



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

# Prácticas sostenibles para la operación y mantenimiento de edificios

Caso de estudio: Edificio O, Campus Central,  
Universidad Rafael Landívar



América Alonso y Daniel Jofre





Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

EDITORIAL  
CARA  
PARENS  
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR

# PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS

CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO O, CAMPUS CENTRAL,  
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

**indis**  
Instituto de investigación y estudios superiores  
en arquitectura y diseño



**VRIP**  
VICERRECTORÍA DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN

690.24

P895 Prácticas sostenibles para la operación y mantenimiento de edificios : Caso de Estudio:  
Edificio O, Campus Central, Universidad Rafael Landívar / Coordinadora América  
Alonso Ramírez -- Guatemala : Universidad Rafael Landívar, Editorial Cara Parens, 2021.

xiv, 98 páginas ; ilustraciones, fotografías en color  
ISBN de la edición digital - PDF: 978-9929-54-353-9  
ISBN de la edición digital - EPUB: 978-9929-54-352-2

1. Edificios - Mantenimiento
2. Desarrollo sostenible
3. Certificación LEED
4. Conservación de los recursos naturales
  - i. Alonso Ramírez, América. Coordinadora
  - ii. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Investigación y Estudios Superiores en Arquitectura y Diseño (Indis).
  - iii. t.

SCDD 22

## **PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS**

### **CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO O, CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**



Edición, 2021.

Universidad Rafael Landívar, Instituto de Investigación y Estudios Superiores  
en Arquitectura y Diseño (Indis).

Universidad Rafael Landívar, Editorial Cara Parens.

Se permite la reproducción total o parcial de esta obra, siempre que se cite la fuente.

D. R. ©

Editorial Cara Parens de la Universidad Rafael Landívar  
Vista Hermosa III, Campus Central, zona 16, Edificio G, oficina 103  
Apartado postal 39-C, ciudad de Guatemala, Guatemala 01016  
PBX: (502) 2426-2626, extensiones 3158 y 3124  
Correo electrónico: caraparens@url.edu.gt  
Sitio electrónico: www.url.edu.gt

Revisión y edición por la Editorial Cara Parens.

Las opiniones expresadas en cada artículo, ensayo o documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente compartidas por la Universidad Rafael Landívar.

# Créditos de la publicación

## **Coordinación general del documento**

Mgtr. América Alonso Ramírez

## **Investigador involucrado del Indis**

Mgtr. Daniel Jofre Ortiz

## **Revisión y validación del contenido**

## **Documento completo:**

Mgtr. David Hernández Prera

Vicedecano, Facultad de  
Arquitectura y Diseño

## Capítulo III:

Mgtr. Sara Fuentes

Investigadora, Incyt

## Capítulo IV:

Mgtr. Gerardo Archila

Coordinador, Responsabilidad  
Social Universitaria

## **Diseño de portada e interiores**

Lcdo. Pedro Antonio Ayau



# Índice

Prólogo	VII
Presentación	IX
Siglas y acrónimos	XIII
<b>Capítulo I: Sostenibilidad en el manejo del espacio exterior</b>	<b>2</b>
Acciones para el manejo del sitio	6
El efecto «Isla de Calor»	10
Impacto lumínico en la oscuridad natural del sitio	14
Acciones en el Edificio O	18
<b>Capítulo II: Acciones para la reducción del consumo de agua</b>	<b>22</b>
La medición, un factor determinante	26
Reducción del consumo de agua en el interior	28
Reducción del consumo de agua en el exterior	31
Acciones en el Edificio O	34
<b>Capítulo III: La eficiencia en el desempeño energético</b>	<b>38</b>
La medición, un factor determinante	43
Reconocimiento del uso final de la energía	45
Selección de equipos con desempeños eficientes	47
Acciones en el Edificio O	50

<b>Capítulo IV: Sostenibilidad en el consumo y manejo de los recursos</b>	<b>54</b>
Selección de productos ecológicos para el desarrollo de actividades diarias	57
El manejo de las renovaciones en edificios existentes	64
El reciclaje en el manejo de los desechos cotidianos	69
Acciones en el Edificio O	74
<b>Capítulo V: Bienestar y salud en el ambiente interior</b>	<b>79</b>
Garantizar la calidad del aire	83
Acciones para evitar la contaminación del aire	87
Acciones en el Edificio O	90

# Prólogo

El avance de la frontera urbana ha tomado los espacios de la naturaleza. La saturación demográfica y el sector de la construcción demandan especial atención para el cuidado y preservación de la flora, la fauna y los recursos en general; con el objetivo de garantizar una vida digna a las futuras generaciones.

El papa Francisco realizó un llamado de alerta ante el cambio climático actual, a través de *Laudato si'*, mi *Signore* (Alabado seas, mi Señor). La encíclica está dividida en seis capítulos y, subraya, «las raíces humanas» del deterioro ambiental que vivimos. El texto invita a reflexionar y pensar en acciones, que desde la vida cotidiana, podremos tomar para cuidar el entorno.

En el capítulo IV «Una ecología integral», el papa, hace responsable al ser humano del legado de la casa común: «160. ¿Qué tipo de mundo queremos dejar a quienes nos sucedan? [...] lo que está en juego es nuestra propia dignidad. Somos nosotros los primeros interesados en dejar un planeta habitable para la humanidad que nos sucederá» (Bergoglio, 2015, pp. 123-124).

El campo disciplinar de la arquitectura, aborda entre los temas actuales y prioritarios, la generación de espacios responsables y seguros para el medioambiente; así como, detectar las áreas permeables y permitir la recarga de los mantos freáticos, por medio de sistemas naturales de infiltración, la reforestación con plantas nativas, las prácticas sostenibles en el manejo del sitio y la promoción de ambientes limpios.

El Indis, por medio de la presente publicación y la difusión de prácticas sostenibles, hace evidente la forma en que la arquitectura y el diseño son herramientas de transformación de la realidad, al abonar al desarrollo integral del país desde esta perspectiva y, los resultados de la investigación-acción.

A través del Subprograma de Diseño Arquitectónico y Urbano y, con base en los diferentes hallazgos de investigación, se contribuye a la certificación internacional *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), en Operación y Mantenimiento del Edificio O. Se han identificado oportunidades para hacer eficiente el uso de agua, energía, adquisición de materiales, manejo de los residuos, calidad del aire y el reciclaje, entre otros.

El informe realiza un aporte al conocimiento a través de cinco capítulos, a saber: Sostenibilidad en el manejo del espacio exterior; Acciones para la reducción del consumo de agua; La eficiencia en el desempeño energético; Sostenibilidad en el consumo y manejo de los recursos y bienestar y salud en el ambiente interior. Además de documentar una experiencia práctica desarrollada en la Vicerrectoría de Investigación y Proyección, también pretende ser un referente en el modelo de acción para los investigadores, estudiantes y profesionales de la arquitectura, ante la búsqueda de la responsabilidad y empatía con lo ecológico.

Dr. Hernán Ovidio Morales<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Doctor en Diseño, Programa de Doctorado en Diseño, Universidad de Palermo, Argentina. Maestría en Docencia de la Educación Superior de la Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Maestría en Diseño Industrial, Escuela de Arquitectura y Diseño (ISTHMUS), Panamá. Licenciatura en Diseño Industrial de la Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Actual director del Instituto de Investigación y Estudios Superiores en Arquitectura y Diseño (Indis) de la Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

# Presentación

La Real Academia Española atribuye al término sostenible, cuando lo vincula a ecología y economía, como un adjetivo, cuyo significado se asocia a lo que puede «mantenerse durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente» (RAE, 2020). El *Informe de Brundtland*, realizado en la ciudad de Tokio en 1987, fue titulado *Our Common Future* y constituye uno de los primeros esfuerzos globales por generar el desarrollo sostenible. Fueron analizadas y replanteadas las políticas para el desarrollo económico de esa época, se reconoció el alto costo ambiental que las actividades humanas generaban. En este reporte se define, por primera vez, al desarrollo sostenible como:

El desarrollo que alcanza las necesidades del presente sin comprometer las habilidades de futuras generaciones para alcanzar sus propias necesidades. Contiene dos conceptos claves: el concepto de necesidades, en particular las necesidades esenciales de los pobres del mundo, a las que se les asigna prioridad y debería ser dado; y la idea de las limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social sobre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras (UN, 1987, p. 37).

Desde ese entonces, grandes esfuerzos se han generado en torno a esta temática, inclusive lo que respecta al diseño, construcción y operación de edificios. No es sorpresa que los crecientes cambios en el ámbito de la arquitectura promuevan dichas acciones al involucrar el equilibrio ecológico avalado, en su mayoría, por entidades internacionales que verifican los alcances de estas. En este contexto y, como resultado de los esfuerzos por generar estrategias ecológicas en las actividades cotidianas en la comunidad landivariana, así como la promoción de proyectos creados por el Indis, relacionados a la ecología aplicada en el ambiente construido, se realiza un modelo a partir del tratamiento al Edificio O, desde el 2017, por lo que fue inscrito en el proceso de certificación *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), versión v4, que determina desempeños ideales para garantizar la sostenibilidad durante la operación y mantenimiento de los edificios existentes. Seleccionado desde un inicio por poseer los servicios de agua y electricidad con medidores independientes al resto del campus.

El objetivo del proyecto es cumplir con los prerequisites y créditos presentados, para la certificación, al obtener los puntajes más altos en cada una de las seis categorías: ubi-

cación y transporte, manejo del sitio, manejo del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos y calidad del ambiente interior.

La certificación LEED es una de las más reconocidas en el mundo, por su generalidad encunanto a las evaluaciones y la utilización de herramientas, tales como estándares creados por terceros que establecen los parámetros de evaluación. Si analizamos solo los datos de la certificación relacionados a Guatemala, se puede identificar la existencia de 22 proyectos certificados y 21 en proceso de certificación, con un total de 43 proyectos. Las certificaciones, en su mayoría, se han aplicado en las fases de diseño y construcción de edificios; en la última década se han popularizado las certificaciones, debido al uso de estas herramientas en el país. Sin embargo, alcanzar la sostenibilidad durante la operación y mantenimiento de edificios existentes no ha sido un reto tan usual y, reflejo de ello es la existencia de solo dos proyectos en proceso de certificación, siendo el Edificio O el pionero en esta categoría.

El desarrollo sostenible en la operación y mantenimiento de edificios existentes, adecuado a las normativas especificadas por LEED, ha

generado la implementación de «prácticas sostenibles», así como acciones con repercusiones tangibles que mejoran la calidad de vida humana y el entorno ecológico, adaptándose a un contexto específico, en este caso el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar. Para organizar cada una de las prácticas fue necesario un diagnóstico inicial, con la finalidad de obtener una línea base como punto de referencia y, de esta forma, implementar el desarrollo sostenible del proyecto.

La humanidad se encuentra en una era de cambio para los usuarios y ocupantes de los edificios. Cada vez es más común buscar opciones ecológicas que garanticen un impacto ambiental positivo, debido a fenómenos como el cambio climático y el consumo excesivo de recursos no renovables; proyectan futuros desalentadores para la humanidad. El presente documento *Prácticas sostenibles para la operación y mantenimiento de los edificios, caso de estudio: Edificio O, Campus Central, Universidad Rafael Landívar*, expone al lector los resultados, al cumplir con las normativas requeridas para las certificaciones dentro de los estándares internacionales, de esta manera exhibe los aprendizajes obtenidos durante estos tres años de trabajo. Sin entrar en detalles, ni profundizar en todos los

análisis desarrollados, cada sección presenta el estado actual de las problemáticas, la importancia e impacto en el ambiente y en la salud humana, las medidas y acciones que se pueden tomar, las opciones que hay en Guatemala y lo alcanzado en el Edificio O. Todo ello, para informar a los ocupantes de este, la comunidad landivariana y la población guatemalteca, que las acciones son posibles al fijar metas y trabajar en pro del bienestar común.

Mgtr. América Alonso

## Referencias

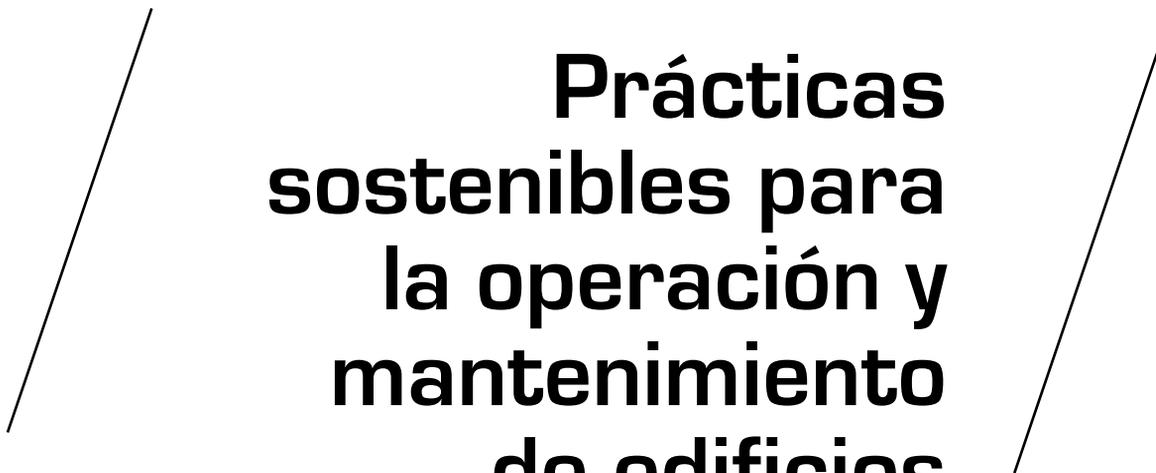
- Real Academia Española. (2020). *Sostenible*. <https://dle.rae.es/sostenible>
- United Nations. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development, Our Common Future*. United Nations.



# Siglas y acrónimos

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditionin Engineers
BTU	British thermal unit
EER	Energy Efficiency Ratio
EIA	U. S. Energy Information Administration
EPA	U. S. Environmental Protection Agency
FSC	Forest Stewardship Council
Gpf	gallons per flush
Gpm	gallons per minute
HUD	United States Department of Housing and Urban Development
LID	Low Impact Development
LPD	Lighting Power Density
Lpf	litres per flush
Lpm	litres per minute
NRCS	Natural Resources Conservation Service
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio
SBS	Sick Building Syndrome
USDA	United States Department of Agriculture
USGBC	U.S. Green Building Council
VOC	Volatile Organic Compounds
WWF	World Wildlife Found





**Prácticas  
sostenibles para  
la operación y  
mantenimiento  
de edificios**

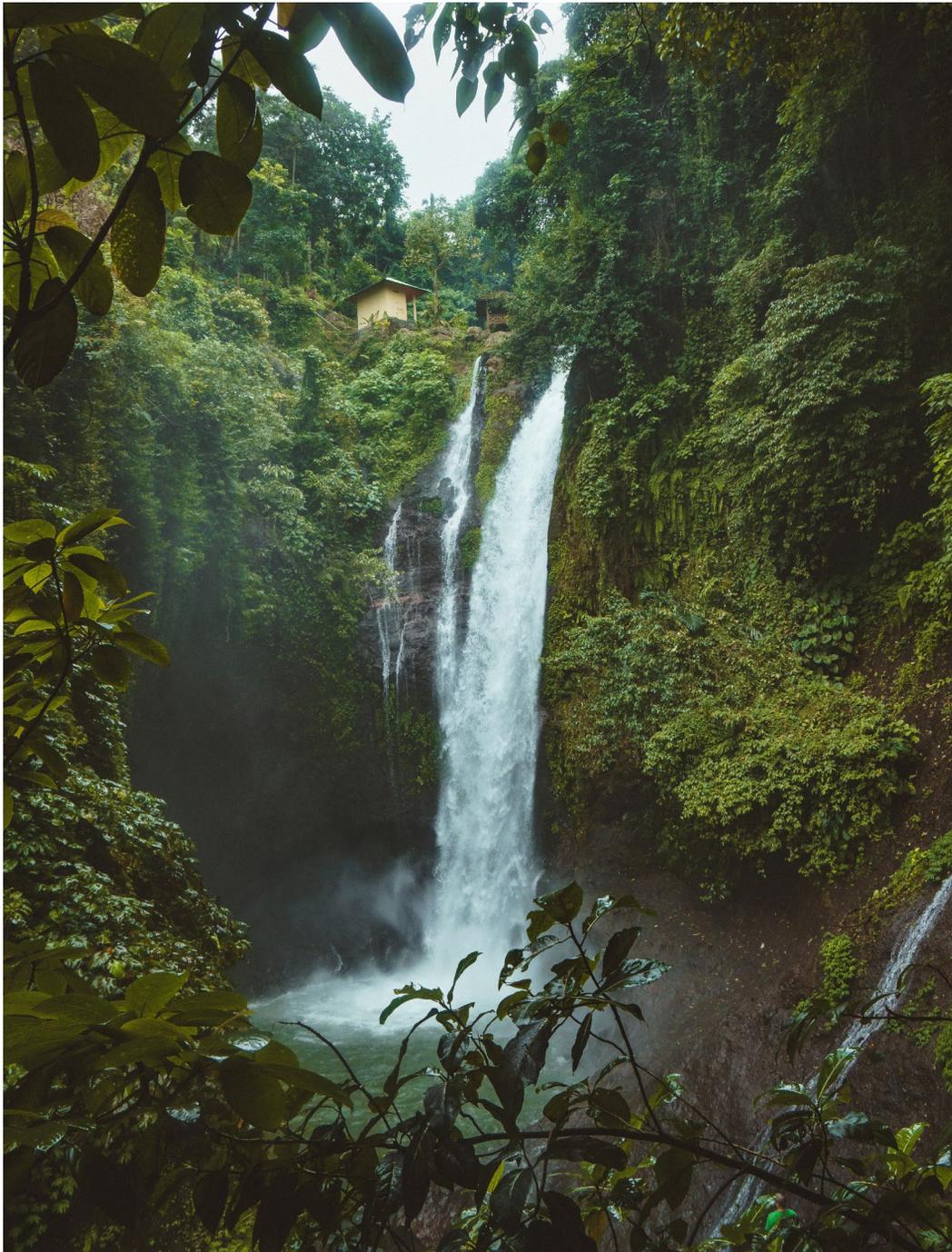
# Capítulo I

## Sostenibilidad en el manejo del espacio exterior

Los sistemas naturales del planeta dependen de la diversidad biológica existente en los bosques, humedales y otros ecosistemas, que regularmente se identifican como proveedores de servicios regenerativos, estos permiten el desarrollo de la vida en la tierra. El desarrollo urbano ha generado una tendencia a tomar los espacios naturales, áreas que son fragmentadas y sustituidas por paisajes diseñados y, que no buscan preservar esta diversidad biológica.

En consecuencia, nos encontramos con proyectos llenos de jardines con plantas no nativas y pocas áreas permeables, en donde la escorrentía del agua de lluvia con frecuencia sobrecarga la capacidad de los sistemas naturales de infiltración, lo que aumenta, tanto la cantidad como la contaminación en el sitio, pues recoge todos los desechos, fertilizantes, sedimentos y demás agentes contaminantes a su alrededor, que son arrastados directamente a los ríos y lagos. Actualmente, el 60 % de los servicios de los ecosistemas se encuentran degradados o se utilizan sin planes de sostenibilidad. Por ello, el planeta se enfrenta a graves problemáticas como la deforestación, erosión del suelo, disminución del recurso hídrico, extinción de especies y ríos contaminados o que simplemente ya no terminan en el mar (USGBC, 2013, p. 57).

