

# El costo de la expansión urbana en México





Hidalgo, México. Crédito: Francisco Enríques/Flickr

## Autores principales

Gorka Zubicaray Díaz<sup>1</sup>, Lorelei Ramírez Reyes Brito<sup>2</sup>, Abraham Berumen<sup>3</sup> y Eric Mackres<sup>4</sup>

## Coautores

Alejandra Bosch Barruel<sup>5</sup>, Mauricio Brito Moreno<sup>6</sup>, Natalia García Montoya<sup>7</sup> y Jorge A. Macías Mora<sup>8</sup>

## Cómo citar esta publicación

Zubicaray, G., Ramírez Reyes, L., Berumen, A., Mackres, E., Bosch, A., Brito, M., García, N. y Macías, J. (2021). El costo de la expansión urbana en México. Londres y Washington DC: Coalition for Urban Transitions. Disponible en: <https://urbantransitions.global/publications/>

1. Instituto de Recursos Mundiales México (WRI México)
2. Especialista en estadística urbana
3. Especialista en planeación urbana
4. World Resources Institute (WRI)
5. Instituto de Recursos Mundiales México (WRI México)
6. Instituto de Recursos Mundiales México (WRI México)
7. Especialista en regulación y normativa urbana
8. Especialista en economía ambiental y urbana

---

**Coalition for Urban Transitions**  
c/o World Resources Institute  
10 G St NE Suite 800  
Washington DC 20002, USA

**C40 Cities Climate Leadership Group**  
3 Queen Victoria Street  
London EC4N 4TQ  
United Kingdom

**WRI Ross Center for Sustainable Cities**  
10 G St NE Suite 800  
Washington, DC 20002, USA

## Sobre este reporte

Este documento es una publicación de la Coalición por la Transformación Urbana en México, iniciada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI México) en enero de 2019. Entre los integrantes y colaboradores de la Coalición se encuentran C4o, GGGI, el Tecnológico de Monterrey, ONU-Habitat, ICLEI, Fundar, Oxfam, PUEC UNAM, FA UNAM, CEPAL, Techo México, GIZ, El Colegio de Urbanistas de México, IDOM e ITAM.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo y el tiempo de los revisores de este documento: Acoyani Adame y Tanya Jiménez (WRI México), Héctor Donado (WRI Colombia), Luana Betti y Marina García (WRI Brasil), Juan Carlos Altamirano (WRI), Carlos Brown (SUR- Instituto del Sur Urbano), Mauricio Correa (IBERO), Diego Pérez (ONU-Habitat) y Jorge Wolpert. Robin King ha sido un miembro esencial, sin cuya guía el documento no se habría materializado. José Luis Santana y Anamaría Martínez han acompañado todo el proceso de revisión. Karla López y Nancy Rojas, responsables de coordinación editorial y diseño respectivamente, han hecho posible que pueda leerse este documento.

## Exención de responsabilidad

El análisis, los argumentos y las conclusiones presentados aquí son la síntesis de diversos puntos de vista de los autores, colaboradores y revisores. Las opiniones y recomendaciones de esta publicación no reflejan necesariamente las opiniones o políticas oficiales del Instituto de Recursos Mundiales o del resto de los miembros de la Coalición por la Transformación Urbana, ni tampoco la del Gobierno del Reino Unido.



This material has been funded by the UK government; however, the views expressed do not necessarily reflect the UK government's official policies.

# Tabla de Contenido



**Resumen ejecutivo 1**



**¿Por qué calcular el costo de la expansión urbana? 6**



**Las ciudades mexicanas: expansión, emisiones y desigualdad 8**



**La relación entre la forma urbana y el costo para la ciudad 12**

3.1. Estructura urbana y costos 12

3.2. Clasificación de usos del suelo urbano con aprendizaje automático (*machine learning*) 15

3.3. Herramientas para estimar el costo de la urbanización 16



**Calcular el costo de la ciudad 18**

6.1. La vivienda 29

6.2. El desplazamiento 31

6.3. Los servicios urbanos 32

6.4. Las emisiones 34

6.5. El costo total 36



**Percepción remota para clasificar los usos del suelo urbano 22**

5.1. Clasificación de usos del suelo urbanos 22

5.2. Proceso de clasificación 23

5.3. Limitaciones del proceso y estimación del error 25



**La expansión periférica en ocho zonas metropolitanas 28**



**El costo nacional de la expansión urbana 38**

7.1. Agrupación de las zonas metropolitanas	38
7.2. El costo público: la provisión de servicios urbanos	40
7.3. El costo privado: la urbanización y los desplazamientos	41
7.4. El costo de las externalidades: las emisiones	42



## ¿Es posible otra ciudad? 44

8.1. Tendencia actual: el problema de las finanzas públicas	45
---	----

8.2. Apostar por la localización: la reducción de los costos de desplazamiento	48
8.3. Apostar por la densidad: la posibilidad de reducir emisiones	52
8.4. En resumen: localización y densidad, claves para la sostenibilidad financiera	53



## La oportunidad: la acción desde la política pública federal 56



## Conclusiones: principios para la planeación urbana 60



## Apéndices 62

11.1. Selección y agrupación de las zonas metropolitanas	62
11.2. Cálculo de los costos	63
11.3. Construcción de escenarios	79



## Referencias 81

Índice de figuras	84
Índice de cuadros	85

## Abreviaturas

<b>AGEB</b>	Área geoestadística básica (del marco geoestadístico nacional)
<b>CONAPO</b>	Consejo Nacional de Población
<b>CONAVI</b>	Comisión Nacional de Vivienda
<b>COS</b>	Coefficiente de Ocupación del Suelo
<b>CRE</b>	Comisión Reguladora de Energía
<b>CTU / CUT</b>	Coalición para la Transformación Urbana / Coalition for Urban Transitions
<b>CUS</b>	Coefficiente de utilización del suelo
<b>DCN</b>	Distrito central de negocios
<b>EFIPEM</b>	Estadística de Finanzas Públicas Estatales y Municipales
<b>ENIGH</b>	Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares del INEGI
<b>IEPS</b>	Impuesto especial sobre producción y servicios
<b>INECC</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>ONAVIS</b>	Organismos nacionales de vivienda
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>PCU</b>	Perímetros de contención urbana
<b>SACMEX</b>	Sistema de Aguas de la Ciudad de México
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>SHCP</b>	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
<b>SNIIV</b>	Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda
<b>SUN</b>	Sistema Urbano Nacional
<b>WRI</b>	World Resources Institute – Instituto de Recursos Mundiales



Ciudad de México. Crédito: Jason DeVoll/Flickr

## Resumen ejecutivo

### PUNTOS DESTACADOS

- La magnitud del costo económico asociado a la expansión depende de la estructura urbana de cada ciudad y de la composición tipológica de su parque habitacional. El costo de provisión de servicios públicos básicos depende de esos factores, pero también de la capacidad de recaudación local.
- Extrapolando los resultados, la suma de los costos de provisión de los servicios urbanos básicos y el gasto de desplazamiento de las familias suponen anualmente más del 1% del PIB nacional.
- El modelo urbano actual no es sostenible financieramente a largo plazo. En 2050 la mitad de las ciudades analizadas requerirían incrementar su gasto municipal del 48 al 244% para mantener el mismo gasto actual por vivienda en la provisión de servicios públicos urbanos.
- La localización de las nuevas viviendas en zonas consolidadas cercanas a fuentes de empleo supondría un ahorro conjunto promedio de 5.6% en gastos de desplazamiento, respecto de un escenario de continuidad del modelo actual.
- La densificación de periferias lejanas que no se acompañe de políticas de localización puede reducir el costo total de la expansión urbana en algunas ciudades, pero no en todas. Sin embargo, en este escenario las familias incurren en mayores costos anuales de desplazamiento, lo que afecta a los grupos más vulnerables.

- Las políticas de densificación y de localización no deben implementarse de forma aislada, sino conjuntamente para maximizar sus beneficios y de acuerdo con el contexto particular de cada ciudad.
- Las políticas de localización y densificación se tienen que desarrollar en un contexto de corresponsabilidad en la planeación de todos los órdenes de gobierno. Por ello deben desarrollarse instrumentos de planeación consensuados entre gobiernos y ciudadanía que sean eficientes, transparentes, democráticos y que regulen el futuro crecimiento sostenible de la ciudad.

## SOBRE ESTA PUBLICACIÓN

*El costo de la expansión urbana en México* es la tercera publicación de la Coalición por la Transformación Urbana en México, después de *Acciones federales para la planeación urbana: hacia mejores ciudades para todos* y *Las ciudades mexicanas: tendencias de expansión y sus impactos*<sup>1</sup>.

La Coalición por la Transformación Urbana es una iniciativa global cuyo objetivo es apoyar a los gobiernos nacionales en la transición a un nuevo paradigma urbano, con ciudades económicamente prósperas, incluyentes y sostenibles, para lograr un horizonte de cero emisiones en 2050. A nivel global, la Coalición está integrada por más de cuarenta instituciones que desarrollan investigación orientada a la toma de decisiones para implementar los Objetivos de Desarrollo Sostenible<sup>2</sup>, la Nueva Agenda Urbana<sup>3</sup> y las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional<sup>4</sup>.

En México, la Coalición ha trabajado desde enero de 2019. Entre sus integrantes y colaboradores se encuentran WRI México, C40, GGGI, Tecnológico de Monterrey, ONU-Habitat, ICLEI, Fundar, Oxfam, UNAM, CEPAL, Techo México, GIZ, El Colegio de Urbanistas de México, IDOM e ITAM.

## LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS CIUDADES

Las ciudades mexicanas se enfrentan a un triple reto que obstaculiza su transformación hacia un modelo urbano compacto, conectado, coordinado, limpio y equitativo (3C+LE): la expansión urbana sin control, las emisiones de contaminantes y la desigualdad en el acceso al empleo y al equipamiento urbano (cf Zubizaray et al., 2021.). La expansión urbana<sup>5</sup> en los últimos veinte años se ha verificado de forma más acusada en ciudades intermedias<sup>6</sup>, especialmente en las localidades rurales de las zonas metropolitanas, con crecimientos cuatro veces superior que el de las localidades urbanas de esas ciudades. La expansión ha traído aparejada incrementos en las emisiones de contaminantes atmosféricos – principalmente partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>– y gases de efecto invernadero, sobre todo en ciudades pequeñas y medianas. Por último, las nuevas periferias urbanas son espacios de segregación socioespacial, con escasas oportunidades de empleo informal y con un acceso deficiente a los satisfactores urbanos que mejoran la calidad de vida: empleo formal, equipamiento urbano básico y espacio público. Las ciudades mexicanas están polarizadas: la población de mayores recursos concentra el acceso a los satisfactores urbanos y la más desfavorecida está privada de gran parte de estas opciones.

1. Disponibles en <https://urbantransitions.global/>  
 2. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>  
 3. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>  
 4. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015\\_indc\\_esp.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf)  
 5. La mancha urbana es la extensión de suelo urbanizado que ya no se dedica a usos económicos primarios, como la agricultura. El fenómeno de expansión urbana es el proceso en

el que el ritmo de crecimiento de la mancha urbana es superior al ritmo de crecimiento de la población urbana. Por ejemplo, si la mancha urbana crece al 5% anual y la población al 4% anual, existe un proceso de expansión urbana. El crecimiento de la superficie urbana a una tasa superior al de la población implica una reducción de la densidad de la población urbana (número de habitantes/superficie urbanizada).  
 6. Definidas como ciudades con una población comprendida entre medio millón y 3 millones de habitantes.



## EL CÁLCULO DEL COSTO DE LA EXPANSIÓN

La expansión urbana, además de impactos negativos, tiene un costo económico. Para estimar ese costo el reporte analiza el costo de la expansión periférica en ocho zonas metropolitanas: Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Tijuana, Reynosa, Mérida, Tuxtla Gutiérrez y Culiacán. La diversidad en tamaño, estructura urbana y región de los casos de estudio proporciona una mejor evaluación de la situación actual y los resultados pueden servir de orientación para ciudades con características similares.

La modelación considera cuatro componentes: costos de construcción de la vivienda y su urbanización, emisiones derivadas de la construcción, gasto de desplazamiento y costo de provisión de servicios básicos. Los costos se extrapolan a nivel nacional. y por último se proyectan a futuro tres escenarios: uno de continuidad con las mismas tendencias, otro en el que se fomenta la localización adecuada de la vivienda (acercándola a fuentes de empleos, servicios y equipamientos) y un tercero en el que se densifica la periferia externa.

## EL COSTO ACTUAL DE LA EXPANSIÓN

El análisis de los componentes individuales muestra que la composición del parque habitacional de cada ciudad impacta directamente en el costo. En la mayoría de las ciudades, salvo Culiacán, Mérida y el Valle de México, la urbanización de la infraestructura vial de los desarrollos habitacionales de baja densidad impacta en mayor medida en el costo de construcción de la vivienda, por lo que se sugiere apostar por modelos urbanos más densos. De igual forma, el análisis del componente de emisiones revela que la menor tecnificación de las viviendas puede acarrear el uso de mayores volúmenes de material y, por tanto, incrementar el costo en este componente. Sin embargo, existen variaciones importantes a nivel regional que dependen de la estructura urbana y composición del parque habitacional.

En cuanto a los costos recurrentes, los desplazamientos se ven agravados por la dispersión de la mancha urbana, como en el caso de Culiacán y Tijuana (con zonas metropolitanas muy fragmentadas y dispersas), sobre todo en la periferia más lejana. La estructura urbana también impacta en el costo de provisión de servicios urbanos, aunque en este factor la capacidad de recaudación municipal también es de suma importancia. En ciudades de tamaño medio –como Culiacán, Tijuana y Tuxtla Gutiérrez– se aprecia una disminución de los recursos disponibles por vivienda debido al crecimiento acelerado, lo que pone en riesgo la sostenibilidad financiera a futuro.

Por último, la extrapolación de los resultados a nivel nacional evidencia el alto costo anual del modelo de urbanización expansivo. La suma del gasto anual de desplazamiento de las familias y del costo de provisión de servicios públicos puede exceder el 1% del PIB del país cada año.

## EL COSTO FUTURO DE LA EXPANSIÓN

El modelo actual de desarrollo urbano no es financieramente viable a largo plazo. Si se continúa esta tendencia (tanto en el presupuesto municipal como en el crecimiento de vivienda), para 2050 cuatro ciudades –Culiacán, Reynosa, Tijuana y Tuxtla Gutiérrez– reducirían el gasto por vivienda para la provisión de servicios públicos, lo que disminuiría la calidad o cobertura de los servicios. Para mantener el nivel actual de servicio en esas cuatro ciudades se debería incrementar el gasto municipal entre 48% y 244%, en función de la ciudad. Las otras ciudades podrían asumir las nuevas viviendas, siempre y cuando se mantuviese el porcentaje de transferencias federales, un escenario improbable ante la mayor necesidad de financiamiento federal en las ciudades deficitarias. Así, este escenario arroja dudas sobre la sostenibilidad del modelo actual, por la falta de recaudación municipal y por los mayores costos de los servicios en ciudades con mayor extensión y vulnerabilidad ante el cambio climático.

Si se apuesta por localizar adecuadamente la nueva vivienda, el costo total acumulado respecto del escenario tendencial disminuiría en la mayoría de las ciudades. En el caso de Culiacán y Tijuana, ciudades en las que los costos totales se incrementan, se podría revertir este resultado si se apuesta por la construcción de tipologías de vivienda más eficientes. Sin embargo, entre 2020 y 2050, el costo acumulado de desplazamiento en promedio se reduce 5.6% y en ciudades como el Valle de México, Guadalajara y Tuxtla Gutiérrez, excede el 7%. Además, el ahorro se incrementa cada año: en 2050 el costo anual promedio de desplazamiento por vivienda sería 8.3% menor que en el escenario tendencial. Esto supone un ahorro anual directo de gran magnitud para las familias más vulnerables que se encuentran en las periferias.

Por último, la estrategia aislada de densificación en la que se consolida solo la periferia exterior reduce los costos totales acumulados en la mayoría de ciudades entre 2020 y 2050, pero ello implica mayores costos anuales sobre las familias. Si se excluye a Mérida, Reynosa y Tuxtla Gutiérrez, el costo total acumulado se reduce en promedio casi 10%, pero como contrapartida los costos de desplazamiento hasta 2050 serían 5.3% superiores respecto al escenario tendencial, situación preocupante dado la vulnerabilidad de las familias en las periferias. Como aspecto positivo, el costo de las emisiones se reduciría en promedio 2.4% en las ocho ciudades, con ahorros superiores al 15% en Valle de México y Monterrey.

## LA OPORTUNIDAD PARA MEJORES CIUDADES

Los resultados de los escenarios muestran, en primer lugar, que el modelo urbano actual no es sostenible en términos financieros, lo que llevaría a un deterioro progresivo de los servicios públicos urbanos esenciales. En segundo lugar, que es necesario analizar la estructura urbana y el parque habitacional de cada ciudad para diseñar políticas públicas adecuadas. Y en tercer lugar, que es necesario combinar la densificación con una localización adecuada, para priorizar la atención a la población más vulnerable y maximizar los beneficios de la política urbana.

La planeación urbana debe ser una responsabilidad de todos los órdenes de gobierno y por ello debe propiciarse el desarrollo de instrumentos de planeación transversal que permitan dirigir la inversión pública. Ello fomenta una planeación integral, respetuosa con el medio ambiente, inclusiva y en la cual se desarrolla el potencial económico de las ciudades.

No existe una única hoja de ruta para ello ya que todas las ciudades son diferentes. Sin embargo, se pueden seguir tres principios básicos:

- Corresponsabilidad de la planeación urbana entre gobiernos, sector privado y ciudadanía, la cual incluya la responsabilidad compartida recaudatoria y fiscal de los tres órdenes de gobierno.
- Focalización del apoyo institucional en las zonas y población más vulnerable, en términos sociales, económicos o ambientales.
- Visión integral de la planeación que analice de forma holística los impactos y beneficios del desarrollo urbano a corto y largo plazo.





Puerto Vallarta, México. Crédito: Alberto del Paso/ Flickr

## 1. ¿Por qué calcular el costo de la expansión urbana?

El crecimiento de las ciudades es un fenómeno habitual en situaciones en las que la población aumenta o se incrementa la actividad económica. Sin embargo, en las últimas décadas la superficie de las ciudades mexicanas ha crecido más rápido que la población (Sedesol, 2012), de una forma fragmentada y desconectada. Con frecuencia, estas periferias carecen de equipamiento urbano y transporte público, lo que restringe el acceso de la población más vulnerable a los beneficios urbanos.

El modelo urbano actual es ineficiente, insostenible y fomenta la desigualdad social, con altos costos que usualmente no se consideran. Para las familias, porque realizan gastos fuertes para tener una buena localización o para poder desplazarse. Para las empresas, porque reducen su productividad por la congestión vehicular. Para los municipios, porque la fragmentación y desconexión urbanas elevan los costos de provisión de los servicios. Y por último,

existe un costo incalculable para la sociedad, por los impactos de la crisis climática.

La elección de un modelo urbano eficiente, sostenible e incluyente es esencial para mejorar la calidad de vida de la población, especialmente de la más vulnerable, así como para apoyar un desarrollo económico sostenible y para garantizar la sostenibilidad ambiental. Ahora bien, ¿cuál es ese modelo de ciudad? Posiblemente no exista una única respuesta: el modelo óptimo dependerá de las características locales físicas, económicas, sociales y culturales de cada región y deberá adaptarse a las condiciones cambiantes de la sociedad y el medio ambiente.

Esta publicación, que forma parte del proyecto de la Coalición por la Transformación Urbana, trata de proporcionar evidencias sobre esta cuestión, para lo cual estima el costo de la expansión urbana en las ciudades mexicanas, así como la factibilidad del modelo urbano actual en el futuro, para poder orientar la transformación de nuestras ciudades. El documento se estructura en cuatro partes:

- Síntesis del estado actual de las ciudades mexicanas y sus principales retos: el control de la expansión urbana, la calidad del aire y la desigualdad en el acceso al empleo y equipamientos urbanos, a partir de los hallazgos de la publicación *Las ciudades mexicanas: tendencias de expansión y sus impactos* (Zubicaray et al., 2021).
- Revisión de la evidencia internacional en torno a la relación de la estructura urbana y sus costos asociados, así como de las herramientas metodológicas que se incorporan en el estudio.
- Análisis de los resultados del costo de la expansión en ocho zonas metropolitanas, su extrapolación al conjunto nacional y construcción de tres escenarios a futuro.
- Recomendaciones para la política pública urbana federal a partir de los resultados obtenidos y de la publicación *Acciones federales para la planeación urbana: hacia mejores ciudades para todos* (Zubicaray, García y Macías, 2020).

## La Coalición por la Transformación Urbana

La Coalición por la Transformación Urbana<sup>1</sup> (CTU) es una alianza global cuyo objetivo es apoyar a los gobiernos nacionales en la transición hacia un escenario urbano económicamente próspero, incluyente y sostenible en 2050. Para ello proponemos investigación basada en evidencia y herramientas de política pública encaminadas a conseguir ciudades compactas, conectadas, coordinadas, limpias y equitativas (modelo 3C+LE). La importancia de focalizarnos en las ciudades se justifica por tres grandes razones:

- a) La población a nivel global es mayoritariamente urbana, y ese porcentaje se incrementará en el futuro<sup>2</sup>.
- b) Las ciudades lideran el crecimiento económico a nivel global<sup>3</sup>. El modelo urbano escogido favorecerá o frenará ese crecimiento, así como su distribución<sup>4</sup>.
- c) Las ciudades ocupan un papel central para poder cumplir las metas de emisiones de gases de efecto invernadero y son especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático, sobre todo al considerar a la población de menores recursos<sup>5</sup>.

En México, la Coalición comenzó sus labores en enero de 2019. Esta publicación supone la última entrega de la primera fase, en la que se incluyen las publicaciones *Acciones federales para la planeación urbana: hacia mejores ciudades para todos* (Zubicaray, García y Macías, 2020); *Las ciudades mexicanas: tendencias de expansión y sus impactos* (Zubicaray et al., 2021), y la publicación para la medición del acceso a las oportunidades urbanas, *Índice de desigualdad urbana* (Brito et al., 2021).

1. <https://urbantransitions.global/>
2. De acuerdo con ONU-DESA (2019) el 55% de la población mundial vive en áreas urbanas, y el porcentaje se incrementará hasta el 68% en 2050.
3. Se estima que el 80% del PIB global se genera en zonas urbanas (Dobbs et al., 2011).
4. La OCDE estima que, tan solo en el caso de las cinco ciudades principales mexicanas, los costos de contaminación, congestión, accidentes y ruido ascienden a un 4% del PIB nacional (OCDE, 2015).
5. Por ejemplo, la población de países de bajos recursos es la que registra un mayor número de muertes en centros urbanos derivadas de eventos climáticos extremos (CUT, 2019).



Monterrey, México. Crédito: Lucy Nieto/Flickr

## 2. Las ciudades mexicanas: expansión, emisiones y desigualdad

Las ciudades mexicanas presentan retos importantes: el crecimiento sin freno de la mancha urbana y pérdida de su densidad, la dependencia del uso del automóvil y sus emisiones asociadas, así como la polarización de las oportunidades urbanas<sup>7</sup>. No son los únicos desafíos, pero son especialmente relevantes por su impacto en la sostenibilidad, la cual afecta directamente la calidad de vida de la población, especialmente la de los grupos más vulnerables.

La expansión urbana, definida como el crecimiento de la mancha urbana acompañado de la pérdida de densidad poblacional, no es un problema menor. A nivel global, en los últimos 40 años la

superficie construida de las ciudades ha crecido 2.5 veces, mientras que la población solo ha crecido 1.8 veces (Moreno-Monroy et al., 2020). El caso de México es similar: la mayoría de las ciudades ha experimentado procesos de expansión urbana en este siglo, los cuales se manifiestan de forma más acusada en las localidades rurales de las periferias metropolitanas, donde el crecimiento de la mancha urbana ha sido, al menos, cuatro veces más rápido que el de las localidades urbanas del área metropolitana.

El proceso de expansión de las ciudades es un fenómeno con diferencias territoriales y temporales. Por ejemplo, la superficie de la mancha urbana de las ciudades mexicanas creció a un ritmo mayor entre 2000 y 2010, en comparación con su ritmo posterior. La relación entre el tamaño de la ciudad y la velocidad de crecimiento de la superficie urbana es otro factor para tener en cuenta. Así, antes de

7. El contenido, datos y hallazgos de este apartado es una síntesis del análisis realizado en la publicación de la Coalición

por la Transformación Urbana *Las ciudades mexicanas: tendencias de expansión y sus impactos* (Zubicaray et al., 2021).

2010 el ritmo de crecimiento más rápido se registró en ciudades de menor tamaño, especialmente en las menores de un millón de habitantes, pero a partir de 2010 cambió a las ciudades más grandes. Sin embargo, para que el crecimiento de la mancha urbana se pueda calificar como expansión urbana, es necesario que exista una reducción de la densidad. Así, en promedio las ciudades mexicanas experimentaron su proceso más expansivo antes de 2010<sup>8</sup>. De 2010 a la fecha, en promedio solo las ciudades de mayor tamaño continúan expandiéndose, aunque con diferencias regionales importantes, por lo que el problema no está bajo control.

La expansión urbana está asociada con impactos sobre la salud de la población, por el incremento de contaminantes atmosféricos y de emisiones de gases de efecto invernadero en modelos urbanos orientados al uso del automóvil. El parque vehicular en las ciudades mexicanas ha crecido ininterrumpidamente desde hace décadas, a ritmos mayores que el crecimiento poblacional. Entre los años 2000 y 2015, la población creció anualmente al 2% en promedio en las 74 zonas metropolitanas, frente al 11.6% de los automóviles<sup>9</sup>. Este aumento ha provocado que el sector del transporte se haya convertido en el principal contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional, con una aportación del 24.4% de las emisiones totales del país.

En cuanto a la calidad del aire, éste sigue siendo uno de los principales retos del desarrollo urbano en las principales ciudades. Entre 2008 y 2016 los registros oficiales muestran reducciones en los valores de algunos contaminantes criterio procedentes de fuentes móviles, como el amonio, el monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles. Pero en el caso de las partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> se han registrado incrementos anuales promedio a ritmos superiores al 40%, salvo en el caso de las

tres principales zonas metropolitanas del país<sup>10</sup>, en las que los incrementos anuales promedio se han contenido por debajo del 10%, probablemente porque disponen de programas y acciones más estrictos para controlar la contaminación atmosférica.

La contaminación del aire es un problema multifactorial y la expansión urbana, aunada al incremento de los vehículos, está relacionada con el problema. Los análisis exploratorios muestran que la reducción en la densidad urbana podría estar relacionada con el incremento de emisiones de algunos contaminantes atmosféricos<sup>11</sup>. Esta relación muestra que el proceso de expansión urbana experimentado en México, enfocado en el automóvil, necesita regularse y planearse, para dar paso a un modelo urbano basado en la proximidad y la movilidad sostenible.

