



Vivienda y Comunidades Sustentables

ISSN: 2594-0198

Universidad de Guadalajara

Ávila Ramírez, David Carlos  
Implicaciones del metabolismo urbano en el cambio climático  
Vivienda y Comunidades Sustentables, núm. 6, 2019, Julio-Diciembre, pp. 79-98  
Universidad de Guadalajara

DOI: <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665170444005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# Implicaciones del metabolismo urbano en el cambio climático

## *Implications of urban metabolism to climate change*

**DAVID CARLOS ÁVILA RAMÍREZ**

Universidad de Guadalajara

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i6.104>

*Recepción:* 31 de octubre de 2018. *Aceptación:* 21 de octubre de 2019.

### RESUMEN

El concepto de metabolismo urbano examina a las ciudades como seres dinámicos; se compara con determinados procesos fisiológicos que ocasionan aquellos recursos y energía necesarios para sostener la vida y traslada esta idea a un contexto urbano. Las ciudades demandan bienes y servicios como el agua y la energía para poder subsistir. El metabolismo urbano analiza los recursos y los desechos respecto al medio ambiente donde se desenvuelven las ciudades.

Por lo anterior, el estudio sobre el ambiente urbano tiene como consecuencia la aparición del término metabolismo urbano, el cual analiza el intercambio de materia, energía y el medio ambiente donde se desarrolla. Este intercambio de recursos se refiere a las intervenciones entre los procesos de carácter social y los de tipo material. En el presente trabajo el metabolismo urbano tiene como referencia principal el recurso de agua, los co-beneficios de la urbanización sustentable, el aire limpio, la tierra verde, la energía segura y los residuos sólidos, todo ello analizado hacia el problema mundial del cambio climático.

Sobre la base de las políticas medioambientales internacionales y nacionales, así como en respuesta a la explícita de promover acciones orientadas al desarrollo urbano sustentable en el territorio, el presente trabajo despliega su acción sustantiva orientándose a:

- La adecuación a través de los procesos técnico-administrativos que correspondan, a los requerimientos físico-naturales, físico-construidos, económicos y sociales del municipio, específicamente en lo que compete a la planeación urbana sustentable.
- Requisitos mínimos de integración, ocupación del suelo y planeamiento del desarrollo, cuyo contenido posee aspectos del nivel mínimo de desempeño asociándose al cumplimiento de criterios de evaluación, criterios para certificación y entrega de la documentación con carácter mínimo, irreductibles para el desarrollo de acciones urbanísticas sustentables.
- Compacidad, habitabilidad y metabolismo urbanos, cuyo contenido se vincularía al segundo nivel de desempeño, en virtud del cual sería factible la modelación del nivel de compacidad deseada, que incluiría indicadores mínimos de habitabilidad, así como elementos iniciales cuya aplicación permitiría la medición del metabolismo urbano en las acciones urbanísticas de renovación urbana o de nueva promoción; también se asocia con requisitos específicos de evaluación, criterios para certificación.

*Palabras clave:* cambio climático, metabolismo urbano, intercambio de energía.

## ABSTRACT

The concept of urban metabolism examines cities as dynamic beings. It is compared with certain physiological processes that cause the resources and energy necessary to sustain life, and it moves this idea into an urban context. Cities demand goods and services like water and energy in order to survive. The set of resources of the planet are used to provide the cities. Urban metabolism analyses all the resources and wastes regarding the environment where cities are unfolding.

Therefore, the study on the urban environment results in the emergence of the term urban metabolism, which analyses the exchange of matter, energy that is built between urban settlements and the environment where it develops. This exchange of resources refers to interventions between social and material processes. In the present work, the urban metabolism has as principal reference, the resource of water, the co-benefits of the sustainable urbanization, the clean air, the green earth, the safe energy and the solid wastes, all analyzed towards the world problem of climate change.

On the basis of international and national environmental policies, as well as in response to the explicit to promote actions aimed at sustainable urban development in the territory, this work displays its substantive action by orienting itself to:

- The adequacy and optimization through the technical administrative processes that correspond, to the different physical-natural, physical-built, economic and social requirements of the municipality, specifically in what is the responsibility of urban planning sustainable.
- Minimum requirements for integration, land occupation and development planning, which content features aspects of the minimum level of performance by associating with the fulfillment of evaluation criteria, criteria for certification and delivery of documentation with minimum character, irreducible for the

development of sustainable urban planning actions.

- Compactness, habitability and urban metabolism, which content would be linked to the second level of performance, which would be feasible to model the level of compactness desired, which would include minimum indicators of habitability, as well as elements initials which application would allow the measurement of urban metabolism in urban renovation or new promotion activities; it is also associated with specific evaluation requirements, criteria for certification.

**Keywords:** climate change, urban metabolism, energy exchange.

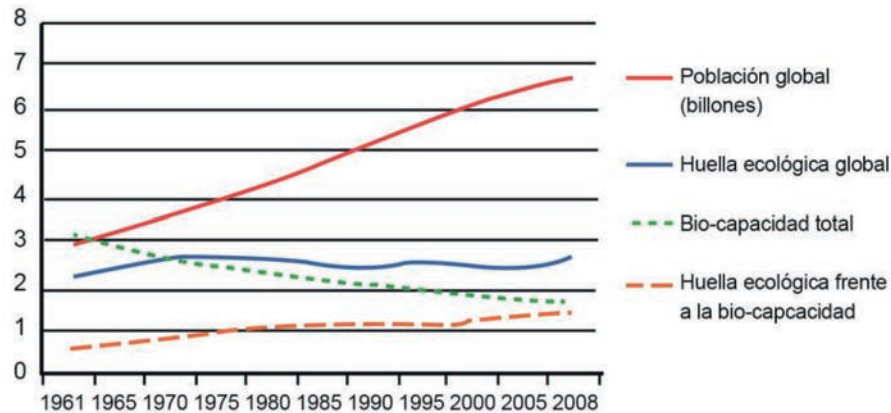
## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los grandes desafíos del siglo XXI; es probable que cause graves impactos en la vida humana y sus asentamientos, incluyendo el aumento en los niveles del mar, eventos climáticos extremos, inundaciones, olas de calor, sequías, contaminación del aire y escasez del agua.

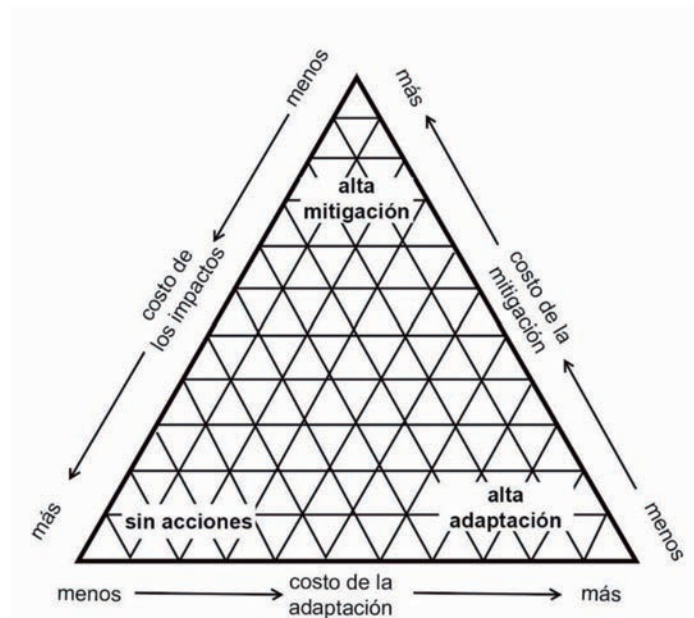
Sus efectos podrían costar a la economía del mundo más de lo que costaron dos guerras mundiales (Stern, 2007: 6).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Climate, 2007) afirma que el cambio climático actual es antropogénico e inequívoco. Esto implica que, incluso con la plena aplicación de las medidas más eficaces de mitigación, no será suficiente para detener el calentamiento global y evitar impactos del cambio climático (Klein, 2007) (figura 1).

Por lo tanto, junto con las medidas de mitigación para evitar el calentamiento global en niveles relativamente bajos, también se requieren medidas de adaptación para reducir las vulnerabilidades climáticas de los asentamientos humanos (Climate, 2007) (figura 2).

**FIGURA 1.** Nuestra huella ecológica excede la biocapacidad

Fuente: basado en Smith.

**FIGURA 2.** Interpretación esquemática de las interrelaciones entre adaptación, mitigación e impactos

Fuente: Climate, 2007.

Las ciudades pueden desempeñar una función crucial en combatir el cambio climático a través de acciones de mitigación y adaptación si se realizan las acciones adecuadas, dependiendo del resultado de un análisis físico ambiental previo.

En primer lugar, las ciudades contribuyen a las causas del cambio climático en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), cambio de paisaje y deforestación.

En segundo lugar, las ciudades albergan a más de la mitad de la población mundial y a las actividades económicas críticas (ONU, 2011). Sólo en México se emiten al aire 643 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> por año; en el mismo contexto, en un estudio realizado por la ONU para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014) acerca de las ciudades más verdes de América Latina, Guadalajara y Lima fueron las de menos porcen-

taje, por debajo de Buenos Aires, São Paulo, Ciudad de México y Monterrey.

Por lo anterior, es necesario realizar proyectos de investigación en la ciudad de Guadalajara dirigidos a identificar los factores que han intervenido para que dichos porcentajes sean tan bajos, con el objetivo de hacer las recomendaciones y acciones necesarias para revertir este problema ambiental.

En una vista de los vínculos críticos entre ciudades, áreas metropolitanas y el cambio climático, se acepta ampliamente que la mayoría de los desafíos planteados por este fenómeno ambiental podrían resolverse mediante respuestas de políticas públicas en las ciudades.

Una parte importante de este tipo de respuestas se relaciona con los procesos espaciales urbanos, y se refiere a ajustes en las estructuras y elementos espaciales clave en la ciudad.

## ANTECEDENTES

La urbanización y la pérdida de terrenos de infiltración natural en el área metropolitana de Guadalajara (AMG) observa un creciente riesgo ante las inundaciones a causa de una mayor vulnerabilidad ambiental, relacionada con el crecimiento urbano. Además, un aspecto importante a resaltar en la investigación de Haro Castillo (2013) es que se analiza el desarrollo espontáneo de epidemias

de dengue en un ambiente con altas temperaturas a causa del efecto de “isla de calor” en el ámbito urbano, en conjunto con los efectos de cambio climático, y las condiciones de suelos sobresaturados, que tienen como consecuencia: múltiples inundaciones por encharcamiento.

El cambio climático hará más frecuentes algunos peligros naturales, en especial los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Por lo que en algunos casos las ciudades estarán expuestas a un aumento en la frecuencia e intensidad de los peligros ya existentes relacionados con el clima, como es el caso de las inundaciones (Davydova, 2015).

Después de tensas negociaciones en la Conferencia de Cambio Climático de las Naciones Unidas en París en diciembre de 2015, el mundo finalmente tiene un acuerdo que, aunque no es perfecto, por primera vez nos permite ser optimistas de que vamos a desacelerar el ritmo del cambio climático. Es importante destacar que en el acuerdo de París se ha prestado relativamente poca atención a la necesidad de una mayor inversión en la formación de resiliencia ante el cambio climático para ayudar a las comunidades, ciudades y países.

Si bien es esencial para seguir adelante con la oportunidad que dicho acuerdo ha creado, para evitar un colapso catastrófico planetario durante las próximas décadas, la construcción de la

**CUADRO 1.** Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe

<i><b>Muy por debajo del promedio</b></i>	<i><b>Debajo del promedio</b></i>	<i><b>Promedio</b></i>	<i><b>Encima del promedio</b></i>	<i><b>Muy encima del promedio</b></i>
Guadalajara	Buenos Aires	Medellín	Belo Horizonte	Curitiba
Lima	Montevideo	Cd. México	Bogotá	
		Monterrey	Brasilia	
		Porto Alegre	Rio de Janeiro	
		Puebla	Sao Paulo	
		Quito		
		Santiago		

Fuente: FAO, 2014.

mitigación al cambio climático puede empezar ahora. De hecho, la principal inversión ha sido a menudo la de la voluntad política y la participación activa de los ciudadanos locales, empresas y expertos (Foundation, 2016).

En el ámbito nacional, la Ley General de Cambio Climático (Diputados, 2018) pone énfasis en la política pública sobre todo en lo que respecta a mejorar las condiciones de bienestar de las personas y el vínculo que debe de existir entre entidades federativas, estatales y municipales para generar mejores estrategias de adaptación.

Por ello, el metabolismo urbano utilizado como estrategia analiza en los contextos urbanos tanto los recursos naturales como los artificiales para optimizar los entornos adecuados para el desarrollo de las ciudades y para poder implementar lo mencionado anteriormente. Asimismo, se propone el enfoque de la teoría del cambio (TdC), que es un modelo analítico surgido en los años noventa que explica cómo y por qué se espera que una intervención, una política pública o una organización puede utilizarse en la etapa de diseño o planeación, o posteriormente como herramienta para el monitoreo y la evaluación así como de enseñanza y aprendizaje.

Todo este proceso se puede llevar de una forma dinámica y flexible al cambio, además de tener como fin un objetivo estratégico donde se consideran indicadores como resultados para poder obtener las mejores intervenciones para aumentar la adaptación. Además de que la TdC permite articular a diferentes niveles en los sectores institucionales, por lo que conduce a tener una caracterización más puntual de una población. El objetivo final es el fortalecimiento del proceso de adaptación, disminuir la vulnerabilidad de la sociedad, contribuyendo a la mejora de la salud y la calidad de vida (INECC, 2018).

## CO-BENEFICIOS DE LA URBANIZACIÓN SUSTENTABLE

En su esencia, el enfoque co-beneficios es una estrategia de ganar-ganar dirigida a capturar el

desarrollo y los beneficios para el clima en una sola política o medida.

Los términos de los beneficios colaterales aparecieron en la literatura académica en los años noventa y generaron un mayor interés en la época del Tercer Informe de Evaluación (IPCC-AR3) y en 2002 se publicó por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Climate, 2007).

En este contexto, se definen los co-beneficios como una decisión intencional respecto a una concepción híbrida destinada a objetivos específicos en diferentes áreas con estrategias de co-control que disminuyen el calentamiento global y la contaminación y promueven la conservación de recursos vitales como agua, energía y comida. Además, considera otros beneficios específicos de gran relevancia como la mejora de las viviendas y la planificación urbana, reducción de costos y retorno de periodos de capital y mantenimiento, reducción de impactos en la salud y mejora de la economía.

Los co-beneficios pueden dividirse en seis grupos:

1. Aire limpio.
2. Tierra más verde.
3. Energía segura.
4. Menos residuos.
5. Ahorro de costos por reciclaje de material en la urbanización.
6. Estilo de vida.

## AIRE LIMPIO

El indicador permite a los proyectos urbanos nuevos y de renovación aumentar las áreas verdes de acuerdo con la compactidad corregida, lo cual sea vinculable en espacios verdes que aseguren un 20% mínimo de área capturada del CO<sub>2</sub> a través de especies nativas.

Lo anterior es aplicable tal y como se establece en los programas y planes de desarrollo urbano, en las normas técnicas del municipio para áreas de recuperación urbano-ambiental, áreas de recuperación urbano-ambiental con fragilidad y va-



lor hidrológico, fomento a las acciones urbanísticas de objeto social sustentable, zonificación y edificación sustentable que apliquen, así como en los requerimientos que para estos fines puedan solicitar las direcciones municipales en materia de estudios de impacto ambiental.

Conforme a las obligaciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales sobre las políticas públicas hacia el cumplimiento de los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI), así como adaptación al cambio climático durante el periodo 2020-2030 que se presentaron ante la ONU a finales de marzo, se estableció lo siguiente:

– México se compromete a reducir de manera no condicionada el 25% de sus emisiones de GEI y de contaminantes climáticos de vida corta (bajo BAU) al año 2030. Este compromiso implica una reducción del 22% de GEI y una reducción del 51% de carbono negro (Semarnat, 2015).

Además, en referencia al Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones Causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques (proyecto REDD) para reducir los esfuerzos de emisiones de la deforestación y degradación forestal y el aumento de las reservas forestales de carbono (ONU, 2018).

#### METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR

a) Cuantificación de CO<sub>2</sub> capturado por área verde a través de especies nativas.

- Determinación del área de trabajo.
- Identificación de las asociaciones vegetales y zonas de estudio existentes y proyectuales.
- Estimación de las existencias de carbono almacenado en áreas verdes maduras.
- Estimación de la capacidad de captura de áreas reforestadas y aquéllas con ocurrencia de regeneración ambiental.
- Diseño del plan de manejo alternativo.

b) Procedimiento:

- Colecta y análisis de información de campo.

- Construcción de ecuaciones alométricas y determinación de valores de línea base.
- Determinación de valores de biomasa de línea base por tipo de vegetación.
- Diseño del plan de manejo alternativo para incrementar la producción de biomasa vegetal.

1. Determinaciones:

Peso fresco de hierbas, hojarasca y leñosas con diámetro menor a 5 cm en (kg m<sup>2</sup>)-1 (sitio central de 1 m<sup>2</sup>).

Número de árboles vivos por especie o grupo de especies con altura de la vegetación arbórea (dap) entre 5 cm y 10 cm en el estrato medio, dap y peso fresco de los componentes vegetales superficiales (sitios circulares de 400 m<sup>2</sup>).

Número de árboles vivos por especie o grupo de especies con dap mayor de 10 cm en el estrato alto, diámetro normal y peso fresco de los componentes vegetales superficiales (sitios circulares de 400 m<sup>2</sup>).

2. Análisis:

Materia seca en mantillo y hojarasca (%).

Peso fresco por árbol, por diámetro y especie, incluyendo fuste, ramas y raíces (kg).

3. Cálculos:

Peso total de hojarasca (ton\*ha-1).

Peso total de hierbas, plántulas y árboles con dap menor de 5 cm (ton\*ha-1).

Biomasa total de árboles y arbustos con dap mayor de 5 cm por grupos de especies (ton\*ha-1).

Fracción de carbono por grupo de especies (ton\*ha-1), carbono total (ton\*ha-1).

Criterios de evaluación (cuadro 2).

Proporción de superficie urbana que debe cumplir el criterio de evaluación según tipo de tejido urbano.

- Criterio: captura del CO<sub>2</sub> a través de especies nativas.
- Cobertura: áreas verdes en metros cuadrados.

**CUADRO 2.** Criterios de aceptación para certificación

<b>Proyecto</b>	<b>Captura de CO<sub>2</sub> en áreas urbanas</b>
Criterio y cobertura mínimos	Espacios verdes que aseguren un 20% mínimo de área capturada de CO <sub>2</sub> a través de especies nativas.
Criterio y cobertura regular	Espacios verdes que aseguren un >20% mínimo de área capturada de CO <sub>2</sub> a través de especies nativas.
Criterio y cobertura óptimo	Espacios verdes que aseguren un >60% de área capturada de CO <sub>2</sub> a través de especies nativas.

Fuente: elaboración propia.

### DOCUMENTACIÓN REQUERIDA

Especificación de la planta (especie), número de plantas de ese tipo, señalada en planos con la ubicación de la vegetación, porcentaje de captura de dióxido de carbono de la planta, gráficos alométricos.

- Informe de fijación de CO<sub>2</sub> de la vegetación proyectada.
- Plano temático complementario resultante de los cálculos del indicador, señalando ubicación, clasificación y porcentaje de la vegetación utilizada, así como la superficie total de utilización dentro de los límites de la acción urbanística.

### TIERRA VERDE

Proteger las áreas verdes y áreas naturales ahorra emisiones de carbono y tiene muchos co-beneficios, como prevenir el suelo erosionado, incrementar la lluvia local y proporcionar medios para la vida de la población local.

Co-beneficios tales como mejorar la estructura erosionada del suelo y la fertilidad reducen la contaminación del agua y el aire, protegen la biodiversidad y mejoran la resiliencia del cambio climático en la ciudad.

El manejo del paisaje es esencial si queremos alcanzar los objetivos climáticos. La deforestación y agricultura actualmente contribuyen sobre un 24% de los gases de efecto invernadero, pero con mejores prácticas esto puede dar un giro hacia un carbono neutral en la ciudad en 2030.

En este sentido, a efectos de esta norma el co-beneficio en que nos centraremos para el medioambiente será:

### PERMACULTURA EN EDIFICIOS

El indicador proporciona en las acciones urbanísticas nuevas y de renovación urbana entorno que propongan y ejecuten huertos urbanos en el barrio o la ciudad en edificaciones y zonas donde se desarrolle, utilizando especies nativas de bajo cuidado y consumo, con una proporción mínima del 5% y máxima del 10% de las áreas verdes proyectadas, sea en espacios públicos, sea en edificaciones.

Especificación de la planta, con referencia a la especie nativa y número de las presentes en el proyecto.

### METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR:

- Volumen de huertos urbanos y permacultura en edificios proyectados por unidad de superficie en m<sup>2</sup> en espacios públicos y en edificaciones.
- Especificación de las distintas especies nativas a utilizar en huertos urbanos y permacultura en edificios según: mantenimiento y cuidado, especie, procedencia, siembra, trasplante y cosecha (cuadro 3).

### DOCUMENTACIÓN REQUERIDA

- Memoria técnica que incluya, con fundamento en un análisis básico de las plantas y vegetación nativas del emplazamiento del pro-



**CUADRO 3.** Criterios de evaluación y aceptación para certificación

Proyecto	Huertos urbanos y permacultura en edificios en m <sup>2</sup>	Fijación del dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) estimada en kg
Criterio y cobertura mínimos	5% del área verde, mínimo en relación con los m <sup>2</sup> construidos en área urbana, espacio público o edificación.	3.0
Criterio y cobertura regular	>5% y >10% del área verde, mínimo en relación con los m <sup>2</sup> construidos en área urbana, espacio público o edificación.	8.0
Criterio y cobertura óptimo	>10% del área verde, mínimo en relación con los m <sup>2</sup> construidos en área urbana, espacio público o edificación.	26.0

Fuente: elaboración propia con base en Figueroa, 2007.

- yecto, las principales estrategias de diseño urbano, arquitectónico y bioclimático.
- Plano de especificaciones de la planta (especie), y número de plantas del tipo.
  - Plano temático con la ubicación de la vegetación (horizontal o vertical) correspondiente a huerto, sea urbano o en edificios en m<sup>2</sup> construidos por sección.

## ENERGÍA SEGURA

La continua dependencia en combustibles fósiles posee un riesgo para la seguridad de la energía. La producción de petróleo puede ya haber alcanzado su punto máximo, y las mayores reservas están concentradas en un número pequeño de países.

La política climática que busca reducir la dependencia de combustibles fósiles puede aumentar la seguridad energética, reduciendo la demanda de energía; el desarrollo sustentable de recursos puede ofrecer beneficios colaterales, incluyendo los precios más bajos y estables para los servicios de energía a largo plazo, la reducción de gastos de importación de combustible más seguro y una energía más limpia.

En este sentido, co-beneficio para la sociedad incluye:

- Aumento de oferta local energética.

## DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

El indicador evalúa el aumento de la oferta local de la energía por medio de sistemas de co-generación descentralizados a partir de fuentes energéticas renovables que incrementen y garanticen la seguridad energética de la urbanización nueva o de la renovación urbana, con una proporción de oferta para abastecimiento mínimo del 50% y máxima del 90% del consumo proyectado.

Conforme a lo dispuesto a efectos de los compromisos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales sobre las políticas públicas del Gobierno de la República, que, respecto a la industria, tiene como meta para 2024 generar el 35% de energía limpia y al 2030 el 43%, que incluya energía renovable, cogeneración con gas natural y termoeléctricas con captura de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así como la sustitución de combustibles pesados por gas natural y biomasa en la industria nacional (Semarnat, 2015).

Y acorde con lo establecido en la NOM-001-SEDE-2012 (Sener, 2012), y lo previsto en las Reglas Generales de Interconexión al Sistema Eléctrico Nacional.

## METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR (CUADRO 4).

- Contabilizar los m<sup>2</sup> área urbana incluyendo espacios públicos y vialidades.
- Contabilizar los m<sup>2</sup> construidos para edificaciones.

- c) Especificación y ubicación en planos y catálogo del sistema de co-generación a partir de fuentes energéticas renovables, de acuerdo con la región y la demanda proyectada.
- d) Estimación del porcentaje de abastecimiento de dicho sistema en la urbanización.
- e) Estimación del porcentaje de aumento del abastecimiento anual y porcentaje de aumento en la demanda.

#### DOCUMENTACIÓN REQUERIDA

- a) Memoria técnica que demuestre el cumplimiento de los rangos mínimos a partir del cálculo y la estimación del indicador, sobre la base de los criterios y procedimientos incluidos en la presente norma.
- b) Plano temático complementario resultante de los cálculos del indicador, señalando la localización y la delimitación del sistema de abastecimiento de energía por co-generación que tenga incidencia en la acción urbanística dentro del territorio a desarrollar, así como la estimación de aumento de porcentaje anual.

#### MENOS RESIDUOS

La eficiencia de los materiales es tan importante como la eficiencia en energía para cumplir los objetivos climáticos: más de la mitad de las emisiones de GEI proviene de la fabricación de bienes materiales, como autos, casas, comida, ropa y electrodomésticos, y estas emisiones están creciendo tanto como el consumo de materiales.

Se puede reducir el consumo de materiales utilizados en el proceso de producción mediante estrategias de diseño que incluyan el manejo de desechos y la desmaterialización: la creación de productos que son durables, la elección de materiales de bajo impacto, la reducción de los residuos, minimizando el envasado y aumentando el reciclaje, la reutilización y la reparación de los productos.

Aquí hay un gran rango de co-beneficios con los que se puede evitar la escasez en los recursos y los impactos, reduciendo los costos sociales y ambientales de la extracción de los recursos, tales como contaminación del aire y del agua, deforestación, pérdida de la biodiversidad y desplazamiento de comunidades locales, disminuyendo los problemas de vertederos de basura, malos olores, metano, emisiones y falta de espacio para relleno sanitario, ahorrar dinero y hacer un negocio más competitivo.

Se necesita encontrar caminos para que la gente viva bien consumiendo menos.

En este sentido, los co-beneficios para la economía incluyen:

- Conservación de recursos valiosos.
- Ahorro de costos: no desperdiciar los residuos.
- Planeta limpio: reducir impactos sociales y ambientales.

Disminución de emisiones indirectas por disminución de huella energética de materiales utilizados en la urbanización.

**CUADRO 4.** Criterio de evaluación y aceptación para certificación

<b>Proyecto</b>	<b>Seguridad energética de urbanización</b>
Criterio y cobertura mínimos	Incremento de oferta de abastecimiento de demanda proyectada 50% mínimo.
Criterio y cobertura regular	Incremento de oferta de abastecimiento de demanda proyectada >50% mínimo y <90% regular.
Criterio y cobertura óptimo	Incremento de oferta de abastecimiento de demanda proyectada <90% óptimo.

Fuente: elaboración propia.

**DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR**

El indicador se refiere al uso óptimo de los materiales de huella energética mínima acreditable a través de su análisis de ciclo de vida, que compruebe eficiencias en proporción del 20%, mínimo, y máximo del 50% respecto de productos de huella energética convencional.

**AHORRO DE COSTOS POR RECICLAJE DE MATERIAL EN LA URBANIZACIÓN**

El indicador mide la cantidad de materiales reciclados o con contenido reciclado, así como la cantidad de veces que determinado material se pueda reciclar sin que se deterioren sustancialmente sus características físicas, químicas o mecánicas, al utilizarse o se hayan utilizado en la obra.

Un material se debe reciclar únicamente cuando ya no haya otro remedio, así como cuando ya no sea posible repararlo ni volver a utilizarlo.

Además el indicador establece la utilización de materiales duraderos, reutilizados, recuperados, deconstruidos, con lo cual se minimiza la huella ecológica de la urbanización proyectada.

**REFERENCIAS TÉCNICAS**

- ACV del material o producto.
- Ficha técnica del material con la capacidad de reutilización, reciclaje y durabilidad.

- Ficha técnica del valor energético y de emisiones utilizadas en el proceso de reciclaje o extracción de energía del material a utilizar para utilizarlo como referencia (cuadro 5).

La evaluación de la energía recuperada se ha calculado de acuerdo con la siguiente ecuación (elaboración propia):

Ecuación 1. Evaluación de la energía recuperada.

$$Er = \left( \frac{(R - E)}{(R - E) + P} \right) \times 100$$

Donde:

Er= energía neta recuperada en porcentaje.

P= cantidad de energía de fuentes primarias utilizadas en el proceso de construcción.

R = cantidad de energía resultante del proceso de recuperación de energía.

E= cantidad de energía de fuentes primarias utilizada en el proceso de recuperación de energía, todas expresada en MJ.

Para determinar los precios y rendimientos de materiales y mano de obra utilizados en el proceso de ejecución, se utilizará como referencia la base de precios y rendimientos de construcción en México.

**CUADRO 5.** Valor energético y de emisiones utilizadas en el proceso de reciclaje o extracción de energía

<b>Material</b>	<b>Costo energético MJ/kg</b>	<b>Costo energético kWh/kg</b>	<b>Emisión CO<sub>2</sub>/kg</b>	<b>Peso específico kN/m<sup>3</sup></b>
Acero	35.000	9.722	2.800	78.500
Gasóleo	10.100	2.806	0.003	8.900
Cemento	4.360	1.211	0.410	13.950
Cal	3.430	0.953	0.320	9.950
Ladrillo	2.321	0.645	0.180	12.070
Madera	2.100	0.583	0.060	14.600
Yeso	1.800	0.500	0.160	12.500
Agua	0.100	0.028	0.007	15.200
Arena	0.050	0.014	0.001	10.000
Escombros	-0.050	-0.014	0.000	12.500

Fuente: Sanz, 2012.

Planos con especificación de materiales reutilizados y recuperados de la zona, identificando el material en la zona y dónde se empleará.

#### METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR

- a) Sobre la base del ciclo de vida del edificio se tomará en cuenta el tipo de materiales a utilizar, ya que, si es una edificación que está previsto que dure más de 10 años, se considerará el principio de proyectar para durar, utilizando materiales duraderos. Pero, si se trata de una construcción que se pretende que dure algunos meses o menos de cinco años, se proyectará para desmontar, con lo que se pueden reutilizar los materiales para realizar otro proyecto (cuadro 6).
- b) Se favorecerá el uso, en primera instancia, de los materiales reutilizados, recuperados de la misma zona, o bien deconstruyendo el área para ser especificado en la nueva urbanización.
- c) Se favorecerán aquellos materiales con contenido reciclado en una proporción mínima del 50% y máxima del 100% y en cuyo proceso de reciclaje se generen pocas emisiones al ambiente.
- d) Queda fuera la utilización de materiales como: poliuretano (pur) con hcf, poliuretano (pur) con CO<sub>2</sub>, poliestireno (pe), polipropileno (pp), cobre, esmaltes orgánicos, poliestireno expandido (eps), aluminio, entre otros.
- e) Se favorecerá la mano de obra local dentro de la zona a urbanizar.

**CUADRO 6.** Criterio de evaluación y de aceptación para certificación

<b>Proyecto</b>	
Criterio y cobertura mínimos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de materiales duraderos en 80%, mínimo, de la urbanización.</li> <li>• Proporción de material reciclado en materiales utilizados en la urbanización 50%, mínimo.</li> <li>• Utilización de al menos 60% en mano de obra local.</li> <li>• Materiales con contenido reciclado, duraderos u otros en cuyo proceso de reciclaje o extracción se generen pocas emisiones al ambiente en una proporción mínima del 50%.</li> </ul>
Criterio y cobertura regular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de materiales duraderos en 80%, mínimo, de la urbanización.</li> <li>• Utilización de diseño para el desmontaje en 80% de la urbanización.</li> <li>• Proporción de material reciclado en materiales utilizados en la urbanización &gt;50% y &lt;80%.</li> <li>• Materiales con contenido reciclado, duraderos u otros en cuyo proceso de reciclaje o extracción se generen pocas emisiones al ambiente, en una proporción &gt; 50% y &lt; 80%.</li> <li>• Utilización de &gt; 60% y &lt;80% en mano de obra local.</li> </ul>
Criterio y cobertura óptimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de materiales duraderos en &gt;90%, mínimo, de la urbanización.</li> <li>• Utilización de diseño para el desmontaje en &gt;90% de la urbanización.</li> <li>• Utilización de materiales recuperados y reutilizados de la zona y zonas cercanas a la urbanización (incluye el proceso de desmaterialización) &gt;80%.</li> <li>• Proporción de material reciclado en materiales utilizados en la urbanización &gt;80%.</li> <li>• Materiales con contenido reciclado, duraderos u otros en cuyo proceso de reciclaje o extracción se generen pocas emisiones al ambiente en una proporción &gt;80%.</li> <li>• Utilización de &gt; 80% en mano de obra local.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.



**DOCUMENTACIÓN REQUERIDA**

- ACV del material o producto.
- Memoria técnica que demuestre el cumplimiento de los rangos a partir del cálculo del indicador, sobre la base de los criterios y procedimientos incluidos en la presente norma.
- Especificación y ficha técnica del material con la capacidad de reutilización, reciclaje y durabilidad en catálogo y planos.
- Especificación y ficha técnica del material con el cálculo de la energía recuperada en catálogo y planos.
- Documentación de la mano de obra local.
- Análisis de materiales de costos comparativos.
- Planos con especificación de materiales reutilizados y recuperados de la zona, identificando el material en la zona y dónde se empleará.

**ESTILO DE VIDA**

Los estilos de vida bajos en carbono pueden ayudar a hacer frente a los problemas de salud pública relacionados con inactividad física, dieta baja en nutrientes y estrés, lo cual causa la mitad de las muertes atribuidas.

Viajes activos, tales como caminar o andar en bici en lugar de utilizar el auto, pueden mejorar la salud y el bienestar de un gran número de personas con estilos de vida sedentarios, lo que reduce el riesgo de ataques al corazón.

Los hábitos actuales en infraestructura y cultura, y las normas sociales, a menudo hacen que sea difícil cambiar a estilos de vida más sostenibles. Se necesitan políticas fuertes para promover los viajes activos, mejores dietas y menos sobreconsumo.

En este sentido, los co-beneficios para el medioambiente, la economía y la sociedad incluyen:

- Integración del medio natural con el medio urbano-edificado.
- Más oportunidades para la interacción social y el juego al aire libre.

- Manejar menos, caminar y andar en bicicleta es igual a menos obesidad y enfermedades del corazón, menos ruido del tráfico, menos accidentes.
- Mejora de las oportunidades para la interacción social y la recreación.

**DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR**

El indicador señala que los proyectos urbanos nuevos y de renovación se orientarán hacia el uso de áreas verdes mediante su diseño urbano y su conectividad, hacia la interacción social de los vecinos y las comunidades, considerando una proporción de cuando menos el 70% y un máximo del 90% de las áreas verdes proyectadas, de modo que se favorezca la cohesión y la interacción social, así como la recreación.

Sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente, a los efectos de esta norma se considerarán como criterios o estrategias de conectividad entre zonas de recreación sobre la base de la movilidad sustentable que se incluye en la referencia técnica movilidad sustentable de la presente norma (véase indicador “movilidad sustentable”).

**METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR**

Cantidad de áreas verdes destinadas a la recreación y la interacción social, conectadas y articuladas en la urbanización en relación 9:1 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, como mínimo, destinada a la recreación, considerando una conectividad con el uso de estas áreas del 70 al 90% (cuadro 7).

**DOCUMENTACIÓN REQUERIDA**

Memoria técnica que demuestre el cumplimiento de los rangos a partir del cálculo del indicador, sobre la base de los criterios y procedimientos incluidos en la presente norma, y donde se incluya:

- a) Presentación.
- b) Marco regulatorio.
- c) Diagnóstico y análisis de la oferta de movilidad en infraestructura.
- d) Estimación y cálculo de m<sup>2</sup> de área verde por habitante de acuerdo con demanda, expansión futura y crecimiento de la población.



**CUADRO 7.** Criterios de evaluación y de aceptación para certificación

<b>Proyecto</b>	<b><i>Economía más fuerte</i></b>
Criterio y cobertura mínimos	• Cantidad de áreas verdes destinadas a la recreación y la interacción social conectadas y articuladas en la urbanización en m <sup>2</sup> por habitante en relación 9:1 m <sup>2</sup> de área verde por habitante, destinada a la recreación, considerando su conectividad.
Criterio y cobertura regular	• Cantidad de áreas verdes destinadas a la recreación y la interacción social interconectadas y articuladas en la urbanización en m <sup>2</sup> por habitante en relación >9:1, 9 m <sup>2</sup> de área verde por habitante, destinada a la recreación, considerando su conectividad.
Criterio y cobertura óptimo	• Cantidad de áreas verdes destinadas a la recreación y la interacción social conectadas y articuladas en la urbanización en m <sup>2</sup> por habitante en relación >15:1, 15 m <sup>2</sup> de área verde por habitante, destinada a la recreación, considerando su conectividad.

Fuente: elaboración propia.

- e) Objetivos, alcances y resultados esperados.
- f) Plano temático complementario resultante de los cálculos del indicador, señalando la clasificación y el porcentaje, tanto de las vialidades destinadas al peatón, los ciclistas y al tránsito vehicular motorizado, como de la superficie total de vialidad dentro de los límites de la acción urbanística, vinculada con las zonas para recreación y esparcimiento con áreas verdes, lo cual promueva la cohesión social.
- g) Definición de procesos de monitoreo y evaluación para el mantenimiento y la seguridad de las áreas.

## **METABOLISMO URBANO Y EL IMPACTO AMBIENTAL**

Se define como el conjunto de variables, índices o indicadores que regulan el intercambio de materia, energía e información que se establece entre el sistema urbano y su contexto natural o geográfico.

El medio ambiente, como todo sistema abierto, intercambia recursos y disipa energía, y de este intercambio depende el nivel de reproducción y de evolución del subsistema, por lo que es tan importante el sistema como el medio. Este sistema

está formado por subsistemas, por lo que el ser humano, la tecnología y las interfases de comunicación forman parte de los esquemas energéticos y de información.

El metabolismo urbano establece nuestros requerimientos de materias primas y el impacto que su uso tiene en el ambiente, así como ayuda a vislumbrar las interacciones entre los materiales y los mecanismos sociales. Los núcleos urbanos tienen una gran concentración de energía por unidad de superficie si es comparado con un campo agrícola o un medio ambiente natural. Las dimensiones de los flujos resultantes en las ciudades están incitando inestabilidades en el medio ambiente.

Debido a esto, los servicios que provee el sector gubernamental de agua y alcantarillado, recolección de residuos sólidos, abastecimiento de energía, los cuales, junto con el consumo de combustibles y emisiones atmosféricas, los espacios verdes, parques y los riesgos naturales que enfrenta la ciudad, conforman una síntesis de lo que la ciudad adquiere del medio ambiente para su funcionamiento.

En argumentación a lo anterior, se puede afirmar que los desechos que producen las ciudades y sistema de procesamiento y la mitigación de los impactos, ubican al ser humano como el parámetro principal de todos los aspectos que

constituyen la vida en las ciudades. Es una equivalencia que toma a la ciudad como ser viviente que utiliza para abarcar estos servicios que se requieren monitorear y manipular, con el objetivo de obtener un ambiente apropiado para la sociedad (Vega Marcote, Freitas, Álvarez Suárez y Fleuri, 2007).

#### GESTIÓN HÍDRICA URBANA (ECHP)

El indicador permite dimensionar la eficiencia de sistema urbano en el consumo hídrico proyectado, contrastando la media de dicho consumo con la demanda referencial media del recurso basada en consumos óptimos, incluyendo tanto la correspondencia con diversas tipologías edificatorias, como con la identificación de dos consumos por calidades de agua: potable y no potable (véase cuadro adjunto).

En este sentido, el indicador se expresa en porcentajes comparando el consumo medio optimizado total (co) con el consumo medio proyectado total (cp), y puede aplicarse en las dos categorías: a) consumo medio domiciliario proyectado (no potable y total), y b) consumo medio urbano proyectado (no potable y total).

Se requerirá lo siguiente:

- Datos de la demanda referencial media del recurso basada en consumos óptimos, tal cual se expresa en el siguiente cuadro (8).

#### METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR

- Cálculo estimado del total de habitantes potenciales (thp) que albergará el proyecto sobre la base del número total de habitantes estimados en cada una de sus tipologías edificatorias proyectadas y cantidad de las mismas.
- Cálculo estimado del total de habitantes de la tipología o las tipologías edificatorias proyectadas, expresado en su proporción respecto del total de habitantes estimado dentro del proyecto, de acuerdo con la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Cálculo estimado del total de habitantes.

$$\sum_{i=1}^3 \Delta Pi = \Delta PTPFI + APTPFSI + \Delta PTUF$$

**CUADRO 8.** Consumo urbano de agua optimizado

Consumo medio optimizado y por calidades de agua litros/persona-día									
	PFI			PFSI			UF		
Uso del agua	Potable	No potable	Consumo total	Potable	No potable	Consumo total	Potable	No potable	Consumo total
Doméstico	64	18	82	68	28	96	70	90	160
Público		14	14		14	14		14	14
Comercial	4	4	8	4	4	8	4	4	8
<b>Total por calidades</b>	<b>68</b>	<b>36</b>	<b>104</b>	<b>72</b>	<b>46</b>	<b>118</b>	<b>74</b>	<b>108</b>	<b>182</b>
PFI: Plurifamiliar intensivo; PFSI Semintensivo; UF: Unifamiliar. Doméstico: Consumo vinculado al uso residencial; Público: Limpieza del ámbito urbano, riego de parques y jardines, etc.; Comercial: Actividad económica en el ámbito urbano.									

Fuente: Bonilla, 2014.

Donde:

$\Delta P = \sum_{i=1}^3 \Delta P_i$  = es la parte proporcional de los habitantes de la tipología o las tipologías edificatorias proyectadas tomadas en su totalidad respecto de la población total de habitantes estimado dentro del proyecto, resultante de la sumatoria de la parte proporcional de habitantes de cada tipología edificatoria en relación con el total de habitantes estimado dentro del proyecto.

$\Delta PFI$ : es la parte proporcional que representa el total de habitantes estimado para la tipología plurifamiliar intensiva proyectada = (número total de viviendas proyectadas de la tipología x número total de habitantes estimados por vivienda) / THp (I).

$\Delta PFSI$ : es la parte proporcional que representa el total de habitantes estimado para la tipología plurifamiliar semiintensiva proyectada = (número total de viviendas proyectadas de la tipología x número total de habitantes estimados por vivienda) / THp (a).

$\Delta PUF$ : es la parte proporcional que representa el total de habitantes estimado para la tipología unifamiliar proyectada = (número total de viviendas proyectadas de la tipología x número total de habitantes estimados por vivienda) / THp (I).

Es posible que al menos dos de los tres coeficientes  $\Delta PFI$ ,  $\Delta PFSI$  o  $\Delta PUF$  sean = 0, lo cual significaría que el proyecto se desarrollará sobre la base de sólo una de las tres clases de tipologías edificatorias.

Plurifamiliar intensiva.

- c) Establecimiento de la constante de referencia consumo medio optimizado total ( $\omega_o$ ) del sistema urbano proyectado a partir de los datos en el cuadro 1 y con la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Constante de referencia consumo medio optimizado.

$$\omega_o = \sum_{i=1}^3 \omega_o i = \omega_o (PFI) + \omega_o (PFSI) + \omega_o (UF)$$

Donde:

$\omega_o$ : 404 Lpd es la constante del consumo optimizado total resultante de la sumatoria de los valores de consumo optimizado total por cada tipología edificatoria y por calidades de agua.

$\omega_o$  (pfi): 104 Lpd es la constante del consumo optimizado total sobre la base de la tipología edificatoria plurifamiliar intensivo.

$\omega_o$  (pfsi): 118 Lpd es la constante del consumo optimizado total sobre la base de la tipología edificatoria plurifamiliar semiintensiva.

$\omega_o$  (uf): 182 Lpd es la constante del consumo optimizado total sobre la base de la tipología edificatoria unifamiliar.

- d) Cálculo del consumo total proyectado ( $\omega_p$ ) del sistema urbano proyectado, sobre la base de la ecuación de c) pero sustituyendo variables.

Donde:

$\omega_p$  (pfi): es el valor del consumo proyectado total para la tipología edificatoria plurifamiliar intensivo expresado en Lpd.

$\omega_p$  (pfsi): es el valor del consumo proyectado total para la tipología edificatoria plurifamiliar semiintensiva expresado en Lpd.

$\omega_p$  (UF): es el valor del consumo proyectado total para la tipología edificatoria unifamiliar expresado en Lpd.

- e) Cálculo del consumo medio optimizado total ( $C_o$ ) del sistema urbano proyectado como demanda de referencia, sobre la base de la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Cálculo del consumo medio optimizado total.

$$C_o = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta P_{i\omega o_i}$$

Donde:

Co = es el consumo medio optimizado total del sistema urbano proyectado expresado en Lpd.

$\omega o = 404$  Lpd es la constante del consumo optimizado total del sistema urbano sobre la base de la sumatoria de los consumos totales optimizados por cada tipología edificatoria (c).

$\Delta P = \sum_{i=1}^3 \Delta P_i$  = es la proporción del total de habitantes estimado de la o las tipologías edificatorias proyectadas respecto al total de habitantes estimado (b).

f) Cálculo del consumo medio proyectado total (Cp) del sistema urbano proyectado sobre la base de la ecuación dev pero sustituyendo variables.

Donde:

Cp es el consumo medio proyectado total del sistema urbano proyectado expresado en Lpd.

$\omega p = \sum_{i=1}^3 \omega p_i = \omega p(pfi) + \omega p(pfsi) + \omega p(uf)$  = consumo proyectado total del sistema urbano sobre la base de la sumatoria de los consumos totales proyectados por cada tipología edificatoria (d).

Donde:

$\omega p(pfi)$ : es el valor del consumo proyectado total para la tipología edificatoria plurifamiliar intensivo expresado en Lpd.

$\omega p(pfsi)$ : es el valor del consumo proyectado total para la tipología edificatoria plurifamiliar semiintensiva expresado en Lpd.

$\omega p(uf)$ : es el valor del consumo proyectado total para la tipología edificatoria unifamiliar expresado en Lpd.

e) Cálculo del consumo medio optimizado total (Co) del sistema urbano proyectado como demanda de referencia, sobre la base de la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Constante de referencia consumo medio optimizado del sistema urbano.

$$Co = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta P_i \omega o_i$$

Donde:

Co es el consumo medio optimizado total del sistema urbano proyectado expresado en Lpd.

$\omega o = \sum_{i=1}^3 \omega o_i = 404$  Lpd es la constante del consumo optimizado total del sistema urbano sobre la base de la sumatoria de los consumos totales optimizados por cada tipología edificatoria (c).

$\Delta P = \sum_{i=1}^3 \Delta P_i$  = es la proporción del total de habitantes estimado de la o las tipologías edificatorias proyectadas respecto al total de habitantes estimado (b).

f) Cálculo del consumo medio proyectado total (Cp) del sistema urbano proyectado sobre la base de la ecuación de v pero sustituyendo variables.

Donde:

Cp es el consumo medio proyectado total del sistema urbano proyectado expresado en Lpd.

$\omega b = \sum_{i=1}^3 \omega b_i = \omega b(bu) + \omega b(buzi) + \omega b(nu)$  = consumo proyectado total del sistema urbano sobre la base de la sumatoria de los consumos totales proyectados por cada tipología edificatoria (d).

$\Delta P = \sum_{i=1}^3 \Delta P_i$  = es la proporción del total de habitantes estimado de la o las tipologías edificatorias proyectadas respecto al total de habitantes estimado, calculada en b).

g) Cálculo de la eficiencia del sistema urbano en el consumo hídrico proyectado (ECHp), sobre la base de la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Cálculo de la eficiencia del sistema urbano en el consumo hídrico proyectado.

$$ECHp = \left( \frac{Co}{Cp} \right) \times 100$$

Donde:

*ECHp*: es el porcentaje de eficiencia en el consumo hídrico proyectado para el sistema urbano.

*Co*: es el consumo medio optimizado total del sistema urbano proyectado expresado en Lpd, entendido como demanda de referencia (e).

*Cp*: es el consumo medio proyectado total del sistema urbano proyectado expresado en Lpd (f).

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Porcentaje de eficiencia del consumo hídrico proyectado para el sistema urbano sobre la base de la siguiente escala valorativa (cuadro 9).

### DOCUMENTACIÓN REQUERIDA

- Requisitos del proyecto definitivo de urbanización.
- Memoria técnica, que demuestre el cumplimiento de los rangos mínimos a partir del cálculo del indicador, sobre la base de los criterios y procedimientos incluidos en la presente norma.

### CONCLUSIONES

Existen múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos al implementar este tipo de infraestructura. Es importante mencionar que para

aumentar su eficacia es importante el monitoreo, mantenimiento y evaluación entre los actores y usuarios involucrados (Semarnat, 2015). Como ejemplos de ello se pueden destacar los siguientes:

- Mejoras en los sistemas de drenaje que permitan la disminución de inundaciones; tratamiento, captación y distribución del agua.
- Promover la movilidad sustentable, como ciclovías, ciudad caminable y un mejor transporte público incorporando infraestructura que permita la formación de corredores, parques, jardines, calles y camellones verdes.
- Los espacios verdes pueden promover puntos de encuentro social, diseño urbano, paisaje urbano, que pretenden aminorar la inequidad en la accesibilidad y calidad del espacio público dentro de una comunidad.
- Inclusión de las especies endémicas que permitan la restauración de ecosistemas fragmentados por el paisaje urbano e influyan en la articulación de éste con la biodiversidad, manteniendo las funciones ecológicas originales y la prestación de servicios ecosistémicos que éstos brindan.

Incorporando los elementos mencionados anteriormente se hace una descripción más detallada sobre los beneficios ambientales, sociales, económicos y del clima de la infraestructura verde desde una perspectiva donde existe una interacción

**CUADRO 9.** Criterios para la certificación

<b>Grado de eficiencia del sistema urbano en el consumo hídrico proyectado</b>	<b><i>ECHp</i> (%)</b>
Óptimo	90 a 100%
Excelente	75 a 89%
Suficiente	65 a 69%
Insuficiente	< 60%
<b>Proyecto</b>	<b><i>ECHp</i> (%)</b>
Criterio mínimo	65 a 69%
Criterio óptimo	90 a 100%

Fuente: elaboración propia.



y participación entre los gobiernos, instituciones y grupos de población involucrados. Dichas acciones pueden adaptarse a las condiciones y necesidades específicas de cada entorno como se muestra en el cuadro 10.

En consecuencia, se requiere diseñar modelos de sistemas urbanos y arquitectónicos de alta eficiencia, basados en determinación de estructuras físicas, ambientales y sociales sustentables, a partir de factores y elementos que garanticen calidad de vida en la habitabilidad de las ciudades y la vivienda, incluyendo sus fases de diseño, desarrollo y operación en tiempo y espacio. Así como la producción, análisis y síntesis de información para investigación, monitoreo y modelación de

sistemas de funciones y metabolismo urbano de la vivienda en el país, incluyendo la opinión de los habitantes.

La antigua visión de las políticas climáticas vistas como una carga económica está dando paso a una nueva visión de una economía verde próspera y dinámica.

Los co-beneficios económicos incluyen un probable incremento de trabajos netos en comparación con el trabajo usual; ahorro de costos en los recursos para los negocios y en el hogar, lo que incrementa productividad y competencia; nuevas oportunidades de trabajo; más innovación, y una economía estable y segura, protegida de la escasez de recursos y la crisis de los precios.

**CUADRO 10.** Beneficios de la infraestructura verde

<b>Ambientales</b>	<b>Sociales</b>	<b>Económicos</b>	<b>Cambio Climático</b>
Mejora de la calidad del aire	Humanización de las ciudades	Optimización de la inversión pública al atender distintos objetivos e incentivar la coordinación entre actores clave	Disminución de gases de efecto invernadero
Mejora de la salud de los ecosistemas	Generación de bienestar físico y psicológico	Atracción para negocios, turismo y economía verde	Reducción del efecto de la isla de calor
Conectividad ecológica	Cohesión y organización social	Incremento de plusvalía de las zonas donde se implementa	Regulación climática
Reducción de la contaminación por ruido	Mejora de la habitabilidad	Eficiencia energética	Mejor manejo de agua: inundaciones, abastecimiento, re-uso, recarga
Reducción de la contaminación visual	Mejora estética del paisaje	Eficiencia energética	Fomento de la resiliencia en el sistema socio-ambiental
Producción de servicios ecosistémicos y bienes ambientales	Esparcimiento (recreación y deporte)	Reducción de costos en los sistemas de salud (público y privado)	Prevención de riesgos hidrometeorológicos
Recuperación de hábitats naturales	Mejora la salud pública		Reducción de la vulnerabilidad socio-ambiental
Biodiversidad y hábitat de especies	Favorece la movilidad sustentable		
	Fortalece la educación ambiental		
	Confort térmico		

Fuente: Semarnat, 2015.

Una economía baja en carbono necesita un gobierno fuerte apoyado por una clara regulación y un marco de los costos, ambiciosos objetivos a largo plazo, e invertir en educación, investigación e infraestructura.

Se necesita reestructurar el camino de las economías desde la visión de la dependencia en continuo crecimiento de material de consumo.

En este sentido, los co-beneficios para la economía incluyen:

- Competitividad, innovación y nuevas oportunidades de negocio.
- Descripción del indicador.

El indicador mide las acciones urbanísticas y de renovación urbana que promuevan la asociación con entidades, organizaciones o empresas que favorezcan la educación e innovación, de modo que se fomente la creación de nuevas patentes, modelos de negocios, nuevos productos y tecnologías sustentables en edificación y urbanización, con lo que se fomenta el crecimiento de una economía verde en el territorio.

Por lo anterior, es evidente que el desarrollo del metabolismo urbano implica el respeto y el compromiso con el medio ambiente; un proceso de selección de sistemas y tecnologías de bajo consumo energético utilizado por los edificios; un estudio del impacto ambiental que ocasione la aplicación de determinados materiales de construcción, y un proceso de selección de los materiales utilizados en la edificación, además del ahorro de agua y del reciclaje de desechos.

Asimismo, una vez establecidos los componentes del paisaje, así como el estudio de las distintas maneras de visualizar el entorno, es factible realizar una valoración del ambiente que permita una futura intervención adecuada, que no impacte de manera negativa aquellos elementos verdes que, además de ser indispensables, enriquecen el desarrollo adecuado de la sociedad dentro del entorno urbano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonilla, W. D. (2014). Obtenido de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00001845.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2018). Ley General de Cambio Climático. Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación*: 13-07-2018. México.
- Climate, I. P. (2007). *Climate Change —Mitigation of Climate Change*.
- Davydova B., V. (2015). *Agua y urbanización: Los desafíos del presente y visión a futuro en la zona metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- FAO. (2014). *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe*. Roma: ONU.
- Figueroa, Clemente, y Muñoz, Sara. (2017). *Los sumideros naturales de dióxido de carbono para una nueva economía regional*. España.
- Haro Castillo, B. E. (2013). *Morbilidad y mortalidad por dengue, asociada a eventos de lluvias intensas e inundaciones en la zona metropolitana de Guadalajara*. Tesis inédita de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental. Zapopan: Universidad de Guadalajara-CUCBA.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2018). *Teoría del cambio de la política nacional de cambio climático*. Coordinación de Evaluación. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324668/tdc\\_narrativa\\_versi\\_n\\_final\\_100518.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324668/tdc_narrativa_versi_n_final_100518.pdf)
- IPCC. (2012). AR3: Resumen para responsables de políticas. *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Edición a cargo de C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. -K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, y P. M. Midgley, pp. 1-19. Recuperado de: [https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/ipcc\\_srex\\_es\\_web.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/ipcc_srex_es_web.pdf)
- Klein, N. (2011 [2007]). *This changes everything*. ONU.
- Organización de las Naciones Unidas. (2018). *REDD+ Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques*. Nueva York: ONU.
- Rockefeller Foundation. (2016). *Climate Resilience Must be a Global Priority*. Recuperado de: [hyperlink https://www.rockefellerfoundation.org](https://www.rockefellerfoundation.org)

- org/blog/climate-resilience-must-be-a-global-priority/ <https://www.rockefellerfoundation.org/blog/climate-resilience-must-be-a-global-priority/>
- Sanz, J. (2012). Análisis comparativo con base en la sostenibilidad ambiental entre bóvedas de albañilería y estructuras de hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción*, 16(25).
- Secretaría de Energía. (2012). *NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (utilización)*. México: Sener.
- Semarnat. (2015). *Acciones para cumplir compromisos de mitigación de GEI*. Recuperado el 12 de mayo de 2015, de <http://saladeprensa.semarnat.gob.mx/index.php/noticias/2131-in-forma-semarnat-acciones-para-cumplir-compromisosde-mitigacion-de-gei>
- Smith, J. (s/f). *Global footprint network annual report 2013*. Obtenido de [https://www.footprint-network.org/.../gfn\\_ar\\_2013\\_final.pdf](https://www.footprint-network.org/.../gfn_ar_2013_final.pdf)
- Stern, N. (2007). *Unions for energy democracy*. Recuperado el 30 de agosto de 2019, de [http://unionsforenergydemocracy.org/wp-content/uploads/2015/08/sternreview\\_report\\_complete.pdf](http://unionsforenergydemocracy.org/wp-content/uploads/2015/08/sternreview_report_complete.pdf)
- Vega Marcote, Freitas, y Álvarez Suárez, Fleuri. (2007). Marco metodológico de educación ambiental e intercultural para un desarrollo sostenible. *Eureka*, 4(3): 540. España.