

## SUSTENTABILIDAD DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA

John Martín Evans

### RESUMEN

Este trabajo presenta las exigencias de la nueva versión del sistema de evaluación de sustentabilidad en edificaciones del Consejo Americano de Construcción Verde, USGBC, *United States Green Building Council: LEED Construcción Nueva, Versión 3, Leadership in Energy and Environmental Design, New Construction, NC Version 3, 2009*, con énfasis en aquellos aspectos donde la construcción con tierra puede aportar créditos para la certificación de edificación sustentable en los Estados Unidos. En varios aspectos, la construcción con tierra puede aportar créditos para lograr la certificación; en otros, se debe tomar una serie de precauciones para evitar posibles impactos negativos. Es relevante notar que la construcción con tierra requiere cumplir con condiciones cuidadosas de diseño y con un proceso constructivo controlado y consciente para optimizar la sustentabilidad del proyecto. La sustentabilidad no depende solo del uso de un material particular como la tierra, sino que también depende de la forma en que se utiliza este recurso natural en el contexto general de proyecto, ejecución de obra y operación a lo largo de su vida útil, considerando la evaluación de impacto ambiental, social y económico del recurso.

**Palabras claves:** Construcción con tierra, certificación, edificios sustentables, impacto ambiental.

### INTRODUCCIÓN

Los edificios generan importantes impactos ambientales, tanto en la etapa de construcción como durante el uso del edificio y en la demolición o deconstrucción, etapa final de su vida útil. La ocupación de un terreno con nueva construcción provoca impactos debido al uso de suelo, el proceso de edificación y la demanda de materia prima para producir materiales. El uso de edificios requiere del empleo de recursos de energía y agua, y genera desperdicios, mientras la demolición del edificio al final de su vida útil inicia otra serie de impactos.

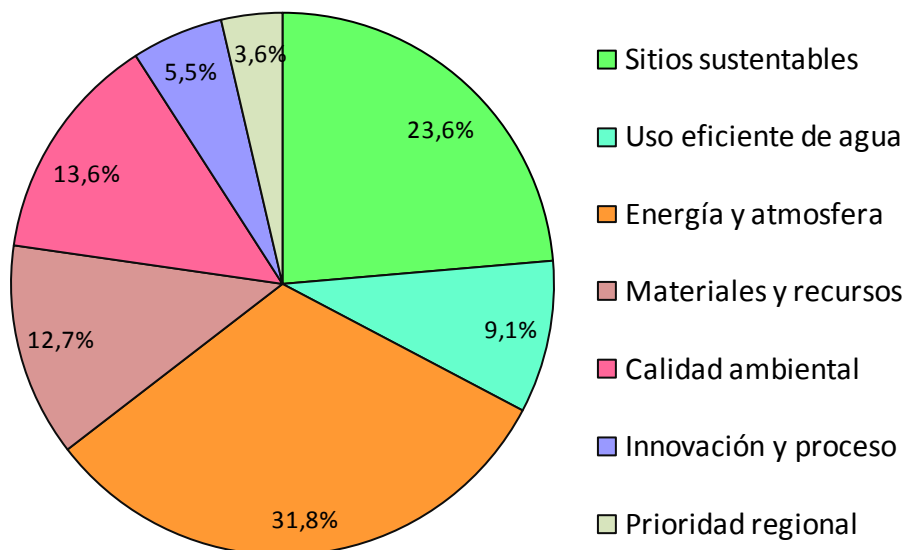
La sustentabilidad de edificios y la promoción de eficiencia energética abarcan una amplia gama de requerimientos en el campo ambiental, reflejada en los sistemas de certificación.

En este trabajo se analiza la contribución de la construcción con tierra a la construcción sustentable, en base a la nueva versión de LEED, Liderazgo en Ambiente y Diseño Energéticamente Eficiente, *Leadership in Energy and Environmental Design* (USGBC, 2009) para Construcción Nueva.

Este sistema de evaluación, calificación y certificación, establece una serie de créditos para distintos rubros, con los porcentajes del número máximo de créditos disponibles en cada uno, según se muestra en la Figura 1.