El último gran reto derivado de la expansión urbana es el de proporcionar un espacio que garantice el acceso a los beneficios que proporciona la ciudad y que mejore la calidad de vida de la población. Actualmente esta premisa no se cumple: la población más vulnerable se ve forzada a vivir en las periferias urbanas, con un acceso deficiente, o inexistente, a las fuentes de empleo, a los equipamientos urbanos básicos y a medios de transporte público de calidad. Es decir, la desigualdad urbana es la norma. Las insuficientes capacidades institucionales de muchos gobiernos locales, los bajos recursos propios y las asimetrías en la negociación entre actores públicos y privados, entre otros aspectos, limitan frecuentemente la capacidad de la acción pública para revertir este modelo.

8. Datos promedio agregados. A nivel regional el fenómeno no es homogéneo.

9. Los datos provienen de la Estadística de motor registrados en circulación (INEGI) y de los censos y conteos de población 2000, 2010 y 2015 (INEGI).

10. Zona metropolitana del Valle de México (Ciudad de México), Guadalajara y Monterrey.

11. Los contaminantes criterio que reflejaron esa correlación fueron el monóxido de carbono, los óxidos nitrosos y el amoniaco.

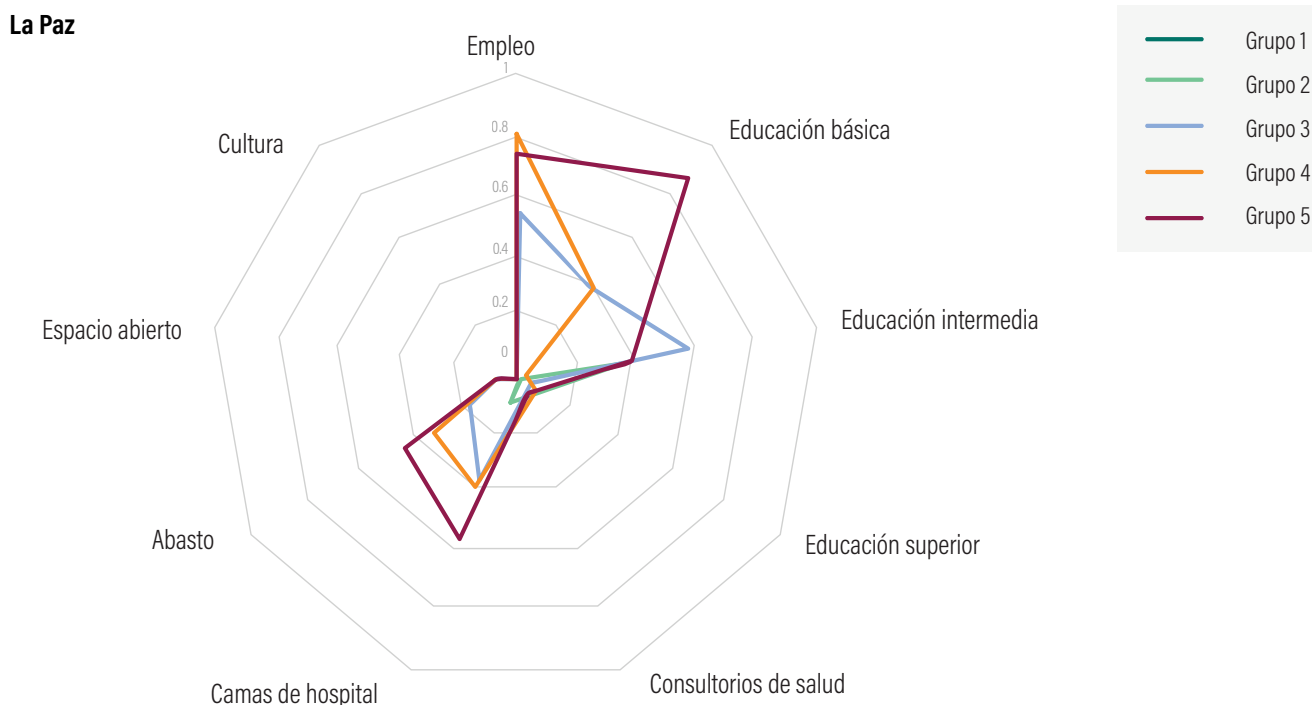
Los análisis muestran dos modelos principales en los que se manifiesta la desigualdad en el acceso al empleo y equipamientos en las ciudades. El primero corresponde a ciudades en las que la mayor parte de las oportunidades urbanas se concentran en los dos grupos socioeconómicos más altos, con una reducción considerable en el acceso a partir del grupo medio. Este patrón se suele manifestar con más frecuencia en ciudades con una estructura monocéntrica clara y de un menor tamaño. El segundo patrón de desigualdad es el de una ciudad en la que el grupo socioeconómico más alto presenta carencias de acceso a algunos equipamientos y en el que el mayor acceso se concentra en el segundo grupo socioeconómico. Los grupos más bajos presentan graves carencias de acceso, al igual que en el primer modelo. Este modelo podría reflejar un modelo de desarrollo urbano basado en desarrollos

habitationales cerrados en el sector socioeconómico más alto, en los que no se permiten otros usos diferentes del habitacional.

En suma, las ciudades se enfrentan a un doble desafío: cómo distribuir el empleo y el equipamiento en el territorio para mejorar el acceso de la población más vulnerable y cómo desarrollar ciudades integradas que favorezcan la convivencia de toda la población. Es decir, favorecer la conexión, los usos mixtos y la proximidad como ejes para el desarrollo urbano. Por último, hay que destacar que cada ciudad tiene una forma particular en la que se expresa la desigualdad, por lo que se requieren políticas urbanas flexibles. Como muestra, la Figura 1 compara las carencias de acceso a distintos equipamientos<sup>12</sup> de dos zonas metropolitanas costeras, La Paz y Cancún, que

Figura 1.

### Comparación de las carencias en el acceso. Zona metropolitana de La Paz y zona metropolitana de Cancún

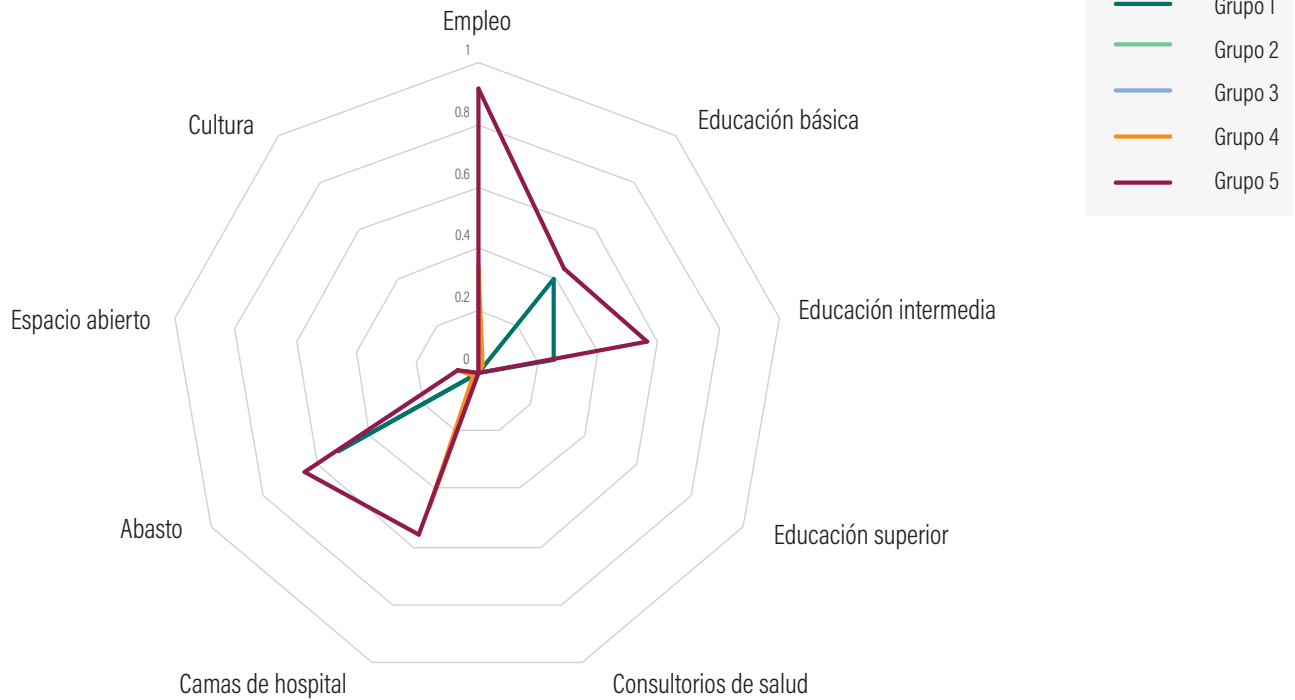


12. El valor de 1 indica la carencia de acceso más extrema y el valor de 0 ningún tipo de carencia. El análisis muestra la diferencia en el nivel de acceso al interior de cada zona

metropolitana. El grupo 1 es el grupo socioeconómico más alto en cada ciudad, mientras que el grupo 5 es el más bajo.



## Cancún



Fuente: Elaboración propia, basado en el análisis de Brito et al. (2021). El valor 1 implica el máximo nivel de carencia en el acceso del grupo, mientras que el valor 0 representa a un grupo sin carencias de acceso respecto de los otros grupos. Los grupos están estratificados de acuerdo con el Índice de Inclusión Social.

Nota: De acuerdo con esta comparación, el grupo 1 sería el que presenta menos barreras de acceso socioeconómico a la oferta de empleo y equipamientos urbanos y el grupo 5 el más vulnerable en ese contexto.

sirven de contraste para escenificar la desigualdad. La lectura de las gráficas muestra que en La Paz las principales carencias de acceso en los dos grupos más vulnerables son al empleo formal y a equipamientos de educación básica. Por el contrario, en Cancún el grupo más desfavorecido tiene graves carencias de acceso al empleo y a los establecimientos de abasto y el segundo grupo más vulnerable presenta carencias más acusadas respecto a hospitales y solo en segundo lugar a empleos. Los resultados muestran que las carencias de acceso son diferentes, por lo que se requieren soluciones adaptadas al contexto específico<sup>13</sup>.

Las ciudades mexicanas presentan retos de gran magnitud que deben superarse para avanzar en el camino de la transformación. El punto de partida es desafiante ya que además de los problemas ambientales y sociales existe otro reto fundamental: el de la sostenibilidad financiera del modelo urbano. El proceso de expansión puede suponer un duro golpe a las finanzas locales, con la posibilidad de que se exacerbén los desafíos actuales en el futuro.

13. Las dos figuras son una muestra de los resultados existentes para las 74 zonas metropolitanas del análisis de Zubicaray et al. (2021).



Zona hotelera de Cancún, México. Crédito: Falco Ermert/Flickr

### 3. La relación entre la forma urbana y el costo para la ciudad

Los procesos de expansión urbana transforman significativamente la forma de la ciudad, así como la distribución de los usos del suelo. Ahora bien, ¿en qué medida afectan estos procesos a los costos urbanos? Esta sección ofrece una breve perspectiva de investigaciones realizadas en distintos contextos regionales sobre el tema en cuestión, así como una síntesis de dos de las herramientas que se utilizarán para estimar el costo para la ciudad.

#### 3.1. ESTRUCTURA URBANA Y COSTOS

La investigación que conecta el tipo de estructura urbana y los costos de urbanización<sup>14</sup> es amplia, aunque normalmente acotada al impacto de una variable sobre el costo final. Un ejemplo de la visión integral lo aporta Linn (1982), quien sistematizó el problema de la influencia de la estructura urbana en los costos de urbanización bajo cuatro grandes categorías: impactos fiscales, financieros, de eficiencia y de redistribución. La manera en la que la estructura urbana se refleja en esos impactos es a través de la extensión de la mancha urbana y la densidad.

---

14. Para el objeto de esta investigación, los costos de urbanización no se refieren solamente al costo inicial de la acción urbanística (la construcción de la edificación e infraestructura en un suelo rural), sino también a los costos de operación y

mantenimiento de los servicios urbanos por parte de la acción pública (o privada) que permiten la habitabilidad posterior de esa acción inicial, tal como se estima en otros contextos geográficos (sección 3.3).

El autor parte de una premisa: la demanda de servicios públicos urbanos depende del tamaño de la ciudad y de sus ingresos totales; además, la demanda y calidad de los servicios se incrementan a medida que aumenta la población y el ingreso. Bajo esta óptica, el cálculo de los costos de urbanización podría partir de la demanda agregada de servicios, aunque en la práctica la decisión de gasto municipal incluye otros factores, como las transferencias presupuestales de los estados y la federación. Para determinar los costos unitarios de los servicios públicos por habitante es conveniente considerar cuatro factores: el costo de ejecución, las economías de escala, los recursos naturales disponibles y la capacidad de gestión de los gobiernos locales.

Si entramos en un mayor detalle acerca de la naturaleza de los servicios públicos, la red de abastecimiento de agua y la de drenaje presentan economías de escala; esto es, disminuyen sus costos unitarios a medida que se amplía la infraestructura, pero con ciertas limitantes. En primer lugar, en muchas ocasiones no es posible ampliar la capacidad de los equipamientos y de la infraestructura existente. En segundo lugar, el crecimiento de las ciudades incorpora progresivamente zonas más difíciles de servir. Por último, una mayor extensión y densidad urbanas simultáneas implican el abastecimiento del recurso hídrico desde ubicaciones más alejadas y un mayor costo de tratamiento, por lo que los costos ambientales pueden contrarrestar los beneficios de la mayor densidad urbana.

La existencia de economías de escala para la provisión de electricidad es incierta. Entre las posibles razones se encuentra la variación de los costos de producción por la matriz energética y la eficiencia de la red de distribución (Linn, 1982). En el caso de la red de recogida y tratamiento de basura, el costo unitario se incrementa con el tamaño de la ciudad<sup>15</sup>, sobre todo porque en ciudades pequeñas la basura no se procesa o no es un servicio asumido

por el municipio<sup>16</sup>. En cuanto a los costos unitarios de transporte, el mayor tamaño de la ciudad tiende a incrementar los costos, ya que a mayor superficie de la mancha urbana se requerirán más vialidades y transporte público y la mayor densidad urbana también tiende a incrementar los costos de operación del transporte.

En lo referente a equipamientos de salud y educación, Linn (1982) afirma que existen economías de escala, ya que sus costos de operación no son asumibles por debajo de cierto tamaño de la ciudad<sup>17</sup>. Por último, idealmente se deberían considerar en los costos de urbanización equipamientos como seguridad pública, bomberos, mercados públicos y otros específicos del lugar.

La existencia de economías de escala para los diferentes servicios urbanos no responde la pregunta fundamental, referente a qué modelo es más eficiente: una estructura urbana compacta o un patrón más disperso. Por lo general, la revisión de investigaciones previas tiende a encontrar más beneficios en la forma urbana compacta, sobre todo beneficios derivados de la densidad económica, aunque también, en menor proporción, de los usos mixtos del suelo y de la densidad del tejido urbano construido (Ahlfeldt y Pietrostefani, 2017).

Con respecto al impacto de la forma urbana y el gasto municipal, hay evidencia de que el gasto para proveer servicios urbanos se incrementa a medida que disminuye la densidad urbana y la conexión con los núcleos urbanos consolidados (McGuire y Sjoquist, 2002; Carruthers y Ulfarsson, 2004). Así, existe un consenso extendido acerca de que, a medida que la densidad decrece, los costos unitarios de la urbanización se incrementan (Knaap y Nelson, 1993). Esta es la razón por la que la recomendación habitual en los manuales de planeación propone incrementar la densidad urbana para diseñar ciudades más eficientes y compactas (ONU-Habitat, 2013).

15. Aunque el autor especifica que la diferencia del costo unitario en ciudades pequeñas y medianas no varía sustancialmente.

16. En el caso de las ciudades del sur global.

17. Por ejemplo, en el caso de hospitales y universidades, con una mayor cobertura de servicio.

A pesar de lo anterior, no todos los servicios urbanos presentan la misma sensibilidad ante la densidad urbana y superficie urbanizada. Por ejemplo, Carruthers y Ulfarsson (2004), al utilizar variables de gasto público para la provisión de distintos servicios urbanos, muestran que, en el caso de Estados Unidos, la dispersión o compacidad de la estructura urbana afectan de forma diferente en cada capítulo del gasto público, aunque de forma general los autores favorecen el patrón de crecimiento urbano denso y con una extensión controlada. Al replicar el análisis en el contexto europeo, Solé y Hortas (2010) muestran que el patrón de crecimiento urbano de baja densidad afecta negativamente al gasto municipal en los rubros de equipamiento comunitario, infraestructuras y transporte, seguridad pública, equipamiento cultural y deportivo, vivienda y gastos de administración generales. Así, los autores ratifican los resultados previos y apuestan por un modelo urbano de mayor densidad y compacidad.

A pesar de la tendencia general de recomendar patrones urbanos más densos y compactos para reducir los costos de la urbanización, también existen externalidades negativas asociadas a patrones urbanos de alta densidad. Así, a medida que se incrementa la densidad urbana, se pueden elevar también otros costos de urbanización, como los derivados del incremento del tránsito vehicular, la reducción de la productividad económica, el incremento del valor del suelo en zonas centrales o con una buena provisión de servicios y equipamientos. Pero también existen otros costos sociales, ambientales y de salud, como un potencial incremento de la criminalidad, la reducción de espacios abiertos intraurbanos, potenciales procesos de hacinamiento o incremento de fallecimientos por accidentes de tráfico, entre otras externalidades negativas (Ahlfeldt y Pietrostefani, 2017). En ese sentido, Ladd (1992) muestra cómo la relación entre costo y densidad puede tomar una forma cóncava: es negativa al comienzo (a mayor densidad menor costo) hasta que se llega a un punto de inflexión en el que una mayor densidad comienza a incrementar los costos. Así, la relación entre mayor densidad<sup>18</sup>

y menores costos de urbanización requeriría de estudios adicionales para determinar bajo qué preceptos se cumple la relación.

Uno de los argumentos principales para abogar por el modelo de ciudad compacta<sup>19</sup> es la reducción de los viajes intraurbanos. Por norma general se asume que un patrón urbano más denso reducirá la duración de los recorridos motorizados e incluso promoverá los desplazamientos cortos a pie o en bicicleta, principalmente por la mayor cercanía entre el origen y el destino del desplazamiento (Boyko y Cooper, 2011). De esta forma, si se cambian los patrones de movilidad se podría obtener un ahorro considerable en la factura energética y en las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero, con la consiguiente reducción de los costos de urbanización a largo plazo.

Newman y Kenworthy (1992) llegan a la conclusión de que el 60% del gasto energético del transporte urbano es resultado del patrón de densidad urbana. Cuando se considera que en cuarenta años las emisiones del sector transporte se han duplicado (Liddle, 2013), este hecho es de especial relevancia para diseñar ciudades más eficientes con un menor costo. Al utilizar información de ciudades del norte y sur global, este autor llega a la conclusión de que una mayor densidad urbana reduce el uso del automóvil privado, lo que reduce la energía utilizada especialmente en los países del sur global. En la misma dirección, Su (2011) obtiene resultados similares y estima que un incremento de 1% en la densidad de población supone un ahorro de combustible de 0.65 galones por hogar. Además, la disponibilidad de transporte público reduce el consumo del combustible en el hogar.

Sin embargo, la relación entre una mayor densidad y un menor consumo energético también ha sido puesta en cuestión. Al analizar transversalmente datos de tránsito y de patrones de densidad en distintas ciudades del norte global, Mindali (2004) encuentra que la densidad, por sí misma, no disminuye de forma directa el costo de urbanización.

18. Si se considera solo la densidad urbana y no otras variables relativas a la forma de la ciudad.

19. Compacidad y usos mixtos a nivel granular.

No obstante, apunta que sí es una condición necesaria, aunque no suficiente, para el ahorro energético y que existen diferencias regionales. De la misma opinión son Bento et. al. (2005), quienes concluyen que la densidad urbana no tiene una relación estadísticamente significativa con las distancias recorridas en transporte privado en ciudades de Estados Unidos. Sin embargo, los autores encuentran que los desplazamientos sí son afectados por otras variables, como la centralidad de la población y la relación espacial entre los núcleos residenciales y los nodos de empleo. Cuando incorporan en el análisis también a ciudades del sur global, Karathodorou et al. (2010) refuerzan los hallazgos de Mindali, pues encuentran que la mayor densidad urbana no es estadísticamente significativa sobre el consumo de carburante, aunque sí sobre la tenencia de automóvil privado. Según su análisis, un incremento de un 1% en la densidad urbana reduce en 0.12% el número de automóviles per cápita. Así, la densidad urbana estaría funcionando como un indicador de otro tipo de características urbanas: cuando estas variables se incluyen en el análisis, la densidad urbana perdería su poder explicativo.

En conclusión, a pesar de la ambivalencia de los resultados, parece que apostar por la densidad urbana podría reducir los costos de urbanización en el mediano y largo plazo. Sin embargo, también se hace patente que apostar por un modelo compacto requiere de una investigación previa exhaustiva para cada ciudad, en el que es necesario adaptar el modelo al contexto local ambiental, económico y social. Así, se deberían tomar como principios rectores de la planeación urbana la conexión de las zonas de crecimiento urbano con la ciudad existente, lo que proporcionaría alternativas de transporte colectivo hacia los centros de trabajo y ocio. Pero también se debería diseñar de forma eficiente y equitativa la ubicación de los equipamientos y servicios urbanos. Asimismo, sería necesario controlar el perímetro urbano y el consumo de suelo ya que una excesiva extensión<sup>20</sup> de la ciudad podría suponer una reducción de los beneficios derivados de la mayor densidad urbana.

### 3.2. CLASIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO URBANO CON APRENDIZAJE AUTOMÁTICO (*MACHINE LEARNING*)

Uno de los grandes retos para estimar costos de urbanización es la falta de información actualizada sobre usos del suelo urbano, pero los procesos de clasificación a través del aprendizaje automático (*machine learning*) comienzan a ser una alternativa factible. Este método necesita fuentes de información confiables, usualmente imágenes satelitales y potencia computacional.

Originalmente, la clasificación de usos de suelo urbano por imágenes satelitales contaba con pocos ejemplos, ya que la oferta de imágenes se enfocaba en las zonas de mayor demanda. Esta situación generó que no existiera una gran cantidad de casos de estudio y que las metodologías no estén estandarizadas, lo cual dificulta los análisis comparativos. En general, estos primeros acercamientos tenían tres grandes limitantes:

- Incapacidad para clasificar grandes áreas. Originalmente, las clasificaciones se realizaban de forma manual, lo cual limitaba tanto la replicabilidad como la cobertura del análisis.
- Disparidad de criterios en la clasificación, por la subjetividad del clasificador.
- Falta de acceso a la información satelital.

Estas restricciones, aunadas al constante crecimiento de la mancha urbana, provocaban que este tipo de análisis tuviesen un alto costo. Por ello, gran parte de los análisis existentes se centran en diferenciar la cobertura del suelo urbano frente al medio físico natural, pero no pormenorizan los usos del suelo al interior de la ciudad. Es decir, no diferencian usos habitacionales de actividades económicas, industriales o usos mixtos. En este grupo se ubican los servicios de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) o la Agencia Espacial Europea (ESA).

20. El tamaño "óptimo" de la ciudad es otra de las líneas de investigación en la que puede haber grandes diferencias regionales. No es claro el límite a partir del cual las

externalidades negativas del tamaño de la ciudad superan a los beneficios (como la mayor productividad económica).

Así, la clasificación automática por medio de aprendizaje automático se plantea como una alternativa viable para reducir tiempos y costos, lo que mantiene la consistencia metodológica de la clasificación y asegura la precisión de las fuentes de información. De esta forma, el uso de algoritmos computarizados mitiga el error humano y las inconsistencias de criterio (Monkkonen, 2008). Además, el obstáculo del acceso a las fuentes de información hoy en día se resuelve gracias a la oferta de imágenes satelitales de dominio público como Landsat<sup>21</sup> y el programa Copernicus de la Unión Europea<sup>22</sup>, con cobertura global y mayor calidad y resolución.

WRI elaboró en 2020 una metodología para la caracterización espacial del uso del suelo mediante el uso de aprendizaje automático, basada en datos de acceso público y algoritmos de código abierto (Kerins et al., 2020). La metodología cuenta con 2 requerimientos básicos:

- Imágenes satelitales de acceso gratuito de mediana resolución.
- *Ground truth data*, término utilizado en ciencia de datos que se refiere a la información directa obtenida en terreno, por levantamiento o de forma empírica (Angel et al., 2016).

A través de ambas fuentes, el aprendizaje automático conforma patrones que establecen relaciones entre la representación del objeto en la imagen satelital y su uso asignado de forma empírica. En síntesis, se construyen ecuaciones matemáticas que asignan un valor a cada píxel de la imagen de acuerdo con su localización y lo clasifican conforme a normas establecidas. De esta forma, el algoritmo de aprendizaje automático mejora su precisión a medida que se incrementa el volumen de muestras clasificadas.

Para ello, el algoritmo debe calibrarse con muestras de entrenamiento. Éstas se conforman por círculos de 10 hectáreas (denominados “locales”) ubicados

aleatoriamente en el área de estudio, de forma que aproximadamente cubran el 1% de la superficie a analizar. A continuación, los “locales” deben clasificarse manualmente bajo normas establecidas, para asignar un uso a cada sector urbano (Angel et al., 2016). De esta forma queda finalizado el catálogo de aprendizaje del algoritmo.

La utilización de estas nuevas metodologías, aunque todavía exploratorias y en proceso constante de mejora, supone un gran avance para solventar carencias de información, especialmente en geografías con un gran déficit de información oficial y puede ser una gran aliada en el control y la regulación de la expansión urbana.

### 3.3. HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR EL COSTO DE LA URBANIZACIÓN

La otra gran limitante para analizar adecuadamente los costos y beneficios de modelos alternativos de urbanización es la falta de información y de herramientas que permiten comparar escenarios a largo plazo. Este reto es especialmente importante para los tomadores de decisiones a nivel local, encargados de las tareas de planeación.

Así, la posibilidad de disponer de herramientas que sean robustas metodológicamente pero que no tengan necesidad de un elevado conocimiento técnico puede suponer un salto cualitativo en la planeación urbana, tanto a nivel local como nacional. En la escala nacional, la evidencia mostrada a partir de los resultados de este tipo de herramientas puede detonar reformas a la legislación o programas que fomentan modelos de desarrollo urbano ineficiente. En el ámbito local, pueden suplir limitaciones técnicas en las administraciones y apoyar en la toma de decisiones informadas.

