos diferentes, así como los distintos horarios de utilización.

De la energía eléctrica utilizada para iluminación sólo entre un 0,15% y un 18% se transforma en luz. Así, cuando se mejora la eficiencia de lámparas y su rendimiento, se puede ahorrar energía de forma sustancial. El desarrollo de equipos de regulación electrónica permite la reducción del consumo propio. Asimismo, los sistemas de control de encendido, programadores electrónicos, sensores, temporizadores, interruptores, permiten adecuar el funcionamiento del alumbrado a la demanda real de uso. Por otro lado, estos sistemas de control permiten adecuar la iluminación a los períodos de baja ocupación o cuando es suficiente la iluminación natural. Se debe recalcar que la mejor estrategia para reducir el consumo de energía para la iluminación es optimizando la orientación del edificio y el aprovechamiento de la luz natural.

Existen en el mercado gran variedad de lámparas de bajo consumo, lámparas electrónicas que permiten un ahorro de hasta un 80% y presentan una vida útil diez veces mayor que las convencionales.

Para la iluminación es recomendable dejar a un lado los bombillos halógenos o las lámparas incandescentes a cambio de la iluminación fluorescente. Esta última tiene la ventaja, en

comparación con las lámparas halógenas, el hecho de consumir menos energía eléctrica lo que asume poco consumo del recurso.

4.2.7 Acabados

Los acabados de una edificación son mucho más que un sencillo elemento estético y decorativo. Deberá también proteger la estructura y el interior de la obra, al mismo tiempo que permita su respiración.

Nuevamente la solución más sostenible pertenece al ámbito de la construcción tradicional, hoy en desuso, como es el revestimiento de las fachadas con madera. Por supuesto, madera local o gestionada de forma sostenible y tratada con productos naturales. Hoy en día existen procesos de certificación de madera, lo que puede garantizar que los productos utilizados en un proyecto provengan de buenas prácticas ambientales.

Las soluciones más empleadas pertenecen al grupo de los revestimientos continuos, revocos, estucos y morteros. Por sus especiales características ambientales e higrotérmicas nuestra actuación sostenible debería avanzar en la sustitución del mortero de cemento por el mortero de cal.

Para esto existen materiales muy variados, de muchas texturas y colores que pueden encontrarse con facilidad en tiendas especializadas en acabados exteriores. Se puede usar también pintura, si se quiere un acabado liso o algún texturizado, que se puede encontrar con muchas figuras o de diferentes materiales como granito de diferentes colores y tamaños; puede usarse también el piedrín, la cantera, la fachaleta, el facha-ladrillo, la cintilla de mármol y la piedra artificial, entre otros.

Cabe destacar que una de las características más importantes que deben poseer los materiales y productos utilizados en acabados, tales como la pintura y pegamentos de alfombras entre otros, es la baja emisión de sustancias tóxicas considerando que la calidad del ambiente interno de una edificación constituye un factor muy importante en la calidad sostenible de la misma. Adicionalmente se debe procurar que los materiales a utilizar no solo en acabados sino en todos

los otros sistemas provengan de zonas cercanas al sitio del proyecto para así disminuir las emisiones de dióxido de carbono producidas por su transporte.

4.2.8 Sistemas de ahorro energético y aprovechamiento de los recursos

4.2.8.1 Sistemas solares

Sistemas solares pasivos

Los sistemas solares pasivos aprovechan el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos. Esto sucede por principios físicos básicos como la conducción, radiación y convección del calor. Existen diferentes usos o métodos de aprovechamiento de estos sistemas, entre los cuales destacan los siguientes:

- Ganancia directa: Implica la captación de la energía del sol por superficies vidriadas o aperturas que son dimensionadas para cada orientación y en función de las necesidades de calor del edificio o local a climatizar.