Estos porcentajes son indicativos de la importancia relativa de cada uno de los rubros de LEED:

- SS Sitios sustentables:** Uso de suelo, densidad, transporte de bajo impacto, espacios exteriores, restauración del hábitat, gestión de aguas pluviales, etc. (23,6 %).
- WE Uso eficiente de agua:** Paisaje sin riego, tratamiento y reciclaje de agua, artefactos de baja demanda de agua (9,1 %).
- EA Energía y ambiente:** Eficiencia energética, energías renovables, reducción de emisiones que promueven cambio climático o afectan la capa de ozono (31,8 %).
- MR Materiales de bajo impacto:** Producción local, bajas emisiones de compuestos volátiles, reciclaje y reuso de materiales, reducción de desperdicios (12,7 %).
- EQ Calidad ambiental:** Calidad de aire, iluminación natural y control de confort térmico de espacios interiores, (13,6 %).
- ID Innovación y proceso:** Medidas no incluidas en el manual de LEED, equivalentes a otros créditos, (5,5 %).
- RP Prioridades regionales:** Medidas de sustentabilidad específicas a aplicar en cada localidad para responder a requerimientos locales, beneficio disponible solamente a proyectos en los Estados Unidos, (3,6 %).



**Figura 1.** Porcentaje de créditos según los rubros de LEED. Elaboración propia con datos de USGBC (2009)

Del puntaje máximo de 110 créditos que establece el sistema, se requiere un mínimo de 40 créditos para lograr la certificación, con la posibilidad de alcanzar niveles más altos: LEED Plata, Oro o Platino, con 50, 60 y 80 créditos respectivamente. En este trabajo se analiza el posible aporte de construcción con tierra para lograr la Certificación LEED.

Cabe aclarar que LEED no ofrece créditos específicos para el uso de tierra en la construcción, ni para cualquier otro producto; solo ofrece créditos para recursos de diseño, construcción y gestión que logren reducciones cuantificables en los impactos ambientales. Este enfoque responde a los requisitos de sustentabilidad; la construcción con tierra, como cualquier otro material, puede ofrecer beneficios o provocar impactos indeseables, según la manera de emplearlo. En todos los casos es necesario presentar la evidencia de las medidas implementadas, tanto en la etapa de diseño como de obra.

A continuación se analizan los requisitos para obtener créditos y los prerrequisitos establecidos por LEED. En este trabajo, solo se consideran los créditos potencialmente relacionados con la construcción con tierra, tanto los aspectos favorables como las exigencias que pueden dificultar la obtención de créditos, según los rubros disponibles.

## **REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LEED**

Los edificios presentados para certificación deben cumplir con las leyes ambientales, los códigos de planeamiento y edificación, y las condiciones establecidas para la habilitación en la jurisdicción del edificio. Sin una habilitación u otra certificación oficial de aprobación del edificio para iniciar su uso, no es posible obtener una Certificación LEED. En lugares donde hay prohibición de utilizar construcción con tierra o cuando este tipo de construcción no cumpla con los requisitos de habitabilidad, no se puede certificar con LEED, aun en los casos donde el edificio cumpla con créditos suficientes para lograrla.

Por ejemplo, LEED no acepta la construcción con tierra en zonas donde está prohibida por razones sísmicas o no cumple con los requisitos térmicos, un problema potencial en zonas frías (Evans, 2004). Cabe notar que los edificios a certificar también deben tener una superficie mínima de 93 m<sup>2</sup>, excluyendo de este modo la vivienda de interés social característica de la gran mayoría de los países latinoamericanos.

## **CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN SITIOS SUSTENTABLES**

### **SSP1, Plan de Prevención de Polución en la Construcción**

La preparación e implementación de un Plan de Prevención de la Polución en la Construcción, PPPC, es requisito obligatorio en el proceso de Certificación LEED. Este plan debe identificar las actividades de la construcción que pueden generar polución e impactos ambientales, especialmente el arrastre de sedimentos con agua de lluvia y polvo levantado por el viento. La construcción con tierra puede contribuir a estos impactos ambientales indeseables. El plan debe indicar las medidas que se implementan para reducirlos, el sistema de control y verificación, los responsables de su implementación, y la manera de presentar la evidencia de cumplimiento, por ejemplo; informes de reuniones de obra, inspecciones, y fotos de la obra. En el caso específico de la construcción con tierra, el acopio de tierra debe contar con protección para evitar el arrastre de sedimentos con agua de lluvia o erosión por viento en épocas secas.

### **SS1. Selección del sitio**

El sitio no debe ser inundable, un requisito totalmente compatible con la construcción en tierra. Tampoco pueden ser tierras aptas para el agro para lograr este crédito.