Para que un instrumento de este tipo sea efectivo, debe presentar las siguientes características:

21. Para más información: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat> o <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>

22. Para más información: [https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview3](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview3)

- Enfoque sistémico del proceso de urbanización
- Evaluación del costo de la urbanización en distintos horizontes temporales
- Facilidad de uso y de lectura de los resultados

En el ámbito internacional se pueden encontrar algunos ejemplos destacados, como la herramienta CLIC (Community Lifecycle Infraestructura Costing) desarrollada por el Ministerio de Vivienda de la Columbia Británica de Canadá. Esta herramienta se diseñó con el objetivo de apoyar a gobiernos locales a estimar costos de urbanización de modelos urbanos compactos frente a los dispersos en el nivel de planeación<sup>23</sup>, es decir, en el proceso crítico de decidir el futuro de la ciudad. La herramienta considera los costos de tres componentes en la evaluación (MMAH, 2018):

- Servicios y equipamientos comunitarios potenciales: vialidades, agua potable, drenaje, parques y espacio público, equipamientos comunitarios, transporte público, escuelas, bomberos, seguridad pública y gestión de residuos
- Costos privados del usuario: costos de desplazamiento en automóvil y costos de calefacción
- Costos externos: contaminación atmosférica, cambio climático y accidentes automovilísticos

De igual forma, es posible escalar la herramienta al incorporar otro tipo de información como los ingresos de derechos de construcción, el predial u otra información fiscal relevante, de forma que el análisis incremente la precisión de sus resultados.

Por último, el análisis del costeo se realiza considerando un ciclo de vida de la urbanización de 100 años, por lo que cada componente no solo incorpora el capital inicial para la urbanización, sino también los costos anuales de operación y mantenimiento, así como los costos de reemplazo.

Es claro que este tipo de herramientas requiere de un trabajo previo exhaustivo de recopilación y generación de información, el cual puede ser difícil o hasta imposible de conseguir en países en vías de desarrollo o en municipios con baja capacidad institucional. Sin embargo, este tipo de información puede generarse de forma colaborativa entre los tres órdenes de gobierno y ponerse a disposición del público de forma que se facilite el desarrollo de este tipo de instrumentos para apoyar el desarrollo de modelos urbanos alternativos, compactos, inclusivos, sostenibles y eficientes. El análisis que se presenta en las siguientes secciones, aún con sus limitaciones en esta etapa, se inspira en este modelo de herramientas para contribuir a la consecución de otro tipo de ciudad.

23. Puede consultarse aquí: <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/governments/local-governments/planning-land-use/local->

[government-planning/community-lifecycle-infrastructure-costing](https://www2.gov.bc.ca/gov/content/governments/planning/community-lifecycle-infrastructure-costing)



Cuautla, Morelos, México. Crédito: Sistema Estatal de Información/Flickr

## 4. Calcular el costo de la ciudad

El crecimiento continuo de la mancha urbana no solo supone un gran esfuerzo económico para la población con menores recursos económicos<sup>24</sup>, sino también un importante desembolso de las arcas públicas municipales. Por ello, el objetivo fundamental de este estudio es diseñar una metodología de estimación del costo de la expansión periférica en diferentes contextos urbanos y, con los resultados exploratorios del análisis, determinar alternativas más eficientes de urbanización. Para conseguirlo, este análisis establece tres categorías de costos: privados, públicos y externos. A continuación se describen sintéticamente.

### ■ Costos privados

Esta categoría incluye el desembolso familiar para el uso privativo del bien y considera dos variables: los costos de construcción de la vivienda y su urbanización y el costo del desplazamiento, que depende de la ubicación de la vivienda respecto del centro de empleo<sup>25</sup> en cada zona metropolitana.

### ■ Costos públicos

En este apartado se incorpora el gasto anual destinado a la provisión de los servicios públicos urbanos de los municipios que conforman las zonas metropolitanas. Se incluyen la recolección de la basura, el mantenimiento y construcción de las

24. Entre otras razones, porque su localización periférica la obliga a incurrir en mayores tiempos y costos de transporte.

25. A pesar de que existen estudios que dan cuenta de los procesos de transformación de la estructura urbana de algunas

ciudades mexicanas hacia el policentrismo, dada la escala de análisis, y en aras de la homogeneización metodológica, en este estudio se adopta la hipótesis simplificada de la estructura urbana monocéntrica.



banquetas y vialidades, la provisión de agua potable y drenaje, el alumbrado público y el mantenimiento de las áreas verdes de la ciudad<sup>26</sup>.

#### ■ Costos externos

Esta categoría incluye la estimación de las emisiones generadas por la construcción de las viviendas, así como las derivadas del uso de combustible en los desplazamientos de la población periférica<sup>27</sup>.

En cuanto al ámbito espacial del análisis, se considera periferia urbana a la superficie de las zonas metropolitanas que están incluidas en el perímetro U2 y U3 de los polígonos de contención urbana (PCU)<sup>28</sup> de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). Esta decisión se justifica porque son las zonas donde se ubica mayoritariamente la población de menores ingresos, por lo que el diseño de políticas públicas urbanas para mejorar las condiciones de vivienda, accesibilidad y proximidad en estas áreas beneficiaría especialmente a estos grupos vulnerables de población. Sin embargo, hay que destacar que una gran parte de la oferta de vivienda formal e informal se encuentra ubicada en zonas periféricas fuera de cualquier polígono de contención (U1, U2 o U3)<sup>29</sup>. Este análisis no considera esa oferta extraperimetral, que se prevé incluir en una futura investigación.

Para poder calcular el costo inicial, el análisis utiliza nuevas técnicas de clasificación del uso del suelo a través de algoritmos de aprendizaje automático que clasifican el suelo urbano en cuatro categorías principales (sección 5) y asignan a cada tipo de vivienda un costo específico de cada componente analizado (privado, público, externo).

Por último, una vez obtenido el costo inicial, se construyen tres escenarios a futuro, con una proyección para el 2050. Se asumen aquí las tendencias recientes en la evolución del presupuesto municipal y del crecimiento del parque habitacional en cada zona metropolitana. La primera proyección asume que el statu quo actual continúa, mientras que en los otros dos escenarios priman políticas públicas de localización o de densificación de la nueva vivienda, alternativamente y se comparan sus resultados con los del primer escenario.

Para concluir este breve apartado metodológico, se incorpora un diagrama sintético del proceso de análisis que se desarrollará en las próximas secciones (Figura 2), con la metodología y las fuentes de información principales.

26. La provisión de servicios urbanos municipales no se restringe únicamente a estos servicios. Sin embargo, dada la variabilidad de servicios municipales provistos, se estima que estos servicios son los mínimos que deberían proveer todos los municipios.

27. Por la disponibilidad de datos en el momento de realizar el análisis no se incluyen otros costos externos como las defunciones por enfermedades derivadas de la contaminación o las pérdidas por congestión vehicular. Sin embargo, el modelo es escalable y permite la incorporación progresiva de otras fuentes de información.

28. Los polígonos de contención urbana son un instrumento de política pública definidos por la Comisión Nacional de Vivienda para tratar de contener la expansión urbana. Éstos determinan el subsidio federal para vivienda destinada a grupos socioeconómicos de bajos ingresos en función de la localización de la vivienda. Los criterios de delimitación de los polígonos se encuentran en revisión por parte de las instancias federales. En 2018 los perímetros de contención

constaban de cuatro categorías. El perímetro U1 incluye a las zonas de la ciudad con una proporción de personal ocupado sobre la población residente superior al promedio de la ciudad, es decir, delimita las zonas con mayor empleo (que no son necesariamente zonas centrales). El perímetro U2 delimita las zonas de la ciudad en las que al menos el 75% de las viviendas tienen servicios de agua y drenaje y la densidad urbana supera un umbral de 20 viviendas por hectárea. El perímetro U3 se delimita a partir de los perímetros U1 y U2, como una zona de expansión a partir de una distancia máxima que depende del tamaño de la población de la ciudad. Las zonas urbanas que no quedan incluidas en ninguno de los tres perímetros se denominan como "fuera de contorno" (FC).

29. Por ejemplo, el promedio de viviendas ubicadas fuera de perímetros de contención en el Registro de Vivienda de CONAVI al 30 de septiembre de 2019 para las 8 zonas metropolitanas analizadas es de 19.9% del total de la oferta disponible. En el caso de las zonas metropolitanas de Tijuana y Tuxtla Gutiérrez, el promedio se eleva al 37%.

Figura 2.

## Secuencia de procesos. Metodología y fuentes principales



Fuente: Elaboración propia.



Monterrey, México. Crédito: Lucy Nieto/Flickr



Oaxaca, México. Crédito: Byron Howes/Flickr

## 5. Percepción remota para clasificar los usos del suelo urbano

Uno de los retos de esta investigación es la clasificación de usos del suelo urbano. En México, la cartografía oficial es generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y se actualiza periódicamente a través de los proyectos estadísticos. Sin embargo, no es posible obtener información del crecimiento urbano en periodos cortos de tiempo. De igual forma, no se dispone de información oficial que refleje los usos reales del suelo urbano, ya que los planes municipales de ordenación recogen el uso de suelo normado, no el real.

### 5.1. CLASIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO URBANOS

En este proyecto se utilizaron técnicas exploratorias de clasificación de usos del suelo mediante percepción remota y algoritmos de aprendizaje automático (Kerins et al., 2020) para obtener información del crecimiento urbano en periodos cortos de tiempo. La metodología toma como referencia la clasificación de usos del suelo del *Atlas of Urban Expansion* del Marron Institute (Angel et al., 2016) que, adaptada al contexto mexicano, se reduce a cuatro tipologías residenciales (Cuadro 1) y tres no residenciales (vialidad, área verde y uso no habitacional).

Cuadro 1.

**Características morfológicas de las tipologías residenciales detectadas**

Tipología	Traza	Apariencia de vialidades	Servicios	Lotificación
Residencial formal subdividido	Ortogonal	Todas están pavimentadas	Todas las viviendas	Regular
Residencial informal subdividido	Irregular	Algunas están pavimentadas	La mayoría de las viviendas	Irregular con tamaños similares entre sí
Asentamiento sin subdivisión	No hay	Todas son de terracería	Los servicios son limitados	No está claramente definida
Desarrollo habitacional	Regular con red interna	Todas están pavimentadas	Todas las viviendas	Lotes y viviendas iguales, construidas por un mismo desarrollador

Fuente: Elaboración propia con base en Angel et al. (2016).

Debido a los limitantes de la información disponible y de la precisión de los algoritmos utilizados (sección 5.3), no fue posible desagregar la tipología “uso no residencial” para identificar actividades económicas específicas. Por lo tanto, en esta investigación la clasificación de usos del suelo se debe entender como la identificación de patrones particulares de urbanización. Ello no limita la posibilidad de que en futuras investigaciones la mejora en la precisión de la técnica y la calidad de la información disponible permita reconocer actividades económicas específicas u otros usos desagregados del suelo urbano<sup>30</sup>.

**5.2. PROCESO DE CLASIFICACIÓN**

El proceso de clasificación de usos del suelo urbano utilizó como insumo la información satelital de acceso público recogido por los satélites Landsat, que se clasificó a partir de dos submodelos de asignación. El primero, que denominaremos reconocimiento satelital sin vialidades, asignó un uso del suelo (Cuadro 1) a cada retícula de 5 x 5 metros de la imagen satelital. El segundo modelo, denominado reconocimiento satelital con vialidades, identificó dos usos del suelo: vialidades y uso no

vial. La imagen resultante para la clasificación del uso del suelo procede de superponer ambos modelos. La Figura 3 muestra este proceso a distintas escalas urbanas.

De forma paralela a la clasificación de usos del suelo por percepción remota, se asignaron valores promedio de distribución de usos del suelo, intensidad de uso y número de viviendas por aglomeración, para poder estimar costos<sup>31</sup>. Para ello se realizó un muestreo aleatorio en los perímetros de contención urbanos U2 y U3 de las ocho zonas metropolitanas analizadas. Se obtuvieron así 234 muestras de aglomeraciones urbanas con cuadrantes de 1 x 1 km en el área de los perímetros U2 y U3.

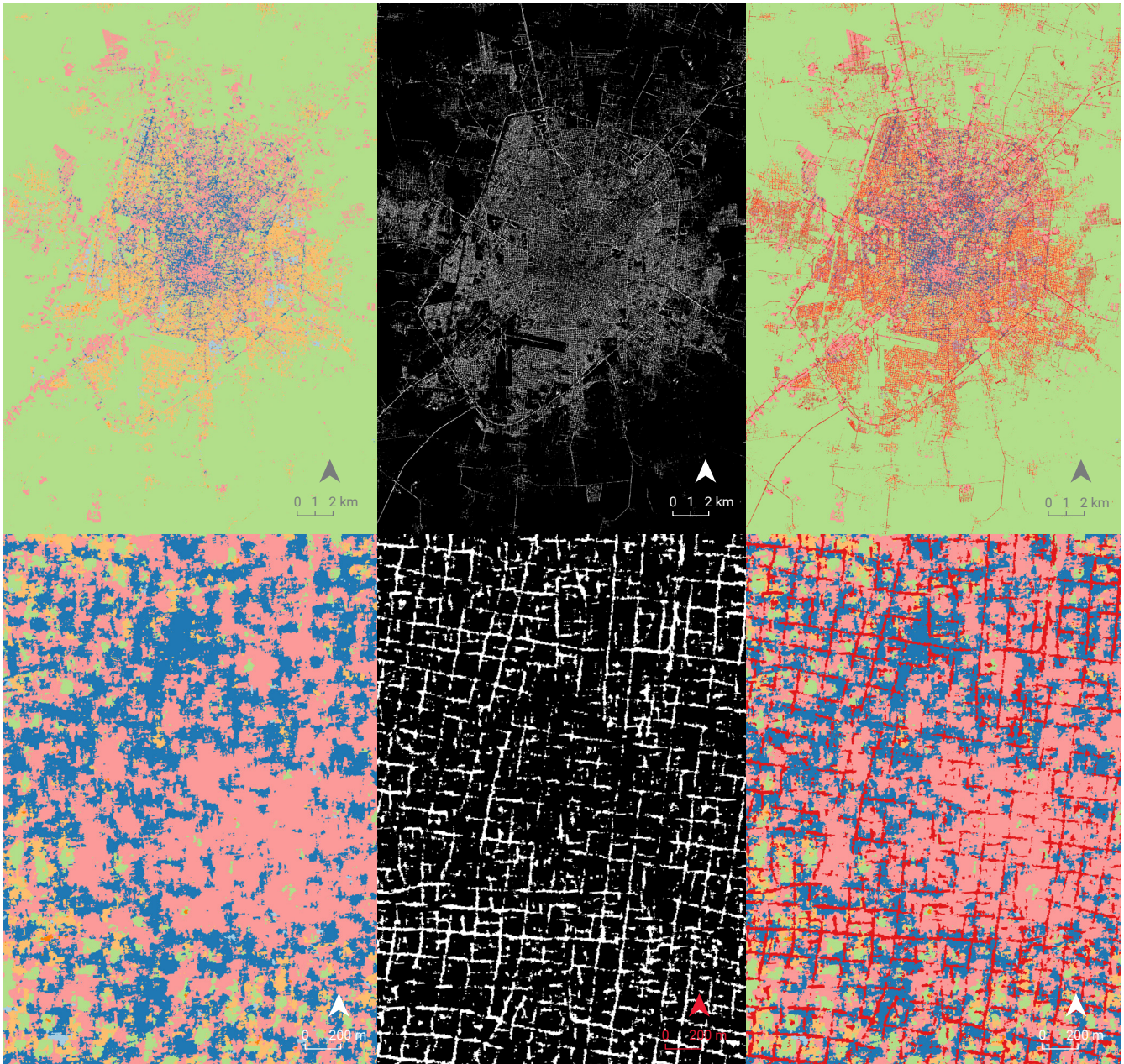
De las 234 muestras originales se analizaron y clasificaron de forma manual un total de 130 aglomeraciones, es decir, tres aglomeraciones por uso de suelo y ciudad, salvo en el Valle de México, en la que se analizaron cinco muestras por uso de suelo. Finalmente, este promedio del número de viviendas por tipo de aglomeración y ciudad se asignó a las imágenes resultantes del modelo de asignación mediante aprendizaje automático.

30. Para futuras versiones, la incorporación de fuentes estadísticas de actividades económicas georreferenciadas, como el DENU del INEGI, puede plantearse como una ruta para mejorar la precisión del algoritmo de clasificación.

31. Disponibles en los anexos metodológicos.

Figura 3.

**Superposición de submodelos de reconocimiento de usos del suelo en la zona metropolitana de Mérida. A la izquierda, modelo sin vialidades, en el centro, modelo de vialidades y a la derecha, modelo superpuesto**



Fuente: Elaboración propia a partir de Kerins et al. (2020).

### 5.3. LIMITACIONES DEL PROCESO Y ESTIMACIÓN DEL ERROR

Debido al carácter exploratorio de las técnicas de clasificación, se detectaron inconsistencias y limitaciones en la clasificación, agrupadas en las siguientes categorías:

- Resolución de las imágenes satelitales disponibles
- Cobertura de la imagen satelital
- Calibración del algoritmo de aprendizaje automático
- Tamaño de la muestra analizada

Para realizar una aproximación del error acumulado, se procedió a comparar las estimaciones de viviendas registradas en las periferias analizadas con datos del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI<sup>32</sup> y las estimaciones obtenidas a partir de la asignación de valores promedio de viviendas por tipo de uso del suelo y ciudad.

A pesar de los ocho años de diferencia entre las dos mediciones, se puede apreciar que de forma general la clasificación subestima el número total de viviendas. Este error de estimación se puede deber tanto al tamaño del muestreo utilizado para calcular las proporciones de usos del suelo y sus intensidades<sup>33</sup>, como a la resolución de las imágenes y la calibración del algoritmo de reconocimiento en el contexto urbano mexicano.

En cuanto a los resultados del proceso de clasificación, la estructura general de usos del suelo obtenida es coherente con el patrón centro-

periferia observable a través de imágenes satelitales, en el que tipologías de menor densidad, como el “asentamiento sin subdivisión”, se encuentran en la periferia periurbana y otras tipologías, como la “residencial informal subdividida”, se encuentran con mayor frecuencia en las periferias urbanas y en zonas de ubicación de estratos socioeconómicos más bajos (de acuerdo con la clasificación del Índice de Inclusión Social de Brito et al., 2021). La categoría “desarrollo habitacional” también se encuentra de forma más frecuente en la periferia urbana, lo que resulta coherente con la ubicación de los desarrollos habitacionales horizontales promovidos en las últimas décadas.

Sin embargo, los resultados también muestran que es necesario mejorar la precisión de los resultados en ciudades con un patrón urbano más homogéneo y vacíos intraurbanos frecuentes (como en el caso de Tuxtla Gutiérrez), así como en zonas urbanas en las que se producen cambios de uso en el suelo urbano. Tal es el caso de los procesos de urbanización irregular en el que progresivamente se produce un cambio de uso residencial a un uso comercial por el desarrollo de actividades económicas en la vivienda.

A pesar de las limitaciones señaladas, las técnicas de aprendizaje automático experimentan un avance continuo, tanto en sus alcances como en la precisión de sus resultados. Por ello, esta primera exploración muestra que es factible continuar el trabajo, tanto en el desarrollo de la metodología como en los instrumentos de clasificación, por las enormes posibilidades de monitoreo y de recopilación de información, las cuales pueden utilizarse tanto para el control de la expansión urbana como para el crecimiento ordenado de las ciudades.

32. El Censo de Población y Vivienda 2020 no se encontraba disponible en el momento de realizar el análisis.

33. La escala y la variabilidad de las tipologías residenciales urbanas hacen recomendable incrementar el tamaño de las aglomeraciones analizadas. De forma general existe un error de subestimación de viviendas en todas las tipologías y entre

ellas la tipología “asentamiento sin subdivisión” acumula el mayor rango. El caso de Culiacán es diferente a la norma ya que el número de viviendas estimadas es superior al del censo de 2010, lo que es coherente con el proceso de expansión de la mancha urbana en la ciudad.

Cuadro 2.

### Diferencias en la estimación de viviendas por percepción remota en 2018 con respecto a los valores censados en el Censo de Población y Vivienda de 2010

		Culiacán	Guadalajara	Mérida	Monterrey	Reynosa	Tijuana	Tuxtla Gutiérrez	Valle de México
Asentamiento sin subdivisión	Viviendas en 2010	504	40,159	12,683	50,005	33,178	45,214	12,582	437,294
	Viviendas estimadas en 2018	1,658	31,103	948	13,769	426	2,339	2,641	268,900
	Ratio 2018-2010	<b>329%</b>	<b>77%</b>	<b>7%</b>	<b>28%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>21%</b>	<b>61%</b>
Residencial informal subdividido	Viviendas en 2010	62,915	249,839	110,049	45,871	50,928	147,908	60,606	819,131
	Viviendas estimadas en 2018	80,506	188,027	41,013	70,320	50,146	91,271	28,552	416,970
	Ratio 2018-2010	<b>128%</b>	<b>75%</b>	<b>37%</b>	<b>153%</b>	<b>98%</b>	<b>62%</b>	<b>47%</b>	<b>51%</b>
Residencial formal subdividido	Viviendas en 2010	110,289	548,819	49,058	845,177	28,284	208,755	50,258	2,953,487
	Viviendas estimadas en 2018	145,732	254,106	35,077	490,018	32,280	102,031	18,809	1,304,820
	Ratio 2018-2010	<b>132%</b>	<b>46%</b>	<b>72%</b>	<b>58%</b>	<b>114%</b>	<b>49%</b>	<b>37%</b>	<b>44%</b>
Desarrollo habitacional	Viviendas en 2010	3,864	142,967	38,269	72,159	104,837	38,335	6,018	295,931
	Viviendas estimadas en 2018	29,321	173,775	24,057	74,282	125,773	28,928	2,850	281,747
	Ratio 2018-2010	<b>759%</b>	<b>122%</b>	<b>63%</b>	<b>103%</b>	<b>120%</b>	<b>75%</b>	<b>47%</b>	<b>95%</b>
Total	Viviendas en 2010	177,572	981,784	210,059	1,013,212	217,227	440,212	129,464	4,505,843
	Viviendas estimadas en 2018	257,217	647,011	101,095	648,389	208,625	224,569	52,852	2,272,437
	Ratio 2018-2010	<b>145%</b>	<b>66%</b>	<b>48%</b>	<b>64%</b>	<b>96%</b>	<b>51%</b>	<b>41%</b>	<b>50%</b>

Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI.







Guanajuato, México. Crédito: Salim Chamseddine/Flickr

## 6. La expansión periférica en ocho zonas metropolitanas

A partir de la clasificación de costos de la sección 4, el costo de la expansión de la mancha urbana periférica se estima al considerar cuatro componentes básicos:

- La construcción de la vivienda y su urbanización (costo privado)
- El desplazamiento (costo privado)
- La provisión de servicios urbanos básicos (costo público)
- Las emisiones de gases de efecto invernadero (costo externo)

Como se mencionó anteriormente, en este análisis la periferia urbana se delimita de forma normativa a partir de los perímetros de contención urbana aprobados por la CONAVI: la periferia es la superficie contenida en el perímetro U<sub>2</sub> y en el U<sub>3</sub>. Una vez estimados los cálculos por unidad de vivienda de cada componente, los costos totales de las periferias urbanas en las ocho ciudades se estiman a partir del análisis por percepción remota de la clasificación de usos del suelo urbano.

El ejercicio se limita a proporcionar una estimación exploratoria de los costos de la expansión urbana, bajo los supuestos simplificadores necesarios para poder comparar costos entre ciudades<sup>34</sup>. Las razones son la limitación de los datos disponibles y la utilización novedosa de técnicas de reconocimiento de patrones urbanos mediante algoritmos de aprendizaje automático, que deberán refinarse en futuros ejercicios.

---

34. Las hipótesis simplificadoras se resumen al comienzo de cada apartado de cálculo de los costos.

Sin embargo, los resultados pueden servir para establecer futuras comparaciones del costo de distintos patrones de expansión en escenarios futuros y así contribuir al diseño de instrumentos de política pública que permitan controlar, ordenar y regular el crecimiento de las ciudades mexicanas.

## 6.1. LA VIVIENDA

El costo de la vivienda es el primer elemento incorporado en la estimación del costo de la expansión urbana periférica. La vivienda no se concibe como un elemento aislado, se agrupa más bien con otras viviendas por medio de vialidades, junto con las cuales configuran varios tipos de aglomeraciones urbanas<sup>35</sup>.

Los costos unitarios de la vivienda y de la urbanización se calculan de acuerdo con los siguientes criterios simplificados:

- Existen dos tipologías de vivienda con la misma superficie y volumetría, que se diferencian únicamente por su sistema constructivo<sup>36</sup>.
- Las tipologías de vivienda son de baja densidad o en condominio horizontal, por ser las más comunes en las periferias urbanas.
- No existe depreciación en el valor de la construcción por la edad de la edificación, ya que no se dispone de información sobre la edad de la edificación.
- Existen cuatro tipologías de vialidades disponibles que pueden combinarse con las dos tipologías de vivienda para caracterizar las aglomeraciones urbanas.

- Los costos de la urbanización de la vivienda solo incluyen el costo de construcción de la vialidad, sin considerar instalaciones hidráulicas, de drenaje o de alumbrado vial.
- No se incluye el costo de adquisición del suelo por limitaciones de los datos disponibles.

Estos supuestos se integran y utilizan junto con los valores establecidos para el cálculo de presupuestos de obra pública del Tabulador general de precios unitarios para la construcción de la Ciudad de México<sup>37</sup>, así como con los valores de la SHCP para obra civil, con el fin de obtener los costos paramétricos de construcción (Cuadro 3). Los resultados son coherentes con las economías de escala de los desarrollos habitacionales masivos de baja densidad, como se refleja en la tipología “Mampostería B”.

Una vez calculados los costos paramétricos de la construcción, se realizó un muestreo aleatorio en las periferias de las ocho ciudades para establecer intensidades de uso para cada tipo de suelo urbano y ciudad analizada. Con las intensidades de uso y los costos paramétricos, la Figura 4 sintetiza los resultados obtenidos y muestra cómo repercute el costo de la vialidad por superficie de vivienda. En la mayoría de las ciudades (salvo Culiacán, Mérida y Valle de México) los desarrollos habitacionales de baja densidad son los que presentan costos unitarios de la infraestructura vial más altos, por lo que la apuesta por un modelo más denso podría ser más eficiente en términos económicos, además de reducir otras externalidades asociadas a un modelo urbano orientado al automóvil que no se contemplan en este ejercicio.

35. Para este ejercicio se define aglomeración urbana como el conjunto de vialidades y manzanas que por su forma y no por su división administrativa, configuran la unidad mínima de una ciudad. Es decir, se trata de la célula urbana delimitada por vialidades de mayor jerarquía y que en su interior presenta un patrón urbano relativamente homogéneo. El tamaño de las aglomeraciones urbanas analizadas oscila entre 1 y 20 hectáreas.

36. La selección de dos tipologías proviene del análisis a partir de imágenes satelitales de las tipologías más frecuentes en las periferias urbanas. La diferencia en el sistema tecnológico trata de incorporar la ventaja competitiva de las grandes desarrolladoras frente a un proceso de autoproducción (Anexo 11.2.1).

37. Debido a que no existe información pública a nivel local para la mayoría de las ciudades analizadas.

Cuadro 3.