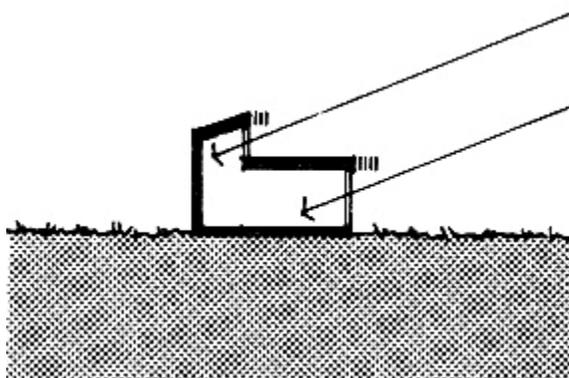


Figura 4.3 Sistema solar de ganancia directa. Fuente: es.wikipedia.org

- Muro de acumulación no ventilado: También conocido como Muro Trombe, es un muro construido en piedra, ladrillos u hormigón pintado de un color muy oscuro en la cara

exterior. Para mejorar la captación se aprovecha una propiedad del vidrio que es la de generar un efecto invernadero, en el cual la luz visible atraviesa el vidrio y al llegar el muro lo calienta emitiéndose en este proceso una cantidad de radiación infrarroja que es contenida por el vidrio. Por este motivo se eleva la temperatura de la cámara de aire existente entre el muro y el vidrio.

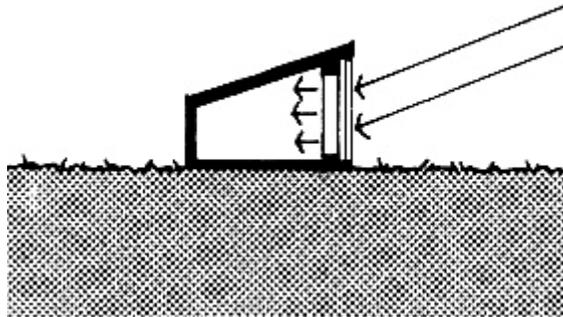


Figura 4.4 Muro de acumulación no ventilado. Fuente: es.wikipedia.org

- Muro de acumulación ventilado: similar al muro de acumulación no ventilado pero incorpora aberturas en la parte superior e inferior para facilitar la transferencia de calor entre el muro y el ambiente mediante convección que se suma al aporte por radiación.

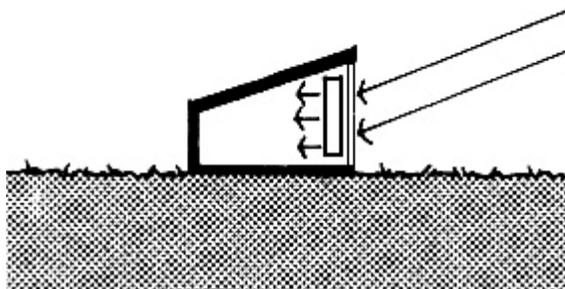


Figura 4.5 Muro de acumulación ventilado. Fuente: es.wikipedia.org

- Invernadero adosado: consiste en recintos acristalados cerrados construidos en las caras sur o norte del edificio. Dependiendo del clima y del uso a que se le destine, puede haber un muro de separación con la parte habitada del edificio u otro tipo de

almacenamiento. Sirve para estabilizar la temperatura tanto en el invernadero como en la vivienda. En algunos casos el invernadero se utiliza para dar un precalentamiento al aire que penetra en el interior del edificio. La temperatura en su interior puede sufrir grandes variaciones entre el día y la noche, por eso no es muy útil como vivienda, si no se utiliza un control adecuado que puede consistir en unas simples persianas para el período nocturno o la utilización de un calentamiento auxiliar. Con el fin de aprovechar la energía calorífica acumulada en el invernadero o galería, se pueden instalar ventiladores que impulsen el aire hasta el interior de la vivienda.

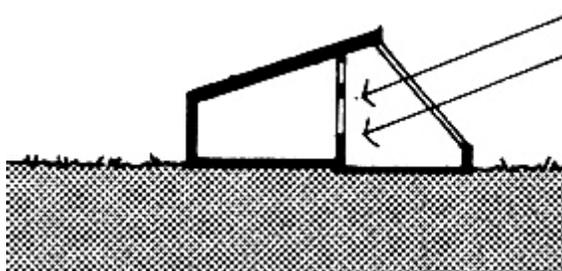


Figura 4.6 Invernadero adosado. Fuente: es.wikipedia.org

- Techo de acumulación de calor: En ciertas latitudes es posible usar la superficie del techo para captar y acumular la energía del sol. También conocidos como estanques solares requieren de complejos dispositivos móviles para evitar que se escape el calor durante la noche.