### **SS2. Densidad de desarrollo y conectividad a la comunidad**

Se pueden obtener hasta 5 créditos por casos de proyectos ubicados en terrenos previamente desarrollados y con densidad media a alta, o con buen acceso a servicios e infraestructura urbana. Si bien la densidad y desarrollo previo del terreno no favorece el uso de tierra, el acceso a servicios urbanos es totalmente compatible con esta forma de construcción.

**SS3: Rehabilitación de terrenos con suelo contaminado**

Se otorga 1 crédito a la rehabilitación de terrenos con suelo contaminado; por ejemplo, terrenos previamente utilizados por industrias químicas, estaciones de servicio con depósitos de combustibles que pudieran sufrir pérdidas o filtraciones, etc. En general, estos terrenos no ofrecen suelos aptos para la construcción.

**SS5.1: Desarrollo del terreno y restauración del hábitat**

En terrenos sin desarrollo previo, se otorga 1 crédito por evitar la remoción de tierra a más de 12 m del edificio, a más de 3 m de caminos peatonales, a más de 5 m de caminos vehiculares y zanjas principales de servicios o a más de 7,50 m de áreas ‘construidas’ con superficies permeables, tales como canchas de deportes o zonas de captación de aguas pluviales. Este crédito tiene como objetivo conservar el suelo, la permeabilidad y la vegetación existente, y requiere una cuidadosa planificación para lograr la extracción de suelos para la construcción compatible con la conservación del hábitat natural. En terrenos previamente desarrollados, se debe restaurar o proteger el 50 % de la superficie del terreno, excluyendo la ‘pisada’ del edificio.

**SS5.2. Desarrollo del terreno, aumento de espacio abierto**

Se otorga 1 crédito para terrenos cuya superficie excede en 25 % la superficie mínima exigida por los códigos de edificación y/o planificación.

**SS6. Diseño de desagües pluviales, cantidad y calidad de descarga**

La reducción de la descarga directa requiere almacenar las aguas pluviales en el terreno y desarrollar medidas para evitar el arrastre de sedimentos.

**SS7. Reducción del efecto de la ‘isla de calor’**

El uso de vegetación, los suelos permeables y absorbentes, y los techos verdes evitan o disminuyen el calentamiento de las superficies expuestas, tanto en techos como en los espacios exteriores.

**EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA**

El objetivo de este rubro, que puede sumar un total de 10 créditos potenciales, es reducir la demanda de agua potable y minimizar la descarga de aguas servidas. Un aspecto importante para cumplimentar este propósito, radica en el diseño del paisaje, utilizando vegetación de baja demanda de agua, o directamente sin necesidad de riego.

Otros recursos de interés son la captación y uso de agua de lluvia, el reciclaje de aguas grises, y la provisión de instalaciones para el tratamiento de agua dentro del terreno del proyecto, con la correspondiente recarga de las napas. Si bien este rubro no afecta directamente a la construcción con tierra, se deben tener ciertos recaudos para evitar el impacto de agua sobre los elementos construidos con tierra.

**ENERGÍA Y ATMOSFERA**

Este rubro ofrece la posibilidad de lograr 35 créditos. Para ello, el edificio debe alcanzar un nivel mínimo de eficiencia energética, el cual se establece con la simulación del comportamiento térmico-energético del mismo.

Aquí es importante contemplar las exigencias de confort establecidas en LEED: la demanda de energía debe ser baja, pero al mismo tiempo se deben lograr elevados niveles de confort.

Las construcciones con tierra, si bien tienen buena capacidad térmica, no ofrecen óptimos niveles de aislación térmica (Evans, 2007). Es importante notar que la transmitancia térmica de BTC y suelo cemento compactado in-situ no cumplen con los requisitos mínimos exigidos para vivienda de interés social en Argentina (SEDUV, 2001), y la construcción con adobe sin capas aislantes no resulta suficiente para cumplir con las exigencias mínimas de LEED.

De esta forma, es necesario combinar la construcción con tierra con capas importantes de aislantes livianos que permitan lograr un comportamiento térmico adecuado para cumplir con las exigencias de LEED. Por ejemplo, en las condiciones ambientales de Buenos Aires, se deben considerar espesores de capas aislantes de 10 y 15 cm en muros y techos respectivamente. Para asegurar un buen comportamiento térmico, es necesario considerar otros factores de diseño, tales como la orientación y el tamaño de ventanas, la compacidad del edificio, y la eficiencia de las instalaciones termo-mecánicas.

## **MATERIALES Y RECURSOS**

Este rubro ofrece la posibilidad de obtener hasta 14 créditos, y es el rubro donde la construcción con tierra puede hacer un importante aporte. Sin embargo, son limitados los créditos que se pueden conseguir con esta forma de construcción.