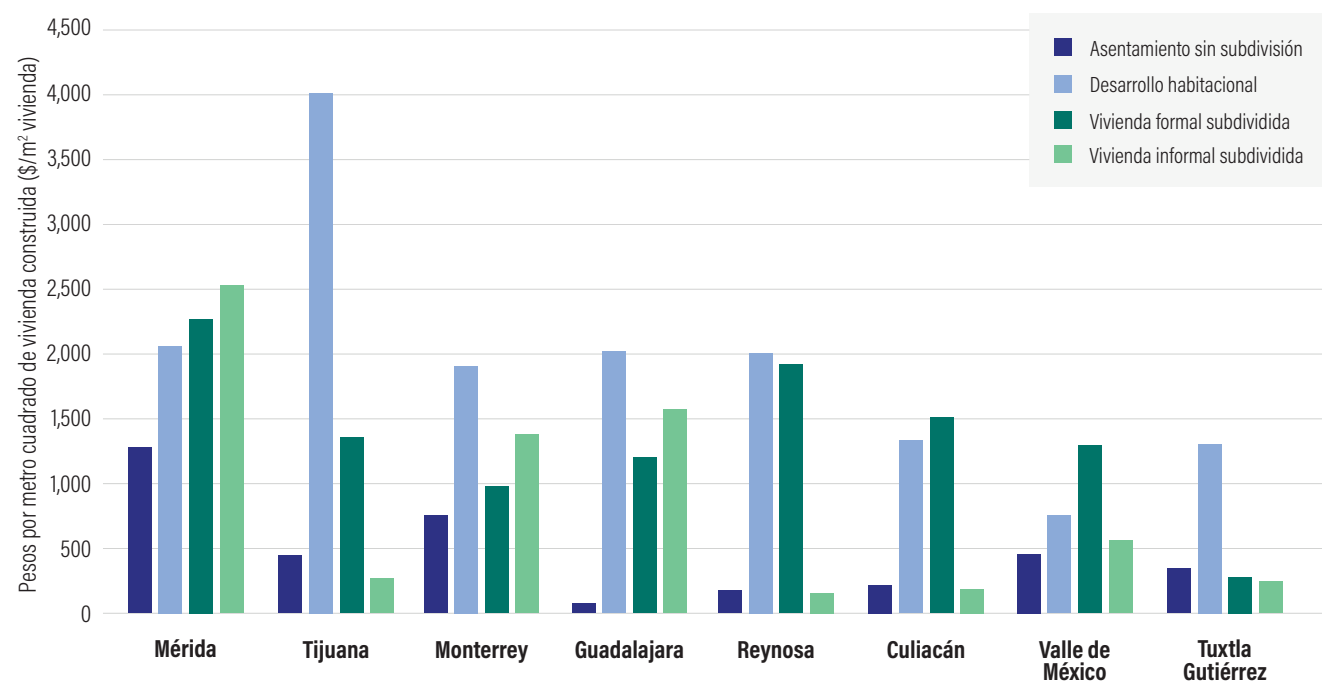
### Costos paramétricos de construcción de las viviendas, vialidades y espacio libre de las aglomeraciones urbanas

Tipología	Concepto	Descripción del concepto	Costo unitario (\$/M <sup>2</sup> )
Vivienda	Mampostería A	En serie	\$5,047
Vivienda	Mampostería B	Autoconstrucción	\$5,391
Vialidad	Tipo 1	Asfalto	\$1,202
	Tipo 2	Concreto	\$1,460
	Tipo 3	Adoquín, adocreto o empedrado	\$429
	Tipo 4	Tierra (aplanado)	\$63
Espacio libre	Área libre	Jardines	\$116

Fuente: Elaboración propia con base en el Tabulador general de precios unitarios de la CDMX de marzo de 2019 y los Costos paramétricos de pavimentación de la SHCP de 2015. Valores base 2019.

Figura 4.

### Costo promedio de las vialidades por superficie de vivienda construida



Fuente: Elaboración propia con base en el Tabulador general de precios unitarios de la CDMX de marzo de 2019 y Costos paramétricos de pavimentación de la SHCP de 2015. Valores base 2019. Orden descendente en función de costos acumulados por ciudad.

## 6.2. EL DESPLAZAMIENTO

El segundo componente es la estimación del gasto realizado por las familias en el desplazamiento a los centros de trabajo. Dada la diversidad de patrones y modos de desplazamiento urbanos, se asumen los siguientes supuestos:

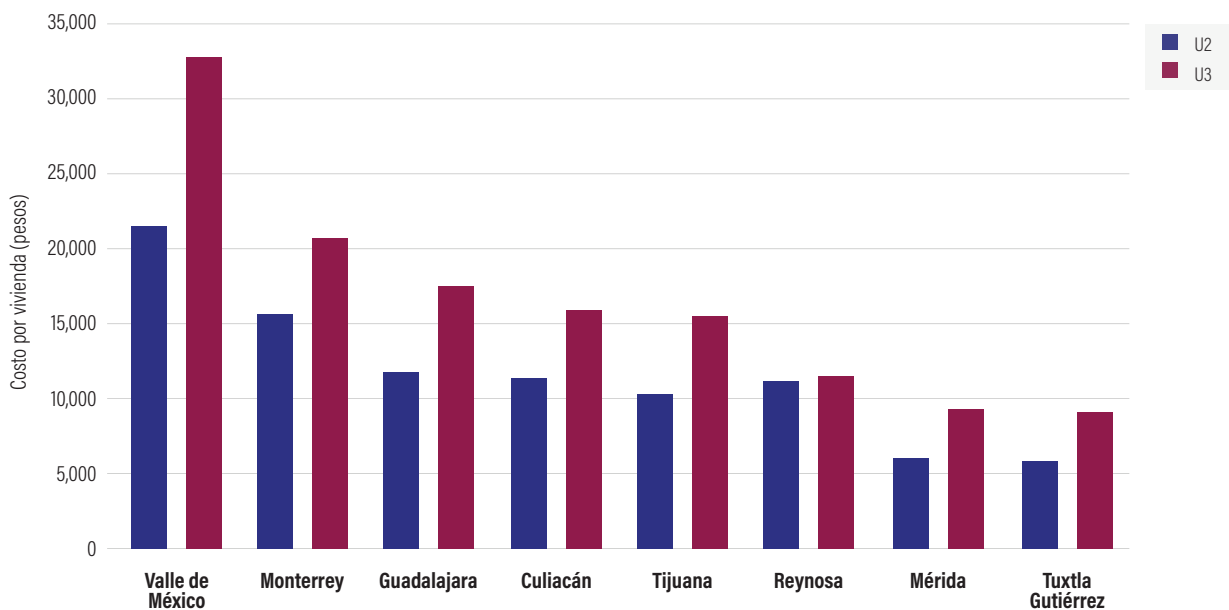
- La estructura de las zonas metropolitanas es monocéntrica, con un distrito central de negocios (DCN) en el que se concentran los empleos.
- Todas las viviendas periféricas están ocupadas y a cada vivienda le corresponde un hogar censal.
- Las familias ubicadas en la periferia disponen de un único automóvil, el cual constituye su modo de desplazamiento<sup>38</sup>.

- Solo un integrante de cada familia realiza desplazamientos en automóvil por motivos de trabajo. Para el resto de las actividades existe una distribución suficiente y homogénea de equipamientos urbanos, por lo que esos desplazamientos no se realizan en automóvil.

Tras delimitar el centro principal de empleo de cada zona metropolitana (ver Anexos), se establecieron tiempos promedio de desplazamiento de la periferia al centro de empleo, en anillos concéntricos cada 5 kilómetros que consideran la estructura de la red vial<sup>39</sup>. De esta forma, con el número de viviendas en cada anillo, el uso del suelo (obtenido por percepción remota) y un precio de referencia del combustible<sup>40</sup>, fue posible calcular el costo promedio anual de desplazamiento por vivienda en cada ciudad. Estos costos se recogen en la Figura 5.

Figura 5.

### Costo promedio anual de desplazamiento por vivienda en la periferia urbana



Fuente: Elaboración propia con base en datos del precio promedio de la gasolina regular de la CRE. Valores base 2019. Orden descendente en función de costos acumulados por ciudad.

38. A pesar de que en la población de menores recursos el transporte público constituye un elemento necesario para su movilidad, no se considera su costo porque en la mayoría de las ciudades no se dispone de sistemas formales de transporte público o información estadísticamente significativa a nivel local.

39. Definida en el Marco geoestadístico de diciembre de 2018 del INEGI.

40. Para determinar el precio del combustible se utilizó el precio promedio nacional registrado en la CRE de la gasolina regular en diciembre de 2019, la cual tenía un valor de 19.44 pesos por litro. Asimismo se consideró un consumo promedio de combustible de 9 litros cada 100 kilómetros.

Si consideramos que las familias que viven en el perímetro U3 no suelen pertenecer a grupos de altos ingresos, los resultados reflejan cómo la estructura urbana de cada ciudad puede agravar el problema del desplazamiento. De las tres grandes zonas metropolitanas, Guadalajara es la que presenta menores costos de desplazamiento, por su menor extensión y dispersión de la mancha urbana. En las ciudades medias la influencia de la estructura urbana se evidencia claramente en Culiacán y Tijuana, con un patrón urbano más disperso y desconectado. En definitiva, los resultados muestran la necesidad de replantear los instrumentos de planeación urbana desde una lógica metropolitana, de forma que se favorezca a los grupos de población más vulnerables.

### 6.3. LOS SERVICIOS URBANOS

El tercer componente es un costo sufragado por el conjunto de la sociedad a través de las administraciones municipales. Se asumen los siguientes supuestos simplificadores:

- Todos los municipios de las zonas metropolitanas, independientemente de su tamaño, proporcionan los mismos servicios: recolección de basuras, banquetas, vialidades, drenaje, agua potable, alumbrado público y áreas verdes.
- La estructura del gasto de las zonas metropolitanas analizadas es la misma: se destina el mismo porcentaje del presupuesto para proporcionar cada servicio urbano<sup>41</sup>.

La justificación de estos dos supuestos recae en la escasa información de cuenta pública municipal, tanto temporal como en la desagregación del gasto<sup>42</sup>, en la multitud de arreglos institucionales en los municipios, así como entre los municipios y los estados que proveen los diferentes servicios urbanos.

La Figura 6 muestra el costo público total por vivienda en cada zona metropolitana. El crecimiento ininterrumpido de algunas de las ciudades parece hacer mella en el desembolso disponible por vivienda a partir de 2010, como en el caso de Culiacán, Tijuana y Tuxtla Gutiérrez, tanto por una disminución del presupuesto disponible como por un crecimiento más rápido del parque habitacional frente al presupuesto disponible<sup>43</sup>. De continuar la tendencia, el modelo de expansión urbano actual no parece ser una opción viable a largo plazo para algunas de las zonas metropolitanas.

Por último, la Figura 7 estima los costos por vivienda de provisión de servicios públicos urbanos tomando como referencia el análisis de la Cuenta Pública de la Ciudad de México<sup>44</sup>. La elección de la estructura urbana se vuelve a poner de manifiesto en zonas metropolitanas como Tijuana y Culiacán, con costos altos por vivienda frente a otras ciudades medias, por lo que se acentúa la necesidad de elegir un modelo urbano más eficiente.

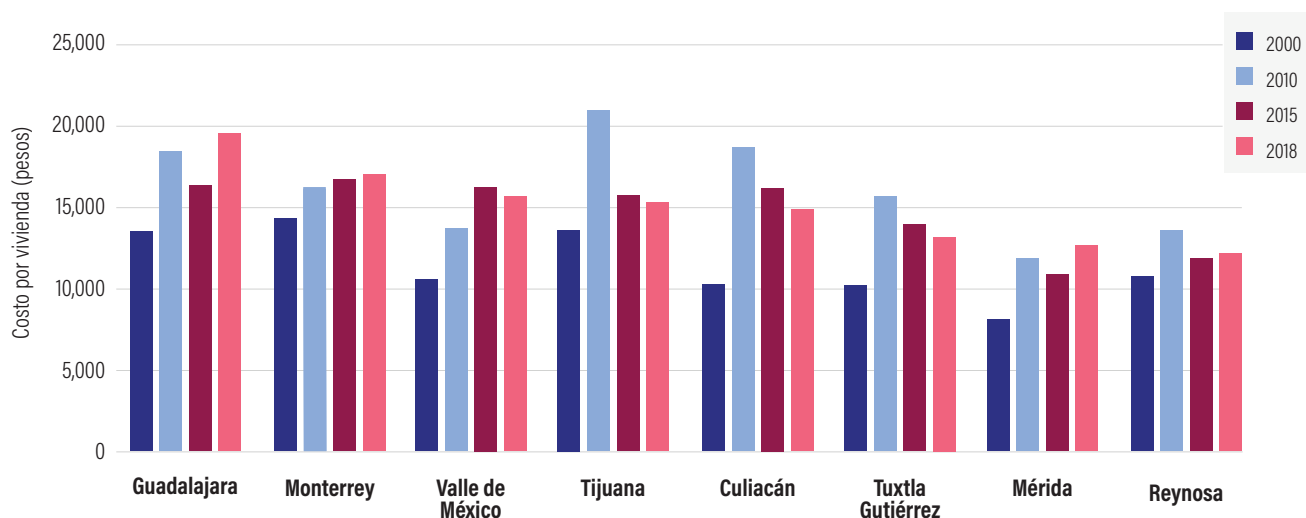
41. Por tanto, para simplificar el análisis no se consideran economías (o deseconomías) de escala en la provisión de servicios urbanos.

42. Sin embargo, en los últimos años se han realizado importantes avances en este rubro. La Estadística de Finanzas Públicas Estatales y Municipales (EFIGEM) del INEGI es una muestra de estos esfuerzos y la progresiva mejora en su nivel de detalle y desagregación puede abrir futuras líneas de investigación.

43. De la misma forma, en los resultados también pueden influir otros factores, como el mayor gasto público en periodos electorales.

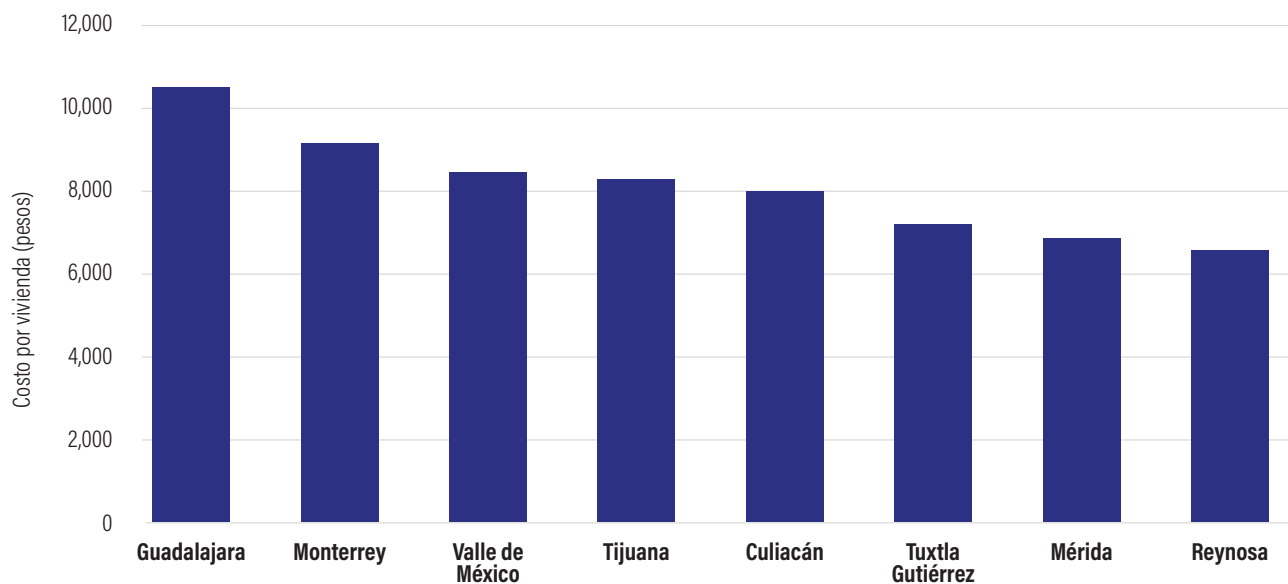
44. Esta decisión metodológica implica asumir estructuras de gasto similares entre niveles de gobierno diferentes (municipio vs entidad federativa). Para tratar de minimizar el problema, el análisis de la Cuenta Pública de la Ciudad de México consideró solamente, en la medida de lo posible, los desembolsos ejercidos por las alcaldías y no por los organismos de la entidad federativa. El cálculo detallado se puede consultar en el Anexo 11.2.4.

Figura 6.  
Evolución del costo público por vivienda 2000-2018



Fuente: Elaboración propia con base en la EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores base 2019. Orden descendente en función de costos proyectados en 2018.

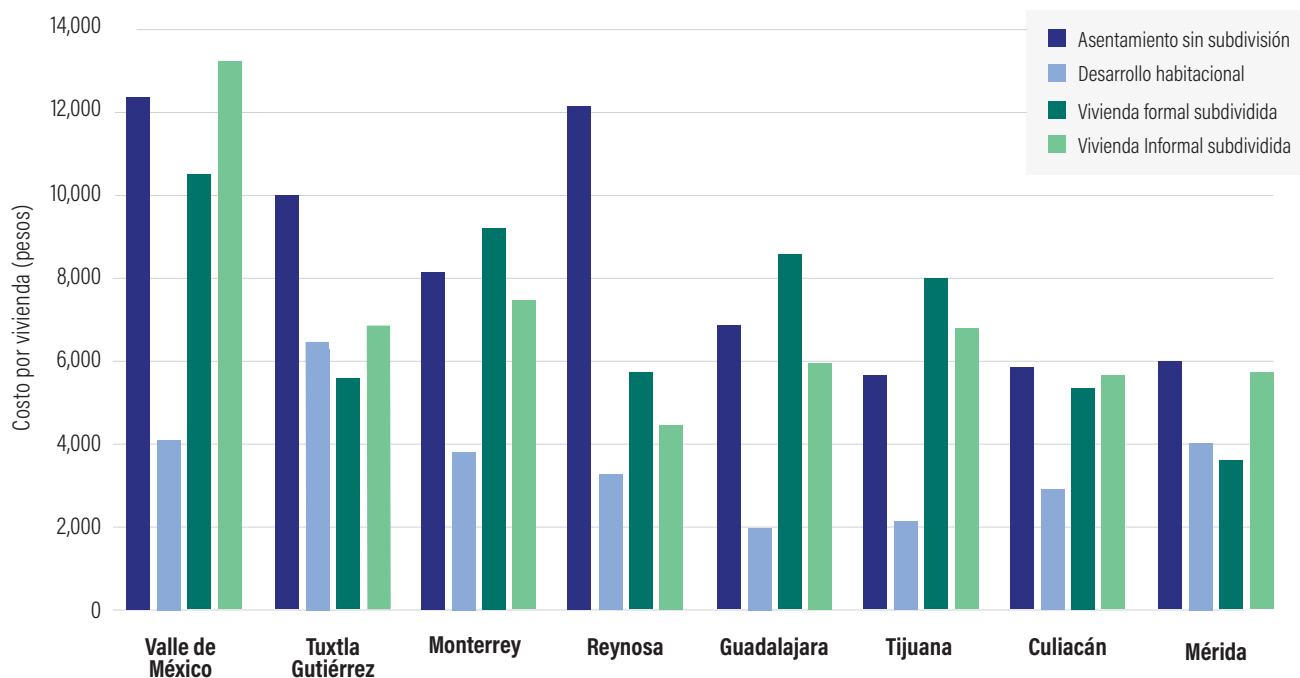
Figura 7.  
Costo por vivienda para la provisión de servicios públicos



Fuente: Elaboración propia con base en cálculo propios, EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores base 2019.

Figura 8.

### Comparación del costo unitario de las emisiones por vivienda en los perímetros de contención U2 y U3



Fuente: Elaboración propia con base en la actualización de cuotas del impuesto especial sobre producción y servicios (IEPS) para el año 2019 de la SHCP. Valores base 2019. Orden descendente en función de costos acumulados por ciudad.

## 6.4. LAS EMISIONES

El último componente se estima como el costo de las emisiones de gases de efecto invernadero derivados de la expansión urbana, bajo estos supuestos simplificados:

- Las emisiones solo provienen de la construcción de viviendas y sus vialidades.
- El cálculo de las emisiones materiales es de cuna a puerta, es decir, solo se consideran las emisiones desde la extracción de los materiales hasta el transporte al sitio de construcción, pero no su vida útil ni su disposición final.

- Se consideran tecnologías y calidades de los materiales asimilables al de otros países industrializados.

Para poder calcular las emisiones de la construcción es necesario conocer los parámetros de emisión de CO<sub>2</sub>e (bióxido de carbono equivalente) por unidad de volumen de los distintos tipos de materiales. A pesar de que México ha registrado avances en la medición de la huella de carbono<sup>45</sup>, todavía existe un vacío sobre las emisiones de la construcción. Para este análisis se diseñó una calculadora de emisiones<sup>46</sup>, adaptada al contexto mexicano, con una menor tecnificación de los procesos constructivos. La Figura 8 sintetiza la estimación del costo de las emisiones.

45. La Semarnat y el INECC han realizado varios estudios para la mitigación del cambio climático, por ejemplo INECC, 2017.

46. Se tomó como referencia la calculadora ambiental creada por

el gobierno del Reino Unido. Disponible en: [www.ice.org.uk/knowledge-and-resources/best-practice/environment-agency-carbon-calculator-tool](http://www.ice.org.uk/knowledge-and-resources/best-practice/environment-agency-carbon-calculator-tool)





Tepic, México. Crédito: Daniel Estoychev/Flickr

Esta considera los volúmenes de emisiones, el total de viviendas por uso de suelo urbano y ciudad y un costo unitario de emisión equivalente a la cuota recogida en el IEPS de \$48.87 pesos por tonelada de carbono<sup>47</sup>.

Los resultados reflejan un escenario complejo. Por un lado, las viviendas con una menor tecnificación constructiva tienden a usar mayores volúmenes de material. Por otro, un alto impacto de la vialidad resulta en aglomeraciones urbanas que terminan por producir mayores emisiones. Este fenómeno se refleja nítidamente en el caso de la aglomeración de asentamientos sin subdivisión de Reynosa y Valle de México. Sin embargo, el tamaño promedio de la vivienda en cada ciudad también influye en el resultado final, lo que lleva a que no se

pueda afirmar de manera consistente que un tipo determinado de aglomeración urbana sea la más ineficiente en el país. En suma, estos resultados reflejan la necesidad de diseñar políticas de control de la expansión urbana adaptadas a cada contexto local.

---

47. Publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha del 28 de diciembre de 2018.

## 6.5. EL COSTO TOTAL

Los resultados de los componentes anteriores se recogen en el Cuadro 4, que toma como base el año 2019 para el diseño de los de escenarios a futuro.

Los costos iniciales incluyen la estimación del desembolso realizado hasta 2019, así como el costo de construcción de la vivienda y la urbanización (costo privado) y el costo de las emisiones derivadas de ese proceso constructivo (costo externo). Los costos anuales recogen las estimaciones del desembolso anual que deben realizar las familias

para desplazarse (costo privado), el gasto público para asegurar el mantenimiento de los servicios urbanos existentes y la inversión en nueva infraestructura para los servicios (costo público).

Los puntos de partida en cada ciudad varían ampliamente. Si se dejan de lado los costos iniciales, que dependen del tamaño de la ciudad y de la composición de su parque habitacional, es relevante destacar la participación del desplazamiento y del costo público en el total del costo anual.

Cuadro 4.

### Costo de la expansión urbana en 2019 en ocho zonas metropolitanas. Millones de pesos

	Costos iniciales		Costos anuales			Total	
	Costo privado	Costo externo	Costo privado	Costo público			
	Construcción de vivienda y urbanización	Costo ambiental	Desplazamiento	Inversión en infraestructura para servicios urbanos	Mantenimiento y operación de los servicios urbanos	Costos iniciales	Costos anuales
<b>Culiacán</b>	290,605.3	1,336.1	3,134.7	161.4	1,898.0	291,941.5	5,194.1
<b>Guadalajara</b>	584,082.6	3,869.6	8,343.0	532.8	6,267.4	587,952.2	15,143.2
<b>Mérida</b>	73,287.0	467.5	650.0	53.8	632.8	73,754.5	1,336.6
<b>Monterrey</b>	737,641.1	5,435.9	10,576.9	464.0	5,457.7	743,077.1	16,498.7
<b>Reynosa</b>	112,732.5	834.9	2,384.4	106.2	1,249.6	113,567.4	3,740.2
<b>Tijuana</b>	210,471.4	1,507.4	2,527.0	145.3	1,708.5	211,978.8	4,380.8
<b>Tuxtla Gutiérrez</b>	39,678.5	346.1	345.9	29.5	346.8	40,024.6	722.2
<b>Valle de México</b>	3,302,005.2	23,675.0	51,683.6	1,503.0	17,678.8	3,325,680.2	70,865.4

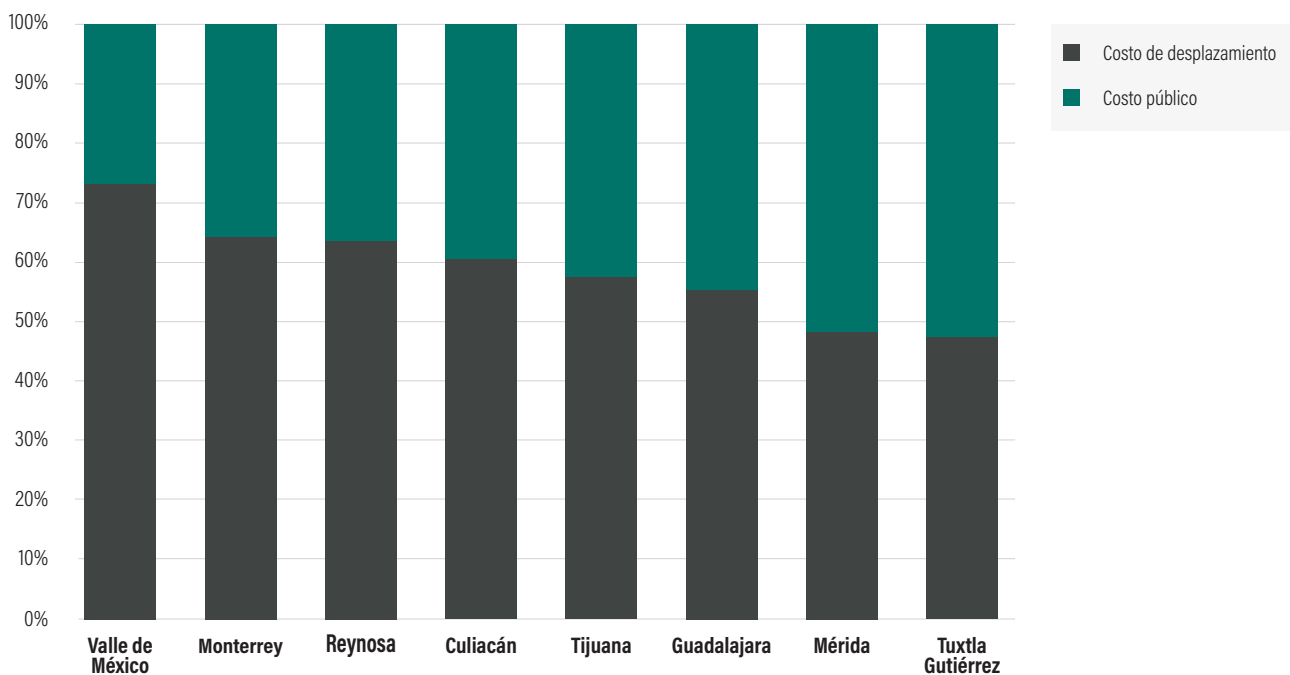
Fuente: Elaboración propia con base en el Tabulador general de precios unitarios de la CDMX de marzo de 2019, Costos paramétricos de pavimentación de la SHCP de 2015, datos del precio promedio de la gasolina regular de la CRE, EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, cuotas del IEPS para el año 2019 de la SHCP y el SUN de CONAPO. Valores base 2019.