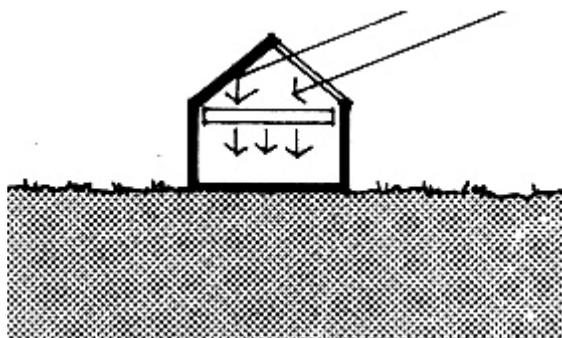


Figura 4.7 Techo de acumulación de calor. Fuente: es.wikipedia.org

Captación de calor y acumulación directa: Es un sistema más complejo y permite combinar la ganancia directa por ventanas con colectores solares de aire o agua caliente para acumularlo debajo del piso. Luego de modo similar al muro acumulador ventilado se lleva el calor al ambiente interior. Adecuadamente dimensionado permite acumular calor para siete o más días.

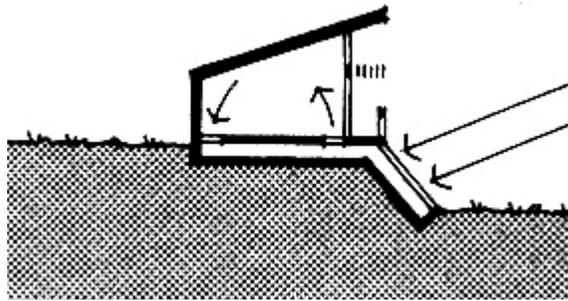


Figura 4.8 Captación de calor y acumulación directa. Fuente: es.wikipedia.org

Sistemas solares térmicos

Los sistemas solares térmicos sirven para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción.

- Calentamiento de agua sanitaria: en cuanto a la generación de agua caliente para usos sanitarios (también llamada "agua de manos"), hay dos tipos de instalaciones: las de circuito abierto y las de circuito cerrado. En las primeras, el agua de consumo pasa directamente por los colectores solares. Este sistema reduce costos y es más eficiente (energéticamente hablando), pero presenta problemas en zonas con temperaturas por debajo del punto de congelación del agua, así como en zonas con alta concentración de sales que acaban obstruyendo los paneles.



Figura 4.9 Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Fuente: www.quiminet.com

- Calefacción: dar apoyo al sistema convencional de calefacción (caldera de gas o eléctrica), apoyo que consiste entre el 20% y el 50% de la demanda energética de la calefacción. Para ello, la instalación o caldera ha de contar con intercambiador de placas (funciona de forma similar al baño maría, ya que el circuito de la caldera es cerrado) y un regulador (que dé prioridad en el uso del agua caliente para ser empleada en agua de manos). El sistema emisor de calor (radiadores, suelo radiante, zócalo radiante, muro radiante, fan-coil) que es más conveniente utilizar es el de baja temperatura ($\leq 50^{\circ}\text{C}$), de esta manera el sistema solar de calefacción tiene mayor rendimiento.

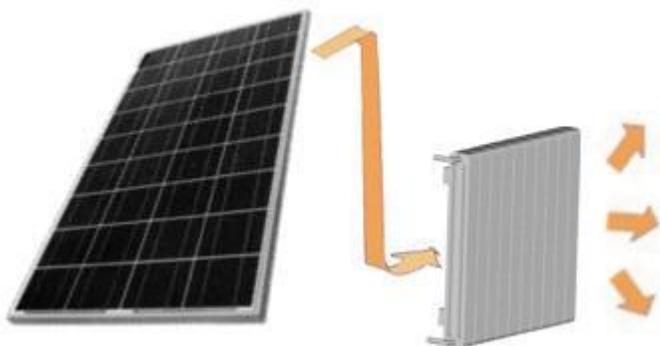


Figura 4.10 Sistema solar para la calefacción. Fuente: www.suelosolar.es

Sistemas solares fotovoltaicos

Los sistemas solares fotovoltaicos sirven para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar y también se pueden aprovechar para el calentamiento de aguas y calefacción.

Se denomina energía solar fotovoltaica a una forma de obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos. Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. Apto para alimentar pequeños dispositivos electrónicos. Calentar agua, aceite, salmuera, glicol o incluso aire. Su uso más común es para calentar agua para uso en piscinas o servicios sanitarios y cocinas, tanto en ambientes domésticos como hoteles. Son sencillos y resistentes, pueden tener una vida útil de hasta 20 años sin mayor mantenimiento.