Figura 1. Fotografía de bosque y catarata en Sukasada, Indonesia



*Figura 1.* Los ecosistemas en el mundo proveen de servicios a todos los seres vivos, desde el mantenimiento del recurso hídrico hasta la generación del oxígeno vital para la supervivencia. Fuente: Oliver Sjöström Sjoström en Pexels, <https://bit.ly/31co2if>

La presencia humana condiciona ciertas características relacionadas con las comodidades adquiridas en la práctica cotidiana; el entorno urbano y los espacios habitados, pueden crear condiciones climáticas y contextuales, distintas a las naturales que generan cambios en la interacción natural de los ecosistemas. Problemáticas como la contaminación lumínica, la destrucción de hábitats, introducción de especies no nativas y la disminución de áreas permeables modifican las condiciones climáticas del lugar, son algunos ejemplos de los impactos negativos ocasionados por el desarrollo y construcción de las áreas urbanas, en consecuencia, de un mal manejo del sitio.

Transitar hacia el desarrollo sostenible requiere de esquemas nuevos de generación de riqueza que optimicen y respeten los límites de carga de los ecosistemas naturales, específicamente el impulso nacional a un proceso y una estrategia de planificación para configurar en el corto, mediano y largo plazo, una ordenación del uso y ocupación del territorio, acorde con las potencialidades y limitaciones del mismo, las expectativas y aspiraciones de la población y los objetivos económicos, sociales, culturales y ambientales del desarrollo (Iarna, 2012, p. 95).

La sostenibilidad en el manejo del sitio es posible, al tener especial atención a los detalles y delimitar el área de impacto, con lo cual se ayuda a mejorar no solo la calidad en el diseño de los edificios, sino también a restaurar y preservar las características naturales del lugar. Cada sitio es diferente según las características del proyecto y las condiciones del contexto. La planificación del área será sostenible si al menos genera el mínimo impacto al entorno ambiental, es económicamente viable, promueve el estilo de vida saludable y provee de servicios al ecosistema. Los beneficios del diseño y manejo de sitios sostenibles, pueden ser más que solo la percepción agradable del entorno físico del proyecto: desde una adecuada iluminación nocturna para resguardar la integridad de la noche hasta la preservación de los espacios abiertos, restauración y protección de los hábitats.

El diseño consciente del sitio inicia con una evaluación exhaustiva, dado que reconoce las mejores características del lugar y sus desafíos, para así integrar el edificio de la forma más apropiada al ecosistema local. Un buen diseño beneficia al proyecto pues crea sinergias entre este y el sitio, así como a la comunidad a través de estrategias como el manejo de la escorrentía y la conservación del hábitat (USGBC, 2014, p. 56).

Figura 2. Jardín en las cercanías de una vivienda



*Figura 2.* Es común observar espacios de jardines exteriores con un solo tipo de grama, o plantas decorativas que suelen requerir una considerable cantidad de agua para su mantenimiento. Fuente: Felix Mittermeier en Pexels. <https://bit.ly/38rsE63>

## Acciones para el manejo del sitio

Con la intención de preservar la integridad ecológica y promover la sensibilidad ambiental en las prácticas, para el manejo los espacios exteriores e impulsar un ambiente limpio y seguro en los edificios, es indispensable generar e implementar la planificación que permita a los empleados, usuarios y organizadores del proyecto, desarrollar las prácticas sostenibles. Al mismo tiempo, se proyectan altos desempeños en la operación e integración del edificio con su entorno ecológico. Estas iniciativas no solo ayudan a proteger los recursos del suelo, agua y aire, sino que también crean beneficios económicos y pueden llegar a mejorar la salud humana. Un mantenimiento proactivo puede detectar fugas en los sistemas de irrigación antes de tener gastos innecesarios en el consumo del agua. Cada proyecto es diferente y, por tanto, no existe un estándar de cuáles son los aspectos que se deben o no considerar.

Es importante crear un equipo de trabajo multidisciplinario para generar esta planificación, así se garantiza que todas las características del espacio se han tomado en cuenta. Tanto los profesionales de distintas ramas, así como el personal de mantenimiento pueden brindar valiosa información para el desarrollo de esta iniciativa.

Figura 3. Flujo de escorrentía

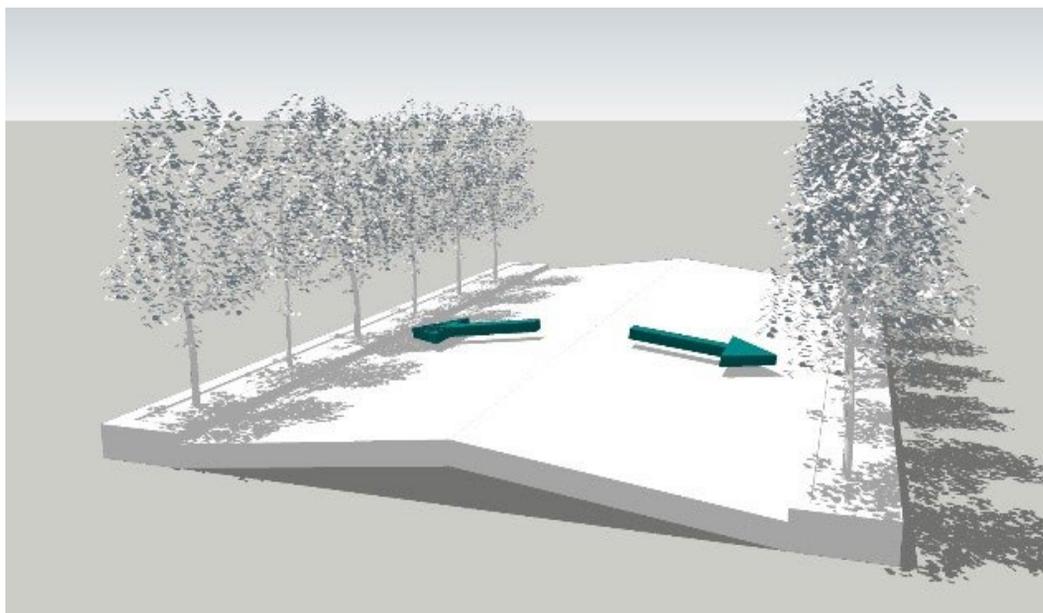


Figura 3. La ilustración refleja las inclinaciones potenciales en un terreno y el curso de la escorrentía en el mismo. Fuente: ilustración de Daniel Jofre, Indis.

La planificación, en términos generales, debe implicar el reconocimiento inicial del espacio a través de la identificación de cada uno de sus componentes. Los resultados obtenidos se deberán considerar para la generación de acciones que promuevan la conservación de los hábitats naturales: en primera instancia implica la erradicación de plantas exóticas e invasivas sustituyéndolas por otras nativas.

Estas ayudarán a la conservación de los ecosistemas y apoyan a la reducción en el consumo de agua. También se debe prevenir la erosión del suelo al mantener la cobertura vegetal en todos estos espacios, para apoyar a la restauración del sitio, así como la utilización de los residuos vegetales en programas de biodigestores o compostaje, con la finalidad reducir la utilización de fertilizantes o hacer

uso solamente cuando sea necesario (USGBC, 2013, pp. 59-61).

Una acción más avanzada es el desarrollo de estrategias para el manejo de agua de lluvia. Esto con el objetivo de reducir el volumen de la escorrentía y mejorar su calidad, para lo cual se replican los sistemas hídricos y el balance natural del agua en el exterior. Basado en las condiciones históricas del lugar y el desarrollo de los ecosistemas es necesario generar prácticas de bajo impacto para la infiltración, evapotranspiración, recolección y reutilización del agua en el sitio. De forma inicial se busca conocer cómo funciona la escorrentía en el terreno; el primer paso consiste en realizar la observación de todas las superficies construidas y naturales del exterior del proyecto desde senderos, corredores y calles hasta

estacionamientos, jardines y plazas. En el reconocimiento se tendrá que identificar cuáles son los puntos donde se conduce el agua de forma natural y artificial, para descubrir dónde se concentrará la escorrentía. Por último, se espera identificar y diferenciar las áreas permeables de las que no lo son en el sitio.

Las evaluaciones, junto a los datos climáticos sobre la precipitación, permitirán generar acciones puntuales que puedan apoyar a los objetivos planteados. En temas de sostenibilidad ecológica es común generar acciones, como los sistemas y prácticas con desarrollo de bajo impacto o más conocidas como *Low Impact Development* (LID), por sus siglas en inglés. Estas son una aproximación al manejo de la tierra, utilizan prácticas de diseño y planificación en simultáneo con tecnologías, para conservar y proteger los recursos naturales del ecosistema y reducir los costos de infraestructura.

Buscan imitar los procesos naturales que resultan de la infiltración, retención y evapotranspiración con el objetivo de proteger la calidad del agua. Las prácticas y sistemas LID pueden generar muchos beneficios, desde la reducción de pavimentos innecesarios, hasta la preservación de la integridad ecológica de

los sistemas biológicos. Para esto es importante contar con un equipo multidisciplinario que incluya ingenieros, paisajistas, hidrólogos y biólogos y personal de mantenimiento, cuya finalidad es garantizar las acciones desde distintos conocimientos, que serán de beneficio para todos. Existen muchas de estas prácticas que se han implementado ya en el manejo de sitios sostenibles, entre estas están las unidades de bioretención y jardines de lluvia para filtrar, dirigir y retener el agua, así como cubiertas vegetadas y pavimentos permeables (HUD, 2003, p. 1, p. 14, p. 17, p. 18, pp. 29-30).

Una primera aproximación sería el generar modificaciones a la infraestructura actual, para reencausar la escorrentía y mejorar las condiciones actuales del flujo de agua en el proyecto, que pueden variar desde la introducción de nuevos canales hasta la generación de nuevas pendientes. Sistemas más complejos como los pavimentos permeables permiten la estabilización efectiva de las condiciones hídricas del sitio y, pueden ser utilizados en conjunto con las instalaciones de retención subterráneas que normalmente son implementadas en estacionamientos y espacios urbanos, para proveer de un almacenamiento subterráneo de escorrentía (WBDG, 2016).

Los jardines de lluvia, según el USDA, son áreas deprimidas en la tierra construidas con plantas locales y flores perennes. Las plantas locales son capaces de adaptarse a las condiciones climáticas del sitio y a las de la tierra, estas también se adaptan a la cantidad de lluvia que la locación recibe. Sin embargo, las plantas deben de ser seleccionadas meticulosamente para permanecer en el jardín con un bajo mantenimiento, y deberán ser maduras para asegurar su resistencia (USDA y NRCS, 2011, pp. 1-4).

En Guatemala, la implementación de materiales y sistemas permeables se ha convertido en una iniciativa popular, para el sector de la construcción. La municipalidad de Guatemala promueve, en su plan de ordenamiento territorial, el uso de algunos de estos materiales como los ecoadoquines, siendo estos módulos que permiten la permeabilidad en áreas donde antes no era posible generarla, como es el caso de los estacionamientos. Otro producto popular ha sido el concreto permeable, que según el Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala, son concretos que permiten el buen manejo de la escorrentía y la infiltración a las capas del subsuelo. Proyectos en procesos de certificaciones sostenibles a nivel internacional han adaptado estrategias

como la incorporación de plantas endémicas en los diseños de paisaje, para beneficiar así a los ecosistemas naturales. Sin embargo, dicha estrategia es poco común de observar en el país (ICCG, 2018, p. 2).

## El efecto «Isla de Calor»

Con el objetivo de minimizar los efectos negativos, en microclimas de hábitats naturales y humanos, es importante generar acciones que ayuden a la reducción del efecto Isla de Calor. Este es un alza en la temperatura ambiental percibida por los usuarios del espacio, ocasionada por factores como las superficies no reflectivas en estacionamientos, caminos, cubiertas y espacios peatonales, que absorben la radiación emitida por el sol durante el día, así como la reducción de las áreas vegetadas en áreas urbanas y el calor emitido por las actividades humanas. También ocurre por cambios en las propiedades térmicas de la infraestructura urbana y su impacto en los microclimas, por ejemplo la forma en que los edificios altos disminuyen el ritmo de enfriamiento de las ciudades por las noches. En consecuencia, las áreas urbanas suelen manejar 3 °C más que espacios rurales durante las mañanas y hasta 12 °C adicionales en las tardes, con respecto a las temperaturas regulares. En promedio la diferencia de temperaturas entre áreas urbanas y rurales a nivel mundial durante el día varía entre 10 y 15 °C, y durante las noches es baja, pues oscila entre 5 y 10 °C (EPA, 2008a, p. 1, p. 2, pp. 6-9, p. 12).

Estas elevadas temperaturas en espacios urbanos, conocidas como el efecto «Isla de Calor» pueden afectar la calidad de vida y bienestar ambiental, especialmente en las épocas de verano. Entre los impactos negativos están el incremento del consumo energético, las elevadas emisiones de contaminación ambiental y gases efecto invernadero, los desgastes en la salud

Figura 4. Vista aérea de un área parara estacionamientos

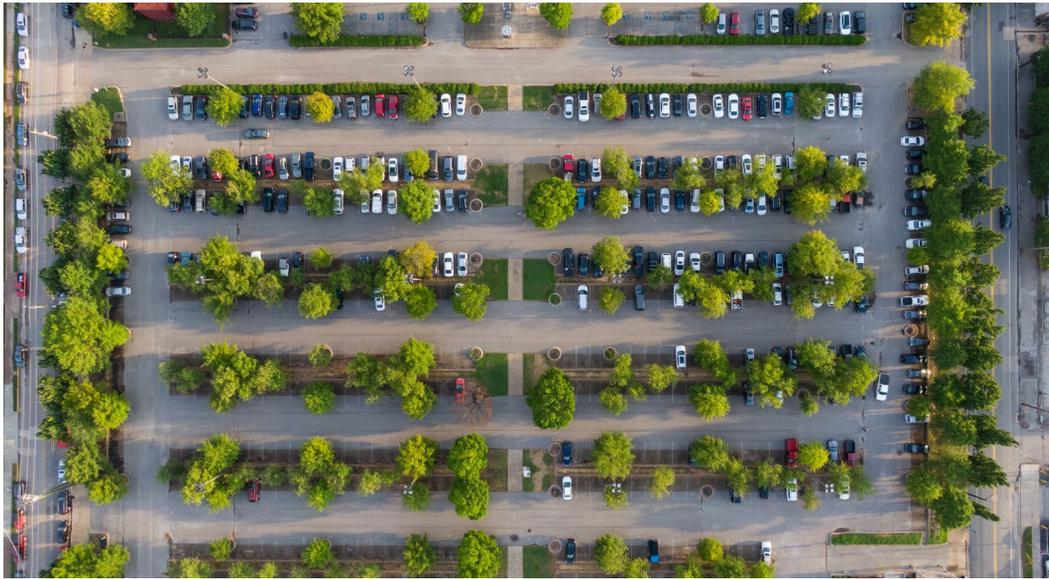


Figura 4. Con una estrategia pasiva, esta área de estacionamientos involucra espacios vegetados con árboles que generan la sombra suficiente como para evitar el efecto «Isla de Calor». Fuente: Kelly Lacy en Pexels. <https://bit.ly/31HaXxZ>

y el confort humanos y el daño a la calidad del agua. En el caso del consumo energético este se incrementa en la medida en que la demanda por sistemas de enfriamiento aumenta, así como, la adicción de presión en los sistemas eléctricos durante los períodos de pico en la demanda. En consecuencia, se incrementan los niveles de contaminación en el aire y emisiones de gases efecto invernadero. En el caso del bienestar humano, el incremento de las temperaturas durante el día y noche y los niveles altos de contaminación ambiental pueden contribuir a dificultades respiratorias, malestar general, calambres por calor y agotamiento, golpes de calor no fatales y mortalidad relacionada al incremento de temperaturas (EPA, 2008a, pp. 13-15).

El efecto «Isla de Calor» ha sido objeto de estudio durante décadas, tal como lo presenta Bornstein en sus observaciones sobre este en los espacios urbanos de la ciudad de Nueva York; donde se muestran incrementos en la temperatura de hasta 4.6 °C a 50 m de altura, en los espacios urbanos cerca de las superficies durante el amanecer y, excesos de temperatura mayores a un 1 °C, en niveles superiores a 500m durante el transcurso de las mañanas (Bornstein, 1968, pp. 575-581). A pesar de poseer diversos análisis sobre esta problemática, desde mediados del siglo XX, la preocupación por reducir este impacto se fortaleció solo en las últimas décadas. Se incrementaron estrategias como el desarrollo de acciones, para la

reducción del efecto, como la readecuación de espacios vegetados en áreas urbanas, la implementación de cubiertas vegetadas y de superficies reflectivas. Para iniciar con estas estrategias es indispensable reconocer los espacios que generan este efecto negativo tales como estacionamientos, circulaciones peatonales y cubiertas, de esta forma se evalúan las acciones a implementar.

La integración de árboles y vegetación ayuda a enfriar los climas urbanos, a través de la sombra generada por las hojas, pues reduce la cantidad de radiación solar que alcanza el suelo, así como de la evapotranspiración propia de las plantas, puesto que enfrían el aire al utilizar el calor de este para evaporar el agua. También la infraestructura adecuada, para el crecimiento de enredaderas y vegetación vertical sobre las fachadas conflictivas, es un aporte para esta estrategia.

Otra opción muy común en respuesta al efecto «Isla de Calor» son las cubiertas verdes, requiere colocar una capa de vegetación en la cubierta final de edificios o viviendas; genera los mismos beneficios que la integración de árboles y vegetación presentan, además, la reducción de energía en los edificios gracias a la disminución del calor en la envolvente (EPA, 2008b, pp. 1-3; EPA, 2008c, pp. 2-5).

Otra estrategia es la implementación de cubiertas de enfriamiento, las cuales son productos que están hechos con materiales altamente reflectivos y emisivos, pueden mantenerse más frescos que los materiales tradicionales. Estos varían desde revestimientos superficiales, como pinturas hasta membranas prefabricadas con materiales como TPO y PVCA para contener las emisiones de radiación (EPA, 2008d, p. 1, pp. 5-6), como pintura hasta membranas.

En el caso de Guatemala, el mercado de productos para la construcción ha cambiado en la última década, permite encontrar fácilmente soluciones accesibles de impermeabilizantes termo reflectantes como es el caso del *Aqualock 8000* de *Sherwin Williams*. Este garantiza la disminución de hasta 20 °C en la temperatura de la superficie del techo y entre 5 a 8 °C en los espacios interiores, además de cumplir su función principal de impermeabilizar. Otra solución accesible es el eco-adoquín, que como se había mencionado en la sección anterior, ha tomado notoriedad para aumentar la permeabilidad en los proyectos, reduce así el efecto de la «Isla de Calor» en los espacios de estacionamientos, aunque este no sea el objetivo inicial.

Proyectos con aspiraciones de sostenibilidad más altas y, dispuestos a una mayor inversión y análisis, han incorporado estrategias como la implementación de cubiertas vegetadas o el diseño del paisaje detallado, al implementar especies de árboles que garantizarán un radio de sombra amplio cuando estos alcancen su madurez.

## Impacto lumínico en la oscuridad natural del sitio

Con la intención de incrementar el acceso al cielo estrellado de la noche, mejorar la visibilidad de esta oscuridad natural y reducir las consecuencias negativas que provoca en la vida silvestre y en el bienestar humano, es importante generar acciones que disminuyan la contaminación lumínica generada por los edificios. Según Glaser (2014), este término corresponde en parte a la invasión del ambiente con fuentes de luz que reducen la visión del cielo y pueden trastornar los ciclos de sueño y metabolismo de algunas especies naturales. La iluminación exterior provee al ser humano de seguridad y confort, además de aumentar las horas de productividad en el día. El diseño de iluminación inadecuado genera la contaminación lumínica, entendida como la mala dirección o mal uso de la luz, generalmente como resultado de la inapropiada aplicación de esta en los espacios exteriores. Por ejemplo, la luz de fondo crea un traspaso de luz en sitios adyacentes al dirigirla en la dirección opuesta al área que se pretende iluminar; la luz vertical provoca el resplandor artificial del cielo y el deslumbramiento es causado por la luz frontal de alto ángulo ocasionada por los edificios. Toda esta contaminación lumínica crea una abundante cantidad de problemas ambientales: las especies salvajes que tienen actividades nocturnas como la caza no pueden realizarlas, flora y fauna son incapaces de ajustarse a las variaciones temporales, las aves que migran y se basan en las estrellas del cielo para guiarse se pueden desorientar, hasta la salud y el bienestar humano pueden verse afectados (USGBC, 2013, pp. 97-98).