La Figura 9 muestra cómo el tamaño de la ciudad tiende a incrementar la participación de los costos de desplazamiento (como en la zona metropolitana del Valle de México), pero la lejanía de los perímetros U2 y U3 de los centros de empleo, dependiente en gran medida de la fragmentación de la estructura urbana, también puede incrementar esa participación (Reynosa,

Tijuana o Culiacán). Los cuatro ejemplos evidencian que no solo la extensión de la ciudad es importante, sino que la fragmentación urbana o la estructura vial son también factores relevantes<sup>48</sup>, por lo que es necesario cuestionar la estrategia del modelo urbano actual para poder disminuir los costos generados por la expansión urbana.

Figura 9.

### Estructura porcentual de los costos anuales en cada zona metropolitana en 2019



Fuente: Elaboración propia con base en el el Tabulador general de precios unitarios de la CDMX de marzo de 2019, Costos paramétricos de pavimentación de la SHCP de 2015, datos del precio promedio de la gasolina regular de la CRE, EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, cuotas del IEPS para el año 2019 de la SHCP y el SUN de CONAPO. Valores base 2019. Orden descendente en función de la participación porcentual de los costos de desplazamiento.

48. Variables que forman parte del análisis de la morfología urbana y que se proyectan integrar en análisis posteriores.



San Luis Potosí, México. Crédito: Luis Lee /Flickr

## 7. El costo nacional de la expansión urbana

Hasta ahora, los resultados han mostrado la diferencia en la estructura del costo de la expansión en ocho zonas metropolitanas, con lo que se refleja el importante papel de la estructura urbana para la sostenibilidad financiera a largo plazo. Ahora bien, ¿se podrían extrapolar esos resultados al conjunto de México? Con los datos disponibles, el siguiente apartado trata de generar, sobre esa ruta, una aproximación.

### 7.1. AGRUPACION DE LAS ZONAS METROPOLITANAS

Para poder asignar una estructura similar de costos al conjunto de las 74 zonas metropolitanas,

se realizó un ejercicio de categorización de las ciudades en función de su dinámica demográfica, económica y de la estructura del parque habitacional (Anexo 11.1), en la que se utiliza la técnica de análisis de conglomerados de k-medias sin restricción espacial. De esta forma, se pudieron obtener siete grupos de zonas metropolitanas. Cada uno de ellos toma como referencia una de las zonas metropolitanas analizadas anteriormente, más el Valle de México como grupo aislado (Cuadro 5).

Así, a cada zona metropolitana se le asignó un costo por vivienda equivalente al de su zona metropolitana de referencia, para lo cual se consideraron las siguientes reglas:

- El costo paramétrico de construcción de la vivienda y la urbanización no presenta diferencias regionales, como tampoco lo hacen los costos derivados de las emisiones.

■ Los costos de desplazamiento por vivienda se ponderan en función de la distancia promedio del centro de empleo al perímetro U2 y U3 de la zona metropolitana de estudio respecto a la zona metropolitana de referencia.

■ Los costos de provisión de servicios públicos por vivienda se ponderan en función de la recaudación de cada zona metropolitana con respecto a la zona metropolitana de referencia.

Cuadro 5.

**Grupos finales de zonas metropolitanas**

Monterrey	Guadalajara	Tijuana	Reynosa	Valle de México	Mérida	Tuxtla Gutiérrez	Culiacán
Aguascalientes	Celaya	Ensenada	Chihuahua	Valle de México	Cancún	Acayucan	Acapulco
Querétaro	Ocotlán	Cuautla	Juárez		Campeche	Hidalgo del Parral	Ciudad Victoria
León	Puebla-Tlaxcala	Coatzacoalcos	La Laguna		Colima-Villa de Álvarez	Minatitlán	Córdoba
Saltillo	San Francisco del Rincón	Cuernavaca	Mexicali		Chetumal	Oaxaca	Chilpancingo
	San Luis Potosí	Delicias	Veracruz		La Paz	Orizaba	Durango
	Tlanguistenco	Guaymas			Pachuca	Poza Rica	Guanajuato
	Tlaxcala-Apizaco	Hermosillo			Puerto Vallarta	Tecomán	La Piedad-Pénjamo
	Toluca	Matamoros			Tepic	Tehuacán	Mazatlán
	Tula	Monclova-Frontera				Tehuantepec	Moroleón-Uriangato
	Zacatecas-Guadalupe	Morelia				Xalapa	Rioverde
		Nogales					Tampico
		Nuevo Laredo					Tapachula
		Piedras Negras					Teziutlán
							Tulancingo
							Villahermosa
							Zamora

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SUN 2018 de CONAPO.

## 7.2. EL COSTO PÚBLICO: LA PROVISIÓN DE SERVICIOS URBANOS

Con base en lo anterior, la estimación del costo de la provisión de servicios urbanos se muestra en el Cuadro 6. Hay que recordar que estas cifras son una estimación del monto anual, bajo supuestos simplificadores.

Como se puede apreciar, en la actualidad el desembolso que deben realizar los municipios cada año para proveer servicios urbanos básicos asciende al 0.35% del PIB de México en 2019. En términos comparativos, en 2018 los municipios recaudaron por ingresos tributarios solo el 0.26% del PIB (OECD,

2020), lo que denota la limitada capacidad de acción por la falta de ingresos propios de los municipios.

Además el costo promedio por vivienda es el mismo en los dos perímetros debido a las limitaciones de la información disponible (sección 6.3). Sin embargo, la revisión de la literatura apunta a que las estructuras urbanas dispersas y desconectadas tienden a incrementar el costo unitario de provisión de servicios, lo que subraya la necesidad de que los municipios desarrollen medidas para controlar y regular el crecimiento urbano, para que de esa forma se pueda controlar la creciente carga del costo de provisión de servicios sobre la riqueza del país.

Cuadro 6.

### Costo de provisión de los servicios urbanos básicos

Costo de provisión de los servicios	Monto por vivienda (pesos)	Monto (pesos, en millones)	% sobre PIB, 2019
U2	3,702.7	80,805.1	0.33%
U3	3,702.7	4,737.6	0.02%
<b>Total</b>		<b>85,542.7</b>	<b>0.35%</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Cuentas Nacionales (INEGI) y de EFIPEM 2019 (INEGI). Valores 2019.

## 7.3. EL COSTO PRIVADO: LA URBANIZACIÓN Y LOS DESPLAZAMIENTOS

Este apartado muestra tanto el costo acumulado derivado de la construcción de la vivienda y la urbanización, como la estimación del costo anual en el que deben incurrir las familias para poder desplazarse mínimamente al trabajo.

El Cuadro 7 muestra, a título informativo, que el proceso de urbanización acumulada a nivel nacional en los dos anillos perimetrales analizados ha supuesto, al menos, un costo superior al 56% del PIB nacional en 2019. El menor costo de la vivienda

y su urbanización en el perímetro exterior se explica, en términos generales, por el menor tamaño promedio de las viviendas en esta periferia externa y debería sopesarse frente a las externalidades negativas que genera el proceso de expansión urbana: contaminación, destrucción ambiental, pérdida de servicios ecosistémicos y de terrenos productivos, segregación socioespacial y mayores tiempos de desplazamiento, entre otros. Si se tienen en cuenta todas las variables implicadas en este modelo de urbanización, parece pausable asumir que esta inversión no se ha realizado de la forma más eficiente para el desarrollo económico nacional y el bienestar de las familias.

Relativo al último punto, el Cuadro 8 refleja que el costo anual de desplazamiento estimado para las familias mexicanas supone más del 0.7% del PIB nacional<sup>49</sup>. Si se compara la cifra con los ingresos anuales acumulados de los hogares con ingresos menores a 5 salarios mínimos, el porcentaje asciende a 9.4%<sup>50</sup>. Por perímetro, el U3 implica un 0.06% del PIB frente al 0.67% del perímetro U2. Los resultados del perímetro U3 son destacables, ya que contienen un número bastante menor de viviendas, pero normalmente en esas zonas más alejadas se encuentra la población de menores recursos,

por lo que ese costo implicaría un mayor esfuerzo para esas familias. El costo unitario por vivienda así lo muestra: los hogares en el perímetro más alejado gastarían anualmente en desplazamiento casi un 50% más que las viviendas en zonas más cercanas a centros de empleo. Las cifras, al igual que en los casos anteriores, invitan a reflexionar si el modelo de planeación de las últimas décadas ha servido para optimizar la inversión y dispersar sus beneficios a toda la población, de acuerdo con la función social del desarrollo urbano.

Cuadro 7.

### Costo de construcción de la vivienda y su urbanización

Costo de la construcción	Monto por vivienda (pesos)	Monto (pesos, en millones)	% sobre PIB 2019
U2	922,654.0	12,955,804.2	53.45%
U3	848,194.0	803,391.7	3.31%
<b>Total</b>		<b>13,759,195.9</b>	<b>56.77%</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Cuentas Nacionales (INEGI) y de EFIPEM 2019 (INEGI). Valores 2019.

Cuadro 8.

### Costo de desplazamiento

Costo del desplazamiento	Monto por vivienda (pesos)	Monto (pesos, en millones)	% sobre PIB 2019
U2	7,678.9	161,693.3	0.67%
U3	11,473.4	13,614.4	0.06%
<b>Total</b>		<b>175,307.7</b>	<b>0.72%</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Cuentas Nacionales (INEGI) y de EFIPEM 2019 (INEGI). Valores 2019.

49. Los datos de la ENIGH 2018 del INEGI arrojaban un gasto en transporte de \$221,304.1 millones de pesos (pesos corrientes 2018). El dato extrapolado del análisis supone el 75.9% del gasto total reportado en la ENIGH 2018, para una población metropolitana que supone el 62.5% de la población nacional en 2018 (estimado a partir de las Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas 2016-2050, disponibles en <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>). Si se presupone una mayor movilidad

en la población urbana, sobre todo de las ciudades de mayor tamaño, se podría considerar que el resultado es una aproximación coherente.

50. Los datos de la ENIGH 2018 del INEGI mostraron que el ingreso corriente trimestral acumulado de los hogares por debajo de los cinco salarios mínimos generales en 2018 ascendía a 449,775.8 millones de pesos corrientes. La comparación se debe a que el monto de cinco salarios mínimos suele utilizarse como límite superior para recibir algún tipo de subsidio a la vivienda.

## 7.4. EL COSTO DE LAS EXTERNALIDADES: LAS EMISIONES

Por último, como externalidad negativa de la expansión urbana, se incluye la estimación del costo de las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la construcción de viviendas y de la urbanización circundante. El Cuadro 9 refleja que, en total, estas emisiones acumuladas hasta 2019 supusieron casi el 0.4% del PIB nacional.

Aunque el monto total del costo invita por sí mismo a replantear el modelo de desarrollo urbano, probablemente se encuentra subestimado, ya que para calcular el costo se tomó en cuenta solo la cuota del IEPS, que no recoge el costo del conjunto de externalidades de las emisiones. Por último, el menor costo unitario promedio por vivienda en el perímetro U3 se explica, al igual que en el caso del costo de la vivienda, por el menor tamaño promedio de la vivienda en la periferia más lejana.

Cuadro 9.

### Costo de las emisiones derivadas de la construcción

Costo ambiental	Monto por vivienda (pesos)	Monto (pesos, en millones)	% Sobre PIB 2019
U2	5,955.4	89,512.0	0.37%
U3	5,744.4	5,599.6	0.02%
<b>Total</b>		<b>95,111.6</b>	<b>0.39%</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Cuentas Nacionales (INEGI) y de EFIPEM 2019 (INEGI). Valores 2019.

Para concluir, si se consideran solo los costos anuales de provisión de servicios urbanos y el desplazamiento de las familias, el costo del modelo urbano de las ciudades mexicanas excede cada año el 1% del PIB nacional, lo que denota la magnitud del impacto de la expansión. La continuidad de este modelo expansivo podría suponer una carga cada vez mayor sobre la riqueza nacional, por lo que plantear alternativas conduce a decisiones más racionales. La siguiente sección incluye tres escenarios que arrojan luz sobre posibles futuros.







Puerto Vallarta, México. Crédito: Christian Frausto Bernal/Flickr

## 8. ¿Es posible otra ciudad?

En esta sección se consideran tres escenarios a futuro para poner de relieve las ventajas e inconvenientes de apostar por distintas políticas públicas urbanas. Aunque el análisis responde al contexto específico de ocho ciudades, sus resultados podrían proporcionar un punto de arranque para entender el comportamiento de ciudades con características similares. Los resultados, sin embargo, deben leerse con cautela, ya que la incertidumbre económica derivada de la crisis del COVID-19, el cambio en las políticas públicas de vivienda y otros factores pueden modificar sustancialmente las proyecciones a largo plazo, por lo que se deben entender como un ejercicio comparativo de distintas políticas urbanas.

Los tres escenarios son:

- a) **Tendencial:** las ciudades mantienen el mismo patrón de crecimiento (demográfico y de la mancha urbana) y la misma tendencia de recaudación municipal.
- b) **Localización residencial:** se incorporan nuevas políticas públicas que promueven la localización cercana a fuentes de empleo, por lo que las nuevas viviendas se construyen exclusivamente en el perímetro U2<sup>51</sup>.
- c) **Densidad residencial:** todas las viviendas nuevas se construyen en el perímetro U3 y utilizan tipologías en altura para optimizar la inversión pública.

---

51. Se asume, por supuesto, que existe suficiente suelo libre en este perímetro para absorber las nuevas viviendas.

## 8.1. TENDENCIA ACTUAL: EL PROBLEMA DE LAS FINANZAS PÚBLICAS

El primer escenario (tendencial) proyecta el costo de la expansión al año 2050 bajo los siguientes supuestos:

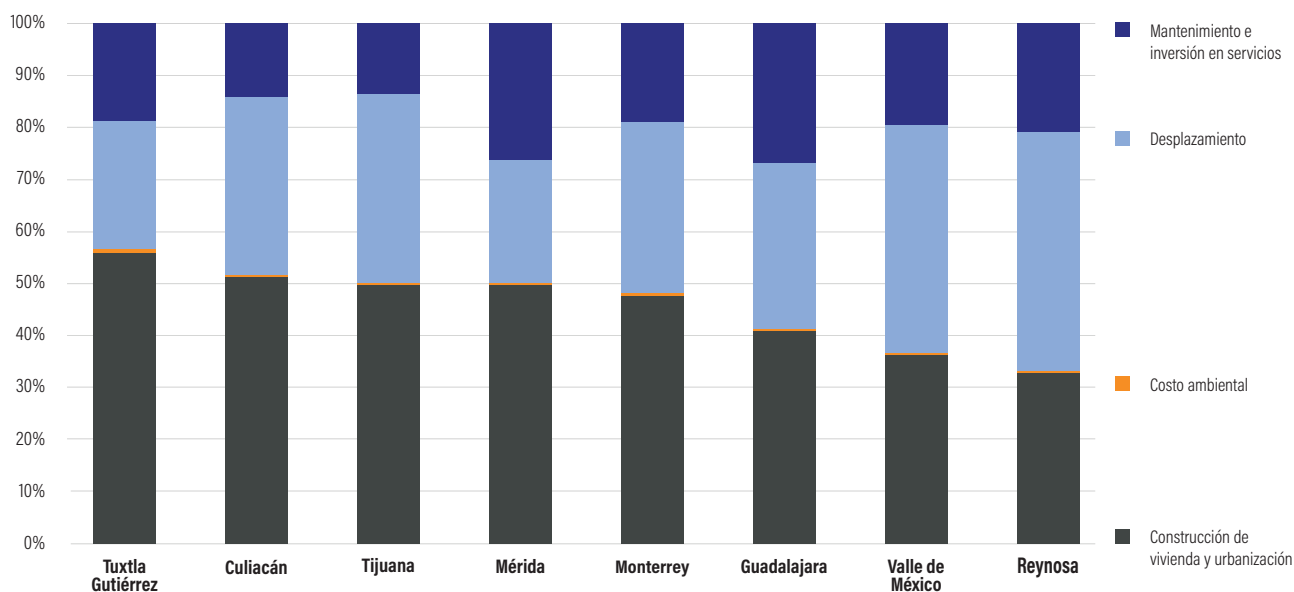
- El número de viviendas en los polígonos periféricos U2 y U3 se incrementa anualmente de acuerdo con la tasa anual de crecimiento promedio de las viviendas en cada zona metropolitana entre los años 2010 y 2018<sup>52</sup>.
- Las viviendas nuevas en los polígonos U2 y U3 se reparten entre los dos polígonos proporcionalmente a las reservas territoriales disponibles reportadas en cada zona

metropolitana<sup>53</sup>. No se consideran las reservas en el perímetro interior (U1) o las ubicadas fuera del contorno.

- Se continúa favoreciendo la adquisición de vivienda nueva y no usada, y se mantienen las mismas tasas de crecimiento demográfico, por lo que el ritmo de creación de nuevos hogares se mantiene.
- El presupuesto para la provisión de servicios en cada zona metropolitana varía a un ritmo anual equivalente al de la tasa anual promedio de variación del gasto municipal entre los años 2010 y 2018<sup>54</sup>.

Figura 10.

### Estructura porcentual de los costos en el periodo 2020-2050



Fuente: Elaboración propia con base en datos de EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores 2019. Orden descendente en función de la participación porcentual de los costos de construcción de la vivienda.

52. Incluida en el Cuadro 23. Datos disponibles a nivel municipal en el Censo de Población y Vivienda y la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, en el momento en que se realizó el análisis.  
53. De acuerdo con los datos reportados a diciembre de 2019 en el SNIIV de CONAVI.

54. Incluida en el Cuadro 23. Datos disponibles de la EFIPEM del INEGI. El supuesto no considera el posible cambio de tendencia que se vislumbra a partir de 2019, agravado con la crisis del COVID-19 y su alto nivel de incertidumbre.

Bajo estos supuestos, el incremento de viviendas (Anexo 11.3.1) supone cargas diferentes en cada zona metropolitana: solo el cómputo del costo privado de la construcción de vivienda y su urbanización, junto con el costo de sus emisiones asociadas, implica un aumento de esos dos componentes en el año 2050 entre 55 y 106% respecto al año 2019. Las zonas metropolitanas más afectadas serían Monterrey, Tuxtla Gutiérrez y Guadalajara: las menos afectadas, el Valle de México y Reynosa<sup>55</sup>.

Ahora bien, la comparación del costo acumulado de cada componente del análisis en el periodo 2020-2050 arroja una visión diferente (Figura 10). En la mayoría de las ciudades analizadas, el costo

acumulado del desplazamiento y de la provisión de servicios urbanos supone más del 50% del costo total, con una participación importante del costo por desplazamiento, que no solo depende del tamaño de la ciudad, sino también de la estructura urbana (por ejemplo, Reynosa).

A pesar de la importancia del desplazamiento en el costo acumulado, es necesario analizar a detalle el componente de la provisión de servicios urbanos, que en promedio supone el 20% del costo acumulado en las ocho ciudades. Si se compara el costo en 2050 respecto a 2019 (Cuadro 10), llama la atención el resultado en cuatro ciudades: Culiacán, Reynosa, Tijuana y Tuxtla Gutiérrez<sup>56</sup>. De

Cuadro 10.

### Diferencia de los costos anuales en 2050 respecto a la línea base 2019

		Costo privado	Costo público
		Desplazamiento	Provisión de servicios urbanos
<b>Culiacán</b>	Millones de pesos	5,534.3	1,591.2
	Porcentaje (%)	76.5%	-22.7%
<b>Guadalajara</b>	Millones de pesos	17,582.8	15,189.8
	Porcentaje (%)	110.7%	123.4%
<b>Mérida</b>	Millones de pesos	1,294.0	1,474.7
	Porcentaje (%)	99.1%	114.8%
<b>Monterrey</b>	Millones de pesos	23,539.8	13,702.2
	Porcentaje (%)	122.6%	131.4%
<b>Reynosa</b>	Millones de pesos	3,828.0	1,463.9
	Porcentaje (%)	60.5%	8.0%
<b>Tijuana</b>	Millones de pesos	4,830.0	964.4
	Porcentaje (%)	91.1%	-48.0%
<b>Tuxtla Gutiérrez</b>	Millones de pesos	725.6	433.2
	Porcentaje (%)	109.8%	15.1%
<b>Valle de México</b>	Millones de pesos	88,523.1	42,875.4
	Porcentaje (%)	71.3%	123.5%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores 2019.

55. Sin embargo, en términos absolutos el mayor incremento es el de Valle de México, y el menor el de Tuxtla Gutiérrez.

56. Estos resultados podrían no ser aislados, sino que podrían repetirse en otras ciudades con condiciones socioeconómicas y estructura urbana similares, así como con una evolución paralela de los ingresos públicos.

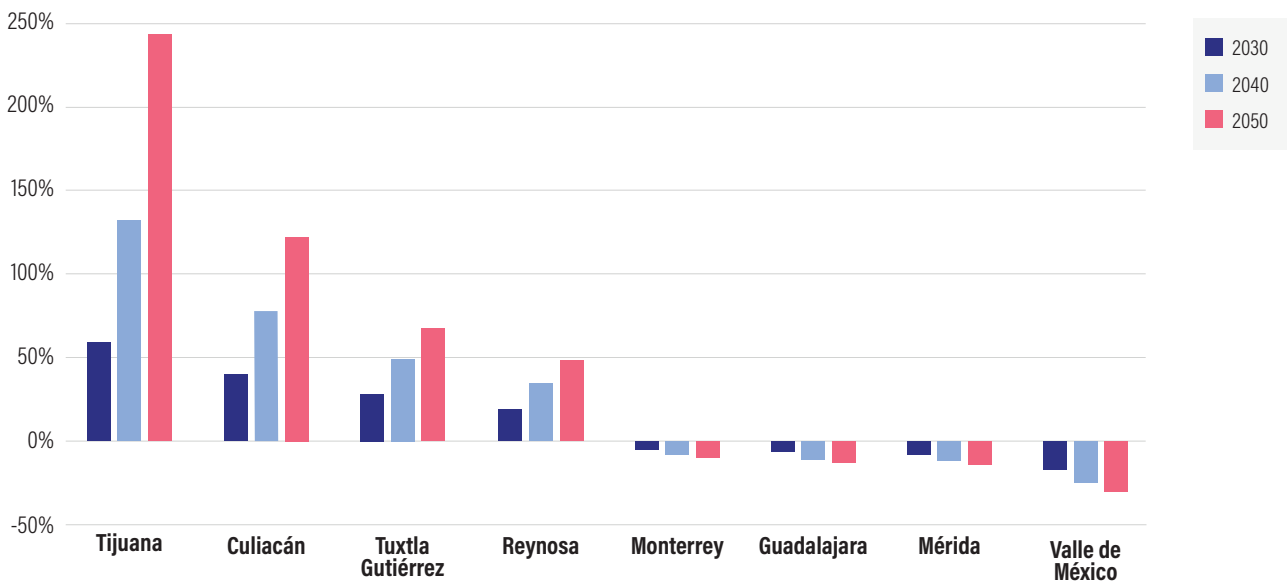
continuar con la tendencia en la disponibilidad de presupuesto para este fin, el monto total disponible para la provisión de servicios urbanos sufriría reducciones respecto a 2019 en Culiacán y en Tijuana. En el caso de Reynosa y Tuxtla Gutiérrez, el incremento en el componente público en 2050 es muy discreto respecto a 2019, por lo que no se puede asumir la provisión de servicios públicos al mismo ritmo de construcción de nuevas viviendas.

En las cuatro ciudades señaladas<sup>57</sup> habría un serio problema de mantenimiento de los servicios públicos, ya que irremediablemente disminuiría el gasto municipal por vivienda. Dado que uno

de los supuestos es que no existen economías de escala en la provisión de los servicios urbanos, la consecuencia lógica de la reducción del gasto por vivienda es la imposibilidad de ofrecer la cantidad, o la calidad, de los servicios públicos respecto a 2019<sup>58</sup>. Ante esta situación, se necesita mejorar drásticamente los mecanismos de recaudación municipal para poder asegurar la calidad de vida de la población en este escenario. La Figura 11 muestra cuánto debería incrementarse el gasto público en cada zona metropolitana para garantizar el mismo gasto en servicios públicos por vivienda en 2050 con respecto a 2019<sup>59</sup>.

Figura 11.

### Variación porcentual en el costo anual público para mantener el mismo nivel de gasto por vivienda de 2019



Fuente: Elaboración propia con base en datos de EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores 2019.

57. La ampliación del estudio a otras ciudades podría revelar que el problema es más generalizado.  
 58. El nivel de gasto actual tampoco garantiza una provisión adecuada de servicios urbanos, tanto en su cantidad como calidad, al conjunto de viviendas de la ciudad, ni un adecuado acceso a los equipamientos (Brito et al., 2021).

59. Porcentajes positivos del gasto indican la necesidad de incrementar el gasto municipal. Los porcentajes negativos implican que las zonas metropolitanas podrían disponer de un mayor gasto público por vivienda si se mantienen las tendencias.

¿Significan estos resultados que Valle de México, Guadalajara, Monterrey y Mérida dispondrán de una mejor calidad de servicios urbanos en el futuro? En términos de capacidad de recaudación parece que las ciudades más grandes son más eficientes y posibilitan un mayor gasto por vivienda. Este hallazgo se puede explicar por la mayor capacidad institucional de estas ciudades (Unda, 2021). Sin embargo, esta perspectiva positiva podría truncarse por dos razones:

- La mayor escala y extensión de las ciudades incrementaría el costo unitario de provisión de servicios urbanos básicos como el agua, situación que se agrava además por las consecuencias del cambio climático. El incremento de los costos fijos ambientales, en términos absolutos, es muy alto en las tres ciudades más grandes.
- Los recursos financieros de las ciudades, incluso en las más grandes, dependen en gran medida de las transferencias federales. Como ejemplo, en 2018 las transferencias federales supusieron 83 de cada 100 pesos para los gobiernos estatales y 72 en el caso de los gobiernos locales<sup>60</sup>. Por tanto, si estas ciudades no incrementan significativamente su porcentaje de recursos propios, podrían verse expuestas ante una redistribución del gasto federal para subsanar los problemas de provisión de niveles mínimos de servicios públicos de ciudades con problemas financieros de mayor magnitud.