### **MR1: Re-uso de elementos edilicios**

En los créditos del rubro 'materiales', 4 de ellos corresponden al re-uso de elementos de edificios existentes, principalmente los estructurales. El re-uso y restauración de muros de adobe u otra forma de construcción con tierra permiten lograr entre 1 a 3 créditos: con el re-uso del 55 % de la estructura existente se logra un crédito, con el 75 % se obtienen 2 créditos y con el 95 % se logran 3 créditos.

### **MR2: Reducción de desperdicios de la construcción**

Al desvío de desperdicios de la construcción corresponden 2 créditos, evitando su envío a relleno sanitario. Si bien la construcción con tierra disminuye la producción de los desperdicios, este rubro solo considera el reciclaje de desperdicios. El Manual de LEED aclara que los suelos excavados no contribuyen a este crédito, pero incluye a los materiales utilizados para construir muros. Se puede calcular el porcentaje de reciclaje o re-uso por peso o por volumen, pero se debe optar por uno u otro. En total, es necesario reciclar o reusar el 50 % de todos los desperdicios para lograr un crédito y el 75 % para 2 créditos.

### **MR3: Re-uso de materiales**

Si el nuevo edificio re-emplaza un edificio existente o reutiliza materiales de otro edificio, se puede obtener 2 créditos. Con el 5 % de materiales re-utilizados se obtiene 1 crédito, y con el 10 % se logran 2 créditos, basado en el valor del material. El cálculo del valor total de materiales excluye todas las instalaciones. El uso de adobes de otros edificios puede permitir el logro de 1 crédito, pero el bajo valor de este material dificulta cumplir con las condiciones.

**MR4: Materiales reciclados**

Si el material es reciclado, se requiere 10 % de contenido para obtener 1 crédito y 20 % para lograr 2, basado en el peso. Aquí también se excluyen las instalaciones.

**MR5: Materiales regionales.**

Con el uso de materiales provenientes de una distancia menor a 800 km del terreno, se puede obtener 1 crédito, siempre que el porcentaje represente el 10 %, o 2 créditos con 20 %, basado en su peso. En este caso, la alta densidad y la cantidad de material utilizado en construcción con tierra es un factor a favor de esta alternativa.

**CALIDAD AMBIENTAL DE ESPACIOS INTERIORES**

Los factores que mantienen alta calidad ambiental de los espacios interiores pueden lograr hasta 15 créditos. La construcción con tierra puede así aportar parcialmente 3 o 4 créditos.

**IA3.1: Calidad de aire durante la construcción**

Adoptando medidas que permitan mantener la calidad del aire en los espacios interiores durante la construcción, se puede obtener 1 crédito. El polvo generado por la construcción con tierra es un punto potencialmente negativo, pero la ausencia de otros impactos sobre la calidad de aire es positiva.

**IA4: Materiales de bajas emisiones**

Con materiales de bajas emisiones de COV, Compuestos Orgánicos Volátiles, se puede alcanzar hasta 4 créditos. Si bien la construcción con tierra no emite COV, el sistema de puntaje no pondera esta cualidad, ya los créditos están solamente orientados a pinturas, selladores y adhesivos, sistemas de alfombras y madera aglomerada y otros paneles compuestos de fibras orgánicas y resinas.

En este contexto, la construcción con tierra debe evitar el uso de terminaciones con pinturas sintéticas impermeables, contribuyendo así a 1 crédito, pero es necesario asegurar que todas las pinturas utilizadas en la obra, no solamente las terminaciones de muros de tierra, son de bajas emisiones.

**INNOVACIÓN EN DISEÑO**

El sistema de calificación permite proponer otros créditos que tienen beneficios equivalentes a los créditos definidos en la Certificación LEED. Esta opción abre la puerta para proponer 1 crédito por el uso de muros de tierra, con un impacto ambiental menor a las alternativas convencionales. Sin embargo, los créditos de 'innovación' son de mayor riesgo de acreditación, justamente por no contar con una definición de las condiciones dentro del sistema, y la interpretación de la innovación que se propone está sujeta al criterio de los evaluadores de LEED.

## VALORACION DE CREDITOS

La construcción con tierra tiene bajo impacto ambiental, particularmente debido a la sencillez de su empleo, obviando procesos industriales con gran demanda de energía y dependencia en el transporte a través de grandes distancias. A ello se suma la generación y promoción de empleo local. Sin embargo, con este análisis basado en los criterios de LEED, el uso de la construcción con tierra puede aportar a entre 2 a 5 créditos directos, y aportar indirecta y parcialmente a unos 2 a 5 créditos más.