Figura 5. Fotografía de la ciudad de Chicago durante la noche



Figura 5. La contaminación lumínica en las ciudades se percibe con el resplandor, generalmente amarillo que emite la iluminación nocturna, privando la vista de las estrellas durante las noches. Fuente: Luis León en Pexels <https://bit.ly/2NTNHog>

Figura 6. Radios para iluminación exterior

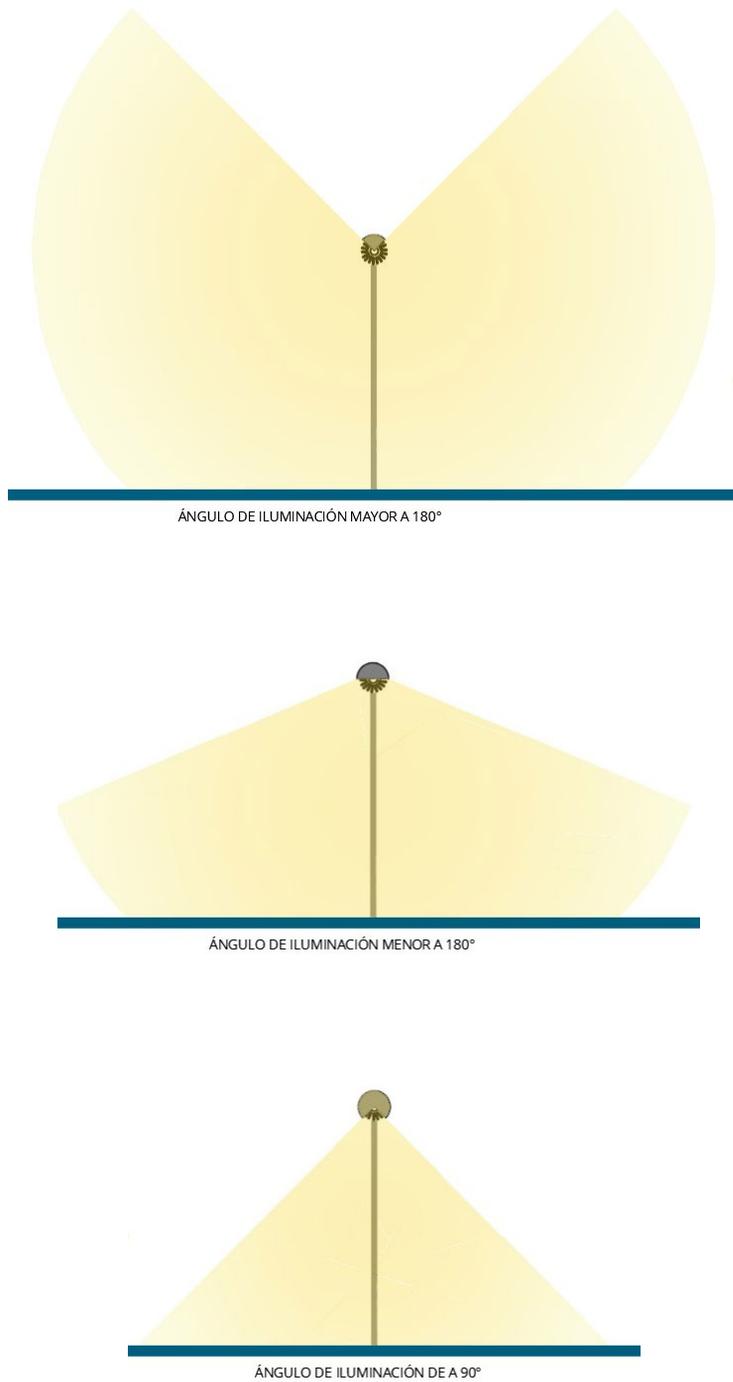
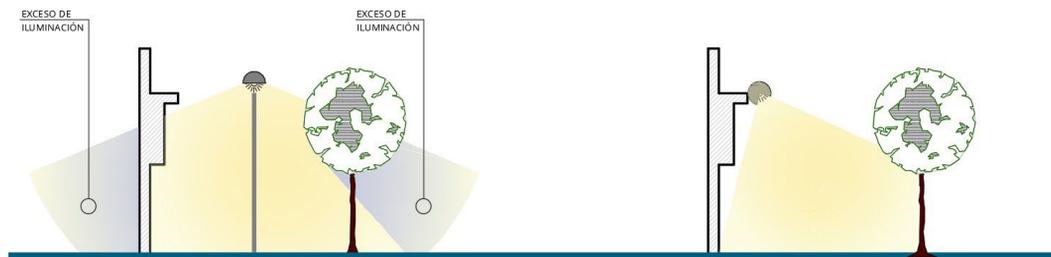


Figura 6. La ilustración busca presentar los distintos ángulos que los equipos de iluminación suelen presentar, desde un ángulo abierto de 180° hasta uno más cerrado de 90°. Fuente: ilustración de Daniel Jofre, Indis.

Figura 7. Contaminación lumínica ejemplos



La pérdida de lúmenes por el entorno de una luminaria es no solo un gasto de energía, si no también contaminación hacia los espacios que no necesitan iluminación.

El ángulo de las luminarias pueden corregir el exceso de iluminación y reducir consumos innecesarios y contaminación.

Figura 7. La ilustración expone un ejemplo de cómo se genera una pérdida de lúmenes en el entorno, con una luminaria inadecuada; su posible solución utilizando una luminaria focal con un ángulo cerrado para su espectro de luz. Fuente: ilustración de Daniel Jofre, Indis.

Aunque la iluminación nocturna es necesaria para el desarrollo de las actividades humanas, se puede controlar tanto la apertura de las luminarias en cuanto a los ángulos de iluminación como la intensidad de estas, para evitar la contaminación. Un primer acercamiento será el reconocimiento en campo de los elementos que pueden generar la problemática: las luminarias que se encuentran en los límites del proyecto y las del interior que pueden irradiar mucha iluminación. Las acciones principales serán identificar su radio de iluminación, el tipo de luminaria y la intensidad para tomar las decisiones adecuadas.

Posterior al reconocimiento en campo se deberá buscar que todas las luminarias exteriores mantengan un radio de proyección no mayor a  $90^\circ$  y, reducir a la mitad el radio de las luminarias perimetrales al focalizar siempre su proyección al espacio interior del proyecto, con ello se evita la luz directa a los espacios exteriores. Adicional a ello se puede plantear el análisis sobre si existe

o no un exceso de luminarias, que estén de alguna forma contaminando. Existen dos acercamientos, uno sería utilizar un equipo de medición especializado para detectar los niveles de iluminación en el espacio exterior. En esta metodología, se tendrán que realizar mediciones en los límites del proyecto, con las luminarias encendidas y, determinar si el resultado es mayor del 20 % de cuando todas se encuentran apagadas. De ser así, esto implicaría que es necesario tomar acciones para disminuir dicho porcentaje. Este análisis es el más preciso por la tecnología y los alcances en los resultados. Otro acercamiento sería el análisis individual de las luminarias, se evalúa que la sobreposición entre estas no sea mayor a la altura de una persona promedio, o bien, identificar si su radio de proyección produce un exceso de iluminación al traspasarse en los espacios exteriores no pertenecientes al proyecto; de ser así se modifican dichas luminarias para que se proyecten únicamente dentro de los límites establecidos.

## Acciones en el Edificio O

En el Edificio O se realizó ya un estudio de campo sobre las áreas vegetadas; fueron identificadas cada una de las especies de plantas y árboles, para determinar si estas eran nativas o no. Los resultados mostraron que más del 50 % de las áreas cuentan con especies no nativas y, por tanto, los recursos para mantener el ornato de estos espacios son mucho más altos de lo que un sitio sostenible podría demandar. Se han seleccionado algunas especies que podrían sustituir a las ya instaladas en el proyecto, con el plan a largo plazo se espera lograr estos cambios. 3, pp. 97-98).

Otro aspecto evaluado ha sido el tipo de luminarias exteriores, para determinar si estas son adecuadas y de esta forma evitar la generación de contaminación lumínica. Según los resultados obtenidos en estos análisis se ha determinado que las luminarias cumplen, en su mayoría, con los requerimientos en los radios de proyección. Sin embargo, será necesario realizar un análisis con equipo técnico, para medir el espectro de luz generado por las luminarias interiores y exteriores del edificio, tomando mediciones en los límites colindantes, pues se determinó que la principal contaminación lumínica en esta área proviene del Edificio O. Acciones prioritarias para la sostenibilidad ecológica en la operación y mantenimiento del edificio han impedido que se efectúen los estudios correspondientes a esta temática.

Figura 8. Vegetación exterior del Edificio O



Figura 8. La fotografía muestra el área vegetada cercana al ingreso del edificio. Fuente: Pedro Antonio Ayau, Indis.

Figura 9. Vista de la terraza del Edificio O



Figura 9. En la fotografía se puede observar que el acabado en la losa final es baldosa de barro, un material que aporta considerablemente a la generación del efecto Isla de Calor. Fuente: Pedro Antonio Ayau, Indis.

Vinculado al efecto de «Isla de Calor» producido por el proyecto, se ha determinado que el área designada para el estacionamiento y la cubierta del edificio aportan sustantivamente a la esta problemática. Aún con la presencia de árboles en los límites del parqueo, la mayor parte del área se mantiene al descubierto y, dado que es todo concreto fundido sin permeabilidad, se produce absorción durante todo el día la radiación solar, lo que genera el efecto mencionado. Por otra parte, la losa final del edificio no cuenta con un recubrimiento reflectante, pues su acabado final es baldosa de barro que se sabe posee altos porcentajes de absorción y transmisión de calor. La planificación para efectuar las modificaciones contempla que la primera fase será el recubrimiento de la cubierta final del edificio, con un producto termo reflectante de pintura. Estos son más accesibles en el mercado guatemalteco que la implementación de una nueva infraestructura. En el caso del área de parqueo se ha descartado la posibilidad de modificar el espacio por materiales con mayor permeabilidad, por lo que la estrategia proyectada aquí es la siembra de otras especies de árboles, que garanticen mayor amplitud de sombra con lo cual se beneficiará tanto a los usuarios como la disminución del efecto «Isla de Calor».

## Referencias

- Bornstein, R. (1968). Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology (1962-1982)* 7(4), 575-582. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1968\)007%3C0575:OOTUHI%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1968)007%3C0575:OOTUHI%3E2.0.CO;2)
- Glaser, K. (2014). *Saving the Night – A brief look at Light Pollution (Reduction)*. <https://bit.ly/3e0YlyK>
- Guillette, A. (2016). *Low Impact Development Technologies*. <https://bit.ly/3e4muKt>
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Iarna.
- Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala. (2018). *Boletín Técnico 1: Boletín Técnico ICCG Concreto Verde*. ICCG.
- United States Department of Agriculture y Natural Resources Conservation Service. (2011). *Los Jardines de Lluvia*. Departamento de Agricultura de Iowa y la Custodia del Territorio de la División de Conservación de Suelos. <https://bit.ly/2Zywp5J>

- United States Department of Housing and Urban Development. (2003). *The Practice of Low Impact Development*. Partnership for Advancing Technology in Housing. <https://bit.ly/2D1Zxuh>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008a). Urban Heat Island Basics. En *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies*, U.S. Environmental Protection Agency, pp. 1-22. U.S. Environmental Protection Agency. <https://bit.ly/2DaEKVL>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008b). Trees and Vegetation. En *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies*, U.S. Environmental Protection Agency, pp. 1-32. U.S. Environmental Protection Agency. <https://bit.ly/3irZmIW>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008c). Green Roofs. En *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies*, U.S. Environmental Protection Agency, pp. 1-29. U.S. Environmental Protection Agency. <https://bit.ly/2YTVLfc>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008d). Cool Roofs. En *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies*, U.S. Environmental Protection Agency, pp.1-31. U.S. Environmental Protection Agency. <https://bit.ly/3dZpRSJ>
- U.S. Green Building Council. (2013). *LEED Reference Guide for Building Operations and Maintenance*. U.S. Green Building Council.
- U.S. Green Building Council. (2014). *LEED Core Concepts Guide*. U.S. Green Building Council.

# Capítulo II

## Acciones para la reducción del consumo de agua

El agua es un recurso indispensable para la generación de la vida en el planeta, pues se involucra en el funcionamiento de todo lo viviente. Inclusive su estrecha y compleja relación con el clima se ve reflejada en los cambios climáticos actuales, que repercuten en efectos negativos a causa del mal manejo del recurso hídrico. Ecosistemas como lagos, ríos y manglares son algunos de los ambientes más biodiversos del planeta y proveen de múltiples beneficios. Estos son el hábitat de casi el 10 % de las especies más conocidas del planeta y ayudan a mantener los ciclos hídricos, de carbono y de nutrientes en todo el mundo (Unesco, 2020, p. 16, p. 24).

Figura 1. Uso del recurso hídrico para el consumo humano



*Figura 1.* El consumo humano del agua aborda temas como el acceso al recurso como fuente de alimento, hasta su uso para actividades relacionadas a la higiene personal. Fuente: Samad Deldar en Pexels <https://bit.ly/3gpsiPY>

Para el hombre su utilización es indispensable en el cumplimiento de las actividades de la vida diaria. La demanda del uso de agua a nivel mundial ha incrementado su volumen seis veces en los últimos cien años y, se mantiene en un aumento constante del 1 % anual, conforme al incremento de la población, desarrollo económico, patrones de consumo, intensificación de la producción agrícola y la expansión de las ciudades. El incremento exponencial de la población pone en riesgo el abastecimiento del agua. Se estima que para el 2050 más de 685 millones de personas enfrentarán una crisis debido a la disminución que tendrán de este recurso en al menos un 10 %. Además, la contaminación de las fuentes hídricas de agua dulce se ha incrementado con residuos orgánicos, patógenos, fertilizantes y pesticidas, metales pesados y contaminantes emergentes como consecuencia de las actividades humanas, por lo tanto, provoca mayores limitantes en la obtención de este vital recurso (Unesco, 2020, p. 20, pp. 22-23, p. 47).

Según EPA, el sector comercial e institucional es el segundo mayor consumidor, en el uso final, del recurso hídrico en los Estados Unidos. A pesar de las variaciones por la tipología de uso más del 30 % del agua abastece a los

servicios sanitarios de hospitales, oficinas, escuelas, restaurantes y hoteles. Si se estudia puntualmente edificios de oficinas se detecta que los otros dos rubros altos son el abastecimiento de agua para jardines y los sistemas de calefacción y enfriamiento. Por lo contrario, en los restaurantes el consumo principal se destina para los artefactos y equipos de limpieza en la cocina, como griferías y lavadoras de platos. En términos generales esto demuestra un amplio potencial para la reducción en el consumo del agua si se implementan las tecnologías adecuadas que fomenten el uso eficiente de este recurso (EPA, 2012, pp. 1-4).

En el caso de Guatemala, las problemáticas relacionadas a la demanda del agua se han percibido desde principios de siglo. Según el IARNA entre el 2007 y 2010 se utilizó el 22 % de la oferta hídrica disponible anualmente para el país. Solo en el año 2010 se consumieron 20 millones de metros cúbicos de los cuales el 37.5 % fueron empleados en industria y agroindustria, 31.9 % en actividades agropecuarias y silviculturales, 24.82 % en la generación de energía eléctrica, 2.3 % en consumo de hogares y el resto utilizó un 3.5 % del total. Además, menciona que del año 2006 al 2011 la cobertura nacional de agua disminuyó en

un 3.38 %, porcentaje en aumento anual gracias a la demanda por el crecimiento poblacional (Iarna, 2012, pp. 136-137).

El desabastecimiento del recurso hídrico ha preocupado a entidades, tanto públicas como privadas, en los últimos años. Según Funcagua los registros de la Empresa Municipal de Agua (Empagua) mencionan que el abastecimiento de la región metropolitana proviene en un 50.4 % de aguas superficiales como ríos y lagos, y el 49.6 % restante de subterráneas. Ambas fuentes de agua se recargan a través de la precipitación, sin embargo, los mantos acuíferos tardan hasta tres siglos para obtener dicha recarga debido a que pasa por un largo proceso de filtración a través de la superficie terrestre. Por lo tanto, la poca permeabilidad en las áreas urbanas impide la recarga hídrica natural (Funcagua, 2020).

Aunque la problemática sea compleja y en su mayoría depende de la conciencia ecológica que posee cada individuo o entidad, existen ciertas tecnologías provenientes de iniciativas mundiales, que han generado esfuerzos para disminuir el consumo del agua. En el caso de los edificios de oficinas el identificar la demanda del recurso y sus factores determinantes es primordial para la implementación de los equipos con desempeños eficientes y estrategias en el manejo del recurso, que apoyarán a un equilibrio sostenible y económico.

## La medición, un factor determinante

Con el objetivo de apoyar el manejo del consumo de agua e identificar oportunidades, para ahorros adicionales, es indispensable mantener instalado de forma permanente un contador de volumen de agua o hidrómetro. Esto garantizará el registro del consumo de agua con la finalidad de analizar los efectos de las acciones a implementar y con ello la optimización de este recurso, tanto en el interior como en el exterior de los edificios. Además, generar programas que expongan la información recolectada por los medidores, puede motivar a los ocupantes a utilizar menos agua e identificar problemas en el sistema de distribución.

Para el registro del consumo es importante identificar todas las fuentes finales de uso del agua como grifería y sanitarios, clasificándolos en categorías para que en los futuros análisis sea fácil identificar si es posible optimizar el uso. Seguido de esto, se deben definir todas las fuentes de abastecimiento que proveen de este servicio al edificio, desde pozos generados en el sitio hasta el servicio municipal que distribuye agua. La combinación de estos datos determinará la cantidad, ubicación y tipo de medidores que se deberán implementar. Idealmente se tendría un contador para áreas interiores y exteriores, por separado, pues facilitaría el análisis e identificación de oportunidades de mejora de forma más precisa. Sin embargo, la lectura de un solo contador general igualmente puede ser

de mucha utilidad, a partir de evaluaciones y modificaciones de los equipos que consumen agua (USGBC, 2013, p. 150).

En general, cada proyecto debe evaluarse de forma individual, pues los volúmenes de consumo de agua son factores variables y dependientes del tipo del proyecto, desde la cantidad de metros cuadrados y de usuarios que posee hasta el tipo de uso. Como referencia para un edificio de oficinas o educativo, el consumo diario de agua debía ser menor a 61 litros o 16 galones por persona, para considerarlo eficiente.

## Reducción del consumo de agua en el interior

Con la intención de reducir el consumo del agua en el espacio interior se han generado tecnologías de ahorro en artefactos como griferías e inodoros, así se evita el desperdicio innecesario del recurso hídrico durante el desarrollo de las actividades humanas cotidianas. En muchos casos se encuentran validados por entidades gubernamentales, así como la iniciativa presentada por EPA, quienes han intentado influenciar al mercado estadounidense de artefactos sanitarios, con la promoción del consumo y compra de productos que lleven el sello *WaterSense*. Este sello certifica que los productos se desempeñan con bajos consumos de agua comparados con sus equivalentes regulares (McNeil & Letschert, 2008, pp. 1-2). Su popularidad ha sido tal que una amplia variedad de empresas ha sometido sus artículos a los requerimientos de desempeño, por minuto o descarga, máximos permitidos por la entidad, por lo que se garantiza un catálogo de artefactos eficientes en el consumo del agua. Los productos y servicios con la etiqueta *WaterSense* están avalados para utilizar al menos el 20 % menos de agua que modelos regulares, también ahorran energía y se desempeñan mejor o igual que sus equivalentes (EPA, 2020).

Figura 2. Grifería de acero inoxidable



*Figura 2.* El consumo del agua en los espacios interiores a nivel comercial y residencial se refleja en los artefactos sanitarios instalados como griferías para lavaplatos y manos, duchas, inodoros, urinales y bidets. Fuente: Steve Johnson en Pexels, <https://bit.ly/2YVGH0I>

Aún sin etiquetas es posible identificar los artefactos que sean eficientes o no. Basta con analizar la información que estos presentan en sus fichas técnicas y compararlos con las recomendaciones previamente ya establecidas (USGBC, 2013, pp. 135-137):

- ✓ Inodoros: descarga menor o igual a 6 lpf (1.6 gpf)
- ✓ Urinales: descarga menor o igual a 3.8 lpf (1 gpf)
- ✓ Grifería de uso público: descarga igual o menor a 1.9 lpm a 415 kPa (0.5 gpm a 60 psi)
- ✓ Grifería de uso privado: descarga igual o menor a 8.3 lpm a 415 kPa (2.2 gpm a 60 psi)
- ✓ Grifería de cocina: descarga igual o menor a 8.3 lpm a 415 kPa (2.2 gpm a 60 psi)
- ✓ Cabezas de ducha: descarga igual o menor a 9.5 lpm a 550 kPa (2.5 gpm a 80 psi)

Claramente los artefactos que funcionen con estos consumos son los más eficientes en el mercado, pero si se considera que un grifo de uso privado regular genera entre 13 y 15 lpm a 415 kPa, o que un inodoro regular descarga hasta 13 lpf, cualquier artefacto que se acerque al umbral de la eficiencia será mejor que uno regular. Estudios demuestran que la oferta actual existente en el mercado de la loza sanitaria busca ideales de eficiencia cada vez más altos. En los Estados Unidos, hasta principios de los 90, aún la mayoría de los artefactos disponibles a la venta utilizaban 3.5 gpf. Desde el siglo XXI la oferta ha cambiado y garantiza que más del 70 % de los artefactos son producidos con una eficiencia de 1.6 gpf y, el restante porcentaje con umbrales más altos que llegan a hasta un consumo de 1.28 gpf. Los esfuerzos gubernamentales promueven leyes que apoyan estas iniciativas, con la finalidad de eliminar, casi por completo, a los modelos menos eficientes del siglo pasado (McNeil & Letschert, 2008, pp. 16-18).

El interés por los beneficios económicos generados a partir de la eficiencia en el consumo del agua, más que por la concientización sobre el recurso en sí, ha generado la popularidad de estos productos en las últimas décadas en Guatemala. Por

tanto, la selección de estos equipos en el mercado es cada vez más fácil y accesible. En el país los mismos proveedores suelen tener ya definidos los umbrales de eficiencia que manejan para facilitarle estos análisis al consumidor, sin embargo, siempre es importante revisar las fichas técnicas para garantizar que estos cumplan con los desempeños deseados. Algunas de las marcas disponibles actualmente en el mercado guatemalteco, con griferías y loza sanitaria eficientes en el consumo de agua, son *KOHLER*, *Helvex*, *Docol*, *Hansgrohe*, *FV*, *Stern*, *TOTO*, *Duravit* y *Klipen*. Sus precios varían según el distribuidor, pero hay para todo tipo de mercado.

## Reducción del consumo de agua en el exterior

Las prácticas de irrigación tradicionales cuentan con sistemas que, por una parte, consumen una cantidad innecesaria de agua y, por otra, dejan una gran cantidad de áreas sin regar. Se estima que el 40 % del agua potable utilizada para la agricultura se pierde, ya sea por evaporación, derrames o por la absorción de las capas más profundas de la tierra donde ya no se encuentran las raíces de los cultivos. Sin embargo, en la búsqueda real por mejorar la eficiencia en los sistemas de irrigación, el foco en los últimos años ha sido desarrollar sistemas inteligentes para optimizar el uso del recurso y que rieguen solo cuando y donde sea necesario (Munoth, Goyal & Tiwari, 2016, pp. 86-89).

En el caso de edificios, viviendas y espacios urbanos el mantenimiento de los jardines suele consumir una gran cantidad de agua potable, llega a ser hasta un 20 % en edificios de oficinas y a un 30 % en edificios de carácter educativo (EPA, 2012, pp. 5-3 y 5-4). Con la intención de reducir el consumo de este vital recurso existen acciones, que pueden apoyar a disminuir la problemática, implementadas en proyectos alcanzan la sostenibilidad ecológica.

Figura 3. Fotografía aérea con espacios urbanos vegetados y ambientes exteriores de edificaciones vegetadas



Figura 3. El consumo de agua exterior de una edificación puntual se genera por el mantenimiento de los espacios vegetados parte de los límites del proyecto. Fuente: Aleksejs Bergmanis en Pexels <https://bit.ly/2YZ9MZ7>

Idealmente las áreas vegetadas son regadas para complementar la precipitación natural basado en lo que las plantas necesitan. El diseño de estos espacios, las condiciones del suelo, la selección de las plantas y el mantenimiento afectan todos en conjunto a las necesidades de abastecimiento de agua. Estos factores son tan esenciales que existen casos de éxito en donde los jardines no han necesitado de ningún tipo de riego, gracias a una planificación consiente y el diseño sostenible empleados desde la concepción del proyecto (EPA, 2012, p. 5).

Es importante conocer a profundidad la demanda necesaria del recurso hídrico, para el mantenimiento de las áreas verdes en un proyecto. Un primer acercamiento es evaluar la precipitación anual y mensual de la localidad y, de esta forma, determinar si existen épocas en el año donde se podría

disponer de este recurso para la irrigación. Un factor determinante es la correcta selección de la vegetación a incluir en el diseño paisajista. Seleccionar plantas nativas que garantice una reducción de agua considerable, ya que estas se desarrollaron en espacios no controlados por el hombre de forma natural y, por tanto, están acondicionadas al clima del lugar, se basan en la información local para subsistir. Al implementar vegetación proveniente de otras condiciones climáticas genera una demanda del recurso hídrico mayor, pues habrá que recrear sus condiciones naturales, que en la mayoría representa más agua para garantizar su permanencia en el lugar. Para edificios de oficinas es común utilizar esta metodología para disminuir el consumo de agua en espacios exteriores, aún si no fue planteado desde su inicio, pues los costos para el cambio suelen ser bajos.

Existen otras opciones que representan una mayor inversión y que van dirigidas un poco más a la agricultura, pero igualmente se pueden utilizar en espacios con jardín. Una de estas son los sistemas de riego que han implementado tecnologías para el ahorro de agua, que van desde productos con el sello de *WaterSense* para riego en exteriores, hasta la implementación de sensores y controles de irrigación inteligente. Estos últimos, utilizan datos climáticos o de la humedad en el suelo para determinar la cantidad de riego necesaria, en ocasiones son adaptables a los sistemas tradicionales ya implementados (Gotcher, Taghvaeian & Quetone, 2017, pp. 1-3). En Latinoamérica, en términos de eficiencia para irrigación, es más común la implementación de sistemas de riego por goteo que sistemas automatizados. Este se basa en humedecer directamente el suelo a través de fuentes puntuales de distribución de agua que abastecen el cultivo o la vegetación con un volumen bajo, para que solo las capas superiores del suelo se mantengan húmedas. Su mayor ventaja es la eficiencia y el nivel de automatización, que en consecuencia genera un menor volumen de agua aplicado (Franco, 2018, p. 2, pp. 7-8).

En los espacios urbanos de Guatemala no es común encontrar sistemas tan avanzados, pero sí la implementación de las especies nativas. Regularmente en los desarrollos arquitectónicos no se considera el origen natural de las especies vegetales a implementar, la selección aún ahora prevalece por las características físicas que estas puedan ofrecer, para ornamentar los proyectos. Sin embargo, la motivación por proyectos de sostenibilidad permite identificar algunos complejos arquitectónicos más avanzados y en procesos de certificaciones, que implementan este tipo de estrategia. Algunas de las especies nativas utilizadas en espacios urbanos, en Guatemala, son el Ahuehuate (*Taxodium huegelii*), el Amate (*Ficus*), el Encino Negro (*Quercus peduncularis* Née) y el príncipe de Noche (*Epiphyllum oxypetalum*).

## Acciones en el Edificio O

En un esfuerzo inicial, se solicitó la instalación de un contador de agua que abarcara el Edificio O y todas las áreas incluidas en su proceso de certificación. Debido a que el agua del Campus Central proviene de un pozo de agua privada y no del suministro municipal, por lo que no se había considerado implementar ningún tipo de medidor hasta hace unos años atrás. Gracias a los esfuerzos por el Departamento de Mantenimiento, actualmente se cuenta con un contador de agua desde el 2018, con lecturas registradas por el Indis a partir de marzo del 2019.

Según los datos recolectados en el último año, el consumo del agua actual en el Edificio O se encuentra en 61 litros (16.11 galones) por persona al día, cifra que a nivel mundial se puede considerar elevada para un edificio de oficinas. Según los análisis realizados correspondientes al registro mensual del contador asignado para el proyecto, los dos principales consumos que afectan a este volumen son los artefactos sanitarios y el agua utilizada para el riego de las áreas exteriores.

En el caso de los artefactos sanitarios se ha determinado que, debido a su antigüedad, los consumos actuales de la grifería en lavamanos, uriniales e inodoros son deficientes, lo que genera un volumen mayor en el consumo de agua, cada vez que son utilizados. A pesar de ser un aspecto negativo esto permite tener una mayor oportunidad de mejora, al sustituirlos por otros con sistemas que sí sean eficientes. Según los datos obtenidos por el Indis, a través de las diferentes cotizaciones y selección de artefactos con cuatro proveedores, los porcentajes de mejora

Figura 4. Servicios sanitarios del Edificio O



Figura 4. La loza sanitaria actual del edificio es la original, instalada desde la construcción del edificio y no cumple con los estándares de eficiencia en el consumo del agua. Fuente: Pedro Antonio Ayau, Indis.

Figura 5. Vegetación exterior del Edificio O



Figura 5. Las áreas vegetadas en los límites del edificio requieren un uso constante de agua para su mantenimiento. Fuente: Pedro Antonio Ayau, Indis.

en los enseres sanitarios pueden llegar a ser entre un 8 % hasta un 52 % de la reducción del consumo de agua actual generado por estos. Actualmente, se trabaja en la gestión de las modificaciones junto al departamento de Mantenimiento, para realizar dichos cambios en los próximos años.

Los espacios exteriores son otro factor determinante para lograr mayor eficiencia en el consumo de agua en el Edificio O. El Indis ha generado una serie de análisis con respecto al entorno, los resultados muestran que existe una gran variedad de plantas nativas en los espacios vegetados, pero se han combinado con muchas otras que requieren un mayor mantenimiento y esto ha incrementado la necesidad del riego. Por este motivo, se espera generar dos acciones principales: la primera sería modificar la vegetación actual para que el 100 % de las plantas sean nativas, la segunda sería implementar otros sistemas de riego que puedan sustituir a los actuales. Estos esfuerzos han sido pausados por el momento, para darle prioridad a otras acciones de sostenibilidad de mayor impacto, pero en metas a largo plazo se espera generar dichos cambios.

## Referencias

- Franco, V. (2018). *Evaluación de la eficiencia del método de riego por goteo [Tesis de Ingeniería Agrónoma]*. Universidad Técnica de Ambato. <https://bit.ly/3eZA1UF>
- Funcagua. (2020). *Situación actual del agua*. <https://bit.ly/3eYxEBA>
- Gotcher, M., Taghvaeian, S. & Quetone, J. (2017). *Smart Irrigation Technology: Controllers and Sensors*. <https://bit.ly/2C1c-cgD>
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
- Mcneil, M. & Letschert, V. (2008). *WaterSense Program: Methodology for National Water Savings Analysis Model Indoor Residential Water Use*. <https://bit.ly/2Vltgz6>
- Munoth, P., Goyal, R. & Tiwari, K. (2016). Sensor based Irrigation System: A Review. En *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, (4) 86-90. <https://bit.ly/3grHgVY>

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2020). *The United Nations World Water Development Report 2020*. Water and climate change. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

U.S. Environmental Protection Agency. (2012). *WaterSense at Work: Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities*. U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. Environmental Protection Agency. (2020). *About WaterSense*. <https://bit.ly/3eXw-gz9>

U.S. Green Building Council. (2013). *LEED Reference Guide for Building Operations and Maintenance*. U.S. Green Building Council.

# Capítulo III

## La eficiencia en el desempeño energético

La energía es un recurso indispensable para el desarrollo de actividades de producción y consumo; debido al constante crecimiento económico, el acceso a esta y el crecimiento exponencial de la población se evidencia una demanda energética que va en constante aumento. Para el 2018, el consumo de energía primaria<sup>2</sup> a nivel global aumentó en 2.9 % y, por lo tanto, se duplicó el crecimiento que se reportó desde el año 2010. Se le atribuye a China, Estados Unidos e India dos tercios del incremento de esta demanda (BP Energy Economics, 2019, p. 2). Según proyecciones de la Administración de Información Energética de los Estados Unidos se espera que entre el 2018 y el 2050 el consumo energético mundial incremente en más de un 50 %. Se estima que el 50 % del uso final es destinado para el sector industrial, que involucra actividades como la minería, manufactura, agricultura y construcción. El porcentaje restante se divide en un 25 % para el sector transporte, 13 % para el residencial y 5 % para el comercial (EIA, 2019, p. 24, pp. 27-29).

---

<sup>2</sup> La energía primaria es la que se obtiene directamente de la naturaleza y no ha sido sometida a ningún proceso de conversión (Incyt, 2020).

Figura 1. Torres de transmisión de energía



*Figura 1.* El uso de energía es vital para la generación de las actividades humanas. Fuente: Pok Rie en Pexels. <https://bit.ly/2ZE0Y9U>

El sector energético, como todas las actividades humanas, generan un impacto negativo en el entorno natural. Durante el periodo entre 1990 y 2018 se identificó un crecimiento del 1.8% anual en las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por este sector, pero presentó una disminución en los últimos años de 0.6 % (2016 a 2018); aún con el incremento anual de la demanda; esta reducción se debe a dos factores principales: el primero es el esfuerzo de países más desarrollados que promueven la eficiencia energética en el uso final de la energía y, segundo, la incorporación de tecnologías de energías renovables con menor impacto en la matriz energética de los países. Esta última se espera que incrementen en un 3 % para el 2050 (EIA, 2019, p. 32, pp. 150-151).

En el caso de los edificios residenciales y comerciales, a nivel mundial, se estima que incrementan su demanda energética en un 1.3 % al año, este porcentaje se atribuye principalmente a países en vías de desarrollo en donde la población de sectores urbanos se ha expandido, junto a la demanda energética y, no cuentan con regulaciones que promuevan acciones para alcanzar la eficiencia del recurso (EIA, 2019, pp. 50-51). Tal es el caso de Guatemala, donde la demanda energética principal es de tipo residencial

y no existen regulaciones nacionales que contribuyan para fomentar el uso óptimo de la energía en su uso final. Sin embargo, un importante auge se ha dado en torno al uso de fuentes alternativas de energía como el biogás, energía solar y la energía eólica (Incyt, 2018, p. 48).

En cuanto a la generación y demanda energética, en el 2017, Guatemala produjo un total de 0.103 cuatrillones de BTU<sup>3</sup>, mientras que el consumo final fue de 0.317 cuatrillones de BTU, lo que representa más del triple de lo generado. Aunque este faltante fue adquirido a entidades externas, la problemática que afronta el país relacionada a la creciente demanda energética evidencia la vulnerabilidad en la seguridad energética<sup>4</sup> del país, ya la sociedad guatemalteca es un importador neto de energía y está sujeta a cambios en los precios del mercado (EIA, 2020). Se estima que el crecimiento en el

consumo energético en Guatemala aumentó en un 7 % en el periodo entre 2014 y 2016, el sector residencial posee la mayor demanda; pero la principal fuente energética utilizada para satisfacer las necesidades de este sector, es la leña, un combustible ineficiente que genera material particulado que afecta la salud de la población y representa un impacto negativo al medio ambiente, por la tala indiscriminada de árboles, que atenta a la biodiversidad de los bosques. La leña representa, hasta el 2016, el 65 % de la demanda anual. Otras fuentes de energía en Guatemala son los combustibles fósiles y sus derivados, con un 30 %, la electricidad 9 % y otras fuentes representan el 1 % restante (Incyt, 2018, p. 46, pp. 48-49, p. 61 y p. 185).

En temas de sostenibilidad es importante comprender, que el enfoque principal debe ser en el uso final de la energía, y esto se puede lograr mediante la implementación de medidas técnicas que optimicen la eficiencia de la construcciones e incorporen tecnologías renovables, para tender cero emisiones en un edificio. A grandes rasgos se puede decir que la eficiencia energética es la relación entre el consumo y producción de energía, es la habilidad de desempeñar la misma función pero con menos recursos. Una selección

3 El símbolo BTU es una unidad de energía que comúnmente se utiliza para determinar eficiencia energética en países europeos y en los Estados Unidos. En Guatemala la unidad equivalente es el BEP o «Barril Equivalente de Petróleo». Para esta publicación se menciona en BTU puesto que la base para su desarrollo son los aprendizajes sobre la certificación LEED que utiliza dicha unidad de medida.

4 Seguridad energética se refiere al abastecimiento ininterrumpido y eficiente de la energía (Incyt, 2020).

consiente de todos los equipos eléctricos que permita reducir la demanda energética actual, y proyectar a futuro una mejora considerable será la mejor oportunidad para encontrar la sostenibilidad ecológica. Actualmente, ya existen indicadores que permiten al consumidor identificar este tipo de equipos y se presentan diferentes alternativas que, en las últimas décadas, han tomado un gran impulso como la selección de luminarias LED, uso de electrodomésticos con bajo consumo o hasta sistema de climatización y aislamiento.

## La medición, un factor determinante

Con el objetivo de apoyar el manejo de la energía e identificar oportunidades de mejora en ahorros adicionales, a través del registro del consumo energético, es indispensable mantener instalado de forma permanente un medidor de energía. Tanto para edificios existentes como en las nuevas construcciones, esto además de funcionar como una lectura para el cobro del servicio permite determinar si los consumos actuales son o no eficientes, así como la determinación de los porcentajes de ahorro al implementar cambios en los equipos eléctricos. Un medidor energético es un equipo que mide la cantidad de energía eléctrica que se consume en una residencia, edificio, negocio o por un equipo electrónico. Comúnmente estos artefactos se instalan por parte de las empresas que prestan el servicio de energía con propósitos de facturación. Sin embargo, cuando se desea ahorrar durante un período de tiempo determinado, algunos medidores permiten calcular la demanda y la potencia máxima de uso para identificar las oportunidades de mejora (Rahman, 2018).

Similar al procedimiento explicado en la medición del agua, es importante identificar todas las fuentes de energía que abastezcan al edificio y todos los equipos, sistemas y artefactos que utilicen este recurso. Clasificarlos permite comprender las oportunidades de mejora futuras. La combinación de estos datos determinará la cantidad, tipo y ubicación de contadores eléctricos que se deberán implementar.

Figura 2. Contadores eléctricos residenciales



Figura 2. Poseer un medidor energético es vital para entender el desempeño energético de un espacio o construcción, las lecturas permiten identificar si este es alto o bajo para tomar decisiones de eficiencia energética. Fuente: Tim Mossholder en Pexels. <https://bit.ly/2YWtdBG>

La medición y el monitoreo efectivos son las bases para un manejo energético eficiente. Estos sistemas tienen la capacidad para identificar y cuantificar el uso de energía, que a menudo es suficiente para determinar cambios en el ahorro energético, durante la operación normal de un edificio, tales como reducir el desperdicio y evitar las tasas máximas en los cobros de servicios públicos. Se estima que, en un edificio de oficinas, ocupado por un solo propietario, con la introducción de una medición efectiva y los sistemas de monitoreo pueden llegar a generar hasta un 10 % del ahorro energético inmediato y con ello reducir los costos operativos de forma simultánea (Genet & Schubert, 2013, p. 3).

Existen diferentes medidores y sistemas de monitoreo automáticos, que utilizan herramientas para generar la información

de la operación y consumo energético de los edificios. Gráficas y tablas son implementadas para ilustrar esta información de forma significativa, como la introducción y seguimiento de cargas específicas. Por ejemplo, un sistema de monitoreo automático puede mostrar que los sistemas de ventilación de un edificio consumen una mayor cantidad de energía de la recomendada. Este manejo efectivo provee de información en tiempo real, crea alarmas y controles de carga simple, inclusive algunos equipos están capacitados para generar recomendaciones y corregir con acciones específicas. En términos generales estos sistemas de medición automática pueden ayudar a los propietarios, operadores y ocupantes de edificios a identificar las oportunidades de reducción de costos al detectar las ineficiencias, tendencias y cambios en los equipos eléctricos (Genet & Schubert, 2013, p. 4).

## Reconocimiento del uso final de la energía

Para promover la documentación continua de la información y garantizar que las estrategias de operación, en relación con la eficiencia energética se mantienen y proveen las bases para los análisis de los sistemas existentes, es necesario realizar una auditoría energética. Con esto se busca recolectar los datos correctos, relacionados a los equipos que utilizan energía, con la apropiada cantidad de detalles claves para alcanzar los máximos beneficios que esta inspección puede proveer. Los diferentes niveles de esfuerzo deberán ser definidos por el equipo de trabajo según los objetivos del proyecto. Básicamente del producto final se espera comprender el estado actual del edificio y realizar recomendaciones, para las mejoras en su desempeño energético (ASHRAE, 2011, pp. xi-xiii).

Como primer paso, se pueden realizar análisis preliminares en donde se identifiquen los registros históricos mensuales que se tengan del consumo energético, la demanda pico y el costo de la energía. Estos servirán para identificar la eficiencia y las oportunidades para modificar el comportamiento actual. A partir de este punto se puede realizar una evaluación en sitio, a manera de inspección preliminar, se identifican todos los equipos que utilizan energía dentro y fuera del edificio. Sin entrar a detalles esto permitirá registrar medidas de bajo costo para mejorar la eficiencia energética y proveer de una lista con modificaciones, que representen un mayor capital y ameritan su consideración a largo plazo. Una aproximación más

Figura 3. Vista interior de un edificio

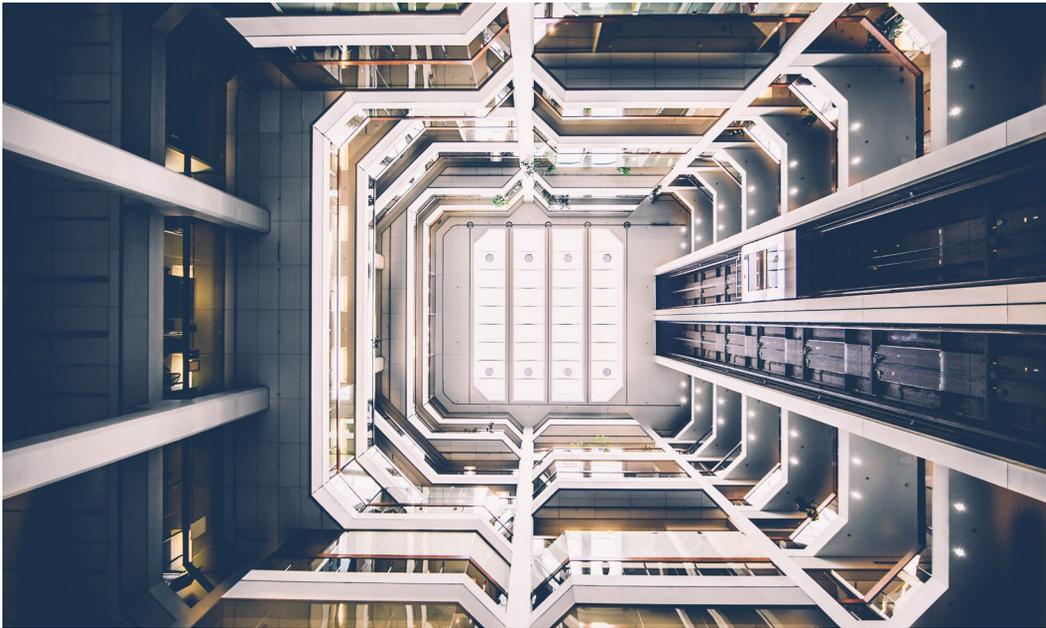


Figura 3. El uso final de energía en edificios varía desde la utilización de luminarias para su funcionamiento, hasta todo el equipo eléctrico que permita el desarrollo de las actividades humanas. Fuente: Ráfaga en Pexels. <https://bit.ly/2Vlva2l>

avanzada podría representar un desglose y análisis profundo del consumo y pico en la demanda energética del edificio; detallar los consumos finales de energía para su operación, señalar las características de los equipos y sus cumplimientos o no con estándares internacionales (ASHRAE, 2011, pp. 3-4).

Es recomendable realizar estas inspecciones con un grupo multidisciplinario que involucre no solo a profesionales expertos en estos temas, sino también con el personal de mantenimiento o encargados de la operación en el edificio, para garantizar que las evaluaciones sean lo más exactas posible. Además, idealmente se debería replicar este procedimiento en el futuro con los límites temporales predefinidos, según los objetivos que el grupo se plantee, con la finalidad de garantizar que las modificaciones se vayan realicen.

## Selección de equipos con desempeños eficientes

Con la intención de reducir los daños ambientales y económicos, asociados al uso excesivo de la energía, hay que establecer un nivel mínimo para la operación en el desempeño energético; las evaluaciones a los equipos eléctricos son fundamentales, para garantizar que tengan un desempeño energético eficiente. Esto puede ser fácilmente identificado luego de realizar los análisis correspondientes en el sitio, que dependerá mucho del tipo de proyecto, pero regularmente se pueden clasificar en equipo de oficina, electrodomésticos, luminarias y sistemas de climatización. Identificadas estas categorías y con las especificaciones de cada uno de los productos es posible determinar si estos operan de forma eficiente o no en el consumo energético.

Actualmente, existe una variedad de regulaciones internacionales con la idea de apoyar al consumidor, para identificar los equipos con desempeños energéticos más eficientes del mercado, la más conocida y de mayor alcance en el mundo ha sido el certificado *Energy Star*. Esta fue creada desde 1992 bajo los estrictos requerimientos de EPA, con el objetivo de certificar productos con altos estándares de eficiencia energética. El sello garantiza que estos generarán ahorros no solo energéticos, sino también económicos sin sacrificar el desempeño de los mismos. Al utilizar menos energía estos productos también ayudan a reducir los gases de efecto invernadero. Solo en el 201, *Energy Star* permitió el ahorro de más de 360 billones de kWh

Figura 4. Equipo eléctrico de oficina



Figura 4. En la actualidad el equipo de cómputo es uno de los productos más fáciles de identificar con la certificación Energy Star. Fuente: Pixabay en Pexels. <https://bit.ly/38pTz1U>

en los Estados Unidos, lo cual representa el 5 % de la demanda energética en ese país. Actualmente, cuentan con el reconocimiento de más del 85 % de la población estadounidense y han reducido más de 2.4 billones de toneladas métricas de gases efecto invernadero desde su creación. Más de 5.2 billones de productos se han comprado con el sello *Energy Star* entre estos hay electrodomésticos, equipo de oficina, luminarias, sistemas de aire acondicionado entre otros (EPA, 2016, p. 3, p. 7).

La popularidad de estos productos es tal que actualmente, en Guatemala, es fácil identificar en el mercado electrodomésticos, equipo de cómputo y hasta televisores con el sello. En algunos casos es visible de forma física en el equipo, pero de lo contrario bastará con solicitar las fichas técnicas para reconocerlo.

Los productos certificados *Energy Star* varían de calidades y precios, aunque existen oportunidades para cada segmento del mercado.

Un análisis más profundo en los desempeños puede basarse en estándares internacionales, que buscan no solo la validación individual de los artefactos en su eficiencia energética, sino un análisis holístico para identificar medidas puntuales con la finalidad de alcanzar estos umbrales de sostenibilidad con mayor profundidad. Ejemplo de esto es el estándar ASHRAE 90.1, creado para establecer los requerimientos mínimos de eficiencia para la operación de los edificios. Su primera versión fue desarrollada en 1999 y desde entonces se ha actualizado constantemente; se han diseñado un total de siete versiones siendo la última la de 2019. La más

conocida ha sido la versión 2010 debido a que su implementación es parte de los requerimientos solicitados por la certificación LEED.

El ASHRAE 90.1, versión 2010, cuando se vincula al análisis de luminarias, permite determinar la potencia de iluminación recomendada por área o LPD, por sus siglas en inglés, y compararla con la densidad máxima establecida en el estándar, el dato se evalúa en watts por pie cuadrado. Por ejemplo, para una oficina cerrada la densidad máxima recomendada es de 1.11 W/ft<sup>2</sup>, en el caso de una oficina abierta es de 0.98 W/ft<sup>2</sup>, o un área designada para salones de clases no debería superar los 1.24 W/ft<sup>2</sup>. Si el cálculo realizado en campo es mayor a lo indicado en el estándar significa que, aún si se cuenta con luminarias muy eficientes con tecnología LED, hay un excedente del recurso en ese espacio. Fácilmente puede corregirse al diseñar, nuevamente, la iluminación en el área y con el uso menor de luminarias existentes. En el caso de los sistemas de aire acondicionado, el SEER y el EER evalúa coeficientes de eficiencia energética de los que en estándar se

presentan mínimos de desempeño, según el tipo de equipo y el tamaño de su potencia. Estos son fáciles de identificar en las fichas técnicas de los productos adquiridos. En la última década, el desarrollo de estos sistemas de ventilación ha fomentado en el mercado aspiraciones máximas de eficiencia y es común que la mayoría de estos ya cumplan con los mínimos de desempeño establecidos en el ASHRAE 90.1 2010 (Alonso, 2017, pp. 81-97).

En Guatemala, una evaluación basada en un estándar internacional como el ASHRAE 90.1, no es común de realizarla y regularmente se pueden encontrar en proyectos que aspiran a la certificación LEED. Sin embargo, el potencial de mejora con relación a la eficiencia energética es alto y podría considerarse como una inversión de trabajo y recursos de los que se obtendrán buenos resultados. Existen otras iniciativas como la certificación otorgada por el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia que evalúa el aspecto energético basado en el consumo global de las oficinas, para indicar si se encuentra en los parámetros que consideran adecuados o no.

## Acciones en el Edificio O

En el caso del Edificio O se identificó, gracias a las medidas registradas por el contador, que el consumo diario por ocupante es de 3.62 kWh siendo un total anual de 316.86 kBTU, cifra que a nivel mundial se puede considerar baja para un edificio de oficinas. A pesar de no contar con un sistema de monitoreo automático en el edificio, se ha determinado la eficiencia de los equipos a partir de los análisis individuales basados en el ASHRAE 90.1 2010, con ello se estiman los consumos y las posibilidades de mejora en cada una de las categorías establecidas: luminarias, equipos aire acondicionado y equipos eléctricos, como computadoras y electrodomésticos. La auditoría energética realizada desde el 2017, permite realizar los ajustes descritos, se reconocen todos los equipos que consumen energía y sus usos finales, se determinan los horarios de operación y meses de ocupación. Así mismo, se planifica una segunda auditoría en el 2021, para analizar las oportunidades de mejora de los próximos años.

Se desarrollaron los análisis correspondientes, a la potencia de iluminación permitida (LPD), en el caso de las luminarias en cada ambiente, para determinar si correspondían a los estándares establecidos por el ASHRAE 90.1 2010. En cada área se registró el tipo de luminarias y la cantidad existente, los cálculos se realizaron y como resultado se obtuvo que solamente el 35 % de las áreas en el edificio cumplen con los requerimientos mínimos del estándar. Esto debido a que en su mayoría son luminarias fluorescentes T12 que tienen consumos altos de

Figura 5. Interior de oficinas en Edificio O

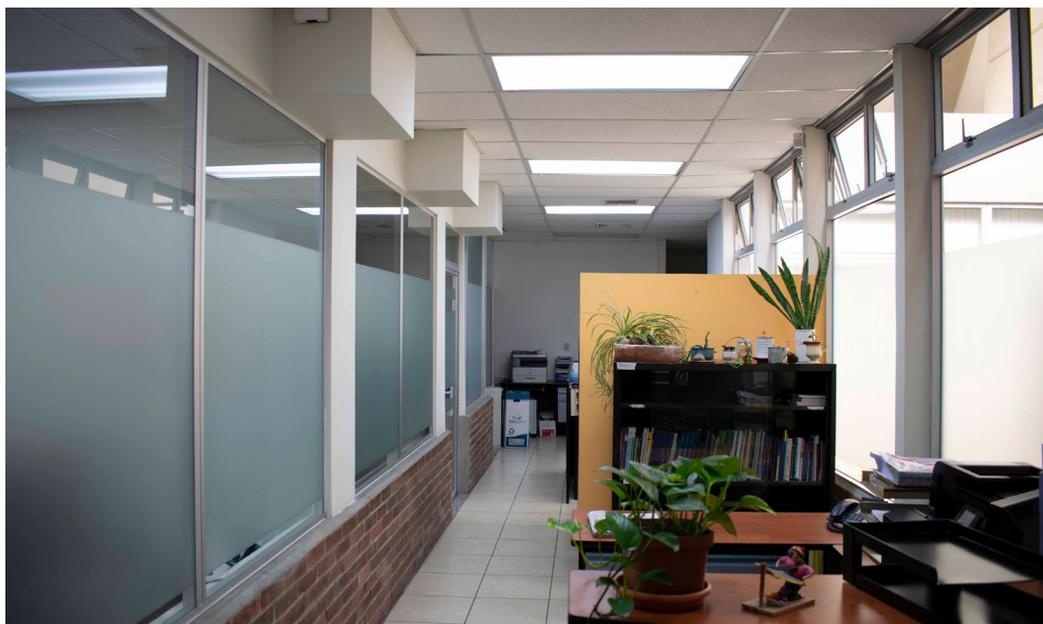


Figura 5. En la fotografía se puede observar las luminarias fluorescentes y equipo de ventilación artificial. Fuente: Pedro Antonio Ayau, Indis.

energía. Desde el 2017, cuando se realizó este análisis, se han cambiado las luminarias de varias oficinas por lo tanto la cifra aumentó a un 42 %. El porcentaje restante de áreas puede corregirse fácilmente al sustituir las luminarias por mejores tecnologías, que no precisamente tienen que ser LED; la eficiencia podría alcanzarse con fluorescentes de mejor desempeño como las T8 e inclusive las T5, si se hicieran remodelaciones a la infraestructura. Sin embargo, debido a que el consumo energético del edificio es bajo con relación a la media global, el proceso para el cambio de estas luminarias se ha detenido para darle prioridad a otros aspectos que requieren mayor inversión económica.

La auditoría energética de los sistemas de aire acondicionado, mostró que la mayor parte

de los equipos fueron adquiridos en la última década y cuentan con la eficiencia energética recomendada por el ASHRAE 90.1 a través de los SEER y EER, respectivamente, inclusive su actualización es tal que estos ya utilizan el refrigerante R410 y, por tanto, contribuyen a la conservación de la capa de ozono del planeta. Únicamente los cuatro equipos más antiguos del edificio, en las oficinas del Indis, no cumplen con los desempeños mínimos, por este motivo se propuso un plan para su sustitución en un plazo de diez años, dado que los tiempos de operación son muy bajos debido a que los usuarios mencionaron no utilizarlos diariamente, más bien son en pequeños horarios durante la época de verano.

Por último, los equipos de cómputo y pequeños electrodomésticos fueron evaluados de

Figura 6. Sala de reuniones en el Edificio O



Figura 6. La fotografía expone el sistema de ventilación artificial en una de las salas de reuniones dentro del edificio. Fuente: Pedro Antonio Ayau, Indis.

forma individual para reconocer si contaban o no con el sello de *Energy Star*. Hasta el 2017, más del 50 % de los equipos contaban ya con el sello pues en su mayoría correspondían a los equipos comprados en los últimos años. El porcentaje restante corresponde al equipo de cómputo más antiguo de las oficinas en el edificio. A pesar de ello no se ha buscado el replazo para estos, lo recomendable cambiarlos, pero se realizará conforme las disponibilidades económicas de cada instituto y al sustituirlos por nuevos que sí cuenten con el sello *Energy Star*. Es decir, regular todas las compras futuras para garantizar que se adquieran los equipos con mayor eficiencia en su desempeño energético.

## Referencias

- Alonso, A. (2017). *Modelado energético del Edificio O, Campus Central de la Universidad Rafael Landívar según el apéndice G del Ashrae 90.1 2010*. [tesis de maestría. Universidad Rafael Landívar]. <https://bit.ly/2VIA7bL>
- ANSI, ASHRAE & IES. (2010). *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. (2011). *Procedures for commercial building energy audits* (2.a ed). ASHRAE.
- BP Energy Economics. (2019). *BP Statistical Review of World Energy 2019*. Londres: BP Energy Economics. <https://on.bp.com/3glu2K8>

- Genet, J.-P. & Schubert, C. (2013). *Designing a metering system for small and medium-sized buildings*. <https://bit.ly/2YZfoCF>
- Instituto de Investigación y Proyección sobre Ciencia y Tecnología de la Universidad Rafael Landívar. (2018). *Perfil energético de Guatemala: Bases para el entendimiento del estado actual y tendencia de la energía*. Instituto de Investigación y Proyección sobre Ciencia y Tecnología.
- Rahman, IU. (2018). Smart Net Energy Metering System. *Journal of Electrical & Electronic Systems* 7(4). doi: 10.4172/2332-0796.1000285.
- U.S. Energy Information Administration. (2019). *International Energy Outlook 2019 with projections to 2050*. U.S. Energy Information Administration. <https://bit.ly/2ZySK30>
- U.S. Energy Information Administration. (2020). *Ranking about energy in the World*. Independent Statics & Analysis. <https://bit.ly/2ZC6xWq>
- U.S. Energy Protection Agency. (2016). *Office of Atmospheric Programs Climate Protection Partnerships: 2014 Annual Report*. Estados Unidos: U.S. Energy Protection Agency. <https://bit.ly/2VJn4Xy>

# Capítulo IV

## **Sostenibilidad en el consumo y manejo de los recursos**

A medida en que la industrialización cambió la forma de consumo, algunos productos dejaron de hacerse para durar toda la vida; actualmente son productos, que no solo están disponibles todo el tiempo, sino también que pueden ser desechados después de cumplir el tiempo de vida predispuesto por el fabricante o el tiempo en el que se presentan versiones nuevas. Los productos o materiales de uso permanente nunca son considerados de forma holística, puesto que se da más relevancia a su funcionalidad que al ciclo de vida de este. La sociedad de consumo se rige por la falta de análisis de los productos creados y se pierde la noción de la cantidad del material que se utiliza y desecha, como el impacto que ello ocasiona.

Figura 1. Vertedero municipal en Indonesia



Figura 1. Los vertederos municipales funcionan como un punto de recolección de basura, pero no suelen tener planificaciones para fomentar la recolección o separación de desechos. Fuente: Tom Fisk en Pexels. <https://bit.ly/2YUnIDE>

En consecuencia, la producción exponencial de residuos sólidos ha incrementado considerablemente en las últimas décadas y, sus efectos negativos cada vez son más notables en los espacios naturales del planeta. A nivel global el 45 % de todos los desechos terminan en algún tipo de vertedero municipal, un 33 % son depositados en espacios abiertos, el 11 % es incinerado y solo el 19 % logra ser recuperado a través de programas de reciclado y compostaje. Basado en este volumen se estima que solo en el 2016 se generaron 1.6 billones de toneladas de dióxido de carbono, a nivel mundial, emisiones de gases efecto invernadero que representaron el 5 % del total de emisiones generadas ese año. Al analizar la composición de los desechos se estima que el 44 % corresponden a residuos de comida o vegetación, un 17 % a papel y cartón, 12 % son plásticos, 5 % es vidrio, 4 % metal, 2 % madera, 2 % cuero y textiles y el porcentaje restante se clasifica como otros. Los datos con lo que se cuenta son registros anuales de los desechos que fueron recolectados por los servicios municipales. En Latinoamérica, la cobertura de recolección de los residuos es del 84 %, sin embargo, se considera que en las áreas rurales tan solo se cuenta con un 30 % de cobertura (World Bank, 2018, p. 5, p. 29, p. 34). Pero la negativa ecológica no solo proviene del volumen de residuos generados sino que también de cómo los productos

fueron elaborados. Desde la materia prima utilizada para su generación, hasta el impacto ocasionado por su distribución y empaque para la compra final.