En suma, este escenario resalta la necesidad ineludible de que las ciudades incrementen su recaudación de recursos propios y disminuyan su dependencia de las transferencias federales, ya que de lo contrario no será posible garantizar servicios públicos a toda la población.

## 8.2. APOSTAR POR LA LOCALIZACIÓN: LA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE DESPLAZAMIENTO

¿Qué ocurriría si las futuras viviendas se ubicasen cerca de los centros urbanos? Esa es la premisa de este escenario. Los supuestos simplificadores utilizados son:

- Existe suelo suficiente en el perímetro U2 para absorber el crecimiento de nuevas viviendas hasta 2050.
- Las viviendas nuevas en cada ciudad se localizan únicamente en el perímetro más cercano a las fuentes de empleo, el U2.
- Las cuatro tipologías de vivienda aumentan proporcionalmente a su distribución porcentual en el perímetro U2 en el año 2019.

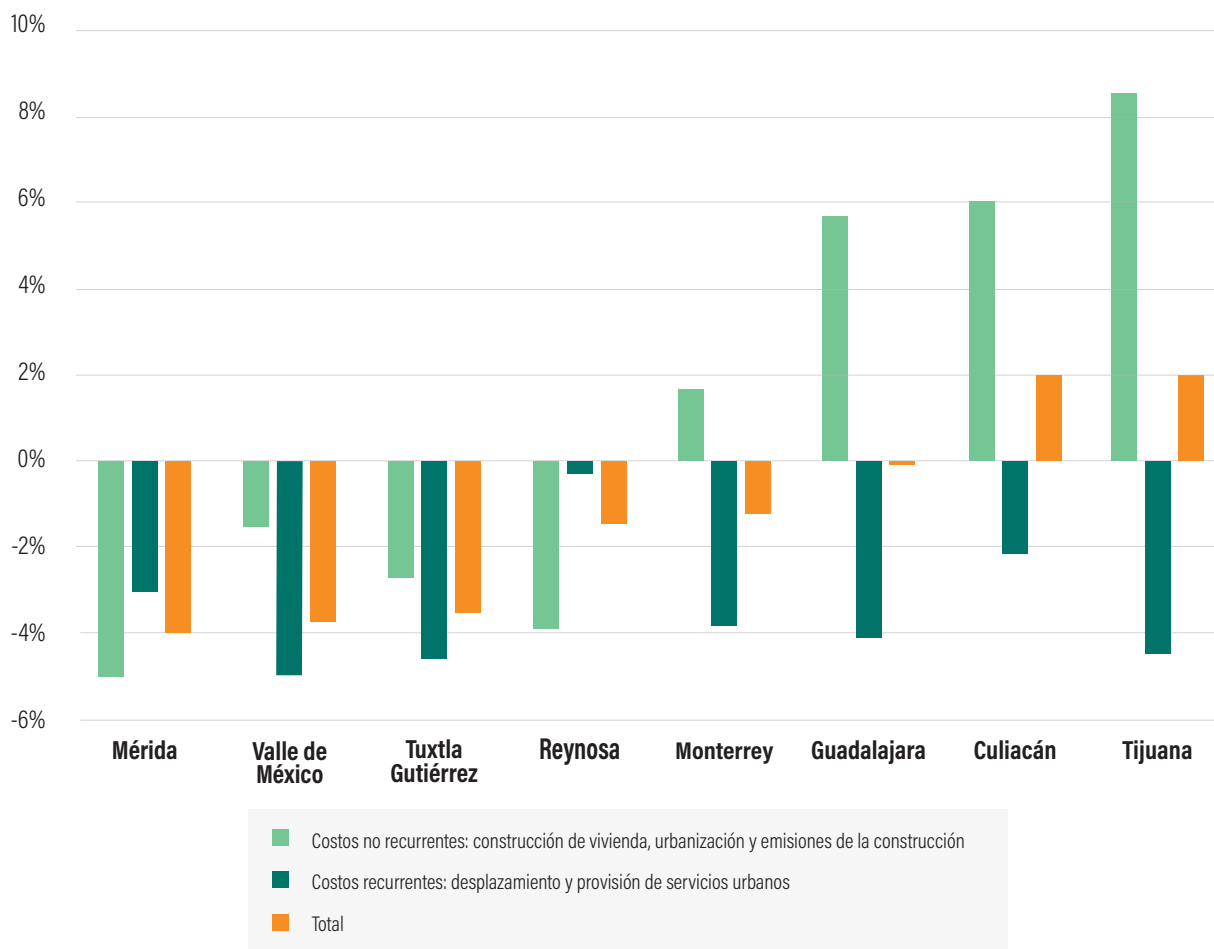
Si se considera el costo total acumulado de 2020 a 2050 de los cuatro componentes analizados, la apuesta por la localización sería benéfica para todas las ciudades analizadas, salvo para Tijuana y Culiacán, que en 2050 verían incrementado su costo total acumulado en un 2%. Sin embargo, este incremento se debe fundamentalmente al rápido crecimiento de su parque habitacional, que no logra compensarse con la reducción en los costos anuales (Figura 12). De hecho, en todas las ciudades analizadas habría una reducción significativa en los costos anuales, fundamentalmente por la disminución de los costos de desplazamiento que recae en los hogares. En promedio, en las ocho ciudades el costo de ese componente se reduce 5.6%, y en zonas metropolitanas como el Valle de México, Guadalajara y Tuxtla Gutiérrez, la reducción del costo acumulado de desplazamiento es superior al 7% respecto del escenario tendencial. Solamente en Reynosa la reducción del costo anual es baja, del orden del 0.4%, en parte debido a la fragmentación y a la discontinuidad de la estructura urbana<sup>61</sup>.

60. Obtenidos a partir de la EFIPEM 2019 (INEGI).

61. Aunque no es objeto de este análisis, también puede influir la propia metodología de delimitación de los perímetros de contención urbana (PCU).

Figura 12.

**Variación porcentual del costo total acumulado de 2020 a 2050 respecto del escenario tendencial**

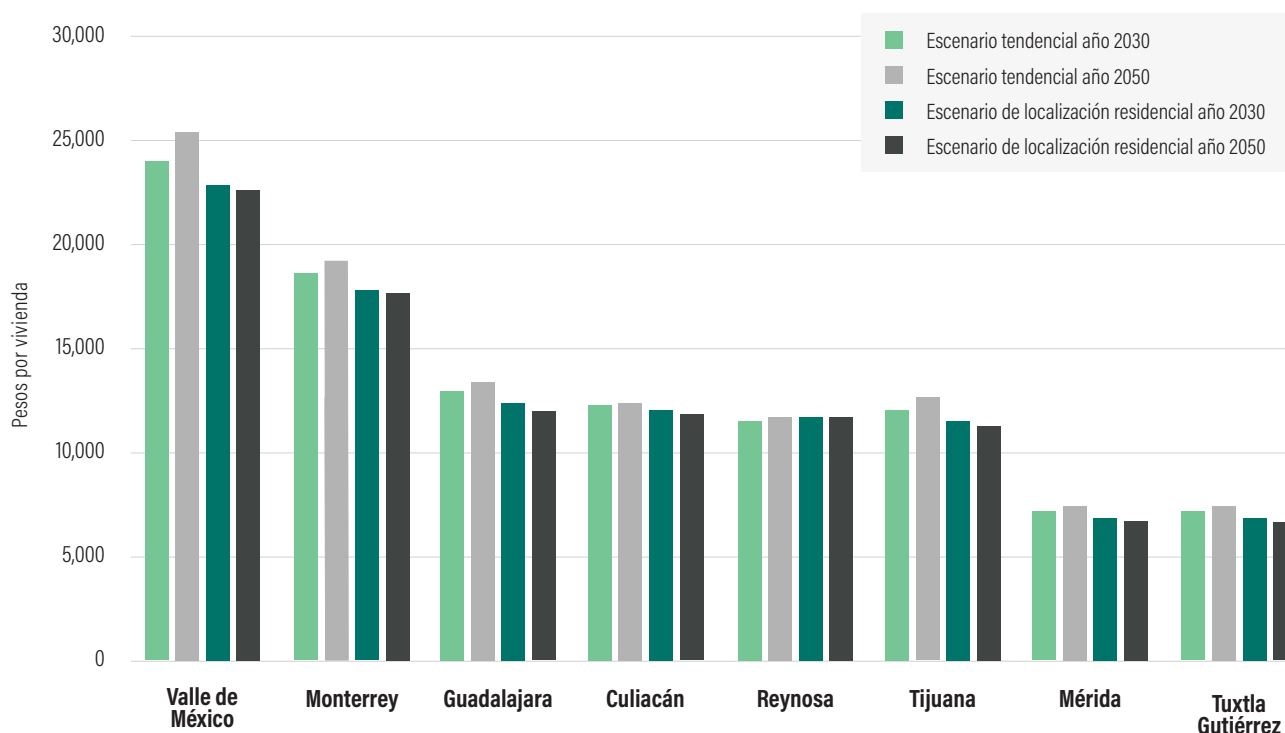


Fuente: Elaboración propia con base en datos de EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores 2019. Orden ascendente en función de la variación en el costo total en 2050.

En cuanto a los costos de construcción de la vivienda y urbanización, así como sus emisiones derivadas, en Mérida, Reynosa, Tuxtla Gutiérrez y Valle de México existe un ahorro sustancial respecto del escenario tendencial, debido a la composición del parque habitacional existente en el perímetro U2. En las otras cuatro ciudades en las que no existe esta reducción, la optimización de los resultados de la política de localización depende de priorizar tipologías de vivienda con un mejor aprovechamiento del uso del suelo.

Figura 13.

### Diferencia del costo promedio anual por vivienda en desplazamiento. Escenario tendencial vs escenario alternativo de localización



Fuente: Elaboración propia con base en datos de EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores 2019. Orden descendente en función del costo por vivienda en 2050.

Por último, ¿cómo repercute la reducción del costo anual en los hogares? La Figura 13 muestra el gasto anual promedio en desplazamiento por vivienda hasta 2050 y compara este escenario con el tendencial. En las tres ciudades más grandes las reducciones son más palpables. Así, en el año 2050 las familias de las zonas metropolitanas de Tuxtla Gutiérrez, Valle de México y Guadalajara se beneficiarían de reducciones superiores al 11% en sus gastos de desplazamiento respecto del costo unitario del escenario tendencial en el mismo año.

En el conjunto de las ocho ciudades, la reducción promedio sería del 8.3%.

La apuesta por la localización supondría ahorros importantes para los hogares, especialmente para los habitantes de las zonas periféricas. Sin embargo, viviendas bien localizadas no disminuyen necesariamente el costo total en todas las ciudades, debido a una mayor presencia de tipologías de vivienda de baja densidad. Esta premisa es el fundamento del siguiente escenario.



### 8.3. APOSTAR POR LA DENSIDAD: LA POSIBILIDAD DE REDUCIR EMISIONES

El último escenario muestra el impacto de un modelo urbano que utiliza tipologías con un menor consumo de suelo y con una menor proporción de vialidades por vivienda. Los supuestos en los que se basa son:

- Las nuevas viviendas en cada ciudad se localizan únicamente en el perímetro U<sub>3</sub>, el más alejado del centro<sup>62</sup>.
- Las nuevas viviendas se construyen con una única tipología edificatoria<sup>63</sup>, con las siguientes características:
  - Bloque de viviendas de 4 niveles, con comercio en planta baja y dos viviendas en cada nivel (6 viviendas por edificio)
  - Unidad de vivienda de 80 metros cuadrados de superficie
  - Densidad de 100 viviendas por cada hectárea
  - Las vialidades ocupan el 28% del suelo

La densidad de 100 viviendas por hectárea supone densidades aproximadas del doble de la tipología de desarrollo habitacional<sup>64</sup> en la mayoría de ciudades, con la excepción de Guadalajara y Valle de México, donde el incremento propuesto de la densidad es menor (Anexo 11.3.2). Los resultados de este escenario muestran que la política pública basada únicamente en la densificación no siempre ofrece resultados óptimos si no se combina con otro tipo de estrategias.

Comparados con el escenario tendencial (Figura 14), estos resultados para el periodo entre 2020 y 2050 reflejan que, excluyendo a Mérida, Reynosa y Tuxtla Gutiérrez, el costo total acumulado se reduce en promedio casi un 10%. Sin embargo, apostar por este modelo incrementaría en promedio 5.3% los costos acumulados de desplazamiento en todas las ciudades. Si consideramos que las opciones de acceso a la vivienda de la población con menores recursos se suelen limitar en la periferia más lejana, esta situación tendría un impacto social considerable a largo plazo. Respecto de las tres ciudades en las que los costos totales no disminuyen, la composición del parque habitacional –en el que predominan tipologías más económicas frente a la tipología habitacional más densa– explicaría el incremento del costo en todos los componentes analizados. En resumen, la opción de densificar las zonas lejanas a los centros de empleo no ofrece los resultados esperados en todas las ciudades.

Otro impacto de la densificación se muestra en el costo de las emisiones de GHG derivadas de la construcción (Figura 15). Las mayores reducciones promedio por vivienda respecto del escenario tendencial se observan en Valle de México (17.6%) y Monterrey (15.6%). En el polo opuesto, la implementación de esta solución incrementaría los costos de las emisiones en Reynosa (13.1%) y Mérida (8.5%). La composición del parque habitacional en cada ciudad provoca que solo en la mitad de las ciudades se aprecie un impacto positivo. Así, determinar un umbral máximo de emisiones de la construcción podría ser la base para generar un instrumento normativo que internalice las externalidades negativas de la urbanización e incremente la recaudación local destinada a medidas de mitigación y adaptación climática.

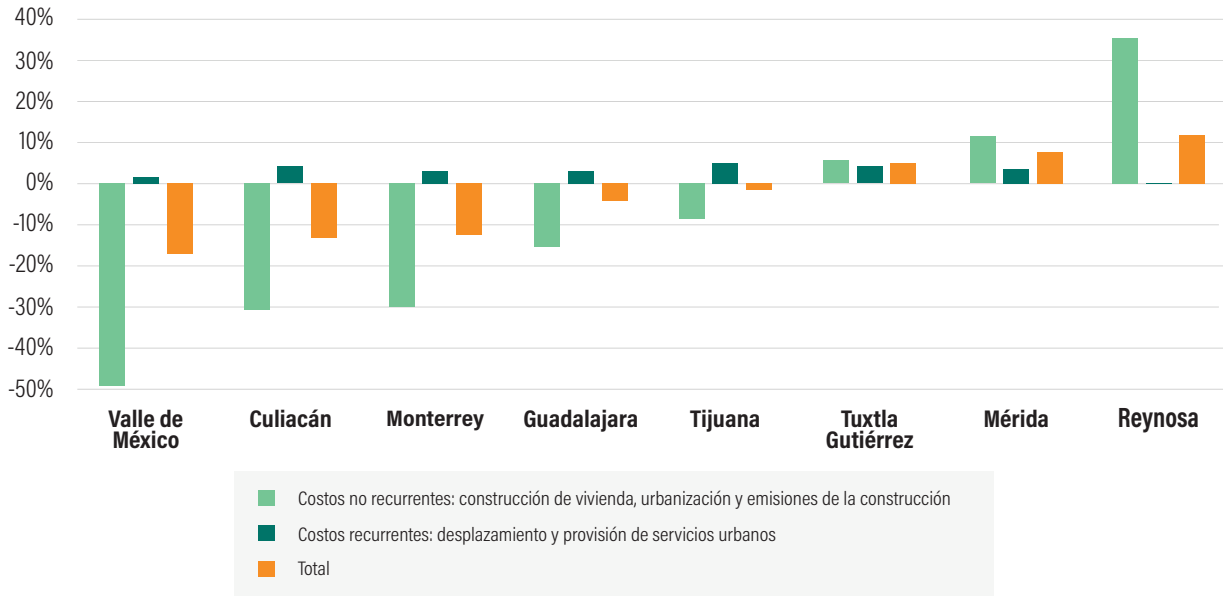
62. Para reflejar la tendencia de los conjuntos habitacionales sociales a buscar el suelo más barato posible, en detrimento de una localización adecuada.

63. La descripción gráfica de la plantilla utilizada se encuentra en la Figura 17 de los Anexos.

64. La tipología de desarrollo habitacional actual se corresponde con viviendas unifamiliares adosadas en conjuntos cerrados.

Figura 14.

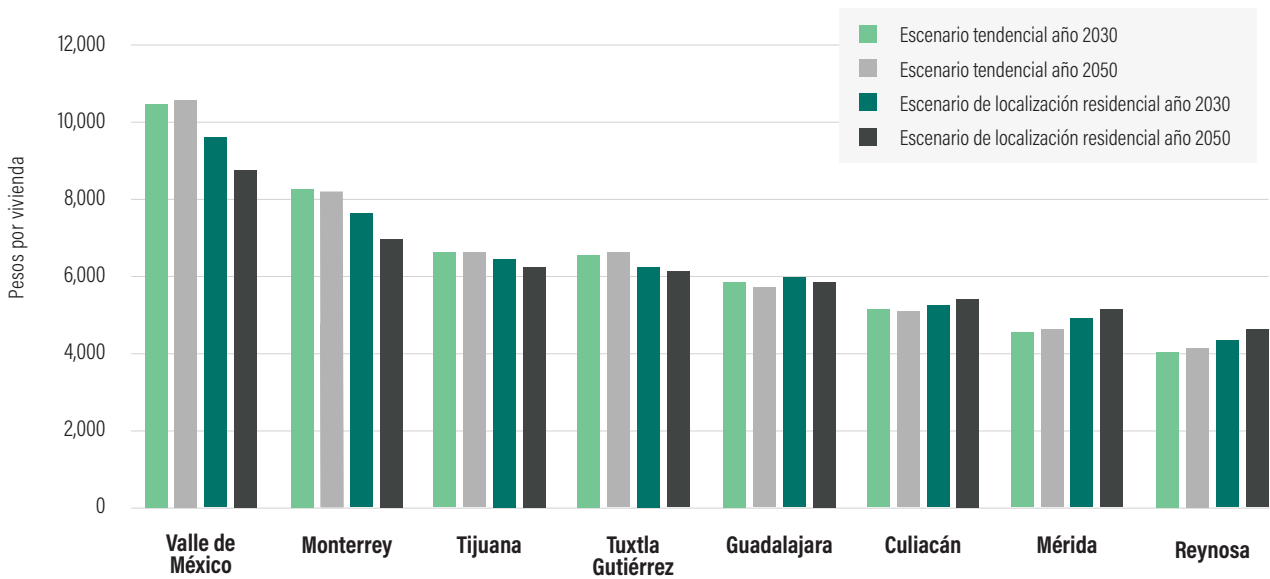
**Variación porcentual del costo total acumulado de 2020 a 2050 respecto del escenario tendencial**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores 2019. Orden ascendente en función de la variación en el costo total en 2050.

Figura 15.

**Diferencia del costo promedio anual por vivienda en emisiones derivadas de la construcción. Escenario tendencial vs escenario alternativo de densificación residencial**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores 2019. Orden descendente en función del costo por vivienda en 2050.

En resumen, la densificación puede implicar reducciones de costos, con ciertas precisiones:

- Hay ciudades en las que se incrementa el costo, sin que haya que desechar inmediatamente la densificación. Tipologías más densas permiten usos mixtos con comercio de proximidad, lo que fomenta la vida activa barrial. Las mayores emisiones de la construcción en ciertos casos deben contrastarse con otro tipo de beneficios, como una mayor captación de agua en los acuíferos por la conservación de usos agrícolas y forestales.
- Aunque pueda fomentar la vida barrial activa, la densificación de zonas con mala localización incrementa los costos de desplazamiento, lo que impacta en la economía familiar, en la calidad

de vida e incrementa las emisiones por los desplazamientos.

- Los resultados indican la necesidad de analizar las características particulares de cada ciudad para plantear un modelo urbano óptimo, con sus capacidades institucionales y de negociación para poder impulsar políticas de redensificación urbana.

#### 8.4. EN RESUMEN: LOCALIZACIÓN Y DENSIDAD, CLAVES PARA LA SOSTENIBILIDAD FINANCIERA

En síntesis, la comparación de los tres escenarios se presenta en el Cuadro 11.

Cuadro 11.

#### Comparativa de los costos acumulados de 2020 a 2050 en los tres escenarios. Millones de pesos

		Escenario 1: Tendencial			
		Costo privado		Costo externo	Costo público
		Construcción de vivienda y urbanización	Desplazamiento	Costo ambiental	Provisión de servicios urbanos
<b>Culiacán</b>	Millones de pesos	202,950.8	135,570.3	946.8	55,449.4
	Variación respecto a escenario tendencial	--	--	--	--
<b>Guadalajara</b>	Millones de pesos	527,126.8	406,470.2	3,370.2	345,918.8
	Variación respecto a escenario tendencial	--	--	--	--
<b>Mérida</b>	Millones de pesos	64,197.9	30,453.9	409.2	33,986.9
	Variación respecto a escenario tendencial	--	--	--	--
<b>Monterrey</b>	Millones de pesos	778,101.7	535,290.8	5,671.8	308,694.6
	Variación respecto a escenario tendencial	--	--	--	--
<b>Reynosa</b>	Millones de pesos	69,446.6	97,013.5	529.4	43,439.5
	Variación respecto a escenario tendencial	--	--	--	--

		Escenario 1: Tendencial			
		Costo privado		Costo externo	Costo público
		Construcción de vivienda y urbanización	Desplazamiento	Costo ambiental	Provisión de servicios urbanos
<b>Tijuana</b>	Millones de pesos	156,950.2	115,185.5	1,167.6	42,145.3
	Variación respecto a escenario tendencial	--	--	--	--
<b>Tuxtla Gutiérrez</b>	Millones de pesos	37,762.2	16,798.5	330.4	12,441.8
	Variación respecto a escenario tendencial	--	--	--	--
<b>Valle de México</b>	Millones de pesos	1,828,917.2	2,191,623.4	13,671.3	979,605.1
	Variación respecto a escenario tendencial	--	--	--	--

		Escenario 2: Localización			
		Costo privado		Costo externo	Costo público
		Construcción de vivienda y urbanización	Desplazamiento	Costo ambiental	Mantenimiento e inversión servicios
<b>Culiacán</b>	Millones de pesos	215,218.5	131,409.1	977.7	55,449.4
	Variación respecto a escenario tendencial	6.0%	-3.1%	3.3%	0.0%
<b>Guadalajara</b>	Millones de pesos	557,091.9	375,362.2	3,738.0	345,918.8
	Variación respecto a escenario tendencial	5.7%	-7.7%	10.9%	0.0%
<b>Mérida</b>	Millones de pesos	60,982.6	28,515.2	389.1	33,986.9
	Variación respecto a escenario tendencial	-5.0%	-6.4%	-4.9%	0.0%
<b>Monterrey</b>	Millones de pesos	790,935.0	502,946.9	5,842.5	308,694.6
	Variación respecto a escenario tendencial	1.6%	-6.0%	3.0%	0.0%
<b>Reynosa</b>	Millones de pesos	66,777.6	96,606.0	491.1	43,439.5
	Variación respecto a escenario tendencial	-3.8%	-0.4%	-7.2%	0.0%
<b>Tijuana</b>	Millones de pesos	170,543.0	108,112.7	1,202.1	42,145.3
	Variación respecto a escenario tendencial	8.7%	-6.1%	3.0%	0.0%
<b>Tuxtla Gutiérrez</b>	Millones de pesos	36,738.3	15,453.1	320.0	12,441.8
	Variación respecto a escenario tendencial	-2.7%	-8.0%	-3.1%	0.0%
<b>Valle de México</b>	Millones de pesos	1,801,663.3	2,033,970.4	12,835.2	979,605.1
	Variación respecto a escenario tendencial	-1.5%	-7.2%	-6.1%	0.0%

		Escenario 3: Densificación			
		Costo privado		Costo externo	Costo público
		Construcción de vivienda y urbanización	Desplazamiento	Costo ambiental	Mantenimiento e inversión servicios
<b>Culiacán</b>	Millones de pesos	140,505.7	144,774.7	1,055.0	55,449.4
	Variación respecto a escenario tendencial	-30.8%	6.8%	11.4%	0.0%
<b>Guadalajara</b>	Millones de pesos	446,023.2	430,423.5	3,458.0	345,918.8
	Variación respecto a escenario tendencial	-15.4%	5.9%	2.6%	0.0%
<b>Mérida</b>	Millones de pesos	71,731.8	33,047.4	483.5	33,986.9
	Variación respecto a escenario tendencial	11.7%	8.5%	18.2%	0.0%
<b>Monterrey</b>	Millones de pesos	544,539.4	558,703.8	3,943.5	308,694.6
	Variación respecto a escenario tendencial	-30.0%	4.4%	-30.5%	0.0%
<b>Reynosa</b>	Millones de pesos	94,160.7	97,198.0	708.3	43,439.5
	Variación respecto a escenario tendencial	35.6%	0.2%	33.8%	0.0%
<b>Tijuana</b>	Millones de pesos	144,213.1	122,821.6	1,009.8	42,145.3
	Variación respecto a escenario tendencial	-8.1%	6.6%	-13.5%	0.0%
<b>Tuxtla Gutiérrez</b>	Millones de pesos	39,948.2	18,032.8	280.9	12,441.8
	Variación respecto a escenario tendencial	5.8%	7.3%	-15.0%	0.0%
<b>Valle de México</b>	Millones de pesos	925,276.7	2,255,591.8	7,067.4	979,605.1
	Variación respecto a escenario tendencial	-49.4%	2.9%	-48.3%	0.0%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de EPIEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO. Valores 2019.

De esta recapitulación emergen tres ideas fundamentales:

- El patrón actual de desarrollo urbano no es financieramente sostenible, por el costo creciente del gasto en servicios urbanos y por el déficit de recaudación local. En un futuro, la cobertura o calidad de los servicios urbanos se verá afectada, lo que impactará en los derechos y la calidad de vida de la población.
- La mejor localización de viviendas reduce los costos de desplazamiento, pero la estructura urbana de cada ciudad condiciona el impacto de la medida.

- La densificación, aislada de la localización, no reduce siempre el costo total de las ciudades, por lo que hay que analizar el parque habitacional para diseñar políticas urbanas a medida.

Por tanto, las estrategias de localización y de densificación se tienen que implementar combinadas, tras un análisis riguroso de la estructura urbana que permita diseñar un conjunto de políticas urbanas específicas para cada ciudad, y que asegure la sostenibilidad financiera para sostener las políticas en el tiempo.



Querétaro, México. Crédito: Leandro Neuman Ciuffo/Flickr

## 9. La oportunidad: la acción desde la política pública federal

Como han mostrado los resultados, la expansión urbana dista de ser un proceso neutral: el crecimiento sin control y el deterioro medioambiental son procesos extremadamente costosos para las familias, para los municipios y para el conjunto de la sociedad.