De este modo, la construcción con tierra puede contribuir hasta 10 créditos, pero la certificación requiere un mínimo de 40 créditos. Así, en los casos más favorables, la construcción con tierra puede aportar hasta un 25 % de los créditos. Para certificar, es necesario complementar esta alternativa con otros recursos para bajar los impactos ambientales y lograr alta calidad ecológica. Para obtener 1 crédito, es necesario presentar la evidencia de cumplimiento de las exigencias especificadas para cada uno de ellos. En el caso de re-uso o reciclaje de materiales, se debe presentar una estimación del valor o el peso de todos los materiales de la obra gruesa además del valor de la construcción con tierra.

Para documentar materiales regionales, se requiere la documentación del origen del material contando con distancias de transporte desde la extracción de materia prima hasta la entrega en obra, a través de los procesos de producción o fabricación. La cantidad de material que cumple con los requisitos de una distancia máxima de 800 km debe ser comparada con la cantidad de material total de la obra gruesa.

Este proceso tiene un costo importante en la gestión de obras sustentables, debiéndose presentar la evidencia a través de Internet a los evaluadores de LEED, quienes analizan la evidencia cuidadosamente antes de aprobar cada crédito.

Otro factor evidente de este análisis es la necesidad de implementar buenas prácticas de gestión para lograr edificios más sustentables. Ellas incluyen los planes para evitar el arrastre de sedimentos en la obra hacia cursos de agua o desagües pluviales, las medidas para controlar el polvo levantado por el viento y el impacto de polvo sobre los obreros y operarios o que afecte la calidad de aire de los espacios interiores.

El sistema de Certificación LEED fue desarrollado para mejorar y calificar edificios en los Estados Unidos y sus exigencias están basadas en normas y prácticas de ese país, las que no son necesariamente aptas para evaluar otros tipos de construcción características y habituales en otros contextos.

Sin embargo, existen otros métodos de evaluación que se pueden utilizar para cuantificar los beneficios ambientales de las medidas de sustentabilidad que se adopten en un proyecto, algunos basados en la 'huella ecológica', otros en las emisiones de gases efecto invernadero o en la demanda de energía.

## CONCLUSIONES

Este breve análisis demuestra la complejidad de evaluar e implementar sistemas de certificación de sustentabilidad edilicia. No es suficiente anunciar la sustentabilidad de un edificio, es necesario cuantificar las medidas adoptadas para lograrlo y presentar evidencias para demostrarlo. De esta forma, los sistemas de certificación ofrecen una manera rigurosa e independiente de comprobar la calidad de sustentabilidad de un proyecto. También se puede evaluar y comparar alternativas con otros criterios objetivos de comparación.

La sustentabilidad también requiere una aplicación sistemática y continua de buenas prácticas de diseño, gestión y control. En este marco, el desarrollo y práctica de la construcción con tierra aportan importantes beneficios potenciales que contribuyen positivamente a la sustentabilidad. Sin embargo, es relevante notar que la sustentabilidad no depende solo del uso de un material particular como tierra, también depende de cómo se utiliza este recurso natural en el contexto general de proyecto, ejecución de obra y operación a lo largo de su vida útil, evaluación de impacto ambiental, social y económico del recurso.

## REFERENCIAS

Evans, J. M. (2004), *Construcción en tierra: aporte a la habitabilidad*, pp 12-17, Construcción con tierra, 1er Seminario – Taller, Proyecto Proterra /CYTED, Buenos Aires.

USGBC (2009), *LEED 2009 New construction and mayor renovations*, United States Green Building Council, Washington D. C.

SB (2000), Maastricht diseño....

de Schiller, S., Gomes, V., Goitberg, N., y Treviño, C. (2003). *Edificación Sustentable: consideraciones para la calificación del hábitat construido en el contexto regional latinoamericano*, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 7, No 1, Salta, ISSN 0329-5184.

SEDUV (2001) *Estándares mínimos de calidad para Viviendas de interés social*, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Buenos Aires.

## RECONOCIMIENTO

Este trabajo se inscribe en el marco del Proyecto de Investigación UBACYT A017 'Evaluación y certificación de edificios energéticamente eficientes', Programación Científica 2008-2010, de la Secretaría de Investigaciones en Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires.