



PANOPTÉS
ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL
Y DERECHOS HUMANOS

Año 1 | Volumen 1 | Número 1 | Abril 2026





Revista PANOPTÉS ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL Y DERECHOS HUMANOS es una publicación científica de la Universidad Autónoma del Estado de México adscrita a los Estudios de Posgrado en Accesibilidad Universal. La revista invita a la reflexión, la problematización y la contrastación de conceptos e ideas, teniendo como objetivo publicar artículos originales de alta calidad sobre estudios transdisciplinarios en torno a la Accesibilidad Universal, atendiendo sus tres dimensiones: física-cognitiva, normativa y actitudinal.

Revista PANOPTÉS ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL Y DERECHOS HUMANOS de formato electrónico acoge diversas contribuciones inéditas del ámbito de la arquitectura, urbanismo, psicología, educación, derecho y derechos humanos, filosofía, humanidades, medicina, terapia física, entre otros, relacionados con la accesibilidad universal, entendida como la estrategia para alcanzar la inclusión en todos los ámbitos. Busca construir diálogos a través de una convocatoria abierta y permanente enfocada a investigadores, académicos, profesionales y estudiantes, para promover el intercambio y fortalecer la accesibilidad universal como propuesta transcompleja para no dejar a nadie atrás, en cumplimiento con los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Los contenidos se seleccionan en consideración de la calidad, originalidad, pertinencia temática y rigor metodológico.

Revista PANOPTÉS ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL Y DERECHOS HUMANOS es de circulación semestral. Su distribución digital es de acceso universal, gratuito, libre y abierto. No se cobra ningún tipo de tasas, ni de publicación, ni de suscripción o visualización, los artículos están a disposición de los lectores sin tarifas ni pagos asociados. Los artículos se reciben en español. **La selección de artículos se realiza mediante el sistema de revisión por pares, en modalidad doble ciego.**

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido aquí publicado sin fines de lucro, siempre y cuando no se modifique, se cite la fuente completa y su dirección electrónica. Hecho en México Universidad Autónoma del Estado de México

Diseño de portada e interiores: Dr. en Dis. Azael Pérez Peláez

Revista Panoptés Estudios de Accesibilidad Universal y Derechos Humanos, Año 1, Número 1, Abril de 2026.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.



LA ACCESIBILIDAD COMO FUNDAMENTO SOCIAL DE LA CERTIFICACIÓN LEED O+M

Alaidé Retana Olvera

Universidad Autónoma del Estado de México

alai.retol@gmail.com

Orcid 0000-0002-5952-3290

RESUMEN

La investigación analiza el proceso de certificación LEED® en su modalidad de Operación y Mantenimiento (O+M) del Antiguo Palacio del Ayuntamiento (APA), sede del Gobierno de la Ciudad de México, desde una perspectiva crítica centrada en la accesibilidad. El objetivo es evidenciar al papel fundamental de las dimensiones sociales de la accesibilidad en la implementación de criterios ambientales durante el proceso de certificación de edificios en operación. La metodología consistió en el análisis cualitativo del estudio de caso, basado en el análisis de registros del proceso de certificación, como reportes técnicos, instrumentos de levantamiento de información, evidencias generadas durante la implementación de los créditos, así como revisión bibliográfica. La información fue analizada mediante un enfoque interpretativo a partir de las dimensiones de accesibilidad propuestas por Sasaki (2019). Los resultados muestran que la implementación de créditos técnicos requirió estrategias sociales, comunicacionales y metodológicas para su cumplimiento. Se concluye que la accesibilidad constituye un fundamento operativo indispensable para la apropiación y sostenibilidad de los procesos de certificación en edificios públicos.

Palabras clave: Dimensiones de la accesibilidad, certificaciones sustentables, gestión organizacional, sostenibilidad operativa

ACCESSIBILITY AS A SOCIAL FOUNDATION OF LEED O+M CERTIFICATION

ABSTRACT

This research analyzes the LEED® certification process under the Operations and Maintenance (O+M) scheme of the Antiguo Palacio del Ayuntamiento (APA), headquarters of the Government of Mexico City, from a critical perspective centered on accessibility. The objective is to demonstrate the fundamental role of the social dimensions of accessibility in the implementation of environmental criteria during the certification process of buildings in operation. The methodology consisted of a qualitative case study based on the analysis of certification process records, including technical reports, data collection instruments, and evidence generated during the implementation of credits, as well as a literature review. The information was analyzed using an interpretative approach based on the accessibility dimensions proposed by Sasaki (2019). The results show that the implementation of technical credits required social, communicational, and methodological strategies for their effective achievement. It is concluded that accessibility constitutes an essential operational foundation for the appropriation and sustainability of certification processes in public buildings.

Keywords: Accessibility dimensions, sustainable certifications, organizational management, operational sustainability

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de certificar una edificación como sustentable, se suele asumir que el logro depende principalmente de la tecnología e innovación. Sin embargo, esta concepción queda limitada para los casos de edificios en operación, ya que pesar de que los sistemas de certificación sustentable han sido ampliamente utilizados para evaluar el desempeño ambiental de los edificios, existe una limitada atención al papel de los factores sociales. Esta limitada atención evidencia una brecha en la comprensión de los procesos de certificación sustentable, particularmente en edificios en operación, donde la implementación efectiva de criterios ambientales clave depende de la participación y apropiación de los usuarios. En este sentido, la ausencia de un enfoque que integre la accesibilidad como dimensión operativa genera una visión predominantemente técnica de la sostenibilidad, lo que dificulta su viabilidad en contextos reales, especialmente en edificios públicos.

Lo anterior se evidencia en la literatura especializada sobre certificaciones sustentables, diversos estudios han señalado que estos sistemas tienden a priorizar criterios ambientales y técnicos por encima de las dimensiones sociales. Investigaciones como las de Doan et al. (2017), Zimmermann et al. (2019) y Olakitan y Öztürk (2018) coinciden en que, si bien sistemas como LEED, BREEAM o CASBEE han contribuido a mejorar el desempeño ambiental de los edificios, presentan limitaciones en la integración de factores sociales como la participación de los usuarios, la gestión organizacional y la accesibilidad. En este contexto, la accesibilidad ha sido abordada principalmente desde una perspectiva física o normativa, dejando de lado su potencial como estrategia operativa para la implementación efectiva de criterios ambientales en edificios en operación.

Esta limitada atención a los factores sociales evidencia una brecha en la comprensión de los procesos de certificación sustentable, particularmente en edificios en operación, donde la implementación efectiva de los criterios ambientales depende de la participación y apropiación de los usuarios. En este sentido, la ausencia de un enfoque que integre la accesibilidad como dimensión operativa genera una visión predominantemente técnica de la sostenibilidad, lo que dificulta su viabilidad en contextos reales, especialmente en edificios públicos.

En este contexto, la investigación centra su objetivo en analizar el proceso de certificación LEED O+M del Antiguo Palacio del Ayuntamiento desde la perspectiva de la accesibilidad, con el fin de evidenciar la trascendencia del papel de las dimensiones sociales en la implementación de los criterios ambientales y el consecuente éxito de su implementación. Este objetivo se estructura bajo criterios SMART, lo que permite delimitar su alcance, pertinencia y viabilidad analítica (Figura 1).