La demanda de vivienda, así como los requerimientos de suelo para nuevas actividades económicas, son dos de los principales impulsores del proceso de expansión urbana. En el primer caso, la política federal de vivienda de las últimas décadas potenció la multiplicación de grandes desarrollos habitacionales monofuncionales de baja densidad en las periferias urbanas, desconectados de los centros de empleo. Esa característica constituye la principal causa del abandono de la vivienda (INFONAVIT, 2015). En el segundo caso, la creciente importancia del sector manufacturero en la economía mexicana, con una fuerte demanda de

suelo periférico, potenció la productividad urbana, por una mayor productividad en países en desarrollo del empleo manufacturero frente al sector servicios, a costa de la pérdida de densidad (Montejano et al., 2019).

El aparente intercambio entre productividad y expansión urbana en México puede sugerir un argumento falaz: que para mejorar la economía nacional es necesario que las ciudades crezcan con una reducción en su densidad. Este argumento enmascara otra realidad: con una visión integral de la planeación y una adecuada coordinación entre gobiernos federal, estatal y local, sería factible desarrollar nuevos centros manufactureros, bien conectados a núcleos urbanos de mayor tamaño, con desarrollos habitacionales de usos mixtos, compactos y con un buen acceso a empleos y equipamientos urbanos, a partir de una utilización de suelo con baja productividad agrícola o valor ambiental. Es decir, es posible lograr un crecimiento planeado y ordenado, respetuoso con el medio ambiente, sin menoscabo de la densidad urbana y que sea eficiente.

Lo anterior refleja tres problemas importantes de la planeación:

- Visión sectorial y fragmentada
- Falta de colaboración entre municipios en la planeación metropolitana
- Falta de corresponsabilidad en la planeación de los tres niveles de gobierno

Una visión integral de la planeación, con el territorio como elemento de cohesión para todas las políticas urbanas y ambientales, debería ser el inicio de una nueva etapa de la planeación territorial en el país. Con esta nueva visión, el siguiente paso debería encaminarse a desarrollar instrumentos que integrasen las perspectivas sectoriales y que sirvieran para fomentar la corresponsabilidad gubernamental. De esta forma sería posible escalar el papel de instrumentos existentes –por ejemplo los perímetros de contención urbana– para desarrollar progresivamente un instrumento de planeación integrado.

En 2013 se aprobaron dos mecanismos para intentar controlar el crecimiento descontrolado de las ciudades: el Registro Nacional de Reservas Territoriales (RENARET) y los perímetros de contención urbana (PCU). El primero implicó un registro, con la colaboración del sector inmobiliario, de las reservas de suelo en manos privadas para desarrollo de vivienda (Rivero, Moreno y Velázquez, 2018).

El segundo fue el instrumento geoespacial desarrollado para orientar los subsidios federales a la vivienda de bajos ingresos. El objetivo era que los beneficiarios se ubicasen en entornos con alta concentración de empleo y que se mejorase su calidad de vida por medio de infraestructura, equipamientos y servicios urbanos (DOF, 2013), a través de la conformación de tres perímetros (CONAVI, 2018):

- U1: zonas con la mayor concentración de empleos, a partir de la relación entre los empleos con respecto a la población de la zona de estudio y el conjunto de la ciudad.

- U2: zonas en las que existen servicios de agua potable y drenaje en al menos el 75% de las viviendas y con densidades superiores a 20 viviendas por hectárea.
- U3: zona de crecimiento a partir del perímetro U2, con una distancia variable en función del tamaño de la ciudad.

A pesar de su objetivo inicial, la implementación de los PCU ha encontrado críticas. Las sucesivas modificaciones a sus reglas de cálculo han incorporado progresivamente zonas cada vez más alejadas de los centros urbanos, de tal forma que existe la percepción de que los principales actores detrás de los cambios, así como sus beneficiarios, han sido los desarrolladores inmobiliarios (Reyes, 2020). Como ejemplo, la superficie disponible en el perímetro U3 de expansión se ha multiplicado en casi todas las ciudades desde la primera versión del instrumento. En Tijuana, una de las ciudades con altas tasas de expansión, la superficie disponible se multiplicó tres veces en seis años (CIDOC, 2018).

De igual forma, los criterios de localización no son determinantes a la hora de recibir un subsidio federal. Por ejemplo, en el Programa de Vivienda Social de 2020, el componente de ubicación tiene un peso máximo entre el 35% y 40% de la puntuación total del subsidio en función de la modalidad del programa; la inclusión de equipamientos y servicios urbanos posibilita una puntuación adicional máxima entre el 37 y el 25% adicional (DOF, 2020). Es decir, es posible adquirir la puntuación mínima para el subsidio con viviendas alejadas, con carencias importantes en equipamientos y servicios, a través de la acumulación de puntuaciones bajas en los diversos componentes evaluables. Esta situación desemboca en la alarmante desigualdad en el acceso a equipamientos y servicios urbanos entre la periferia urbana de población vulnerable y la centralidad de población acomodada (Brito et al., 2021), así como en el abandono de la vivienda (INFONAVIT, 2015).

Los PCU también han sido criticados por su carácter jerárquico, pues se trata de instrumentos desarrollados en el nivel federal sin acuerdos a nivel local que carecen de transparencia a la hora de diseñar las nuevas actualizaciones (Reyes, 2020), situación que ha desembocado en conflictos con las autoridades locales.

Por último, hay que destacar que los PCU no impiden que los desarrolladores puedan construir fuera de los perímetros, ya que solo tienen la función de orientar el subsidio federal de la vivienda. Actualmente no son un instrumento de planeación urbana, aunque se utilicen por organismos federales con una gran incidencia en el desarrollo urbano, como el Infonavit o instituciones privadas como la banca comercial.

Sin embargo, los PCU pueden servir de base para desarrollar un instrumento de planeación orientado a regular el crecimiento urbano ordenado que supere los tres retos definidos al comienzo de la sección:

#### **a) Visión integral de la planeación**

Los impactos ambientales, sociales y económicos del crecimiento urbano de baja densidad sin control no se consideran de una forma integral. Como se mostró en secciones anteriores, el crecimiento sin control no solo supone una pérdida irreparable de superficie agrícola productiva o forestal, sino que incrementa considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero. Solo las emisiones derivadas únicamente de la construcción de las viviendas hasta 2019 podrían suponer, por lo menos, el 0.4% del PIB anual. Esa cifra se incrementaría considerablemente si se incluyen las emisiones derivadas del transporte, que en México suponen más del 24% de las emisiones a nivel nacional (INECC, 2018). La apuesta por un modelo urbano más denso reduciría el consumo del suelo disponible, que se utilizaría de forma más eficiente y podría reducir el costo de las emisiones de la construcción más del 5% en promedio. Además, la opción de la densificación, complementada con una política adecuada de localización residencial, multiplicaría sus beneficios.

Los nuevos PCU, además de proponer dónde y cuánto construir, podrían superar su orientación actual como instrumentos específicos para la vivienda si se desarrolla una nueva metodología que integre la información contenida en los distintos instrumentos de planeación que se encuentran actualmente fragmentados. Así, los PCU integrarían la información de los planes de ordenamiento ecológico, los atlas de riesgo, los planes y programas de ordenamiento municipal y otros instrumentos para poder definir y regular las zonas en las que no es posible construir bajo ningún motivo, por criterios ambientales, económicos o sociales. Así, las nuevas zonas de crecimiento estarían mejor definidas. Se podría también focalizar la inversión pública y privada para asegurar una planeación más ordenada, sostenible e inclusiva, que utilizara de forma más eficiente el principal recurso urbano: el suelo.

#### **b) Coordinación metropolitana**

El proceso expansivo fragmentario de las áreas metropolitanas del país conduce a ciudades desconectadas y dependientes funcionalmente del automóvil. El hecho de que las localidades rurales periurbanas de las zonas metropolitanas crezcan a un ritmo al menos cuatro veces superior que el de las localidades urbanas (Zubicaray et al., 2021) refuerza esta tendencia. Este crecimiento fragmentado y descoordinado impacta profundamente en la población más vulnerable, que ve limitado su acceso a la oferta de empleo y a los equipamientos que permiten una mejor calidad de vida, especialmente la educación básica y consultorios de salud (Zubicaray et al., 2021). En la actualidad, la falta de coordinación ha ocasionado que el costo anual en que incurren las familias en desplazamiento sea del orden del 0.7% del PIB. El problema no acaba ahí: en el futuro, la descoordinación generaría que la población vulnerable, para poder acceder a un empleo, debería realizar un desembolso anual promedio en desplazamiento 8.3% mayor a un escenario en el que los municipios se coordinasen para ofrecer vivienda bien localizada.



La escala metropolitana de los nuevos PCU y la integración de los distintos instrumentos de planeación permitiría a los municipios adoptar una visión metropolitana de la planeación. Asimismo, fomentaría la constitución de agencias metropolitanas para coordinar la inversión de proyectos urbanos de gran escala, así como de gestión de servicios urbanos básicos. La adecuación normativa de la legislación urbana federal podría impulsar este componente del nuevo instrumento de planeación.

### **c) Corresponsabilidad en la planeación**

El modelo disperso, desconectado y de baja densidad de las ciudades mexicanas tiene un elevado costo para las arcas municipales. Los gobiernos municipales tienen una pobre recaudación de impuestos locales<sup>65</sup>, por lo que dependen en gran medida de las transferencias federales para su funcionamiento. En la actualidad, la provisión de servicios urbanos en el modelo urbano expansivo podría suponer más del 0.3% del PIB anualmente y ese porcentaje se incrementaría de continuar por el mismo camino. Las tendencias de recaudación actuales y las rápidas tasas de expansión en gran parte de los municipios depararían un futuro incierto para las finanzas locales: en la mitad de los casos de estudio analizados se requeriría incrementar la recaudación municipal un promedio de 120% en el futuro para poder proporcionar el mismo nivel de servicios urbanos que se proporciona actualmente. En la otra mitad de municipios, el nivel de transferencias federales podría modificarse, lo que haría peligrar también el nivel actual de provisión. El escenario refleja que las decisiones de planeación urbana de un municipio o de un programa federal no solo impactan en el municipio de actuación, sino que sus consecuencias se reparten entre el resto de municipios que conforman funcionalmente la ciudad.

El alto costo económico de las decisiones unilaterales de planeación podría armonizarse mediante una reforma del esquema actual de los PCU. El actual esquema jerárquico podría revertirse si la nueva propuesta tuviera que someterse a la aprobación estatal y local, pero también abrirse a la construcción participativa con la ciudadanía. La necesidad de aprobación por todos los municipios de zonas metropolitanas fomentaría la construcción de acuerdos y permitiría resolver asimetrías de poder entre municipios, así como estimar colectivamente la distribución de los costos entre los municipios, las administraciones estatales y la federal. La apertura a la construcción ciudadana permitiría adaptar los planteamientos iniciales a las especificidades y necesidades locales, posibilitaría un control de los conflictos de intereses, la socialización del costo económico del desarrollo urbano y la construcción de una visión compartida de la ciudad a futuro.

En suma, la adaptación de los perímetros de contención a una figura de planeación transversal es una opción para encaminar las ciudades a un futuro de desarrollo económico, sostenibilidad ambiental e inclusión social, a través de la planeación integral. Sin embargo, es solo una entre múltiples opciones. Lo relevante es que las futuras propuestas y programas federales, estatales y locales adopten una visión holística y cohesionada del territorio como principio de actuación, adecuada a los contextos locales, que garantice su sostenibilidad para mejorar la calidad de vida de la población y reducir la brecha de desigualdad.

---

65. De acuerdo con datos del FMI, inferior al 0.3% del PIB en 2017 (<https://data.imf.org/>)



Puerto Vallarta, México. Crédito: Maywuwei/Flickr

## 10. Conclusiones: principios para la planeación urbana

Tras un análisis riguroso basado en evidencias, el análisis del costo económico de la expansión urbana ha mostrado que los patrones urbanos actuales son insostenibles financieramente en el futuro y que las estrategias de ordenamiento urbano deben adecuarse al contexto y particularidades de cada ciudad. Así puede destacarse lo siguiente:

- Actualmente, el costo anual de la provisión de servicios urbanos y de los desplazamientos en que incurren las familias suponen más del 1% del PIB.
- En el futuro, la mitad de las ciudades analizadas tendrá retos presupuestales para proveer el

mismo nivel de servicios que en la actualidad. Esas ciudades deberán incrementar su capacidad proyectada de recaudación en un rango de 48% a 244% para poder ofrecer el mismo nivel de servicios urbanos que en la actualidad.

- La mejor opción para reducir en el largo plazo los costos urbanos es implementar una política de localización residencial cercana a los centros de empleo, que utilice de forma más eficiente el suelo e incremente la densidad. La política de localización por sí misma puede generar ahorros acumulados en los costos anuales superiores al 5%, lo que favorecería especialmente a la población más vulnerable, con ahorros crecientes a lo largo del tiempo. Por el contrario, la política de densificación sin una adecuada localización puede impactar negativamente en la economía de los hogares vulnerables.

Los datos muestran que las ciudades deben transitar hacia un nuevo modelo sostenible, que garantice un uso más eficiente del principal activo urbano –el suelo– y promueva un desarrollo más denso, conectado y coordinado, adecuado al contexto. De igual forma, la sostenibilidad ambiental, la resiliencia, la mejora de la salud, la inclusión social y la lucha contra la desigualdad deben ser objetivos fundamentales en la apuesta urbana a futuro.

El futuro urbano propuesto debe superar retos de gran magnitud. La realidad del país, con grandes asimetrías regionales, se refleja también en las capacidades institucionales locales. La necesidad de resultados a corto plazo desincentiva la cooperación entre administraciones, así como la construcción participativa de metas a largo plazo y una visión compartida de la ciudad.

Por ello, las futuras acciones de planeación deben regirse bajo los siguientes principios:

- **Corresponsabilidad en la planeación urbana.**  
Los tres niveles de gobierno deben ser

responsables de la planeación, pero también el sector privado y la sociedad civil.

- **Focalización del apoyo institucional en las zonas más vulnerables,** con una orientación de los recursos en los municipios con menores capacidades institucionales y financieras, pero también en las zonas en las que se concentra la población en situación más precaria o con mayor fragilidad ecológica.
- **Visión integral de la planeación,** más allá del ámbito sectorial, con un análisis holístico de los impactos y beneficios del desarrollo urbano a corto y largo plazo.

Con estos principios en mente es posible cambiar las ciudades y desarrollar su máximo potencial, así como asegurar un futuro justo y sostenible para sus habitantes.

# 11. Apéndices

## 11.1. SELECCIÓN Y AGRUPACIÓN DE LAS ZONAS METROPOLITANAS

El ejercicio de categorización de las ciudades se elaboró en función de su dinámica demográfica, económica y del parque habitacional. Agrupa a priori las zonas urbanas mediante el método de k-medias sin restricción espacial y usa como referencia la delimitación de ciudades del SUN 2018 de CONAPO. Las variables utilizadas se recogen en el Cuadro 12.

La metodología minimiza las diferencias existentes entre las observaciones incluidas al interior de cada grupo. El proceso para determinar el número óptimo de grupos partió de una serie de agrupaciones exploratorias que utilizan la misma semilla, y tras la cual se seleccionan las agrupaciones con un mayor valor del estadístico pseudo-F de Calinski-Harabanz.

Al concluir el proceso iterativo, se obtuvieron 5 grupos de ciudades, uno de ellos conformado únicamente por el Valle de México. En los cuatro grupos de ciudades resultantes se seleccionaron las ciudades representativas por primacía en el

Cuadro 12.  
**Variables de clasificación de zonas metropolitanas**

Dinámica	Variables
Demográfica	POB15: Población de la zona metropolitana en el año 2015 de acuerdo con la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI.
	TCMA_1018: Tasa de crecimiento medio anual entre el año 2010 y 2018 de acuerdo con las proyecciones de población del CONAPO.
	TNM_1015: Tasa neta de migración entre los años 2010 y 2015, con datos del Censo de Población y Vivienda 2010 y de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI.
Económica	PO_9: Porcentaje de personal ocupado en sectores de uso intensivo del conocimiento respecto del total de personal ocupado en la zona metropolitana, de acuerdo con el Censo Económico 2014 del INEGI <sup>66</sup> .
	PO_1: Porcentaje de personal ocupado en servicios profesionales, científicos y técnicos respecto del total de personal ocupado en sectores de uso intensivo del conocimiento en la zona metropolitana, de acuerdo con el Censo Económico 2014 del INEGI.
	P_PORMUN: Porcentaje de población ocupada residente en los municipios de la zona metropolitana que trabaja en el mismo municipio de la zona metropolitana en 2015, de acuerdo con la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI.
	I_MOT16: Índice de motorización en 2016, de acuerdo con los datos del CONAPO.
Del parque habitacional	PVIVPNH: Porcentaje de viviendas particulares no habitadas en 2015, de acuerdo con la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI.
	PR_VIV: Promedio de ocupantes por vivienda, de acuerdo con la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI.
	IFIN1018: Índice de créditos otorgados para vivienda nueva en la zona metropolitana entre 2010 y 2018, de acuerdo con los datos de SNIIV de la CONAVI.

Fuente: Elaboración propia con base en el SUN 2018 de CONAPO

66. Los Censos Económicos 2019 no se encontraban disponibles en el momento en el que se realizó el análisis.

Sistema Urbano Nacional (Guadalajara y Monterrey) y por criterios regionales (norte y sureste del país). De esta forma, algunos de los grupos iniciales dispusieron de dos ciudades representativas, por lo que se reasignaron las ciudades al interior de cada grupo en función de la mayor similitud a las ciudades representativas. La reasignación se realizó en función de una menor distancia euclidiana del porcentaje de expansión de la mancha urbana<sup>67</sup>. La fórmula utilizada fue:

$$d = \sqrt{(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2}$$

donde  $d$  es la distancia euclidiana entre las dos zonas metropolitanas,  $x$  el porcentaje de crecimiento de las localidades urbanas de la zona metropolitana entre 2010 y 2018,  $x_o$  el porcentaje de crecimiento de las localidades urbanas de la zona metropolitana representativa entre 2010 y 2018, y el porcentaje de crecimiento de las localidades rurales de la zona metropolitana entre 2010 y 2018 e  $y_o$  el porcentaje

de crecimiento de las localidades rurales de la zona metropolitana representativa entre 2010 y 2018.

## 11.2. CÁLCULO DE LOS COSTOS

### 11.2.1. Tipologías de vivienda para el cálculo de los costos de construcción

La selección de las dos tipologías de vivienda básicas para el análisis de costos partió del análisis visual de las tipologías edificatorias más frecuentes en las periferias urbanas a partir de imágenes satelitales y panorámicas en Google. Así, se observó que la estructura de mampostería era el sistema constructivo más frecuente en la periferia. Las dos tipologías incluidas en el análisis de costos (mampostería A y B) utilizan este sistema constructivo y las diferencias de costo entre las dos tipologías responden a variaciones de la tecnología disponible (Cuadro 13).

Cuadro 13.

### Características constructivas de las tipologías de vivienda consideradas

Sistema constructivo	Producción	Estructura	Costo por m <sup>2</sup>	Elementos considerados	Elementos no considerados
<b>Mampostería A</b>	En serie por medios mecánicos	Muro: tabique cerámico Losa: prefabricada de concreto	\$5,047.22	1. Preparación del terreno 2. Cimentación y estructura con la cimbra requerida 3. Instalaciones hidráulicas, eléctricas y sanitarias con sus respectivos muebles fijos y accesorios indispensables	1. Transporte de materiales 2. Estudios de laboratorio 3. Carpintería y muebles 4. Jardinería
<b>Mampostería B</b>	De forma individual por medios manuales	Muro: bloque de concreto Losa: plana de concreto	\$5,390.88	4. Ventanas 5. Acabados sencillos e impermeabilización	5. Tiempo o duración de la construcción

Fuente: Elaboración propia con base en datos de mercado en establecimientos de venta de material de construcción

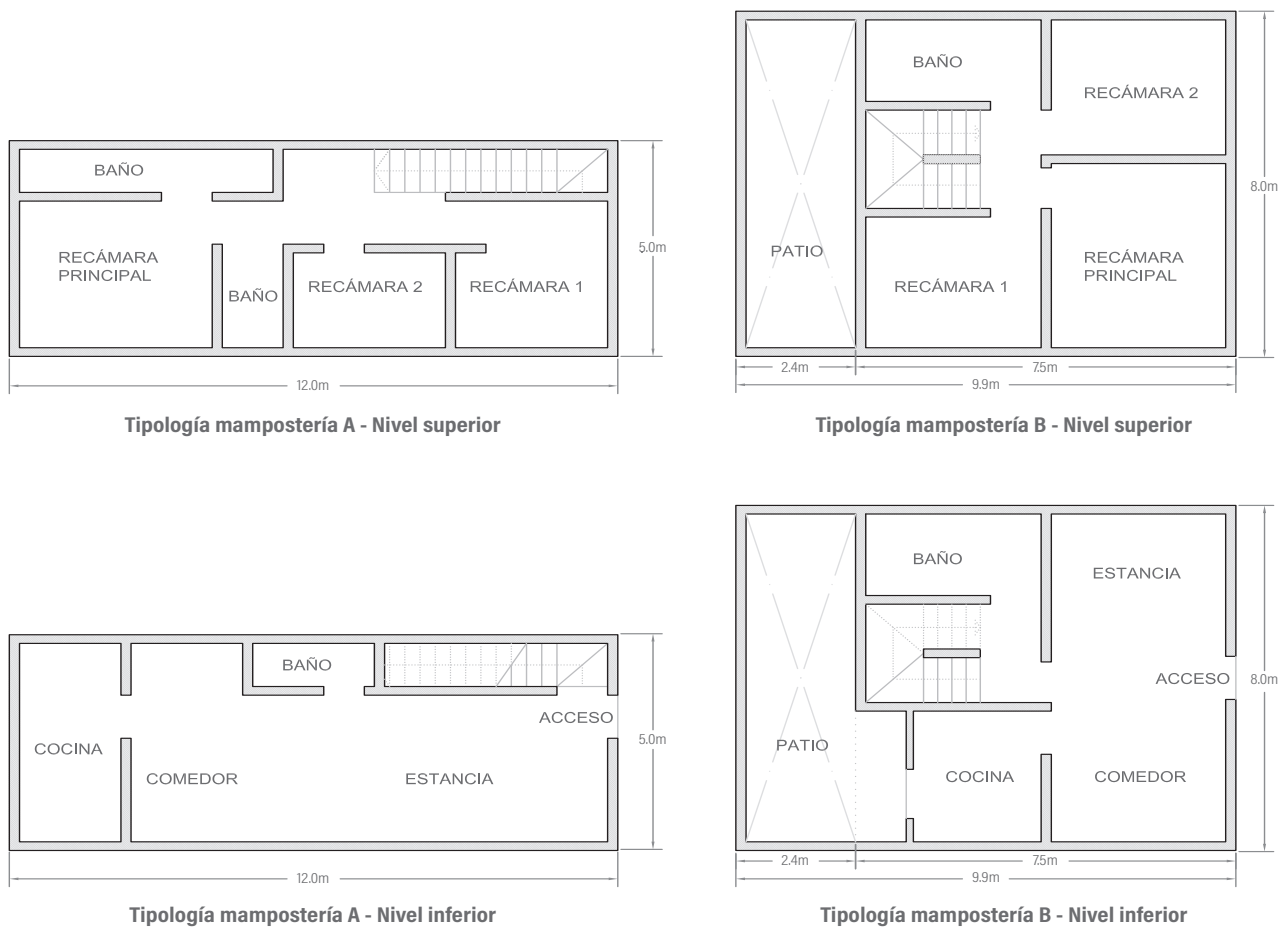
67. Los resultados de este análisis se encuentran en Zubicaray et al. (2021).

Para calcular los costos paramétricos de construcción se dibujaron dos tipologías esquemáticas de vivienda con una superficie de 120 m<sup>2</sup>, distribuidas en dos niveles, cada una según utilice uno de los dos sistemas constructivos apuntados en el Cuadro 13. Los costos paramétricos se calcularon con información comercial de

precios de materiales de construcción, así como con el Tabulador general de precios unitarios de la Secretaría de Obras y Servicios de la Ciudad de México<sup>68</sup>. La Figura 16 incluye las plantas esquemáticas de las dos tipologías, inspiradas en desarrollos reales observados en las periferias urbanas.

Figura 16.

**Plantas esquemáticas de las tipologías de mampostería A (izquierda) y mampostería B (derecha)**



Fuente: Elaboración propia.

68. Con fecha de marzo 2019. Disponible en <https://www.obras.cdmx.gob.mx/servicios/servicio/tabulador-general-de-precios-unitarios>

Al igual que en el análisis de la frecuencia de las tipologías de vivienda en la periferia, se identificaron las tipologías de vialidades incorporadas en el costeo. La fuente de información utilizada para el cálculo paramétrico de costos

proviene del documento Costos paramétricos de pavimentación de la SHCP<sup>69</sup>, con fecha de octubre de 2015. El Cuadro 14 recoge las características de las cuatro tipologías de vialidades consideradas.

Cuadro 14.

**Características constructivas de las tipologías de vialidad consideradas**

Vialidad	Costo	Material	Elementos considerados	Elementos no considerados
<b>Tipo 1</b>	\$991.00	Asfalto	1. Preparación del terreno 2. Estructura 3. Banqueta	1. Instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias
<b>Tipo 2</b>	\$1,204.00	Concreto	4. Drenaje pluvial 5. Señalamiento	
<b>Tipo 3</b>	\$429.09	Adoquín o adocreto	1. Preparación del terreno 2. Estructura	
<b>Tipo 4</b>	\$62.64	Terracería (tierra)		

Fuente: Elaboración propia con base en Costos paramétricos de pavimentación de la SHCP de 2015

69. Con fecha de octubre de 2015. Los valores unitarios fueron actualizados a precios de 2019. Disponible en <https://www.gob.mx/shcp/documentos/costos-parametricos-de-pavimentacion>

Por último, para el cálculo de escenarios de crecimiento urbano, se consideró una tercera tipología de vivienda, conformada por 6 departamentos de 80 m<sup>2</sup> de superficie, en un edificio de cuatro niveles. La planta baja del edificio se

destina a circulaciones y locales comerciales, y el resto de niveles a vivienda, con dos departamentos por nivel alrededor del núcleo de escaleras. Las características constructivas de esa tipología alternativa se resumen en el Cuadro 15.

Cuadro 15.