Figura 4.11 Paneles fotovoltaicos para el aprovechamiento del sol.

Fuente: www.guiteca.com

4.2.8.2 Sistemas eólicos

Los sistemas eólicos capturan la energía cinética del viento y la transforman en otras formas de energía útiles para las actividades humanas.

Extraer energía del viento en su propia casa es una posibilidad cada vez más viable donde abunde este recurso durante todo el año. Para este fin se requiere -entre otras cosas- una turbina eólica, un regulador electrónico de voltaje y una o más baterías para almacenar la energía generada. La compra o construcción de una turbina de este tipo resulta tentador, especialmente en las locaciones apartadas en donde no se tiene acceso a la red eléctrica.



Figura 4.12 Sistemas eólicos. Fuente: www.energiadoblezero.com

4.2.8.3 Sistemas hídricos

Sistemas de captación de aguas pluviales

El agua de lluvia también puede ser utilizada para el uso en inodoros, lavadoras y para riego de jardines. En casas unifamiliares, el desarrollo de un sistema de captación pluvial puede elevar los costos de la misma, pero en el caso de conjuntos residenciales, es más viable su uso, al utilizarse un mismo sistema para todo un edificio. Un sistema de captación de agua consiste en la recolección o acumulación y el almacenamiento de agua para cualquier uso. Un sistema básico está compuesta por: Captación, Recolección-conducción y Almacenamiento. El agua de lluvia baja por medio de canoas a un, cisterna que luego la impulsa por medio de bombas hasta tanque en la parte superior de la edificación. Esa agua luego baja a las viviendas por gravedad.



Figura 4.13 Sistemas de captación de aguas pluviales. Fuente. www.mundoanuncio.cr

Sistemas de reciclaje de aguas grises o jabonosas

Las aguas grises o jabonosas de la regadera, el lavamanos y fregadero pueden reutilizarse para inodoros. En caso de la utilización de sistemas más avanzados pueden ser filtradas para utilizarse en sistemas de riego.

Su proceso para poder ser recicladas es complejo, pues debe de ser tratada para filtración, oxigenación, clarificación y desinfección. También tiene como desventaja, que no debe de verse en los drenajes detergentes, aceites o solventes, pues la planta de tratamiento perdería efectividad. También ésta requiere que se asee periódicamente. Así mismo, la separación de la red de aguas negras y jabonosas tiene un alto costo inicial y no hay reglamentos sobre la calidad de este tipo de aguas.

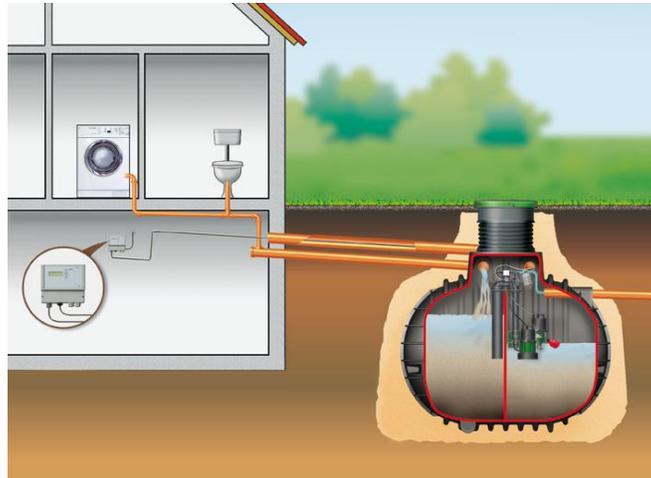


Figura 4.14 Sistema de recolección y tratamiento de aguas grises y jabonosas.

Fuente: www.lacasasostenible.com

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El concepto de construcción sostenible en Costa Rica ya está presente en Costa Rica, mas no así su ejecución. Si bien la normativa existente actual abarca aspectos importantes en cuanto a la conservación del medio ambiente, estas medidas ya se están quedando atrás y el rápido deterioro del planeta nos llama a medidas más radicales.
- El concepto de escuelas sostenibles no existe en Costa Rica. Los documentos existentes que estandarizan la construcción de centros educativos no abarca las iniciativas verdes sugeridas por el sistema LEED. Costa Rica tiene una meta muy ambiciosa, la cual es convertirse en un país carbono neutral para el año 2021 y medidas como esta son una clara estrategia para alcanzar ese objetivo. Lo importante de esa meta, no es solo alcanzarla, sino tener la capacidad necesaria para mantener los comportamientos, medidas y recursos que nos lleven a ella, de ahí que el desarrollo del concepto de escuelas sostenibles en Costa Rica se vuelve un tema imperativo para nuestro país.
- El sistema LEED for schools constituye un primer paso para el desarrollo del concepto de escuelas sostenibles en nuestro país. Si bien dentro del sistema existen aspectos no aplicables a nuestra realidad, los aspectos que en él se abarcan representan claramente el primer paso que debe tomar Costa Rica para iniciar a evolucionar nuestros centros educativos y la mentalidad de nuestros niños y educadores.
- La construcción de escuelas sostenibles se convierte hoy en día en una necesidad para la humanidad debido al rápido deterioro del medio ambiente generado por el ser humano. No obstante, se identificó que la construcción de escuelas sostenibles trae muchísimos beneficios al país: en la enseñanza, en el aprendizaje, en la comunidad y en la economía; y por estos motivos es que este tema debe ser abordado con mayor intensidad por parte tanto del gobierno de nuestro país como por el gremio de la construcción.

- Los casos de éxito de escuelas sostenibles en los Estados Unidos nos enseñan que enfocar el diseño de una escuela para cumplir no con todos los requisitos sostenibles sino con uno o unos en específico puede dar buenos frutos en cuanto a la sostenibilidad. Es decir, para diseñar una escuela sostenible no es necesario abarcar todos los aspectos sugeridos por LEED. Es suficientemente beneficioso enfocarse en alguno de las categorías y aportar significativamente en ese ámbito, principalmente cuando se cuenta con recursos financieros o profesionales limitados.
- Uno de los aspectos a los cuales LEED hace referencia es al manejo de desechos en las escuelas. En Costa Rica existen escuelas que tienen programas de reciclaje y estas son aclamadas e inclusive en ocasiones son expuestas en los noticieros nacionales. Esto está bien, sin embargo estas prácticas ya dejan de ser una actividad operativa adicional y se debe convertir en una práctica común en todas las escuelas del país.
- En Costa Rica, al menos en el Valle Central, se puede afirmar que nunca nos hemos visto afectados por la carencia de electricidad y abastecimiento de agua potable de manera trágica, al menos en la mayor parte del territorio. Sin embargo, en otros países e inclusive en algunos rincones del país estos problemas ya están presentes. Los sistemas de ahorro energético y aprovechamiento de los recursos presentados en este proyecto proponen alternativas para implementar en nuestras escuelas y en edificaciones en general inclusive antes de vernos afectados por la escasez de recursos. Algunos de estos sistemas tienen un alto nivel de simplicidad, como lo son los sistemas de captación de aguas pluviales, lo que podría ahorrar al año cantidades importantes de agua potable gastadas en la irrigación y agua en inodoros por ejemplo.
- El concepto de escuelas sostenibles va mucho más allá de los aspectos constructivos del edificio. Una escuela realmente sostenible sirve como herramienta de enseñanza para los estudiantes y que estos puedan entender y concientizar acerca de la importancia de preservar el ambiente y todos los beneficios sociales, ambientales y económicos que estas prácticas traen. Adicionalmente, una escuela sostenible se encuentra a la disposición de la comunidad, facilitando sus instalaciones e igualmente sirviendo como herramienta para la capacitación de los vecinos en cuanto al manejo de desechos y las características verdes que pueda tener la escuela. Si bien existe la Educación Ambiental

como parte de programas en algunos centros educativos estos no constituyen una prioridad actualmente. Este tema ya deja de ser un capricho de grupos ecologistas u otros grupos similares; este tema representa la mayor urgencia para la humanidad si queremos persistir como especie dentro del planeta, ya que al ritmo de consumo de recursos que se lleva muy pronto nuestra especie se verá directamente afectada en cada rincón del planeta.