Con la crisis climática que abruma a la humanidad, desde inicios del siglo XXI, se han hecho cada vez más habituales las ideas de «reducir, reusar y reciclar», para intentar contrarrestar los efectos negativos ocasionados por los desechos producidos; como consecuencia se fomentan iniciativas que empoderan al consumidor y le brindan información más detallada sobre dónde y cómo son hechos los productos que adquiere. Es así como el incremento por la creación de productos ecológicos, hechos de forma proambiental o con posibilidades de reciclaje, han tomado un auge exponencial en los últimos años y, con estos el surgimiento de entidades que verifican y avalan este tipo de iniciativas, a nivel mundial.

En el caso de los edificios de oficinas, realizar un diagnóstico del lugar es vital para comprender el impacto ya sea negativo o positivo que provoca en el entorno ecológico, relacionado al consumo y disposición final de los materiales, para así identificar las posibles soluciones que fomenten un uso adecuado de los recursos. Desde la identificación de productos ecológicos en los consumibles laborales como papelería y útiles o los alimentos, hasta el manejo de los desechos generados y sus disposiciones finales.

## Selección de productos ecológicos para el desarrollo de actividades diarias

Para reducir el daño ambiental, originado por la compra de materiales y productos consumidos regularmente en los edificios, existen etiquetas, sellos o certificaciones que validan acciones de sostenibilidad en la generación de estos. Estos evalúan desde la selección de la materia prima, el lugar donde se fabrican, hasta el proceso de manufactura y distribución final. Diferentes organizaciones internacionales se han dado a la tarea de investigar y validar estos procesos ecológicos, con el fin de apoyar al consumidor en su esfuerzo por disminuir su huella ecológica y, a los productores a validar sus esfuerzos de sostenibilidad.

La importancia en la selección de productos con estos sellos radica en la conciencia ecológica y el deseo personal del consumidor, individual o corporativo, por elegir productos que garanticen el desarrollo sostenible para el planeta. Actualmente, hay una gran variedad de sellos que identifican los productos ecológicos, pero aquí se presentarán las clasificaciones de mayor uso y sus certificados más reconocidos a nivel mundial.

## Productos de papel y cartón

El papel y cartón junto a sus derivados provienen de la madera y esta a su vez de la cobertura forestal del planeta. Según el *World Wildlife Fund* existe una pérdida anual de más de 7.5 millones de hectáreas de bosques en el mundo, siendo la tala ilegal, malas prácticas de gestión forestal y la creciente demanda de productos forestales y agrícolas los que contribuyen a esta destrucción (WWF, 2020). Solo en Guatemala, en el 2010, la tasa de deforestación anual alcanzaba el 1 %, equivalente a 38 597 hectáreas (Iarna, 2012, p. 102).

Existen marcas y productos que son certificados por sus características de conservación ambiental, relacionado al tema forestal. En el caso de los productos que se derivan de la madera el más reconocido tal vez sea el sello otorgado por el *Forest Stewardship Council* (FSC), el cual fue creado en 1993. El FSC es una organización internacional que proporciona un sistema de acreditación y certificaciones voluntarias, realizadas por terceros. Permite a los titulares de estos certificados vender productos y servicios en el mercado procedentes de un manejo forestal ambientalmente apropiado, socialmente beneficiosos y económicamente viable (FSC, 2015, p. 8).

Esta certificación ha incrementado su credibilidad en los últimos años y consolidado así su notoriedad a nivel mundial. Según el FSC el 50 % de los consumidores a nivel planetario, han visto su logo o etiqueta en algún producto de papel o madera (FSC, 2018, p. 40). Se pueden observar tres tipos de etiquetas: el FSC 100 % que en su totalidad proviene de bosques controlados, FSC Reciclado provenientes de un proceso de reciclado y FSC Mixto que indica una mezcla entre bosques controlados, materiales reciclados o prácticas sostenibles.

Existen otras certificaciones como la Certificación Forestal PEFC, creada en España en 1998, que certifica que un determinado producto forestal proviene de un bosque gestionado con criterios de sostenibilidad (PEFC, 2014, p. 4). Sin embargo, en términos internacionales, solo ha logrado abordar productos de papel en sí y su mayor impacto lo ha generado en España.

En Guatemala es común identificar el sello del FSC, en los paquetes de hojas de papel bond blanco de uso diario para oficinas, pero su popularidad es tal que es posible reconocerlo

Figura 2. Sello FSC Mixto en la caja de leche marca Dos Pinos



Figura 2. Los productos con certificado FSC suelen evidenciarlo claramente para garantizar que el consumidor se encuentre informado. Fuente: América Alonso, Indis.

en una variedad de productos de cartón como las cajas de leche y hasta las envolturas de cartón utilizadas por servicios de comida rápida como McDonald's. También existen productos como los lápices de madera *Faber Castell* que cuentan con certificados del FSC. El fácil acceso a estos productos ecológicos actualmente garantiza que cualquiera pueda formar parte de esta cadena proambiental.

## Productos compuestos con material reciclado

Comúnmente al hablar de sostenibilidad ecológica se menciona los términos «reduce, reutiliza y recicla» pues en la medida que estas tres erres se apliquen de forma regular la contaminación ambiental disminuirá, desde la cantidad de desechos generados hasta las emisiones de gases efecto invernadero producidas en los procesos de manufactura y transporte. Los programas de reciclaje que disponen de los desechos finales son cada vez más comunes, pero para fomentar estas iniciativas es necesario considerar la adquisición de productos que han sido el resultado de dichos programas y con ello obtener un impacto verdadero en la sostenibilidad ecológica mundial.

Actualmente, existen iniciativas como el programa *Comprehensive Procurement Guideline*, generado por EPA, que buscan promover el uso de materiales recuperados de los residuos sólidos municipales. Este fomenta la compra de productos que posean un porcentaje de contenido reciclado post-consumo, asegurando así que los materiales recolectados en programas de reciclaje se utilicen nuevamente en la fabricación de nuevos productos (EPA, 2020).

Figura 3. Útiles de oficina

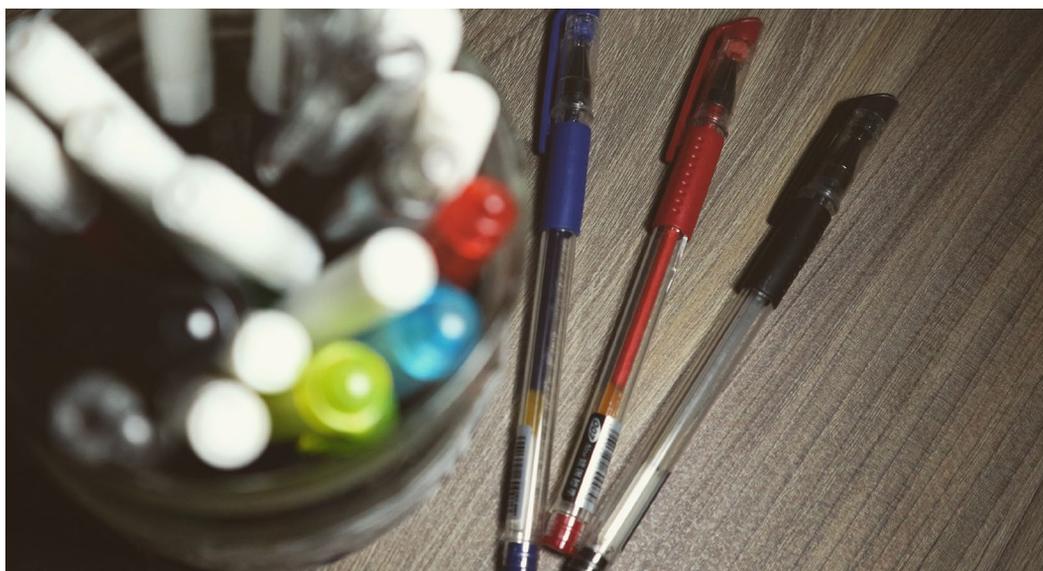


Figura 3. Productos como lápices y lapiceros son indispensables en las actividades humanas laborales, por lo que identificar y utilizar sus alternativas ecológicas traerá grandes beneficios ambientales. Fuente: Bich Tran en Pexels. <https://bit.ly/2AvUW2M>.

Aunque no es tan común de identificar, ya existen productos de papelería y útiles que se han fabricado con algún porcentaje de material reciclado post-consumo, aún en marcas reconocidas a nivel mundial como *Pilot*, la empresa internacional que fabrica y distribuye lapiceros y similares en todo el mundo desde 1918. *Pilot* fabrica productos innovadores como el lapicero B2p creado con un 89 % de material reciclado post-consumo proveniente únicamente de botellas de plástico, el lapicero *G-Knock* con un 81.5 % de plástico reciclado post-consumo o los lapiceros como el *PreciseGel*, *VBall* y *Rexgrip* que poseen características similares a este último.

También podemos destacar a la marca alemana *edding*, que desde 1960, se dedica a la fabricación y distribución de marcadores y resaltadores. Actualmente, cuentan con una

línea ecológica llamada *EcoLine* en la que garantizan productos que en su mayoría han sido creados con 83 % de plástico reciclado post-consumo, en algunos casos especifican que es proveniente de envases de yogurt y botellas de agua.

A nivel global, la variedad de productos con material reciclado es amplia, se pueden identificar desde los lapiceros y marcadores, como los ya mencionados, hasta carpetas plásticas, portafolios, memorias USB y accesorios de escritorio que cuentan con este tipo de materias primas en su elaboración. En Guatemala, la promoción de dichos artículos no ha tomado mucho auge aún, pero muchas librerías y distribuidores de estas marcas ya cuentan con estos productos; por lo que su adquisición dependerá de cada individuo y entidad según sus aspiraciones de sostenibilidad ecológica.



Figura 4. Las baterías AA y AAA son las más comunes para uso diario. Fuente: Hilary Halliwell en Pexels. <https://bit.ly/3eXdEPT>

## Baterías recargables

El uso de materiales tóxicos siempre ha motivado preocupación cuando el bienestar humano y ambiental pueden ser afectados de forma significativa. Actualmente, las baterías representan un volumen muy alto de materiales tóxicos y peligrosos de uso común y que deberían tener algún tipo de tratamiento en todo su ciclo de vida, para evitar un daño ambiental y en la salud humana (Lankey & McMichael, 1999, p. 1, p. 11). La cantidad y variedad de químicos que se encuentran dentro de las baterías cambia desde el tipo, tamaño y marca, pero suelen incluir mercurio, plomo, litio y níquel entre otros. Cuando estos son desechados con los residuos comunes terminan en vertederos municipales. Eventualmente las baterías se corroen, liberan químicos al suelo y encuentran su camino hacia las vertientes acuíferas naturales (Merry, 2020).

La solución ecológica en este sector han sido las baterías recargables consideras

«amigables con el ambiente», pues sus equivalentes no recargables son desechados luego de un solo uso. Su aporte a la ecología se ve tanto en la poca cantidad de materiales y energía utilizada para su creación, así como el hecho de que la mayoría de las no recargables no son recolectadas o recicladas al final de su vida útil, así como, provocan el incremento de la extracción de materiales no renovables en el mundo. En el caso de las baterías recargables, su consumo anual se ha incrementado en las últimas décadas gracias a que en gran medida se han convertido en menos costosas, más confiables y de mayor duración (Lankey & McMichael, 1999, p. 3).

En Guatemala, se pueden encontrar gran variedad de baterías recargables en diferentes tamaños. Muchas marcas se han dado a la tarea de colocar este tipo de productos en el mercado y popularizarlos, tales como Energizer, Duracell y Rayovac. Aunque aún generan su carga gracias a la química de los metales estas tienen una vida de uso mayor a sus similares no recargables y pueden ser recicladas al final de su vida útil.

Figura 5. Variety of vegetables



Fuente: Ella Olsson en Pexels. <https://bit.ly/2VJJsJy>

## Productos alimenticios

La agricultura ha provisto a la creciente población una gran cantidad de alimentos y otros recursos cruciales, para la supervivencia y la generación de otras actividades. Sin embargo, su impacto negativo en el ambiente afecta incluso a la salud de las personas. Utiliza grandes cantidades de pesticidas que con su toxicidad afectan a una diversidad de especies y mantos acuíferos, degrada el suelo sin dar oportunidad a su renovación, disminuye el área boscosa y consume grandes cantidades de agua para su producción (Horrigan, Lawrence & Walker, 2002, pp. 445-448).

Desde el *Informe de Brundtland*, en 1987, la idea de la sostenibilidad en la agricultura ha

ganado un importante auge. Hoy en día se habla del término «agricultura sostenible» y, aunque las definiciones varían, en general se habla de sistemas de agricultura que sean capaces de mantener su productividad integrando tres metas principales: bienestar medioambiental, factibilidad económica y equidad social. Existen una gran cantidad de principios y guías a nivel mundial que han sido aplicadas por agricultores; se han incrementado y mejorado las metodologías gracias a la constante investigación que se genera sobre el tema. Es así como se han desarrollado certificaciones que validan estos procesos y permiten identificar los productos en el mercado que provienen de una agricultura sostenible.

El más reconocido a nivel mundial es la certificación del *Rain Forest Alliance*, que



## El manejo de las renovaciones en edificios existentes

Para reducir el daño ambiental generado por la compra de materiales, su instalación y disposición, que ocurren durante las actividades de remodelaciones en edificios existentes, se suelen implementar protocolos para garantizar que estas actividades se realicen con las mejores prácticas en aras a la sostenibilidad ambiental. Estas pueden dividirse en tres acciones principales: compra de materiales, manejo de los residuos y asegurar las condiciones adecuadas para garantizar la calidad del aire.

### Adquisición de materiales

En el caso de materiales y productos adquiridos para remodelaciones, que van desde materiales de construcción hasta la adquisición de mobiliario, la sostenibilidad ambiental es alcanzable si se identifican los productos que provengan de entidades basadas en estos ideales. En su mayoría se encontrarán relacionados a la «economía circular», que ha ganado notoriedad entre entidades gubernamentales y empresarios de todo el mundo, por su atractiva alternativa a la actual economía lineal. El concepto establece una economía que restaura y se regenera a través del diseño buscando mantener productos, componentes y materiales con su mayor utilidad

Figura 7. Opciones de materiales y colores para proyectos de remodelación



Fuente: Pixabay en Pexels. <https://bit.ly/2C5obJY>

y valor en todo momento (Ellen MackArthur Foundation, 2015, p. 3, p. 16). Los productos y materiales hechos con esta ideología han sido evaluados de forma holística, desde su concepción y fabricación hasta el final de su vida útil en donde aún puede aportar para la generación de nuevos bienes y servicios.

Se identifican una gran variedad de avales otorgados por diferentes organizaciones, quienes garantizan estas iniciativas desde diferentes acercamientos. Un ejemplo de esto es el certificado *Cradle to Cradle*, que reconoce a nivel mundial, medidas seguras de productos con mayor sostenibilidad, hechos para contribuir a la economía circular. Cientos de empresas han registrado sus productos con esta certificación, desde alfombras y ropa hasta tratamientos

para ventanas (Cradle to Cradle, 2020). También existen otro tipo de avales como el *Health Product Declaration*, que involucra un estudio público y su publicación, donde demuestra que el producto no posee agentes contaminantes, certificación FSC para la madera implementada, programas de responsabilidad extendida del productos y productos con material reciclado en su contenido, entre otros.

Existen también otras acreditaciones que buscan preservar el bienestar humano y ambiental. Ejemplo de ello son los diferentes certificados relacionados con las bajas emisiones de formaldehído en materiales y productos compuestos de madera o derivados, así como las certificaciones de bajas emisiones de compuestos orgánicos volátiles, que comúnmente

Figura 8. Proyecto en proceso de ejecución



Figura 8. Los residuos en las remodelaciones suelen no tomar importancia para el desarrollo del proyecto, pero comúnmente son desechos tóxicos y que pueden afectar la salud de los ocupantes. Fuente: Bidvine en Pexels. <https://bit.ly/31JijAT>

se observan en las pinturas para pared. Estos tipos de compuestos químicos han sido objeto de estudio en las últimas décadas, pues son responsables de muchos problemas en la salud de los humanos incluyendo el cáncer.

En el caso de Guatemala, existen ya empresas que venden productos con estas acreditaciones, sin embargo, esto no es un factor determinante aún en los consumidores por lo que sus certificaciones todavía no son tan conocidas o aun no están divulgadas. Entre los productos que se pueden identificar con el sello *Cradle to Cradle* son la silla de oficina Mirra2 y otras similares de *Herman Miller* Guatemala, y una amplia gama de mobiliario de oficina de la marca *SteelCase* que en el país es distribuida por la empresa «Innovación».

## Manejo de los residuos

La problemática de la constante y creciente generación de residuos sólidos conlleva impactos negativos al medioambiente. Según EPA, solo en el 2017 se generaron 569 millones de toneladas de desechos de construcciones y demoliciones en los Estados Unidos. Sin embargo, más del 75 % de estos desechos fueron generados durante los procesos de remodelación. Se observa que los principales residuos producidos son el concreto con un 69.7 %, asfalto con 15 % y productos de madera 7.1 % (EPA, 2019, pp. 18-20). A pesar de que estos desechos representan casi el doble de volumen que los residuos comunes, en realidad no existen tantas entidades involucradas en esta

problemática por lo que se han planteado pocas soluciones para alcanzar la sostenibilidad ambiental en este ámbito. Lo principal siempre será buscar los esfuerzos por reducir, reutilizar y reciclar lo que se pueda.

Es normal que se obtengan residuos de los procesos de remodelaciones y reparaciones, así como, existen desperdicios inevitables tales como los empaques y embalajes, o material de un solo uso. Es imprescindible establecer todos los procesos que se utilizarán para ordenar, clasificar y procesar los desechos; debe ser considerado con un espacio temporal seguro para almacenar y separar los desechos en reciclables o no, tanto para los desperdicios de la remodelación como la limpieza de estos ambientes. En el caso de los desperdicios de mobiliario la separación debe ser independiente a la ya mencionada, ubicar estos materiales para que puedan ser reciclados o reutilizados.

Los procesos mencionados son independientes a la operación regular del edificio, por tanto, la separación de los desechos tiene que ser

realizada de manera permanente, como parte de la cultura de sostenibilidad de los usuarios del edificio. Lamentablemente, los procesos de reciclaje para estos desperdicios son casi inexistentes, pues al menos en Guatemala, existen muy pocas empresas que pueden recibirlos para procesarlos y generalmente lo único de lo que sí se dispone es el metal.

### **Calidad del aire**

Cada proceso de remodelación o reparación puede provocar residuos constantes que contaminarán el ambiente interior de los edificios, es decir partículas o gases que circularán en el aire que respirarán los usuarios del edificio. Las partículas pueden originarse a partir de cortes de materiales, tratamientos de pulido de materiales, al secarse un producto poroso o calcificado. Mientras que los gases pueden ser producidos por productos químicos aplicados para adherencia, sellamiento, aplicaciones para texturas, entre otros. En cualquiera de los casos, es indispensable lograr el control de estos. Se pueden considerar los siguientes procesos:

Figura 9. Renovación interior de una vivienda



Figura 9. La adecuada gestión de las remodelaciones puede prevenir el deterioro de la calidad del aire en el interior. Fuente: Rene Asmussen en Pexels. <https://bit.ly/2AsGSXP>

- ✓ Suspensión de ventilación artificial en espacios a remodelar o reparar: ubicar cuales son los sistemas, tanto de inyección como de extracción de aire. Sobre todo, los de extracción pues no se debe de mezclar el aire con partículas y gases provocados por los procesos constructivos. Al suspender la circulación artificial de aire se evita afectar a las áreas que aún se mantienen en operación del edificio.
- ✓ Aislamiento de las zonas a remodelar: delimitar un perímetro para poder contener la generación de partículas o residuos con el fin de no esparcir la contaminación a otras áreas y, poder contener la limpieza en un sector específico.
- ✓ Limpieza constante: la generación de partículas y gases es perjudicial tanto para las personas que utilizan los espacios, como para los trabajadores de los procesos constructivos. Es necesario mantener constante limpieza de las áreas a trabajar.