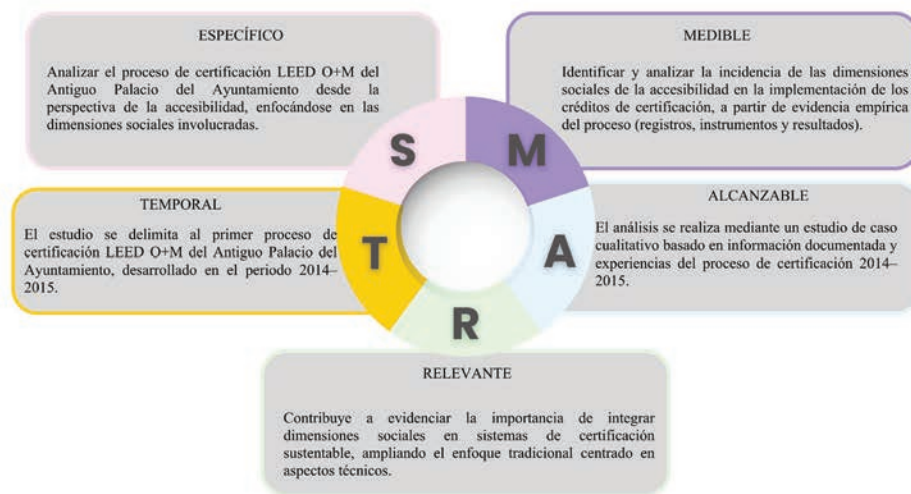


Figura 1. Formulación del objetivo bajo criterios SMART. Elaboración propia

Este estudio aporta una perspectiva crítica al exponer que la accesibilidad no es un componente complementario, comúnmente reducido en el ámbito arquitectónico a la incorporación de elementos físicos y normativos, sino un elemento estructural que condiciona la viabilidad operativa de los criterios ambientales.

MARCO TEÓRICO

Los estudios recientes en el campo de la sostenibilidad del entorno construido han enfatizado la necesidad de incorporar de manera explícita las dimensiones sociales en la evaluación de los edificios en operación. En este sentido, Lu et al. (2025) identifican a los stakeholders y a los factores socioeconómicos como uno de los siete ejes centrales de la investigación en edificaciones sustentables, evidenciando que la sostenibilidad trasciende los aspectos estrictamente técnicos y ambientales. De manera complementaria, Wang (2024). señala que la sostenibilidad social constituye un pilar crítico para comprender el desempeño integral de los entornos construidos, particularmente en contextos donde la operación cotidiana depende de la interacción entre múltiples actores.

En este contexto, el marco teórico de la investigación se articula a partir de dos conceptos fundamentales. Por un lado, las certificaciones de edificación sustentable, específicamente el sistema LEED® en su modalidad de Operación y Mantenimiento (O+M, por sus siglas en inglés Operations and Maintenance), entendido como un sistema de evaluación orientado a optimizar el desempeño ambiental de los edificios en uso. Por otro lado, la accesibilidad se aborda como una estrategia transversal que posibilita el involucramiento, apropiación, gestión e implementación efectiva de los criterios de sostenibilidad dentro del inmueble de estudio. Para efectos de esta investigación, el análisis se delimita al ámbito operativo y organizacional del edificio, por lo que no se consideran las variables asociadas al diseño arquitectónico ni urbano.

1. Certificaciones para la edificación sustentable

De acuerdo con la evaluación realizada por Li, Pradhan, Chen, Kropp, y Schellnhuber (2025), la industria de la construcción a pasado de ser la responsable del 20% de la emisiones de gases globales en 1995 a 33% en 2022. De tal modo que a nivel mundial se busca mitigar este daño, por lo que han surgido cientos de sistemas de evaluación para la edificación sustentable (Nguyen & Altan, 2011), las cuales tienen como objetivo final generar una construcción más sustentable, a través del establecimiento de una estructura que permita evaluar el desempeño ambiental de los edificios (Olakitan & Öztürk, 2018), "con lo cual se puede verificar el cumplimiento de estándares sustentables que mejoren las prácticas habituales de construcción" (Quesada, Ortiz, Calle, Guillén, & Orellana, 2018, pág. 10).

En este sentido, se puede decir que el entorno construido ha sido adaptado a dos tipos de herramientas de evaluación: aquellas basadas en el análisis del ciclo de vida y las basadas en criterios, tales como BREEAM, CASBEE, LEED, WELL, entre muchas otras (Olakitan & Öztürk, 2018), siendo LEED con la que se trabajó para certificar como sustentable el Antiguo Palacio del Ayuntamiento.

2. LEED

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), es una certificación promovida por el U.S. Green Building Council, la cual proporciona un marco de evaluación para edificios sostenibles saludables, eficientes y económicos, con cinco sistemas principales: Diseño y Construcción de Edificios nuevos, Diseño y Construcción de Interiores, Residencial, Ciudades y Comunidades, y Operaciones y Mantenimiento (O+M). Cada una de estas cuenta con nueve criterios de evaluación agrupados en el denominado scorecard: Ubicación y transporte, Sitios sostenibles, Eficiencia del Agua, Energía y Atmósfera, Materiales y Recursos, Calidad ambiental interior, proceso integrativo, Innovación y Prioridad Regional (U.S. GBC, 2025).

De acuerdo con el U.S.GBC (2026), hay cuatro niveles de certificación: Certificado, Plata, Oro y Platino, siendo este último el nivel más alto dentro de este sistema de evaluación. Para obtener la certificación es necesario cumplir con los denominados prerequisites, que son criterios que de no cumplirse no se puede obtener el certificado, una vez que estos se cumplen, entonces se procede a evaluar los créditos que se pueden alcanzar de acuerdo con los objetivos del proyecto.

El proyecto motivo de esta investigación, fue certificado bajo el sistema de Operación y Mantenimiento, ya que para el momento de la certificación ya se encontraba construido y operando como sede del Gobierno de la Ciudad de México.

3. Accesibilidad

La accesibilidad se puede interpretar como el conjunto de acciones orientadas hacia las personas que tienen deficiencia de igualdad de oportunidades (Sasaki, 2019), no solo en el aspecto físico, sino también en los servicios de información, comunicación, instalaciones médicas y lugares de trabajo (ONU, 2006), es dentro del marco más amplio del concepto de accesibilidad que se encuentra la investigación, ya que

durante el proceso de certificación LEED O+M del Antiguo Palacio del Ayuntamiento, se priorizó el dar acceso libre y transparente tanto de la información como de los beneficios tecnológicos y sustentables dentro de su espacio de trabajo a los interesados o stakeholders.

Es importante remarcar que los stakeholders fueron vistos desde la perspectiva del Project Manager Institute, que los define como aquellas "...personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto" (Project Manager Institute, 2017, pág. 503), por lo cual fue de suma importancia para el éxito del proyecto identificarlos, así como desarrollar estrategias y herramientas de involucramiento para permitir la apropiación del proyecto.

Sasaki (2019) describe siete dimensiones de la accesibilidad (Figura 2), de las cuales seis de ellas fueron fundamentales durante el proceso de certificación: 1) Dimensión actitudinal, la cual busca eliminar barreras resultantes de preconcepciones, estimas, estereotipos y discriminación; 2) Dimensión instrumental, cuyo objetivo es permitir el acceso a herramientas y tecnologías, tomando como base la dimensión precedente; 3) Dimensión comunicacional, a través de la cual la información debe fluir vertical y horizontalmente en toda la organización; 4) Dimensión metodológica, en la que los procesos, dinámicas y estrategias de trabajo sean accesibles e inclusivas para todos, facilitando la forma de aprender, en esta dimensión tienen que converger las primeras 3, de otra forma no lograría tener éxito; 5) Dimensión arquitectónica, esta busca eliminar las barreras físicas de los inmuebles, y del entorno urbano; 6) Dimensión programática, se refiere a los lineamientos formales que incluyen o excluyen en el entorno, estos lineamientos pueden referirse a normatividad, políticas, reglamentación, planes y programas; 7) Dimensión natural, cuyo objetivo es propiciar la accesibilidad a todas las personas a los espacios naturales, esto último diferencia esta Dimensión de la Arquitectónica que incluye los entornos urbanos, ya que estos últimos son creados por el ser humano. Cabe mencionar que dentro del proceso de certificación objeto de esta investigación, se utilizaron las primeras seis dimensiones, quedando fuera la natural, ya que el entorno en el que se encontraba el proyecto era netamente construido.

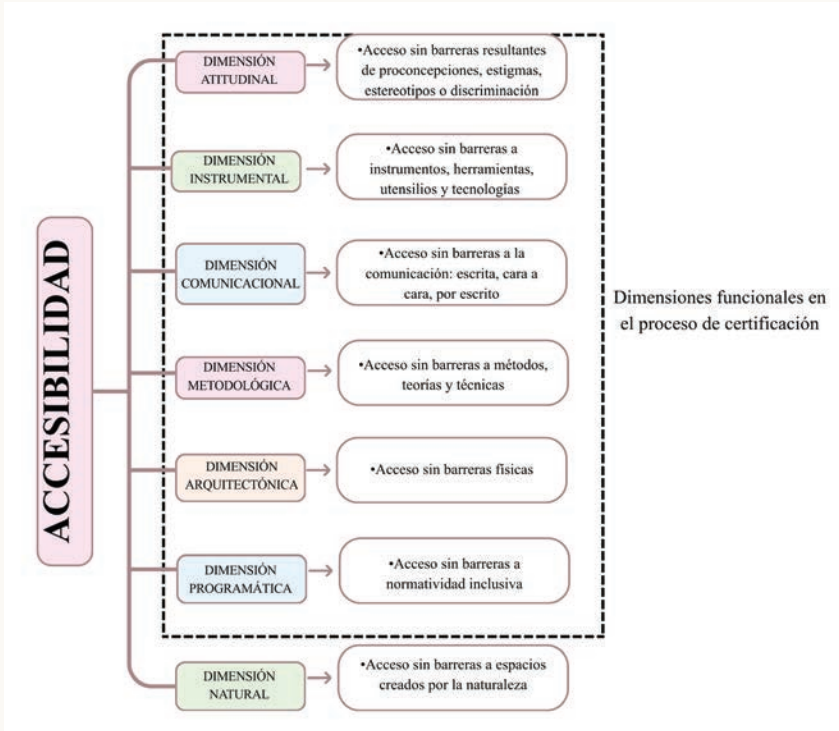


Figura 2. Dimensiones de la accesibilidad. Elaboración propia, 2026, con base en Sasaki (2019).

METODOLOGÍA

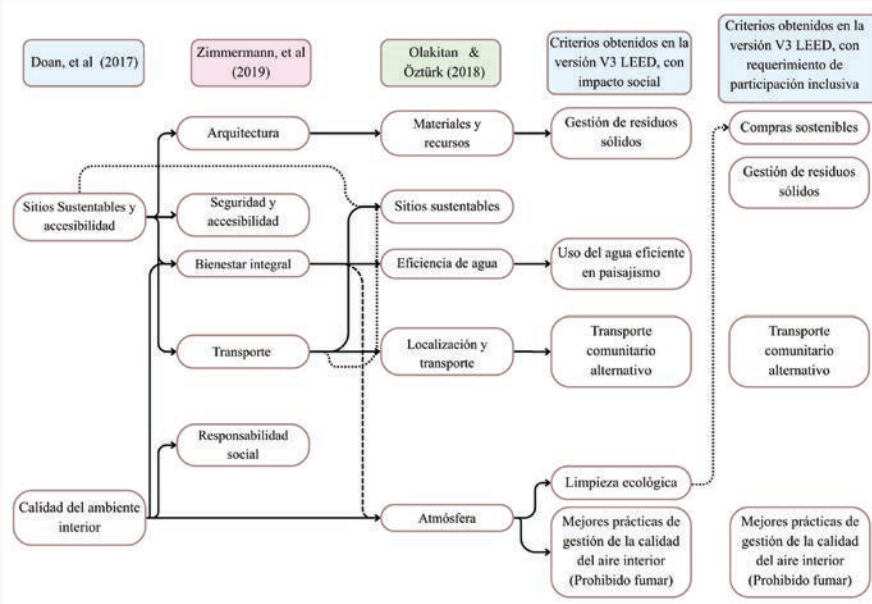
La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo estudio de caso, centrado en el análisis del primer proceso de certificación LEED O+M del Antiguo Palacio del Ayuntamiento (2014-2015). Este enfoque permite comprender en profundidad la relación entre las dimensiones sociales de la accesibilidad y la implementación de los criterios ambientales en contextos reales de operación.

La metodología se basa en dos pilares: los estudios realizados por Doan, et al. (2017), Zimmermann (2019) y Olakitan & Öztürk (2018), quienes analizaron la ponderación y el tratamiento de los criterios sociales dentro de los sistemas de certificación sustentable más importantes a nivel global (BREEAM, LEED, CASBEE, GREEN STAR, SB tool, GSAS, WEEL, entre otras). y, por otro, el análisis del caso de estudio a partir de registros operativos del proceso de certificación del Antiguo Palacio del Ayuntamiento (2014-2015), incluyendo reportes técnicos, instrumentos de levantamiento de información y evidencias generadas durante la implementación de los créditos.

El análisis de la información se llevó a cabo mediante un proceso sistemático de categorización, comparación e interpretación. En una primera etapa, los registros del proceso de certificación fueron organizados en función de los créditos LEED obtenidos. En una segunda etapa, dichos elementos fueron analizados utilizando como categorías las dimensiones de accesibilidad propuestas por Sassaki (2019), con el fin de identificar la incidencia de factores sociales en la implementación de los créditos. Finalmente, se realizó una interpretación analítica que permitió contrastar los requerimientos técnicos de la certificación con las estrategias sociales desarrolladas, identificando patrones, tensiones y mecanismos de apropiación en el contexto del inmueble.

A partir de estos elementos, se relacionaron los criterios de certificación LEED obtenidos para el inmueble en su primer proceso de certificación (Figura 3), y que en la práctica se requirieron diversas herramientas y estrategias de accesibilidad, analizadas bajo el esquema del segundo pilar: las dimensiones de Sassaki (2019), con el fin de describir e interpretar los retos y dificultades inherentes al proceso de certificación de un edificio público en operación.

Figura 3. Comparación de enfoques sociales en la literatura y su correspondencia con criterios LEED V3 del proyecto APA. Elaboración propia, 2026, con base en Doan et al. (2017), Zimmermann, et al. (2019) y Olakitan y Öztürk (2018).



En este contexto, el análisis incorpora la accesibilidad como categoría transversal para examinar la implementación de los créditos LEED O+M durante el proceso de certificación. Esta decisión metodológica se sustenta en que, aunque los sistemas de certificación priorizan indicadores ambientales frente a los sociales (Doan, et al. 2017), en la práctica la implementación de dichos criterios implica la interacción de factores organizacionales, sociales y operativos que no siempre son explícitamente considerados en los esquemas de evaluación. A partir de ello, se propone analizar cómo las dimensiones de la accesibilidad inciden en el cumplimiento de los créditos, particularmente en aquellos de carácter obligatorio, así como en los procesos de apropiación y operación por parte de los usuarios del inmueble.

Este enfoque metodológico permitió no solo describir el proceso de certificación, sino interpretarlo desde una perspectiva social, ampliando la comprensión tradicional de los sistemas de certificación sustentable. El análisis se centró en el proceso de certificación LEED O+M del Antiguo Palacio del Ayuntamiento (2014–2015), a partir de la identificación de la incidencia de las dimensiones sociales de la accesibilidad en la implementación de los créditos, con base en evidencia empírica del proceso. De este modo, se logró examinar el papel de los factores sociales en la viabilidad operativa de los criterios ambientales en edificios en operación.

CASO DE ESTUDIO: ANTIGUO PALACIO DEL AYUNTAMIENTO (APA)

Inmueble ubicado en Plaza de la Constitución No. 2, en el Centro Histórico de la Ciudad de México, el inmueble se encuentra desplantado en un terreno de 3,958 m², se conforma por cuatro niveles, un área de construcción de 8,980 m², 2 patios centrales, 1 azotea verde en la que se realizaban eventos, 1 Sala de Cabildos, bodegas, oficinas, salas de juntas, servicios sanitarios y en la movilidad vertical 2 elevadores. Al momento de realizar la certificación, contaba con 357 personas laborando de tiempo completo y un promedio de 370 visitantes por día.

Su construcción fue solicitada por órdenes de Hernán Cortés en 1527 (Rodríguez, 2023), como primera sede del gobierno de la ciudad, función que hoy día no ha cambiado. El inmueble ha sufrido modificaciones a lo largo de su historia, una de ellas en 1714, posterior a que el edificio fuera incendiado, el 8 de junio de 1682, debido al hartazgo del pueblo por la escasez de maíz, dicha reconstrucción fue decretada por el Virrey Fernando de Alencastre Noroña y Silva (Vidargas, 1992), en la que fue reconstruido con un estilo Barroco. Posteriormente en 1910, con motivo de las fiestas conmemorativas del centenario de la independencia, se agregó un nuevo piso (Gobierno de la Ciudad de México, s/f), estas modificaciones se pueden observar en los porticados de los patios interiores (Figura 5), en la primer planta se presentan arcos de medio punto, decorados con alto relieves, en la segunda planta los arcos de medio punto ya se encuentran ornamentados, en ambas plantas los capiteles son de orden compuesto. En cuanto a la tercer planta, la arcada desaparece, y se simplifican los capiteles con una tendencia al estilo toscano.



Figura 5. Vista interior del ala oriente del Antiguo Palacio del Ayuntamiento. Nota: Fotografía tomada por la autora, 2018

Con esta breve semblanza de la historia del APA, se puede vislumbrar que es un inmueble que, a lo largo de casi 500 años de haberse construido, ha sufrido una gran cantidad de modificaciones, hecho que al momento de iniciar los trabajos de adecuación para obtener la certificación LEED fueron un reto, pero no tanto como la diversidad de intereses y arraigos culturales de los trabajadores del Gobierno de la Ciudad de México que en él se encuentran.

Dentro de este contexto histórico-social, es que se llevaron a cabo dos procesos de certificación del APA, ambos fueron iniciativa del gobierno de la Ciudad de México, desde la Dirección de Desarrollo perteneciente a la Entidad Paraestatal Servicios Metropolitanos S.A. de C.V. El primero iniciado en 2014, en el que se obtuvo la certificación nivel ORO en mayo de 2015 (Figura 6), y el segundo se inició en 2016, culminando en febrero de 2018 con un nivel Platino (Figura 7). Para la presente investigación se ahondará en el primer proceso, el cual fue el más complejo, ya que se requería romper con diversos paradigmas y dogmas que existían dentro del inmueble.

Antiguo Palacio del Ayuntamiento



DIRECCIÓN: Plaza De La Constitución 2, México, México , 06000

Sistema de clasificación: LEED O+M: Edificios existentes . v3 - LEED 2009

Última certificación: 3 de mayo de 2015

Nivel de certificación: Oro

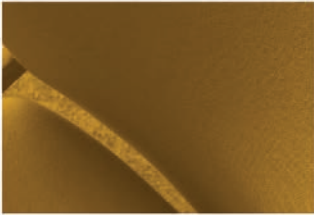
Compartir en [✉](#) [📷](#) [f](#) [in](#)

☐ Cuadro de mando
 ☒ general

Tipo de certificación	Nivel	Agujas	Fecha de certificación
LEED 2009 Operaciones y mantenimiento de edificios existentes	Oro	68	4 de mayo de 2015

Figura 6. Evidencia de certificación LEED® ORO del Antiguo Palacio del Ayuntamiento, según el directorio público del USGBC. Captura de pantalla del sitio oficial del U.S. Green Building Council tomada el 13 de enero de 2026

Antiguo Palacio del Ayuntamiento



Address: Plaza de la Constitucion No. 2, Col. Centro, Mexico, 06000

Rating system: LEED v4.1 Recertification

Last certified on: September 17, 2021

Certification level: Platinum

Share on    

Overview

Certification type	Level	Points	Certification date
LEED v4.1 Recertification	Platinum	82	September 17, 2021
LEED v4 O+M: Existing Buildings	Platinum	80	February 14, 2018

Figura 7. Evidencia de certificación LEED® Plantino del Antiguo Palacio del Ayuntamiento, según el directorio público del USGBC. Captura de pantalla del sitio oficial del U.S. Green Building Council tomada el 13 de enero de 2026

RESULTADOS

1. Identificación de Stakeholders.

La identificación de los stakeholders constituyó una etapa fundamental para el éxito del proyecto, dado que el inmueble alberga una comunidad organizacional heterogénea, constituida por funcionarios de alto, medio y bajo nivel, personal operativo, personal de seguridad, personal de limpieza tanto del Gobierno de la Ciudad de México como de empresas externas. La comprensión profunda de que los esfuerzos de mejora requieren de la colaboración de las autoridades en sus distintos niveles es fundamental para la sostenibilidad social (Wang & Ke, 2024).

Esta diversidad implicó una amplia diversidad de intereses, por lo que, al iniciar el proceso, el personal de la Dirección de Desarrollo se encontró con amplia reticencia, así que gestionar los intereses de los diversos grupos fue imprescindible, por ello, se implementaron estrategias de gestión diferenciadas para cada grupo de stakeholders, en función de su nivel de influencia y grado de participación en el proceso de certificación LEED O+M.

Desde un enfoque analítico, los stakeholders fueron clasificados en función de su nivel de influencia e interés en el proyecto (Project Manager Institute, 2017), lo que permitió diseñar estrategias diferenciadas de gestión orientadas a facilitar su participación. Este proceso fue abordado a partir de las dimensiones de accesibilidad propuestas por Sasaki (2019), las cuales funcionaron como categorías para interpretar la forma en que cada grupo se involucró en la implementación de los créditos LEED O+M. (Tabla 1).

Tabla 1. Incidencia de las dimensiones de accesibilidad en la gestión de interesados durante la certificación.