5.2 Recomendaciones

- En nuestro país existen cientos de centros educativos construidos. Esto nos hace pensar que si bien se seguirán construyendo más escuelas y colegios, al menos en zonas rurales, la mayor oportunidad para enverdecer nuestras escuelas es a través de las operaciones y el mantenimiento de las existentes. Esto indica que para alcanzar un impacto integral en el desarrollo de escuelas sostenibles en Costa Rica se debe también aplicar estrategias verdes para operaciones y mantenimiento. Dichosamente, el sistema LEED también nos ofrece una herramienta para esto, la cual sería LEED para escuelas existentes. Esto abre espacio para la creación de otro proyecto que analice este sistema de LEED y pueda proponer prácticas verdes para la operación y mantenimiento de nuestras escuelas.
- Con el fin de recopilar información diversa y complementaria se recomienda investigar otros sistemas de evaluación de construcción sostenible para identificar otros potenciales aportes de importancia para el desarrollo del concepto de escuelas sostenibles.
- En el capítulo 4 de este proyecto se explica qué es la DIEE y su rol en el desarrollo de infraestructura escolar. Se menciona que actualmente se encuentra en proceso la redacción de otro documento que sintetiza las especificaciones técnicas para la construcción de centros educativos. Con el fin de avanzar en la implementación del concepto de escuelas sostenibles se recomienda realizar otro proyecto en el cual el estudiante trabaje en conjunto con la DIEE en la elaboración de este documento o al menos aportar al mismo con las estrategias verdes expuestas en este proyecto y en el potencial proyecto que abarque LEED para escuelas existentes, de manera que ambos

procesos de investigación tengan un impacto directo en el desarrollo de infraestructura escolar en nuestro país.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altmann Ortiz, Rodrigo (2007). Metodología para la aplicación de la coordinación modular en la enseñanza de la Ingeniería Civil. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Araya Zúñiga, José (2007). Construcción sostenible en edificaciones: Elaboración de un manual de procedimientos constructivos sostenibles. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Badilla Hidalgo, Geimmy (2008). Construcción sostenible en edificaciones: Elaboración de una guía de acabados para la construcción amigables con el medio ambiente. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Constitución Política de la República de Costa Rica. (1949). San José: Investigaciones Jurídicas S.A.
- Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo del Ministerio de Educación Pública (DIEE) (2011). Conceptos básicos en la planificación educativa. San José: Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo.
- Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo del Ministerio de Educación Pública (DIEE) (2010). Guía para la presentación de proyectos ante la DIEE. San José: Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo.
- Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo del Ministerio de Educación Pública (DIEE) (2010). Manual de especificaciones técnicas obra nueva menor. San José: Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo.

- Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo del Ministerio de Educación Pública (DIEE) (2010). Manual de especificaciones técnicas obra de mantenimiento mayor. San José: Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo.
- Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo del Ministerio de Educación Pública (DIEE) (2010). Manual de especificaciones técnicas obra de mantenimiento menor. San José: Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo.
- **Kats, Gregory (2006). Greening America's Schools: Costs and Benefits.**
- Kibert, Charles J. (2008). Sustainable construction – green building design and delivery. Nueva Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Méndez Ávila, José Aníbal (2009). Elaboración de una guía de procedimientos constructivos sostenibles en edificaciones nacionales, con áreas mayores a 1000 m². Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Meza Salas, Roberto (2008). Implementación del sistema de evaluación LEED-NC V.22 en empresas consultoras de ingeniería y arquitectura en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Rodríguez Rodríguez, Silvia (2009). Metodología y recomendaciones para la sostenibilidad ambiental en centros comerciales. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Salazar Flores, Laura (2009). Aplicación de la herramienta de la sostenibilidad SBTool al proceso de construcción de viviendas de interés social en Costa Rica. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

- United States Green Building Council (USGBC). (2010). LEED Core Concepts & Strategies. Washington D.C.: USGBC.
- United States Green Building Council (USGBC). (2009). LEED 2009 for schools new construction and major renovations. Washington D.C.: USGBC.

Sitios web

- <http://www.usgbc.org/>
- <http://www.iisbe.org/>
- <http://www.breeam.org/>
- <http://www.ibec.or.jp>
- <http://www.mep.go.cr>
- <http://www.educatico.co.cr>
- <http://www.greenschools.net>
- <http://www.centerforgreenschools.org>
- <http://www.ncef.org>
- <http://www.nacion.co.cr>
- <http://www.wikipedia.org>
- <http://www.quiminet.com>
- <http://www.suelosolar.com>
- <http://www.energiadoblezero.com>

- <http://www.lacasasostenible.com>
- <http://www.mundoanuncio.cr>