# El reciclaje en el manejo de los desechos cotidianos

Con el objetivo de reducir los desperdicios producidos por los ocupantes de un edificio, que terminan en los vertederos municipales o son incinerados, las iniciativas relacionadas al reciclado<sup>5</sup> y el compostaje ya son de conocimiento público en las últimas décadas. El reciclaje ayuda a la conservación de los recursos naturales, previene la contaminación ambiental y la necesidad de recolectar nuevos recursos, ahorra energía y apoya a la economía local. Según EPA en los Estados Unidos durante el 2017 se recicló el 25.1 % del total de residuos generados y un 10.1 % fue utilizado en procesos de compostaje, en conjunto se habla de 94.2 millones de toneladas de desperdicios. El mayor volumen de lo reciclado corresponde a productos de papel y cartón con un 65.7 %, seguido de los metales con 12.4 %, y las otras categorías como vidrio, plásticos, madera y textiles se distribuyen en porcentajes más pequeños. En el caso del compostaje más del 90 % corresponde a desechos de jardinería, el resto corresponde a alimentos (EPA, 2019, p. 3, p. 4, p. 8). Esto demuestra el gran potencial que existen en las iniciativas de reciclado y compostaje que apenas toman auge en Guatemala. En términos generales, el reciclaje para que alcance su máximo potencial conlleva tres pasos: 1) la recolección de los materiales y su evaluación, 2) la manufactura y 3) la compra final de nuevos productos creados con materiales reciclados. Si el ciclo no se completa, todos los beneficios ambientales ya mencionados con anterioridad no se cumplirán.

---

<sup>5</sup> Según la Real Academia Española el término reciclar es un verbo transitivo que refiere a «someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar» (RAE, 2020).

Figura10. Separación de basura



Figura 10. Fomentar el reciclaje a nivel institucional y personal, genera grandes beneficios para el medio ambiente. Fuente: Lisa Fotios en Pexels. <https://bit.ly/2ZyDenL>

La etapa de recolección y evaluación del material, para ser procesado, es tal vez una de las más complejas por todo el trabajo que representa. Es importante comprender los alcances del reciclaje de cada localidad, pues los esfuerzos por separar la basura serán en vano si no existe una entidad que pueda procesarlos. Por ejemplo, aunque en países como Estados Unidos casi todo el plástico se puede reciclar, en Guatemala solo unas cuantas categorías son procesadas. A pesar de estas variaciones las clasificaciones que más se utilizan a nivel mundial son:

- ✓ Orgánicos: provienen de alimentos y desechos de jardines que su descomposición sea natural. Incluye cáscaras y semillas de frutas y verduras, desperdicios de comida, café o té, entre otros. Estos desechos son únicamente reutilizados en procesos de compostaje.
- ✓ Papel y cartón: se incluyen todos los productos de papel y cartón, desde hojas impresas, revistas y periódicos hasta los cartones que se desechan de un empaque o protectores, sobres, folders, entre otros artículos.

Plástico y metal: los envases de productos tales como bebidas, alimentos, productos de limpieza, entre otros, normalmente son empacados en plástico o metal. Aunque no todos los plásticos son reciclables, en esta categoría se depositan estos envases y productos de uso continuo que su único material sea el plástico o metal.

- ✓ Vidrio: recipientes de vidrio debidamente lavados.
- ✓ Desechos electrónicos: estos abarcan todos los aparatos electrónicos que terminan su vida útil, cada uno de estos artículos contienen materiales integrados en su fabricación, que pueden ser reutilizados y reciclados.

## Generar un plan para el manejo de los residuos

Para el manejo de desechos, es necesario seguir tres pasos como estrategias iniciales, cada paso debe ser controlado para asegurarse de obtener resultados reales y las personas encargadas de cada uno de estos, deberán de ser capacitadas tanto en el proceso, como en el significado e importancia del cumplimiento de estos.

1. Clasificación: separación o clasificación de los residuos que se generan. Para esta se sugiere analizar los diferentes tipos de desechos que se producen dentro del edificio, el objetivo es encontrar las categorías según como serán procesadas y entregadas en la extracción final; debido a que ninguno de los desechos frecuentes deberá ser excluido. Adicional a las clasificaciones de reciclaje y compostaje, se deben considerar espacios para la recolección de todos los residuos que no puedan ser reciclados. Es necesario colocar contenedores de cada categoría en las áreas donde se producen estos desechos o las designadas según la disposición del espacio. Dentro

de un edificio, la producción de algunos residuos será mayor que la de otros, por lo que los contenedores generales deberán ser adecuados a estas demandas.

2. Recolección interna: juega un papel principal el personal encargado de la recolección de los residuos, pues un factor importante es la conservación de las separaciones durante el proceso de extracción. Regularmente la basura suele acumularse en un espacio en espera de la extracción final por parte de la empresa encargada, pero las clasificaciones deben mantenerse para garantizar que el material que sí puede ser reciclado cumpla su objetivo final. El personal de recolección deberá entonces garantizar que los residuos sean transportados en bolsas o contenedores individuales hasta su ubicación final dentro del proyecto, donde serán trasladados por otras empresas o encargados. Estos deberán revisar que el material trasladado cumpla con las características establecidas para cada clasificación de residuos, que en un primer vistazo les permite determinar si la basura con potencial para reciclaje no se ha comprometido su integridad. Idealmente este proceso, previo a la extracción final,

debería involucrar un sistema de pesaje, pues el objetivo final de todas las estrategias es reducir la cantidad de desechos generados por una persona al día. Reportar datos del pesaje puede dar pie a crear las estrategias para la producción como el manejo de los residuos.

3. Extracción final por recolectores: de la mano del punto uno, la extracción final depende de la disposición de los desechos. En Guatemala, existen diferentes empresas encargadas de la recolección de materiales reciclables, desde «Diso y red ecológica», hasta «reciclemos GT», la variedad de opciones es amplia. Dependerá de cada individuo o entidad determinar cuál considera más conveniente, pues no todas recolecta de los mismos residuos. Los desechos que no pueden ser reciclados suelen ir a los vertederos municipales.
4. Formación permanente: motivar la conciencia en los usuarios, a través de proyectos de formación es vital para garantizar que el manejo de los residuos alcance los objetivos planteados. La separación de los desechos implica un cambio de hábitos, que han sido parte de la sociedad durante mucho tiempo, por lo que no es

sorprende que muchos al inicio se muestren reacios al cambio. Una formación permanente que explique a todos los involucrados por qué y cómo se genera el reciclaje apoyará a que el desarrollo del proyecto se logre con éxito

## Acciones en el Edificio O

El mayor logro, o el más perceptible tal vez, en el Edificio O, fue la generación de un plan para el manejo de los residuos. De forma inicial se establecieron puntos de clasificación para desechos en tres categorías principales: 1) papel y cartón, plástico, 2) vidrio y latas y 3) todo el material que no puede ser reciclado. De forma adicional se colocó la categoría de «Tetrapak» en el primer nivel. Pero para fomentar la utilización de estos puntos fue necesario eliminar todos los basureros individuales de las oficinas y realizar capacitaciones para comprometer a los usuarios en el proyecto final. Además, fueron colocadas señalizaciones que sirvieron para apoyar a los usuarios en la separación de la basura; actualmente la señalética se encuentra en proceso de rediseño.

Gracias a las cifras del pesaje final se concluyó que mensualmente se produce un promedio de 1205 libras, de las cuales un 19.5 % fue material reciclable trasladado a la empresa recolectora «Diso» y, el restante 80.5 % es transportado al vertedero municipal. Cabe mencionar que el material reciclable trasladado aún pasa por una revisión final por la empresa recolectora por lo que no todo lo enviado fue reciclado.

Figura 11. Contenedor de reciclaje para papel y cartón en Edificio O



Figura 11. Algunos de los contenedores de reciclaje se reutilizaron de antiguos que ya existían en los institutos, además en la fotografía se puede observar el material gráfico de apoyo actual que se está utilizando. Fuente: América Alonso, Indis.

En cifras individuales esto se refleja en que al día se generan 0.35 libras por persona en promedio, de las cuales 0.10 aproximadamente son material reciclable. A pesar de que aún el porcentaje de lo no reciclado es alto, la cantidad de basura generada al día por ocupante está por debajo de la media mundial que asciende a una libra o más. Además, el compromiso de los usuarios y del personal de aseo, ha beneficiado al programa pues con las retroalimentaciones obtenidas ha quedado evidenciado el interés de todos por participar y lograr generar un impacto positivo en el ambiente, siendo un ejemplo para la comunidad landivariana.

Otras iniciativas alcanzadas fueron la generación de las políticas para la compra de artículos de oficina y cafetería, aunque no se han implementado por completo, sí se identificaron artículos con las características y sellos de sostenibilidad detalladas en las secciones anteriores. En el caso de papelería y útiles, las hojas de papel que actualmente se distribuyen no cuentan con un sello ecológico, pero sí fue posible la identificación de otras con sello del FSC. Este proceso fue replicado con diversos productos tales como lapiceros, resaltadores, marcadores, folders, entre otros. Además, con los productos de

cafetería se identificó que la universidad actualmente adquiere en su mayoría productos locales o que ya cuentan con una acreditación de agricultura sostenible principalmente la del *Rain Forest Alliance*.

También se pueden destacar los esfuerzos por generar una política para las remodelaciones en el edificio, por tanto, se detallan los procedimientos a seguir en una gestión ambientalmente sostenible. Se espera sea implementada en los próximos años.

### Referencias

- Cooperative Grocer. Certificación Food Alliance.* <https://www.grocer.coop/articles/food-alliance-certification>
- Cradle to Cradle Products Innovation Institute. (2020). *What is Cradle to Cradle Certified?* <https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification>
- Earles, R. (2005). Sustainable Agriculture: An Introduction. <https://attra.ncat.org/attra-pub/download.php?id=294>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition.* Ellen MacArthur Foundation.

- Forest Stewardship Council. (2015). *Estándar Internacional FSC: Principios y Criterios del FSC para el Manejo Forestal Responsable*. Forest Stewardship Council.
- Forest Stewardship Council. (2018). *FSC Annual Report 2017*. Forest Stewardship Council.
- Horrigan, L., Lawrence, R. & Walker, P. (2002). How Sustainable Agriculture Can Address the Environmental and Human Health Harms of Industrial Agriculture. En *Environmental Health Perspectives* 110(5), pp. 445-456. [https://www.researchgate.net/publication/11366789\\_How\\_Sustainable\\_Agriculture\\_Can\\_Address\\_the\\_Environmental\\_and\\_Human\\_Health\\_Harms\\_of\\_Industrial\\_Agriculture](https://www.researchgate.net/publication/11366789_How_Sustainable_Agriculture_Can_Address_the_Environmental_and_Human_Health_Harms_of_Industrial_Agriculture)
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*.: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
- Merry, M. (2020). *Environmental problems that batteries cause*. <https://sciencing.com/environmental-problems-batteries-cause-7584347.html>
- Lankey, R. & McMichael, F. (1999). *Rechargeable Battery Management and Recycling: A Green Design Educational Module*. <https://p2infohouse.org/ref/21/20346.pdf>
- Naciones Unidas (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. [http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)
- Newsom, D. & Milder, J. (2018). *2018 Rainforest Alliance Impacts Report: Partnership, Learning and Change*. Rainforest Alliance. [https://www.rainforest-alliance.org/sites/default/files/2018-03/RA\\_Impacts\\_2018.pdf](https://www.rainforest-alliance.org/sites/default/files/2018-03/RA_Impacts_2018.pdf)
- Nunez, C. (2019). *Deforestation explained*. <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/deforestation/>
- PEFC. (2014). *Sistema español de certificación forestal*. PEFC.
- U.S. United States Department of Agriculture. *Integrity Database*. <https://organic.ams.usda.gov/Integrity/Default.aspx>

- U.S. Environmental Protection Agency. (2019). *Advancing Sustainable Materials Management: 2017 Fact Sheet*. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-11/documents/2017\\_facts\\_and\\_figures\\_fact\\_sheet\\_final.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-11/documents/2017_facts_and_figures_fact_sheet_final.pdf)
- U.S. Environmental Protection Agency. (2020). *Comprehensive Procurement Guidelines for Non-Paper Office Products*. <https://www.epa.gov/smm/comprehensive-procurement-guidelines-non-paper-office-products>
- Velten, S., Leventon, J., Jager, N. & Newig, J. (2015). What Is Sustainable Agriculture? A Systematic Review». *Sustainability* 7, pp.7833-7865. <https://doi.org/10.3390/su7067833>
- World Bank. (2018). *What a Waste 2.0, A global snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: The World Bank.
- World Wildlife Fund. (2020). *Responsible Forestry*. <https://www.worldwildlife.org/industries/responsible-forestry>

# Capítulo V

## Bienestar y salud en el ambiente interior

El bienestar y salud de las personas se han visto comprometidas en las últimas décadas, debido a la constante contaminación ambiental producto del desarrollo de las actividades humanas diarias. Estudios científicos han demostrado que la exposición a estos agentes puede generar diversos daños a la salud, desde enfermedades cardiovasculares y respiratorias hasta efectos en el sistema nervioso, como la deficiencia para aprender y pérdida de la memoria. A su vez, afecta también al entorno ecológico y la estabilidad de los ecosistemas en todo el mundo: así como el exceso de ozono en la atmósfera limita las condiciones para el desarrollo de plantas y árboles, al obstruir las capacidades para absorber el CO<sub>2</sub>; también la visibilidad es reducida por partículas contaminantes que absorben y dispersan la luz y, por consiguiente, afectan hasta el ciclo de prescencia de las nubes. Esto sin mencionar a los gases de efecto invernadero que su incremento en la atmósfera aumenta los niveles de temperatura en la tierra superando cada año los récords pasados (EPA, 2010, p. 3, p. 5, p. 14, p. 18, p. 20, p. 26).

Figura 1. Edificio de usos múltiples

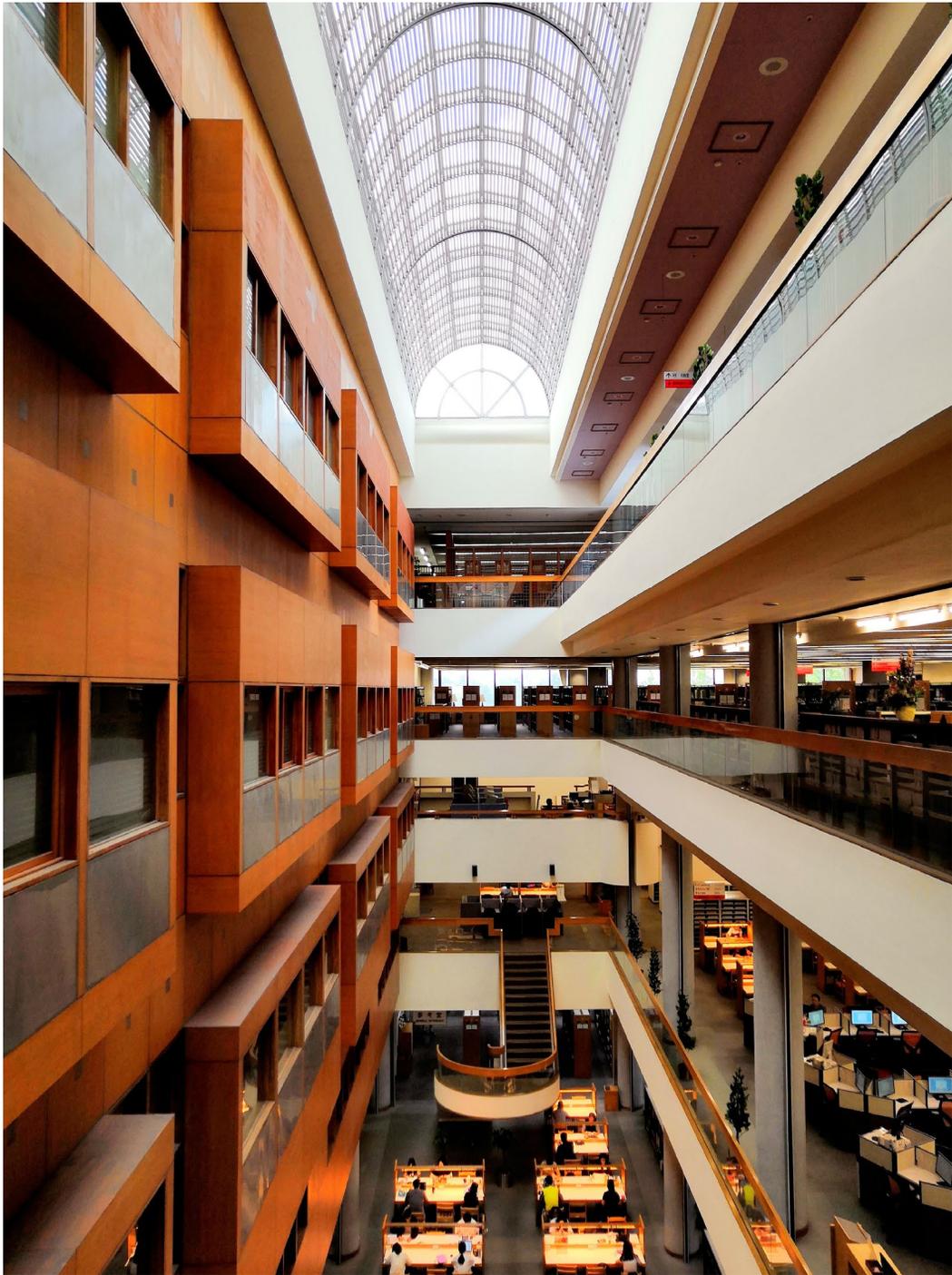


Figura 1. Un adecuado diseño de infraestructura puede garantizar el bienestar y salud de los ocupantes. Fuente: Waylor Sun en Pexels. <https://bit.ly/2Bz9eA0>.

Según el *World Health Organization* al año mueren 1.5 millones de personas a consecuencia de los problemas respiratorios relacionados con la contaminación del aire, en su mayoría por el uso de combustibles de biomasa y carbón en los hogares. Además, señala que la exposición de partículas contaminantes en el aire es responsable del 12 % de las enfermedades pulmonares crónicas en todo el mundo y, de forma particular el 20 % de las personas con asma se deriva de su permanencia en interiores húmedos, con ácaros en el polvo y hongos que generan alergias. También presenta estudios sobre las enfermedades cardiovasculares asociadas a la contaminación del aire, ocasionadas en los espacios interiores donde las personas son expuestas al plomo. Una alta concentración de este en el aire puede incrementar la presión arterial, provocar así un alto riesgo de muerte (WHO, 2006, p. 16, p. 33, pp. 48-49).

Se afirma que el 90 % de las personas, en áreas urbanas, pasan la mayor parte del tiempo en espacios interiores de edificios o casas, lo cual les expone a los agentes contaminantes en el aire en dichos lugares; este contacto puede ser de diez a cincuenta veces más alto que la exposición a la contaminación ambiental en

espacios exteriores. Miles de partículas de contaminantes químicos y biológicos pueden ser encontrados en el aire de los interiores construidos, estos ocasionan los impactos negativos ya mencionados con anterioridad. Sin embargo, la desinformación en este tema ha produce un escaso conocimiento en la población mundial acerca de los riesgos que estos agentes contaminantes causan en la salud y como planificar estrategias para reducir las probabilidades de desarrollar dichas enfermedades, al garantizar una buena calidad del aire en el espacio interior. Existen problemáticas más avanzadas como los síntomas del «edificio enfermo» o SBS por sus siglas en inglés, que según lo demuestran algunos estudios al respecto puede ser causado por problemáticas en la calidad del aire interior. El término fue utilizado por primera vez en 1970 y, describe un espectro de quejas y malestares, específicos, presentados por los ocupantes de un edificio en una proporción mayor a la que sería razonable (EPA, 2001, p. 2, pp. 4-8).