Interesado	Nivel de influencia	Nivel de interés	Impacto en el proyecto	Principales expectativas	Riesgos asociados	Estrategia de gestión	Dimensión de Sasaki (2019) vinculada	Cómo se operacionalizó en LEED O+M
Funcionarios de alto nivel (Jefe de Gobierno, Oficial Mayor, secretarios, directores generales)	Muy alto	Medio-alto	Decisión presupuestal y respaldo político	Imagen institucional, cumplimiento normativo, eficiencia energética	Falta de prioridad política	Mantener satisfechos. Reportes ejecutivos periódicos, indicadores de desempeño, vinculación con metas institucionales	Programática y Actitudinal	Integrar accesibilidad en políticas institucionales y compromisos formales de sostenibilidad.
Funcionarios de nivel medio (jefaturas, coordinaciones)	Alto	Medio	Implementación de políticas y supervisión	Optimización operativa, cumplimiento de metas	Resistencia a cambios operativos	Involucrar activamente. Reuniones técnicas, capacitación en criterios de certificación.	Metodológica y Social	Incorporar procesos participativos en operación y seguimiento de créditos.
Funcionarios de nivel bajo (enlace administrativo)	Medio	Bajo	Apoyo administrativo y documental	Claridad en procesos y carga de trabajo razonable	Saturación de tareas	Mantener informados. Manuales claros y formatos simplificados.	Metodológica y Comunicacional	Procedimientos claros para recopilación documental y reportes LEED.
Personal operativo (mantenimiento, instalaciones)	Alto	Alto	Operación diaria de sistemas (HVAC, iluminación, agua)	Capacitación técnica, condiciones seguras de trabajo	Fallas en operación por desconocimiento, resistencia al cambio	Capacitación continua, manuales accesibles, participación en comités ambientales.	Instrumental, Metodológica y Actitudinal	Entrenamiento en operación de HVAC, compras sustentables, gestión de residuos y políticas accesibles para operación y mantenimiento.
Personal de seguridad	Bajo	Medio	Control de accesos y protocolos	Claridad en nuevos lineamientos (residuos, horarios, ventilación)	Desinformación sobre nuevos procedimientos	Comunicación clara y constante, así como protocolos accesibles.	Comunicacional y Programática	Difusión accesible de lineamientos ambientales y de control de acceso.
Personal de limpieza	Medio	Alto	Implementación de políticas de limpieza verde y manejo de residuos	Capacitación en productos sustentables	Uso incorrecto de insumos y separación de residuos	Formación específica en productos ecológicos, supervisión periódica, capacitación en gestión de residuos con personal de la SEDEMA.	Instrumental, Metodológica y Social	Uso adecuado de insumos sustentables y correcta separación de residuos.

Elaboración propia, 2026.

En este sentido, la dimensión comunicacional resultó clave para garantizar el flujo de información entre los distintos niveles organizacionales; la dimensión metodológica permitió estructurar procesos de participación accesibles; la dimensión instrumental facilitó el uso adecuado de herramientas y tecnologías; y la dimensión actitudinal contribuyó a reducir resistencias y promover cambios de comportamiento. Este enfoque evidenció que la gestión de stakeholders no solo constituye una estrategia operativa, sino un mecanismo estructural para la implementación efectiva de los criterios ambientales.

De este modo, la identificación y gestión diferenciada de los stakeholders permitió no solo facilitar el cumplimiento de los créditos de certificación, sino también comprender el proceso como una dinámica de transformación organizacional, en la que la accesibilidad operó como un elemento articulador entre los requerimientos técnicos del sistema LEED y las prácticas cotidianas de los usuarios.

2. Sitios sustentables y accesibilidad

Dentro del rubro de Sitios sustentables y accesibilidad, se obtuvo el máximo en el crédito de Transporte comunitario alternativo, cuyo objetivo es reducir el número de desplazamientos de ida y vuelta de los ocupantes habituales del edificio en vehículos individuales de propulsión y combustible convencionales. Para este crédito, el transporte alternativo incluye, como mínimo: teletrabajo; jornadas laborales reducidas; transporte público; y opciones de viaje compartido en automóviles (U.S. GBC, 2026).

Para su cumplimiento, se usó una estrategia basada en recolección de información, a través de encuestas aplicadas a los usuarios del inmueble. En total se aplicaron 179 cuestionarios a personal de planta, que corresponde al 50.14% de la población total. Los instrumentos se enfocaron en variables como patrones de movilidad, percepción de confort en los desplazamientos y disposición al uso de alternativas de transporte. Desde un enfoque analítico, esta información fue utilizada para construir un mapa origen-destino (Figura 8), lo que confirma que la obtención del crédito requirió no solo condiciones de infraestructura, sino también la participación activa de las personas ocupantes para generar información clave para la toma de decisiones.

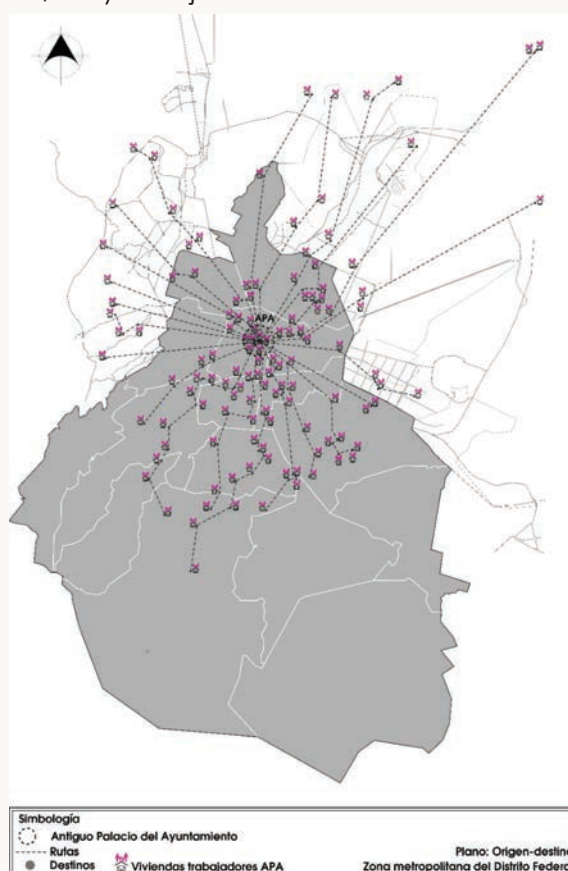


Figura 8. Origen-destino de trabajadores del Antiguo Palacio del Ayuntamiento. Nota: Dirección de Desarrollo, Gobierno de la Ciudad de México, 2014.

En términos de accesibilidad, este caso pone de manifiesto la relevancia de la dimensión metodológica y comunicacional, al facilitar la participación de los ocupantes en la generación de datos, así como la dimensión instrumental, al emplear herramientas accesibles para la recolección y análisis de información. De este modo, el cumplimiento del crédito se configuró como un proceso social de producción de conocimiento, en el que la accesibilidad operó como un factor habilitador para la toma de decisiones.

Estos resultados evidencian que los criterios ambientales asociados a la movilidad no se materializan únicamente a través de soluciones técnicas, sino mediante procesos participativos que permiten integrar la experiencia de los usuarios en la implementación de estrategias sustentables.

3. Calidad del ambiente interior.

Dentro del rubro de Calidad del ambiente interior se encuentra Control de Humo de Tabaco (ETS por sus siglas en inglés), que es un prerequisite, cuyo objetivo es prevenir o minimizar la exposición de los ocupantes de edificios, superficies interiores y sistemas de distribución de aire de ventilación al humo de tabaco ambiental (U.S. GBC, 2026). Para lograr este prerequisite fue necesario implementar la prohibición total de fumar al interior del inmueble, a pesar de que le propio gobierno de la CDMX cuenta con la Ley de Protección a la Salud de los No Fumadores en el Distrito Federal (2004) la cual en su Título Tercero, Capítulo Primero, menciona que queda prohibida la práctica de fumar en “las oficinas de cualquier dependencia o entidad de la Administración Pública del Distrito Federal y de los Órganos Autónomos del Distrito Federal...” (Dirección General de Obras Públicas, 2004, pág. 6).

Este fue uno de los requerimientos de la certificación que más dificultades generó, ya que el personal tenía que salir del inmueble para fumar, situación que generó malestar general entre la comunidad fumadora. Desde un enfoque analítico, este caso permitió

identificar que el cumplimiento del prerequisite no dependió exclusivamente de la regulación vigente, sino de la implementación de estrategias sociales orientadas a la modificación de hábitos. Entre estas estrategias se incluyeron campañas de concientización dirigidas a personal operativo y directivo, así como acciones de comunicación social mediante la colocación de carteles informativos en distintos espacios del inmueble (Figura 9) explicando la importancia de salir del inmueble a fumar.



Figura 9. Cartel de difusión de “Espacio 100% libre de humo de tabaco”. Dirección de Desarrollo, Gobierno de la Ciudad de México.

Adicionalmente, se implementaron mecanismos de incentivo y seguimiento, como un concurso entre áreas basado en el cumplimiento de lineamientos ambientales (no fumar y correcta separación de residuos), acompañado de un monitoreo diario durante un periodo de tres meses, en el que se evaluó tanto la calidad del aire interior como el manejo de residuos.

En términos de accesibilidad, este proceso evidenció la relevancia de la dimensión actitudinal, al incidir en la transformación de comportamientos; la dimensión comunicacional, al facilitar la difusión de información clara y accesible; y la dimensión metodológica, al estructurar estrategias participativas que permitieron la apropiación progresiva de la norma.

Como resultado, se logró eliminar la práctica de fumar al interior del inmueble, lo que no solo mejoró las condiciones ambientales, al reducir residuos y eliminar la presencia de humo, sino que también evidenció que la sostenibilidad en edificios en operación depende de procesos de sensibilización, negociación y cambio cultural.

4. Gestión de residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos en LEED comprende de varios rubros, entre los que destacan: Política de residuos sólidos, Compras sostenibles, Auditoría de flujo de residuos y Gestión de consumibles continuos. Para obtener los créditos que se requerían se trabajó con tres grupos principales de stakeholders: personal de limpieza, personal de mantenimiento y personal operativo.

Para trabajar con el personal de limpieza se inició con pláticas informativas, con el apoyo de personal de la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) (Figura 10). Estas acciones se centraron en la transmisión de información clara y accesible sobre los procedimientos requeridos para la correcta separación y manejo de residuos. Desde un enfoque analítico, esta fase evidenció la relevancia de la dimensión comunicacional e instrumental de la accesibilidad, al facilitar la apropiación de conocimientos y herramientas necesarias para la implementación de las prácticas sustentables.

De manera paralela, se realizó una auditoría de residuos que permitió identificar los flujos y tipos de desechos generados en el inmueble, a partir de la cual se habilitaron espacios específicos para su separación. En este ámbito, uno de los principales riesgos fue lograr el compromiso del personal de limpieza, ya que la disposición de los residuos en centros de reciclaje implicaba la pérdida de beneficios económicos asociados a su venta. Esta situación evidenció la dimensión



Figura 10. Primera capacitación del personal de limpieza. Dirección de Desarrollo, 2014

social y económica del proceso, así como la necesidad de estrategias de gestión que trascendieran lo técnico.

En este contexto, la participación de los denominados “champions”, líderes dentro de los grupos de limpieza, resultó clave para mediar entre los requerimientos institucionales y las prácticas cotidianas del personal. Este proceso puso de manifiesto la dimensión actitudinal de la accesibilidad, al incidir en la transformación de percepciones y motivaciones frente al cambio.

Otro de los stakeholders con los que se trabajó arduamente fue con el personal operativo, con quienes se implementaron cambios estructurales en la gestión de residuos, como la eliminación de botes individuales y la instalación de centrales de reciclaje (Figura 11), Estas acciones fueron acompañadas por estrategias de incentivo, como concursos entre áreas basados en el desempeño en la separación de residuos (Figura 12), lo que permitió fomentar la participación y apropiación de las nuevas prácticas. En este caso, la dimensión metodológica de la accesibilidad resultó fundamental, al estructurar dinámicas de participación accesibles y comprensibles para los usuarios.



Figura 11. Centrales de reciclaje. Fotografía tomada por la autora, 2015.

Análisis de resultados: Enero 2015

No. De personas	Área	orgánico	inorgánico	reciclables	papel
6 personas	Dirección Ejecutiva de Administración	3.33% Excelente	6.00% Excelente	4.17% Excelente	4.17% Excelente
58 personas	Subdirección Recursos Materiales	0.00% Excelente	0.86% Muy bueno	0.29% Bueno	0.52% Muy bueno
29 personas	Subdirección de Recursos Humanos	0.69% Excelente	1.21% Excelente	0.69% Excelente	0.69% Excelente
21 personas	Subdirección de Finanzas	1.19% Excelente	1.90% Excelente	0.71% Excelente	0.95% Excelente
11 personas	JUD de Soporte Técnico	1.82% Excelente	2.27% Excelente	2.27% Excelente	3.18% Excelente

Figura 12. Formato de puntajes de desempeño de gestión de residuos y No fumar por área. Dirección de Desarrollo, 2015.

Uno de los stakeholders más complejos de gestionar fue el de apoyo administrativo encargado del mantenimiento del edificio, ya que se resistían al cambio. Dado su papel estratégico en la operación del inmueble, se implementaron mecanismos de gestión basados en la comunicación directa con niveles jerárquicos superiores y la generación de acuerdos institucionales con el personal de alto nivel del inmueble y de la Oficialía Mayor del Gobierno de la CDMX (Figura 13), además de mantener una comunicación transparente y constante. Con estas acciones, el personal de esta importante área se comprometió con el proyecto y apoyó para realizar la mayor parte de las actividades y obras necesarias para obtener la certificación. Este proceso evidenció la dimensión programática de la accesibilidad, al integrar lineamientos formales y procesos organizacionales que facilitaron la implementación de las estrategias.



Figura 13. Reunión con funcionarios de alto y medio nivel del Gobierno de la CDMX. Dirección de Desarrollo, 2015.

En conjunto, los resultados muestran que la gestión de residuos sólidos no se limita a la implementación de infraestructura o procedimientos técnicos, sino que constituye un proceso social complejo que requiere la articulación de diversas dimensiones de la accesibilidad. La capacitación, la negociación, la generación de incentivos y la participación activa de los usuarios fueron factores determinantes para el cumplimiento de los créditos, evidenciando que la sostenibilidad en edificios en operación depende de procesos de apropiación colectiva más que de la simple adopción de soluciones tecnológicas.