La prevención de estas problemáticas relacionadas a la calidad del aire interior es más efectiva en términos de costo-beneficio, que intentar remediar los problemas y tratar las enfermedades luego de que estas ocurren.

Las estrategias para mejorar las condiciones del ambiente interior pueden ser diseñadas para promover la eficiencia económica, innovación tecnológica y beneficiar los negocios, mientras promueven la salud pública. Elegir diseños, materiales y productos de forma inteligente crea ambientes interiores saludables, al mismo tiempo de mejorar el uso eficiente de la energía y materiales. Para esto será necesario comprender que la exposición se genera dentro del edificio y, por tanto, todas las decisiones por tomar pueden mejorar o empeorar la problemática (EPA, 2001, p. 3, p. 18, p. 19).

## Garantizar la calidad del aire

Con la intención de contribuir al confort y bienestar de los usuarios en los edificios, se establecen medidas de prevención contra la contaminación del aire en los espacios interiores, por lo que es necesario realizar acciones para medir, controlar y evitar la generación y exposición a estas partículas y, garantizar así el bienestar y salud de sus ocupantes. Existen diversas fuentes que producen esta contaminación en el aire, como personas que fuman en los espacios interiores, materiales utilizados en el edificio como pinturas, adhesivos y compuestos de madera, procesos de combustión generados por sistemas de ventilación, químicos expuestos al ambiente por productos de limpieza y moho ocasionado por niveles altos de humedad, entre otros. Mantener una buena calidad del aire interior depende de controlar las fuentes contaminantes, desde su origen, eliminar las provenientes del exterior y proveer de la ventilación adecuada para que esta remueva las partículas que inevitablemente entran al edificio (USGBC, 2014, pp. 77-78).

Las estrategias para garantizar una buena calidad en el aire interior varían en acercamientos y opiniones. Una de las más empleadas, a nivel mundial, es la implementación de una política que prohíba fumar dentro de los edificios y al menos a ocho metros de distancia de cada una de las aperturas de ventilación en este; asegurar su lejanía de puertas y ventanas, con ello se evita que la ventilación natural ingrese contaminada, de esta manera se elimina la exposición a los fumadores pasivos. La problemática motiva grandes preocupaciones en el mundo, por la alta mortalidad

Figura 2. Vista de fachada exterior de complejo arquitectónico de vivienda residencial vertical



*Figura 2.* Es común identificar sistemas de calefacción y enfriamiento artificial en espacios residenciales y comercial. Una adecuada selección de los equipos puede garantizar la calidad del aire en los espacios interiores. Fuente: Athena en Pexels. <https://bit.ly/3go7Zm3>

ocasionada por el tabaco; solo en los Estados Unidos mueren medio millón de personas de forma prematura por consecuencias ocasionadas al fumar. En la generación de la política es ideal promover la información del impacto en la salud ocasionados por hábito de fumar, tomar conciencia por parte de los jóvenes y adultos aporta al bienestar y saludos de todos los usuarios de los espacios interiores (CDC, 2014, p. 9).

Otro acercamiento es el diseño de una adecuada ventilación, si se toma en consideración el número de ocupantes por espacio y las actividades que se realizan. En condiciones ideales se espera generar pruebas a la calidad del aire con equipo especializado, para identificar qué agentes contaminantes se encuentran en los espacios interiores y así determinar acciones que controlen o los eliminen. Además, un diseño apropiado, como el mantenimiento adecuado de los sistemas de ventilación natural y artificial, es clave para garantizar las renovaciones de aire que beneficiarán a los usuarios. Para esto lo recomendable es utilizar una metodología o estándar internacional, que provea desempeños idóneos en los sistemas de ventilación. El ASHRAE 62.1

es uno de estos; surgió por primera vez en 1973, con la visión de suministrar los indicadores para mejorar las condiciones en la calidad del aire en los espacios interiores; su versión más reciente es la 2019. El ASHRAE 62.1, actualmente, busca especificar las tasas mínimas de ventilación y otras medidas destinadas a proveer una calidad de aire interior adecuada para la ocupación humana y, que así se minimicen los efectos adversos para la salud. Aplica para todos los edificios con excepción de los de uso residencial. La evaluación que propone presenta cinco componentes básicos: tasas mínimas para el caudal de ventilación exterior, evaluación de la calidad del aire y fuentes puntuales de su contaminación, procedimientos para garantizar una ventilación natural idónea y, por último, descripciones sobre las actividades mínimas de mantenimiento para los sistemas de ventilación artificial. Entre las especificaciones indicadas en el estándar, por ejemplo, en áreas cerradas con un diseño de ventilación natural en un solo extremo la distancia máxima recomendada entre la ubicación de las ventanas y la pared opuesta cerrada, no debe ser mayor a dos veces la altura del cielo. Otra forma de

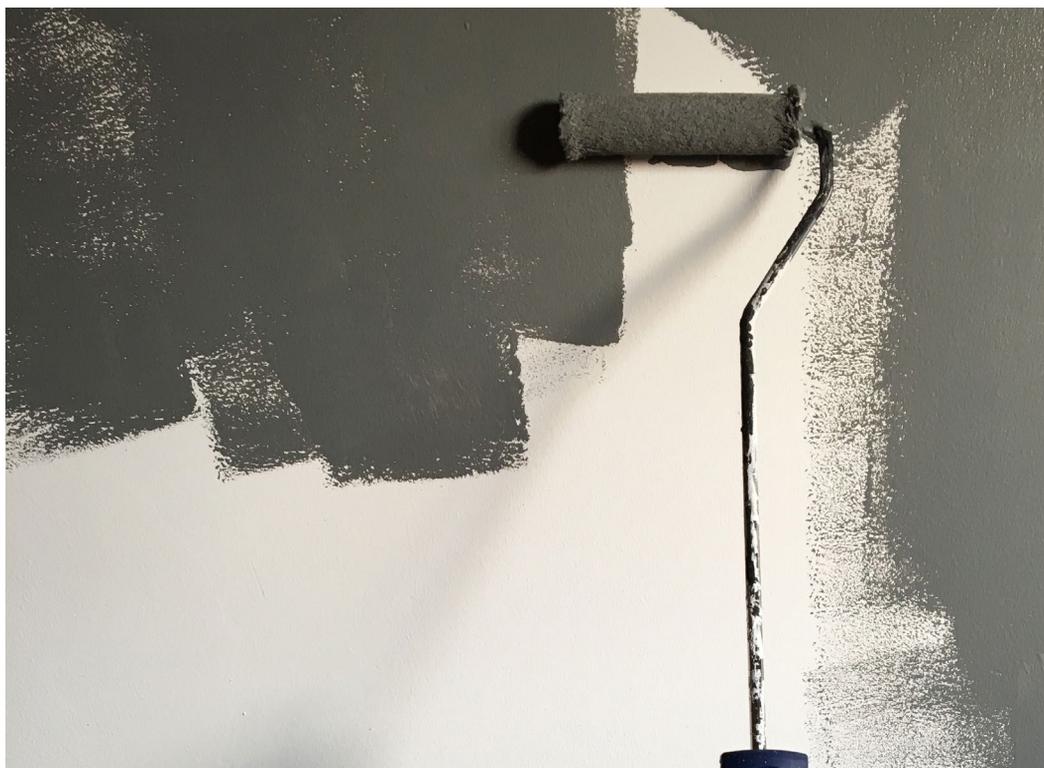
garantizar la calidad del aire en ambientes como estos, a través de sistemas de HVAC, es la evaluación de las ecuaciones, para obtener las tasas mínimas del flujo de ventilación en las zonas de respiración (ANSI & ASHRAE, 2016, p. 2, p. 5, pp. 11-13, p. 19, pp. 21-22). En el caso de Guatemala, desde la creación del Decreto No. 74-2008, existe la prohibición para el consumo de tabaco en espacios interiores, con el objetivo de preservar la salud de los guatemaltecos. Por lo que, en teoría, todas las edificaciones ya cuentan con este tipo de restricciones para garantizar la salud de sus ocupantes. Un desarrollo más detallado podría involucrar inclusive espacios exteriores designados como áreas para fumadores y con ello se definen puntos específicos de contaminación. Lamentablemente aún en el diseño interior o en los procesos constructivos no se da la importancia debida, para garantizar el bienestar y salud de los ocupantes, sin embargo, existen algunas iniciativas, desarrolladores y constructores que actualmente se están involucrando cada vez más. En su mayoría por cuestiones de certificación han debido implementar las medidas indicadas en el estándar ASHRAE 62.1, en diferentes versiones.

## Acciones para evitar la contaminación del aire

Con la intención de reducir los niveles de contaminantes químicos, biológicos y otras partículas, que pueden comprometer la calidad del aire, salud humana, los sistemas que operan en los edificios y el medioambiente, es importante establecer los protocolos idóneos para la protección del aire interior a través de la selección de artículos y sistemas de limpieza, que puedan garantizar la disminución de dichos agentes contaminantes.

Como se ha mencionado antes, un factor determinante es establecer los tipos de fuentes de contaminación externos e internos. En el caso de los factores externos es importante contar con sistemas de limpieza permanente en las entradas peatonales a los edificios, para capturar la suciedad, polen y otros agentes biológicos que puedan ingresar al edificio, a través de sus usuarios. Ya en el interior estas sustancias se incorporan a la circulación del aire, los sistemas de ventilación artificial y exponen a los ocupantes directamente a estos contaminantes (Knobloch, 2001, pp. 1-4). Regularmente se instalan rejillas y sistemas ranurados, para permitir la limpieza debajo de la superficie, o tapetes despleables fabricados con este fin con desempeños iguales o mejores que los primeros mencionados. Idealmente deberían medir 3 m de largo en la dirección primaria de movilización, pero cualquier tamaño podrá traerá beneficios a la calidad del aire interior (USGBC, 2018, p. 73).

Figura 3. Pintura interior para recubrimiento de paredes



*Figura 3.* Las pinturas convencionales suelen poseer altos contenidos de materiales tóxicos que se desprenden de las mismas desde el momento de su aplicación, hasta varios años después. Fuente: Stephanie Ho en Pexels. <https://bit.ly/2YWSqvN>

En el caso de los factores interiores, que provocan la contaminación del aire, se deben identificar los productos implementados durante la operación y mantenimiento, pues de estos provienen la mayoría de los agentes contaminantes. Una de las principales preocupaciones son las emisiones de compuestos orgánicos volátiles o VOCS, por sus siglas en inglés, porque dispersan una amplia gama de partículas, que existen en forma de gas en rangos de temperatura y humedad, identificados en espacios interiores. Deterioran la calidad del aire en términos de reacciones sensoriales

como olores molestos e irritación en ojos y vías respiratorias, así como la pérdida de productividad ocasionada por una exposición constante. Existen dos fuentes principales para su presencia en espacios interiores: la primera es ocasionada por los materiales implementados en el edificio. Las emisiones varían y dependen del tipo de material, pero en algunos casos pueden generar emisiones de VOCS por más de un año como es el caso de las pinturas para muros. Otros materiales que emiten estos agentes son placas de yeso utilizadas en muros, impermeabilizantes, paneles de melamina, adhesivos, suelos de

madera, tapicerías, cortinas, entre otros. La segunda fuente es ocasionada por las actividades humanas realizadas dentro del edificio, desde las acciones de fotocopiar hasta la limpieza del lugar. La cantidad de emisiones varía en minutos y horas y obedece a la cantidad de personas que realizan actividades en el interior del edificio (Wolkoff, 1995, p. 11, p. 13, p. 17, p. 19).

Otros agentes contaminantes de los espacios interiores son los productos utilizados para limpieza, para esto es común reconocer el término *Green Cleaning*, que en términos generales se refiere a utilizar productos y procedimientos de limpieza, que son seguros para el medioambiente y no emiten agentes contaminantes en el aire, para garantizar la salud de los usuarios. Algunos productos por ejemplo utilizan fragancias sintéticas que en su mayoría provienen del petróleo y son tóxicas para los humanos, otros emiten compuestos sintéticos que pueden llegar a contaminar hasta las fuentes de agua potable. Existen estándares internacionales a los que algunos productos de limpieza se han sometido, para garantizar el bienestar de las personas al adquirir sus productos como el *Green Seal GS-37*, el *EPA Safer choice*, y el *UL EcoLogo*, que varían y dependen del tipo de producto y los alcances de estos. Estas

opciones no son tan comunes pero una recomendación sería identificar los productos de limpieza que utilizan agua ionizada en su composición, idealmente avalados por otra entidad para validar dicha información.

En Guatemala, el tema sobre la calidad del aire no se trabaja mucho, pero poco a poco se presentan iniciativas para informar a los usuarios y consumidores sobre estos conocimientos e intentar cambiar las formas del manejo actual; ya existen algunas ofertas en el mercado. Sin embargo, un producto que ha tomado auge en los últimos años son las pinturas con bajos VOC y, aunque aún su precio es alto, los beneficios para el bienestar de los ocupantes son amplios. Este es uno de los productos que fácilmente pueden compararse, pues los olores tóxicos emitidos por las pinturas regulares no se presentan en las que tienen bajas emisiones de VOC.

## Acciones en el Edificio O

De forma inicial se realizaron una serie de encuestas a una muestra poblacional de 71 usuarios del edificio desde el 2019, para identificar la percepción en cuanto a su bienestar y confort en el espacio interior. El 74 % de los encuestados respondió que se sentía satisfecho con el ambiente y atribuyó su respuesta a la calidad del aire, la limpieza en el lugar, el confort térmico, la presencia de vistas al exterior, la privacidad y el sonido, así como la buena iluminación. El 7 % respondió que se siente insatisfecho y atribuyó su respuesta a la mala iluminación, reflejos exteriores que evitan su buen desempeño, ambientes muy calurosos, corrientes de aire sin control, humedad y ciertos ambientes que se perciben sofocantes o con un aire muy cargado. El porcentaje restante no se identificó con ninguna de las dos opciones.

En cuanto a la calidad del aire en el «Reglamento de Convivencia del Estudiante Landivariano» (URL, 2014, p. 13) se presenta la prohibición de fumar dentro del campus, lo que ha garantizado ambientes libres de tabaco aún si el Decreto 74-2008 (Congreso de la República de Guatemala, 2008, Artículo 3) no estuviera vigente. Gracias a este cambio de hábito, el aire que ingresa a los edificios se mantiene sin esta contaminación, sin embargo en el Edificio O por sus cercanías a la vía pública en ocasiones la contaminación proviene del tránsito vehicular o actividades humanas ajenas a la universidad. En cuanto a garantizar las renovaciones de aire en el interior, los sistemas de ventilación

Figura 4. Módulo de gradas, interior Edificio O



Figura 4. La ventilación principal del edificio es natural, pero algunas oficinas cuentan con sistemas artificiales que apoyan a el confort de los usuarios en el interior. Fuente: Pedro Antonio Ayau, Indis.

artificial se han revisado y la mayoría cumple los requerimientos presentados en el ASHRAE 62.1 del 2010, a excepción de los modelos más antiguos donde las renovaciones de aire no se encuentran en los parámetros establecidos. Estos deberán ser sustituidos por otros que sí cumplan o a través de la ventilación natural, garantizar que estas renovaciones se cumplan. Adicionalmente se trabaja en la política, para garantizar que los materiales utilizados en el edificio, no emitan agentes contaminantes que puedan perjudicar la salud de los usuarios.

Existen muchas acciones pendientes que se pretenden evaluar y generar en el edificio. A un corto plazo se busca realizar mediciones anuales del aire para identificar las particu-

las contaminantes, a las que se exponen los ocupantes. En un mediano y largo plazo, se buscará la implementación de sistemas limpieza permanente en los ingresos al edificio, la modificación de los equipos de ventilación que no renuevan el aire y la evaluación de los productos de limpieza que se utilizan en el edificio ya que estos dependen totalmente de la empresa que presta estos servicios.

### Referencias

- ANSI & ASHRAE. (2016). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ASHRAE.
- Berry, M. (2001). *Educational performance, environmental management, and cleaning effectiveness in school environments*. <https://bit.ly/2C0ue2K>

- Centers for Disease Control and Prevention. (2014). *Best Practices for Comprehensive Tobacco Control Programs*. <https://bit.ly/3e1yaNQ>
- Decreto 74-2008 [Congreso de la República de Guatemala]. Ley de creación de los ambientes libres de humo de tabaco. 22 de diciembre 2008.
- Knobloch, L. (2001). *Matting should be included in any floor plan, though aesthetics is important, effectiveness is the key for customers*. <https://bit.ly/2BAGCGJ>
- Universidad Rafael Landívar. (2014). *Reglamento de convivencia del estudiante landivariano*. Universidad Rafael Landívar.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2001). *Healthy Buildings, Healthy people: a vision for the 21<sup>st</sup>. Century*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://bit.ly/2ZzlClq>.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2010). *Our Nation's Air, Status and trends through 2008*. U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. Green Building Council. (2014). *LEED Core Concepts Guide*. U.S. Green Building Council.
- U.S. Green Building Council. (2018). *LEED v4.1 OPERATIONS AND MAINTENANCE Getting started guide for beta participants*. U.S. Green Building Council.
- Wolkoff, P. (1995). Volatile Organic Compounds Sources, Measurements, Emissions, and the Impact on Indoor Air Quality. En *Official Journal of the International Society of Indoor Air Quality and Climate, Supplement 3(95)*. <https://bit.ly/3f0PrYP>
- World Health Organization. (2006). *Preventing disease through healthy environments*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.



Esta publicación se distribuye de forma digital,  
fue finalizada en mayo de 2021.



Grandes esfuerzos se han generado en torno a la búsqueda del desarrollo sostenible, inclusive en lo que respecta al diseño, construcción y operación de edificios. No es sorpresa que los crecientes cambios en el ámbito de la arquitectura promuevan acciones que toman en consideración el equilibrio ecológico avalado, en su mayoría, por entidades internacionales verificadoras. En este contexto, el Instituto de Investigación y Estudios Superiores en Arquitectura y Diseño (Indis), genera estrategias ecológicas en las actividades cotidianas en la comunidad landivariana, con el objetivo de promover proyectos relacionados con la ecología aplicada en el ambiente construido. Desde el 2017, el Edificio O fue inscrito en el proceso de certificación *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), versión v4, la cual determina desempeños ideales para garantizar la sostenibilidad durante la operación y mantenimiento de los edificios existentes. Para ello, se aplican las normativas especificadas por LEED y de esa forma implementar «prácticas sostenibles» con repercusiones tangibles, que mejoran la calidad de vida humana y el entorno ecológico. Las acciones se adaptan al contexto específico, en este caso el del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.

Nos encontramos en una era de cambio para los usuarios y ocupantes de los edificios, por tanto, se buscan opciones ecológicas para garantizar un impacto ambiental positivo. El cambio climático y el consumo excesivo de recursos no renovables proyectan futuros desalentadores para la humanidad, de ahí la urgencia de presentar resultados de proyectos exitosos; el documento *Prácticas sostenibles para la operación y mantenimiento de los edificios, caso de estudio: Edificio O, Campus Central, Universidad Rafael Landívar*, expone al lector los aprendizajes obtenidos durante tres años de trabajo. El contenido del libro muestra el estado actual de las problemáticas, la importancia e impacto en el ambiente y en la salud humana, las medidas y acciones que se pueden tomar, las opciones viables en Guatemala y lo alcanzado en el Edificio O. El fin último es informar a los ocupantes del edificio, la comunidad landivariana y la población guatemalteca que estas acciones son posibles, cuando se fijan metas alcanzables en pro del bienestar común.