En conjunto, los resultados evidencian que, aunque los sistemas de certificación asignan ponderaciones específicas a categorías ambientales, la obtención efectiva de los créditos analizados dependió de dimensiones sociales transversales (Tabla 2). La accesibilidad, entendida no solo como condición física, sino como inclusión programática, metodológica, instrumental y actitudinal, operó como un factor estructural del proceso. La certificación, para el caso de estudio, no fue el resultado exclusivo de la incorporación de tecnologías o políticas, sino más bien de un proceso de gestión social que hizo posible la apropiación colectiva de los objetivos ambientales. Esta evidencia contribuye a cuestionar la idea de que la tecnología constituye el eje central de la edificación sustentable, mostrando que la inclusión, la participación y la accesibilidad son condiciones indispensables, aunque frecuentemente invisibilizadas, para su materialización.

Tabla 2. Relación entre créditos LEED, dimensiones de accesibilidad y estrategias implementadas.

Cédito LEED	Stakeholders involucrados	Dimensión(es) de accesibilidad (Sassaki, 2019)	Estrategias implementadas	Resultados obtenidos
Transporte alternativo	Personal operativo	Metodológica, comunicacional, instrumental	Aplicación de encuestas, análisis origen-destino	Participación activa y generación de información para decisiones
Control de humo de tabaco	Personal operativo y directivo	Actitudinal, comunicacional, metodológica	Campañas de concientización, señalética, concursos, monitoreo	Eliminación del consumo al interior y mejora de calidad ambiental
Gestión de residuos sólidos	Limpieza, operativo y mantenimiento	Comunicacional, instrumental, actitudinal, metodológica, programática	Capacitación, auditoría de residuos, centrales de reciclaje, incentivos, gestión institucional	Apropiación de prácticas, separación efectiva y cumplimiento de créditos

Elaboración propia

DISCUSIÓN

Los resultados no solo responden al problema planteado, sino que permiten comprender que la accesibilidad opera como un factor estructural en la implementación de los criterios ambientales en edificios en operación. Si bien la certificación LEED se orienta hacia la evaluación técnica del desempeño ambiental y energético, su implementación depende en gran medida de procesos sociales y organizacionales, articulados a través de las distintas dimensiones de la accesibilidad. Estos procesos, aunque determinantes, no siempre son visibilizados ni cuentan con una ponderación específica dentro de los criterios de evaluación LEED O+M. En este contexto, la identificación y gestión diferenciada de los stakeholders resulta fundamental, ya que permite entender la certificación no solo como un procedimiento técnico, sino como un proceso de transformación institucional que requiere negociación, sensibilización y apropiación colectiva.

En el caso del crédito de Transporte comunitario alternativo, aunque su objetivo se enmarca en la reducción de emisiones asociadas a la movilidad, su cumplimiento dependió de la participación del 50.14 % de la población ocupante mediante la aplicación de encuestas acerca de sus hábitos de movilidad. Esto sugiere que los créditos ambientales no se materializan exclusivamente mediante infraestructura, sino a través de la producción de conocimiento y experiencias de los usuarios. En este sentido, la dimensión metodológica y social resultó determinante, aun cuando el reconocimiento formal del crédito no visibiliza explícitamente dicha complejidad.

El prerequisite de Control de Humo de Tabaco profundiza esta problemática. A pesar de existir una prohibición legal previa, su cumplimiento real exigió procesos prolongados de sensibilización, negociación y transformación de hábitos. La resistencia inicial evidencia que la sostenibilidad no se impone normativamente, sino que se construye colectivamente. Así, la dimensión actitudinal y comunicacional adquirió un papel central, desbordando la lógica procedimental del sistema de certificación. Este hallazgo se alinea con lo planteado por Zimmermann (2019), quien sostiene que la sostenibilidad social en los sistemas de certificación depende del grado de apropiación por parte de las personas usuarias.

La gestión de residuos sólidos puso en evidencia la dimensión política de la sostenibilidad. La modificación de prácticas cotidianas, la eliminación de botes individuales, implicaron intervenir en dinámicas laborales y relaciones de poder internas. La resistencia del personal administrativo encargado del mantenimiento confirma que la sostenibilidad en operación no se limita a la provisión de equipamiento, sino que requiere accesibilidad instrumental, metodológica y programática, tal como lo plantea Sasaki (2019), dichos mecanismos fungieron como mediadores entre el marco técnico de la certificación LEED y la realidad institucional del edificio.

En términos de implicaciones, los resultados evidencian que la implementación efectiva de certificaciones sustentables en edificios en operación requiere integrar estrategias de accesibilidad que faciliten la participación, apropiación y compromiso de los usuarios. Esto tiene relevancia directa para la gestión de edificios públicos, donde la complejidad organizacional demanda enfoques que articulen dimensiones técnicas

y sociales. Asimismo, desde una perspectiva teórica, el estudio contribuye a ampliar el enfoque de las certificaciones sustentables al incorporar la accesibilidad como una categoría analítica que permite comprender la sostenibilidad como un proceso socio-técnico.

No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones. Al centrarse en un único caso de estudio, los resultados no son generalizables a todos los contextos, aunque sí permiten identificar patrones analíticos relevantes. Asimismo, el análisis se basa principalmente en evidencia cualitativa derivada de registros del proceso de certificación, lo que podría complementarse en futuras investigaciones con metodologías cuantitativas o comparativas entre distintos edificios y contextos institucionales.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación permiten replantear el enfoque tradicional de las certificaciones sustentables, al evidenciar que la accesibilidad no es un componente adicional, sino una condición estructural para la implementación efectiva de los criterios ambientales.

En relación con el problema planteado sobre la limitada integración de las dimensiones sociales en los sistemas de certificación sustentable, el análisis del proceso de certificación LEED O+M del Antiguo Palacio del Ayuntamiento demuestra que la sostenibilidad en edificios en operación no se materializa exclusivamente mediante soluciones tecnológicas o inversiones económicas, sino a través de procesos sociales que articulan intereses, prácticas y dinámicas organizacionales, particularmente en contextos institucionales complejos como los edificios públicos.

Los resultados permiten identificar tres hallazgos principales: (1) la implementación efectiva de los criterios ambientales depende de la participación activa de las personas usuarias; (2) los procesos de certificación implican dinámicas de negociación, apropiación y transformación de hábitos; y (3) la accesibilidad, en sus distintas dimensiones, opera como un elemento transversal que posibilita la viabilidad operativa de las estrategias sustentables.

Desde una perspectiva aplicada, estos hallazgos subrayan la necesidad de incorporar estrategias de gestión orientadas a la participación, comunicación y apropiación de los usuarios en la implementación de certificaciones sustentables, especialmente en edificios públicos. A nivel teórico, el estudio contribuye a replantear la sostenibilidad como un proceso socio-técnico, en el que la interacción entre tecnología y factores sociales resulta determinante.

El principal aporte de este trabajo consiste exponer la importancia de la accesibilidad en las seis de las siete dimensiones propuestas, per processum de la certificación LEED O+M, un aspecto poco visibilizado, incluso por el propio sistema de certificación, el cual da un peso promedio del 82.4% a los aspectos ambientales y un 11.8% a los sociales (Doan, et al, 2017), esto evidencia que las certificaciones se suelen enfocar a los resultados ex post, principalmente energéticos, dando la imagen de que el elemento principal para lograr una edificación sustentable es la tecnología (Figura 13).

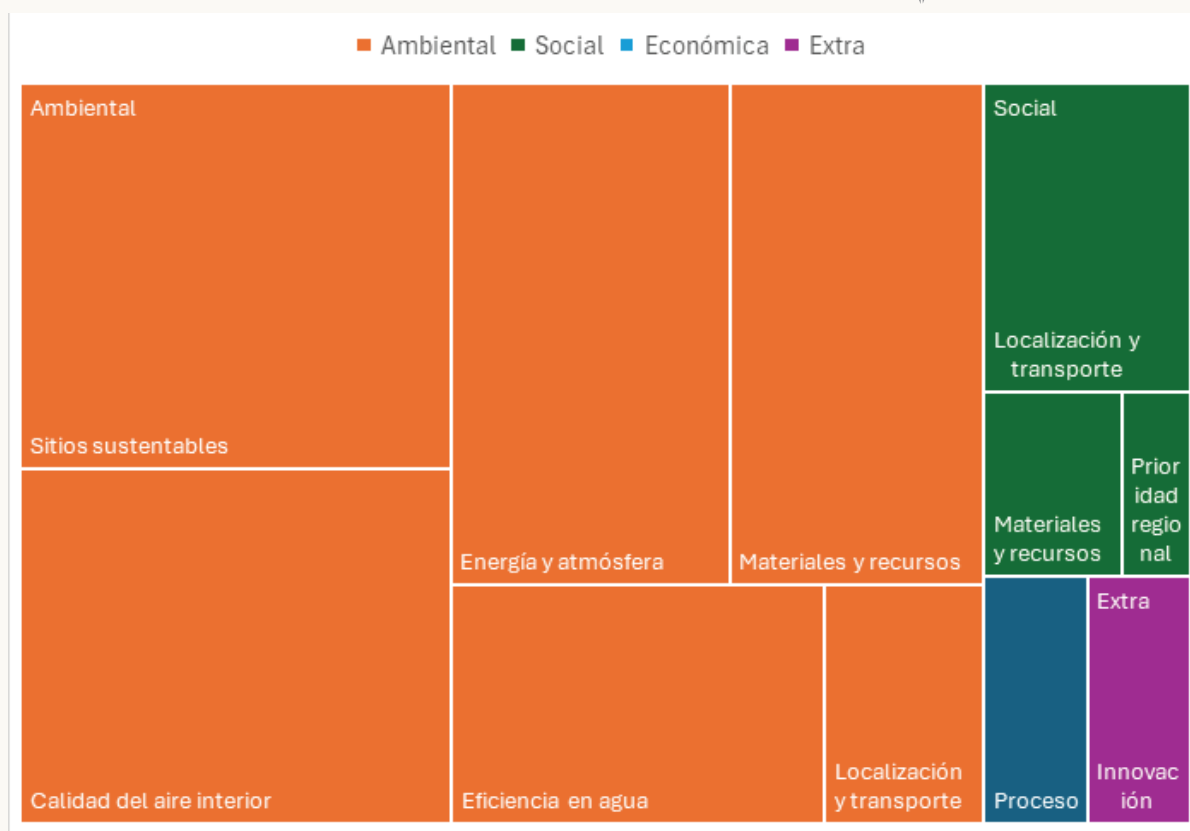


Figura 13. Distribución del peso de los criterios ambientales y sociales en la certificación LEED. Elaboración propia, 2026, con base en Doan et al. (2017).

A partir de estos hallazgos, se plantean diversas líneas de acción para futuras investigaciones, así como para la práctica de la certificación sustentable. En primer lugar, resulta necesario revisar y ajustar los sistemas de certificación para incorporar de manera explícita y ponderada las dimensiones sociales, particularmente la accesibilidad, como componentes estructurales del desempeño sustentable. En segundo lugar, se recomienda el desarrollo de metodologías que integren la accesibilidad desde etapas ex ante del proceso de certificación, permitiendo anticipar barreras sociales, organizacionales y operativas. Asimismo, futuras investigaciones podrían profundizar en estudios comparativos entre distintos tipos de edificios y contextos institucionales, con el fin de validar y ampliar los hallazgos aquí presentados. Finalmente, en el caso de edificios públicos, se sugiere diseñar estrategias de gestión que consideren la diversidad de actores, intereses y dinámicas organizacionales como un elemento central para la implementación efectiva de políticas de sostenibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boletín Oficial del Departamento del Distrito Federal. (12 de noviembre de 2004). Dirección General de Obras Públicas-Contrato. XIII(39).

Chiu, M.-C. K.-C., & Liao, H.-T. (2020). Design for sustainable behavior strategies: Impact of persuasive technology on energy usage. *Journal*

- of Cleaner Production, 248, 119214. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119214>.
- Doan, D. T., & Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123, 243-260. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.007>
- Gobierno de la Ciudad de México. (s/f). Antiguo Palacio del Ayuntamiento. Recuperado el 13 de febrero de 2026, de <https://mexicocity.cdmx.gob.mx/venues/palacio-del-ayuntamiento/>
- Gobierno del Distrito Federal. (29 de enero de 2004). Ley de Protección a la Salud de los No Fumadores en el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*.
- Li, C., Pradhan, P., Chen, G., Kropp, J., & Schellnhuber, H. J. (2025). Carbon footprint of the construction sector is projected to double by 2050 globally. *Communications Earth & Environment*. communications earth & environment. doi:<https://doi.org/10.1038/s43247-025-02840-x>
- Lu, Y. H., Zhang, Y., Zhijia, H., Cheng, B. W., Sun, Y. H., Zhang, H., & Li, J. (2025). A literature review of sustainable building research. *Buildings*, 15(19), 3609. doi:<https://doi.org/10.3390/buildings15193609>
- Nguyen, B., & Altan, H. (2011). Comparative review of five sustainable rating systems. In 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities. ELSEVIER.
- Olakitan, J., & Öztürk, A. (2018). Social criteria of sustainable development in relation to green building assessment tools. Springer.
- ONU. (2006). Convención sobre los derechos de las Personas con Discapacidad y Protocolo Facultativo. Obtenido de https://www.oas.org/es/sedi/ddse/paginas/documentos/discapacidad/MARCOS-INTERNACIONALES/Convencion_UNU.pdf?utm
- Panadés K, O. S., & E.R., K. R. (2025). Social sustainability in building retrofit projects: a systematic literature review. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*.
- Project Manager Institute. (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (6a. edición ed.). Project Manager Institute, Inc.
- Quesada, F., Ortiz, J., Calle, A., Guillén, V., & Orellana, D. (2018). Certificación Edificio Sustentable y Seguro. Universidad de Cuenca.
- Rodríguez, R. (17 de junio de 2023). Antiguo Palacio del Ayuntamiento: la casa del poder y la cultura. *Excelsior*. Recuperado el 13 de febrero de 2026, de <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/conoce-el-antiguo-palacio-del-ayuntamiento/1592907>
- Sasaki, R. K. (2019). As sete dimensões da acessibilidade (2a. ed.). Larvatus Prodeo.
- U.S. GBC. (2025). What is LEED certification? Recuperado el 13 de febrero de 2026, de <https://support.usgbc.org/>
- U.S. GBC. (2026). LEED Credit Library. Recuperado el 14 de febrero de 2026, de <https://www.usgbc.org/credits>
- U.S. GBC. (2026). LEED rating system. Recuperado el 2026 de febrero de

2026, de <https://www.usgbc.org/leed>

Vidargas, F. E. (1992). La construcción del Palacio del Ayuntamiento. Notas históricas. Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas, (págs. 99–123).

Wang, K. K. (2024). Social sustainability of communities: A systematic literature review. Sustainable Production and Consumption, 47, 585-597. doi:<https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.04.031>

Zimmermann, M. A.-J. (2019). Social sustainability in building certification systems. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 471(9), 1-8. doi:[10.1088/1757-899X/471/9/092060](https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/9/092060)