### Características constructivas de la tipología alternativa

Sistema constructivo	Producción	Estructura	Costo por m <sup>2</sup>	Elementos considerados	Elementos no considerados
Concreto	De forma individual por medios mecánicos	Muros pantalla de concreto Losa plana de concreto	\$5,929.57	1. Preparación del terreno 2. Cimentación y estructura con la cimbra requerida 3. Instalaciones hidráulicas, eléctricas y sanitarias con sus respectivos muebles fijos y accesorios indispensables 4. Ventanas 5. Acabados sencillos e impermeabilización	1. Transporte de materiales 2. Estudios de laboratorio 3. Carpintería y muebles 4. Jardinería 5. Tiempo o duración de la construcción

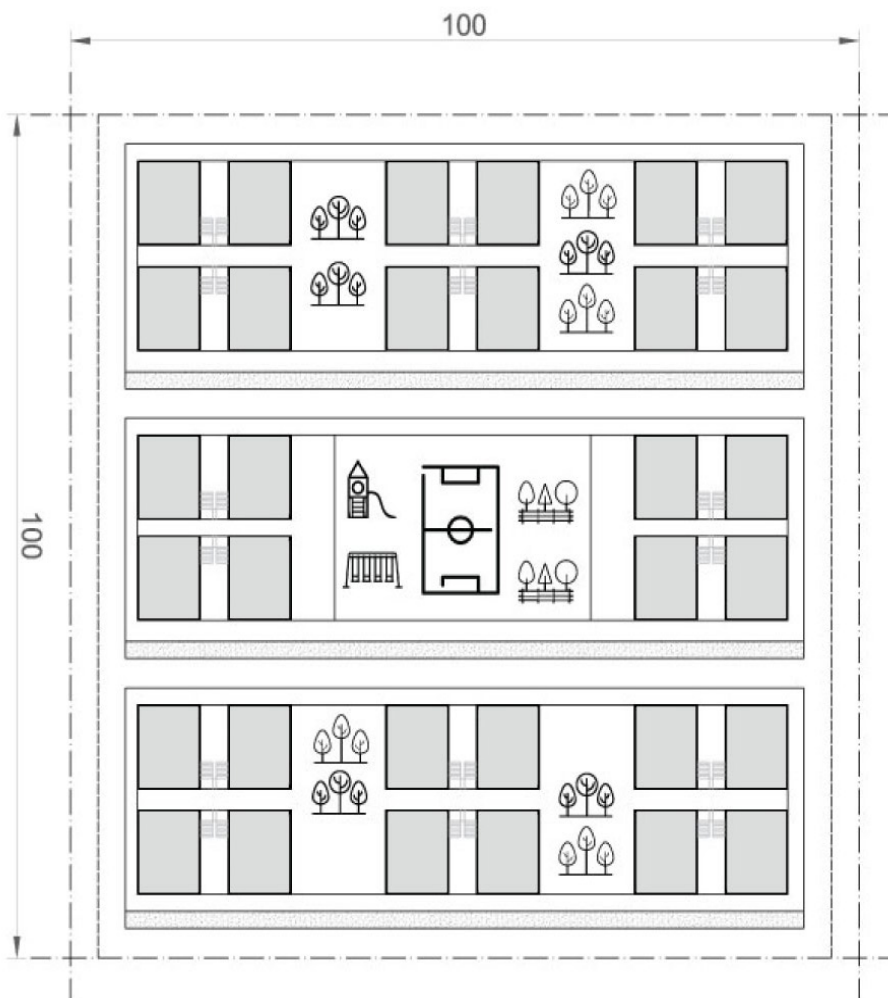
Fuente: Elaboración propia con base en datos de mercado en establecimientos de venta de material de construcción

Esta última tipología se dispone en una superficie de una hectárea, con espacio central dedicado a otros usos y equipamientos. La superficie de suelo ocupada por los bloques de vivienda supone 3,120 m<sup>2</sup>, la superficie de vialidades 2,776 m<sup>2</sup> y el resto (4,104) se destina a otros usos y áreas libres.



Figura 17.

### Diagrama urbano de densificación para escenarios alternativos.



Fuente: Elaboración propia

#### 11.2.2. Características de las aglomeraciones urbanas analizadas

El cálculo del costo de la vivienda no puede implementarse sin considerar las características morfológicas de la aglomeración urbana en la que se encuentra. Para los efectos de esta investigación

se define aglomeración urbana como el conjunto de vialidades y manzanas que por su forma<sup>70</sup> configuran la unidad mínima de una ciudad, delimitadas por vialidades de mayor jerarquía. Las aglomeraciones urbanas analizadas bajo estos criterios tuvieron una superficie comprendida entre 1 y 20 hectáreas.

70. En este ejercicio no se consideran las divisiones políticas como fronteras entre distintas aglomeraciones urbanas, pues priman los criterios de uniformidad morfológica.

La selección de las aglomeraciones a analizar se realizó por medio de una muestra aleatoria dentro de los perímetros de contención urbana<sup>71</sup> U1 y U2 en cada una de las ocho zonas metropolitanas de estudio. La muestra aleatoria se realizó con una cuadrícula con celdas de 1 x 1 km y el número de observaciones por zona metropolitana se ponderó por el tamaño de la ciudad. De esta forma, en la zona metropolitana del Valle de México se analizaron un total de 42 aglomeraciones urbanas, en Monterrey y en Guadalajara 36, y en el resto de zonas metropolitanas 24.

Una vez obtenida la muestra de aglomeraciones por ciudad, se categorizó mediante la clasificación de usos del suelo del *Atlas of Urban Expansion*

(Angel et al., 2016): residencial formal subdividido, residencial informal subdividido, asentamiento residencial, desarrollo habitacional y no habitacional. Las características formales de asignación se detallan en el Cuadro 16. Dado que no todas las aglomeraciones presentaban características formales homogéneas, la asignación final de muestras por ciudad y tipología quedó como sigue:

- Valle de México: cinco aglomeraciones por uso de suelo
- Guadalajara y Monterrey: tres aglomeraciones por uso de suelo
- Tijuana, Reynosa, Mérida, Tuxtla Gutiérrez y Culiacán: tres aglomeraciones por uso de suelo

Cuadro 16.

### Características formales de las aglomeraciones urbanas residenciales

Tipología	Traza	Apariencia de vialidades	Servicios	Lotificación	Sistema constructivo
<b>Residencial Formal Subdividido</b>	Ortogonal	Todas están pavimentadas	Todas las viviendas	Regular	Mampostería B
<b>Residencial Informal Subdividido</b>	Irregular	Algunas están pavimentadas	La mayoría de las viviendas	Irregular con tamaños similares entre sí	
<b>Asentamiento Residencial</b>	No hay	Todas son de terracería	Los servicios son limitados	No está claramente definida	
<b>Desarrollo Habitacional</b>	Regular con red interna	Todas están pavimentadas	Todas las viviendas	Lotes y viviendas iguales, construidas por un mismo desarrollador	Mampostería A

Fuente: Elaboración propia con base en Angel et al. (2016)

71. Definidos por CONAVI. Polígonos de contención urbana vigentes en 2019.

Cuadro 17.

**Variables definidas en las aglomeraciones urbanas residenciales**

Uso de suelo	Residencial	No habitacional	Vialidad	Área libre pública
Coefficiente de ocupación de suelo <sup>72</sup>	X	X		
Coefficiente de utilización de suelo <sup>73</sup>	X	X		
Área total del uso de suelo	X	X	X	X
Dimensiones, largo y ancho, de la unidad de uso de suelo (predio o vía)	X	X	X	
Jerarquía (conectividad con otros barrios)			X	
Material utilizado			X	

Fuente: Elaboración propia

Por último, la caracterización de la relación de usos al interior de la aglomeración, intensidad en la construcción, superficie de vialidades y de espacios libres se realizó de forma manual, al dibujar en software CAD las imágenes satelitales de las aglomeraciones. Las variables definidas en las aglomeraciones se resumen en el Cuadro 17.

### 11.2.3. Identificación de los centros de empleo metropolitanos

La identificación de centros y subcentros urbanos es una tarea compleja y depende del objetivo de la investigación. Dado que el objetivo del estudio es poder comparar diversos escenarios de densificación y localización, la identificación de los centros urbanos se realiza bajo los siguientes supuestos:

- Las zonas metropolitanas, a pesar de que pueden presentar una estructura polinuclear, disponen de un centro urbano que prima sobre los demás.
- La característica principal que define el centro urbano es la concentración del empleo formal, que genera economías de aglomeración.

Para definir los centros de empleo a nivel metropolitano se adaptó la metodología de Giuliano y Small (1991) que considera un criterio de doble umbral para la delimitación de subcentros. De esta forma, la identificación se realiza mediante los siguientes pasos:

- a) Definición de umbrales de empleo (paso 1)

Al utilizar la información del personal ocupado del Censo Económico 2014, se identifican las AGEBS (del año 2018) que cumplan dos criterios de forma simultánea:

- El total de personal ocupado de la AGEB se encuentra en el percentil del 95% del total de AGEBS de la zona metropolitana.
- La densidad de personal ocupado<sup>74</sup> de la AGEB se encuentra en el percentil del 95% del total de AGEBS de la zona metropolitana.

72. Definido como la relación de la superficie construida en planta baja respecto a la superficie total de la parcela.

73. Definido como la relación de la superficie construida total de la edificación respecto de la superficie total de la parcela.

74. La densidad de personal ocupado es el cociente entre el personal ocupado total registrado en la AGEB y la superficie de la AGEB.

b) Delimitación de AGEBS contiguas (paso 2)

El objetivo de este paso es obtener un solo conglomerado de AGEBS adyacentes que concentren la mayor cantidad de empleos en cada ciudad. Por tanto, se procedió a eliminar las AGEBS resultantes del proceso anterior que cumplieren los siguientes criterios de forma simultánea:

- AGEBS pertenecientes a ciudades en las que el resultado del paso anterior hubiese arrojado tres o más AGEBS
- AGEBS aisladas, es decir, que no compartan una arista o un vértice con otra AGEBS

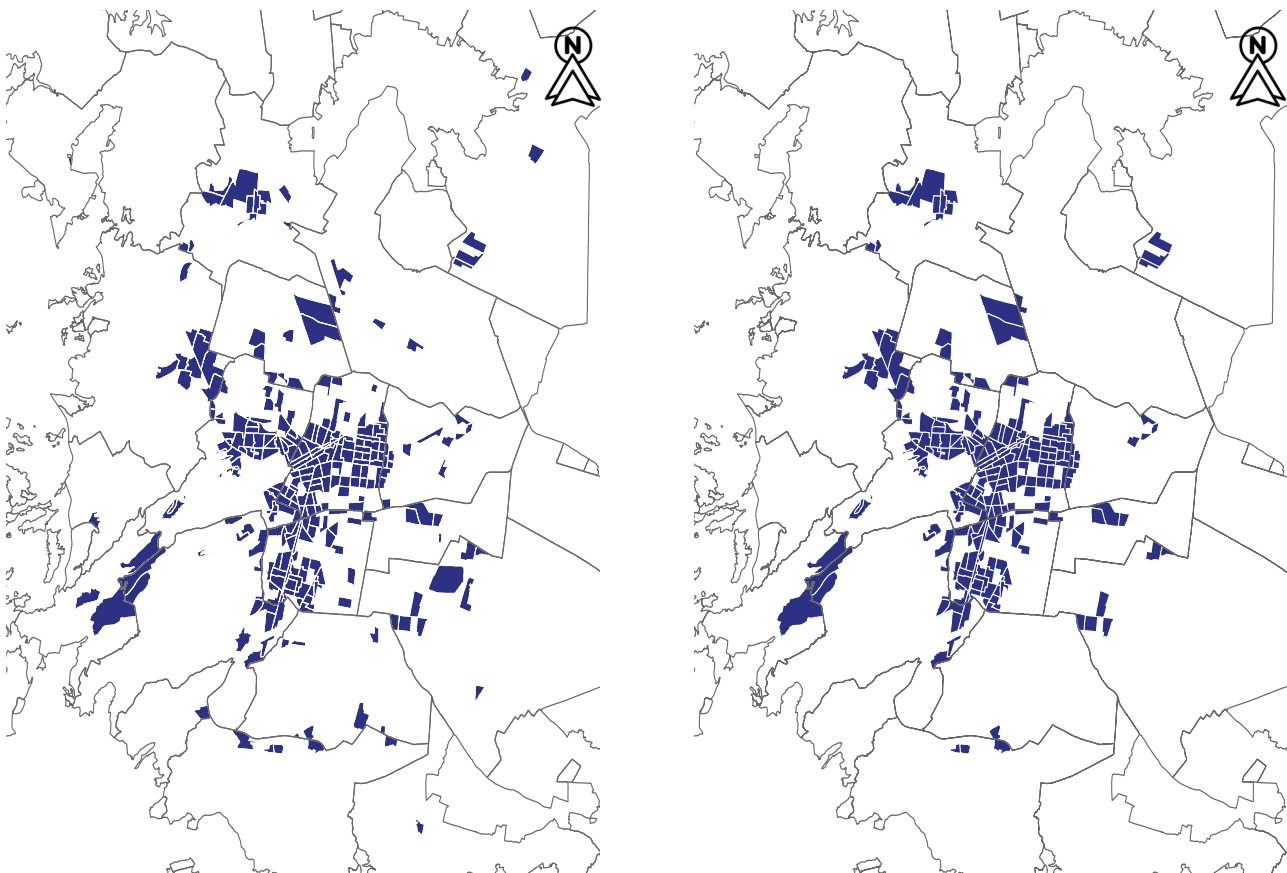
c) Personal ocupado total (paso 3)

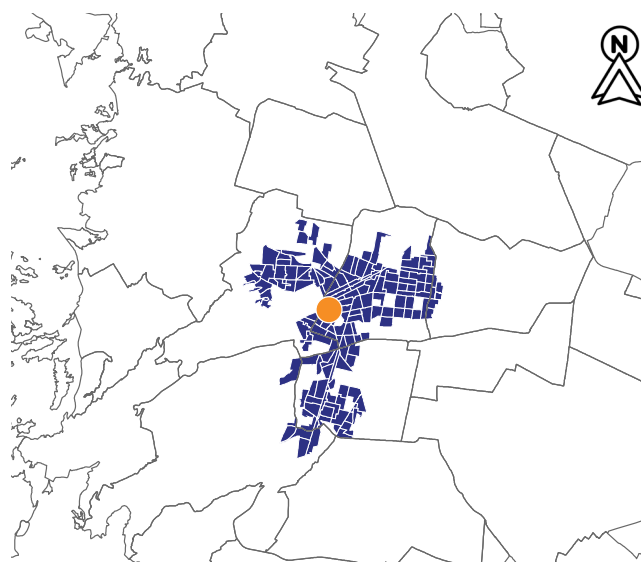
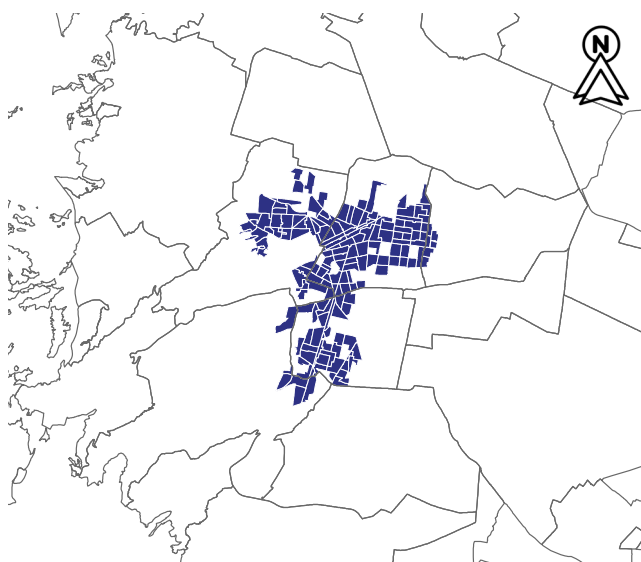
El último paso del proceso es la selección del conglomerado resultante que, en total, concentrase el mayor número de empleos totales. De esta forma se consiguió obtener un único conglomerado de empleos por ciudad. Por último, se calculó el centroide del conglomerado como el punto de referencia para el cálculo de los desplazamientos por anillo periférico.

Para clarificar el proceso, la Figura 18 recoge el proceso para la zona metropolitana del Valle de México.

Figura 18.

**Proceso de delimitación de centros de empleo en la zona metropolitana del Valle de México. Arriba izquierda, AGEBS resultantes de umbrales de empleo. Arriba derecha, contiguas. Abajo izquierda, AGEBS resultantes de la última selección por personal ocupado total. Abajo derecha, centroide del conglomerado resultante.**





Fuente: Elaboración propia con base en el Marco Geoestadístico de diciembre de 2018 y Censo Económico 2014 del INEGI.

#### 11.2.4. Costos unitarios de provisión de servicios urbanos

El análisis de los costos unitarios de provision de los servicios urbanos básicos se realizó con el análisis de los apéndices estadísticos de la Cuenta Pública de la Ciudad de México de 2015 a 2018, debido a la

falta de información desagregada del gasto en el resto de los municipios mexicanos. Las partidas de gasto incluidas en el cálculo de los servicios básicos urbanos se detallan en el Cuadro 18, separadas por tipo de servicio y en función de si es un gasto de mantenimiento o de nueva construcción.

Cuadro 18.

#### Partidas de gasto incluidas en el cálculo de gastos en servicios urbanos

Servicio	Tipo de concepto	Código de concepto	Nombre de concepto	Agencia responsable	Unidad
Agua potable	Nueva construcción	223221	Construcción y ampliación de infraestructura de agua potable	Alcaldías	Metros
		223348	Ampliación del sistema de agua potable	Sacmex	Procedimiento
		223349	Construcción de plantas y pozos	Sacmex	Procedimiento
	Mantenimiento y operación	223222	Mantenimiento, conservación y rehabilitación de infraestructura de agua potable	Alcaldías	Metros

Servicio	Tipo de concepto	Código de concepto	Nombre de concepto	Agencia responsable	Unidad
Agua potable	Mantenimiento y operación	223347	Acciones de apoyo para el abastecimiento de agua	Sacmex	Apoyo
		223350	Mantenimiento de infraestructura de agua potable	Sacmex	Servicio
		223351	Operación del sistema de agua potable	Sacmex	Servicio
Drenaje	Nueva construcción	213204	Construcción y ampliación de infraestructura del sistema de drenaje	Alcaldías	Kilómetro
		213315	Acciones para la ampliación del sistema de drenaje	Sacmex	Procedimiento
		213316	Acciones para la ampliación del sistema de tratamiento de aguas residuales	Sacmex	Procedimiento
	Mantenimiento y operación	213205	Desazolve de la red del sistema de drenaje	Alcaldías	Metro
		213206	Mantenimiento, conservación y rehabilitación al sistema de drenaje	Alcaldías	Kilómetro
		213207	Obras complementarias al sistema de drenaje	Alcaldías	Pieza
		213314	Acciones de apoyo en la ordenación de aguas residuales, drenaje y alcantarillado	Sacmex	Apoyo
		213317	Desazolve	Sacmex	Metro cúbico
		213318	Mantenimiento de la infraestructura del sistema de drenaje	Sacmex	Servicio
		213319	Mantenimiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales	Sacmex	Servicio
		213320	Operación del sistema de drenaje	Sacmex	Servicio

Servicio	Tipo de concepto	Código de concepto	Nombre de concepto	Agencia responsable	Unidad
<b>Drenaje</b>	Mantenimiento y operación	213321	Operación del sistema de tratamiento de aguas residuales	Sacmex	Servicio
<b>Vialidad</b>	Nueva construcción	221221	Construcción de infraestructura vial	Alcaldías	Kilómetro
	Mantenimiento y operación	221218	Mantenimiento, conservación y rehabilitación en vialidades secundarias	Alcaldías	Metro cuadrado
<b>Banqueta</b>	Nueva construcción	221212	Construcción y ampliación de banquetas	Alcaldías	Metro cuadrado
	Mantenimiento y operación	221216	Mantenimiento, conservación y rehabilitación de banquetas	Alcaldías	Metro cuadrado
<b>Alumbrado público</b>	Mantenimiento y operación	224223	Alumbrado público	Alcaldías	Luminaria
<b>Área verde</b>	Mantenimiento y operación	215207	Mantenimiento de áreas verdes	Alcaldías	Metro cuadrado
		215208	Servicio de poda de árboles	Alcaldías	Pieza
<b>Gestión de residuos</b>	Mantenimiento y operación	211203	Recolección de residuos sólidos	Alcaldías	Tonelada

Fuente: Elaboración propia con base en el gasto ejercido de la Cuenta pública de la Ciudad de México 2015-2018. Eje 4: habitabilidad y servicios, espacio público e infraestructura.

Las partidas incluidas corresponden al gasto ejercido por las alcaldías (equivalente a los municipios en el resto del país), pero también al del organismo desconcentrado del Sistema de aguas de la Ciudad de México (SACMEX), que es el responsable de proveer los servicios de agua potable y drenaje en la Ciudad de México. La inclusión del gasto de estas últimas partidas se justifica porque es un servicio básico que debe aportar el municipio, independientemente del arreglo institucional que se adopte.

El Cuadro 19 recoge el porcentaje promedio del presupuesto destinado a los servicios públicos respecto del presupuesto promedio responsabilidad de las alcaldías y no sobre el total del presupuesto que es responsabilidad del conjunto de instituciones de la administración de la Ciudad de México. La

decisión metodológica se justifica porque, en términos de comparabilidad, no es factible asimilar la misma estructura de gasto de una ciudad-estado con la del resto de los municipios, y porque las alcaldías son una unidad jurídico-administrativa más similar a la municipal.

Cuadro 19.

**Gasto público en las alcaldías de la Ciudad de México en las partidas seleccionadas 2015-2018. Millones de pesos, valores 2019**

		Gasto ejercido de las alcaldías	Agua potable		Drenaje		Vialidad	
			Nueva construcción	Mantenimiento y operación	Nueva construcción	Mantenimiento y operación	Nueva construcción	Mantenimiento y operación
2015	Total (millones de pesos)	42,159	811	5,332	778	5,250	n.d.	2,020
	Porcentaje (%)	100.0%	1.9%	12.6%	1.8%	12.5%	n.d.	4.8%
2016	Total (millones de pesos)	44,708	1,105	5,482	996	6,857	120	2,902
	Porcentaje (%)	100.0%	2.5%	12.3%	2.2%	15.3%	0.3%	6.5%
2017	Total (millones de pesos)	44,729	904	5,029	900	5,856	137	3,078
	Porcentaje (%)	100.0%	2.0%	11.2%	2.0%	13.1%	0.3%	6.9%
2018	Total (millones de pesos)	43,645	611	4,555	426	6,252	46	2,729
	Porcentaje (%)	100.0%	1.4%	10.4%	1.0%	14.3%	0.1%	6.3%
Pro-medio 2015-2018	Total (millones de pesos)	43,810	858	5,099	775	6,054	101	2,682
	Porcentaje (%)	100.0%	2.0%	11.6%	1.8%	13.8%	0.2%	6.1%



	Gasto ejercido de las alcaldías	Banqueta		Área verde	Alumbrado público	Gestión de residuos	
		Nueva construcción	Mantenimiento y operación	Mantenimiento y operación	Mantenimiento y operación	Mantenimiento y operación	
2015	Total (millones de pesos)	42,159	172	604	1,181	3,638	3,497
	Porcentaje (%)	100.0%	0.4%	1.4%	2.8%	8.6%	8.3%
2016	Total (millones de pesos)	44,708	179	787	1,228	3,422	2,301
	Porcentaje (%)	100.0%	0.4%	1.8%	2.7%	7.7%	5.1%
2017	Total (millones de pesos)	44,729	112	776	1,275	3,577	2,231
	Porcentaje (%)	100.0%	0.2%	1.7%	2.9%	8.0%	5.0%
2018	Total (millones de pesos)	43,645	106	778	1,226	2,972	2,038
	Porcentaje (%)	100.0%	0.2%	1.8%	2.8%	6.8%	4.7%
Pro-medio 2015-2018	Total (millones de pesos)	43,810	142	736	1,228	3,402	2,517
	Porcentaje (%)	100.0%	0.3%	1.7%	2.8%	7.8%	5.8%

Fuente: Elaboración propia con base en el gasto ejercido de la Cuenta pública de la Ciudad de México 2015-2018. Eje 4: habitabilidad y servicios, espacio público e infraestructura.

Como se observa en el Cuadro 19, no fue posible obtener, para los servicios de área verde, alumbrado público y gestión de residuos, partidas de gasto en las alcaldías para ampliación de los servicios. Este hecho se debe a que algunos de estos conceptos los asume la Secretaría de obras y servicios de la Ciudad de México (equivalente a una secretaría estatal) o porque la información de la cuenta

pública no especifica claramente el destino de la partida de gasto. Al sintetizar los resultados del cuadro anterior, y bajo los supuestos mencionados con anterioridad, se obtiene que, en promedio, el 49.6% del gasto de las alcaldías se destinaría a mantenimiento y operación de servicios públicos, y solo 4.2%<sup>75</sup> a ampliar los servicios públicos.

75. Las cifras pueden variar debido al redondeo.

Los porcentajes fijos anteriores son los que se consideran para estimar el gasto de provisión de servicios públicos en cada municipio perteneciente a cada zona metropolitana analizada<sup>76</sup>. Al utilizar

los datos de gasto municipal de 2018<sup>77</sup> registrados por la EFIPEM 2000-2018 del INEGI, se obtiene el gasto total por zona metropolitana en la provisión de servicios públicos urbanos (Cuadro 20).

Cuadro 20.

**Gasto por zona metropolitana del SUN para la provisión de servicios públicos en 2018. Millones de pesos, valores 2019**

Nombre de la zona metropolitana	Clave del Sistema Urbano Nacional	Gasto total (millones de pesos)	Gasto en nueva construcción (millones de pesos)	Gasto en mantenimiento y operación (millones de pesos)
Culiacán	M25.01	3,887	164	1,927
Guadalajara	M14.01	27,191	1,146	13,481
Mérida	M31.01	4,385	185	2,174
Monterrey	M19.01	23,665	997	11,733
Reynosa	M28.04	2,810	118	1,393
Tijuana	M02.03	8,776	370	4,351
Tuxtla Gutiérrez	M07.02	3,075	130	1,525
Valle de México	M09.01	95,087	4,008	47,143
<b>TOTAL</b>		<b>168,876</b>	<b>7,118</b>	<b>83,727</b>

Fuente: Elaboración propia con base en cálculo propios, EFIPEM 2000-2018 del INEGI y SUN de CONAPO

76. Por tanto, no se consideran economías de escala. La apertura y estandarización de los datos relativos al gasto municipal podrá mejorar la calidad del análisis en un futuro.

77. Deflactado a valores de 2019. En caso de que el municipio no

reporte datos en 2018, se estima el gasto a partir del último año reportado, y se aplica una tasa de actualización promedio anual entre los años 2015 y 2017.

Por último, para estimar el costo de provisión de servicios públicos por vivienda, se dividen los resultados del cuadro anterior entre el número de viviendas particulares habitadas estimadas en

2018<sup>78</sup> en el conjunto de cada zona metropolitana analizada. Los resultados se presentan en el Cuadro 21 y sirven como referencia para calcular los escenarios futuros del costo de la expansión urbana.

Cuadro 21.

**Gasto por vivienda en 2018 para la provisión de servicios públicos urbanos. Resultados por zona metropolitana. Valores 2019**

Nombre de la zona metropolitana	Clave del Sistema Urbano Nacional	Tasa promedio anual de crecimiento de viviendas particulares habitadas 2010-2015 (%)	Viviendas particulares habitadas 2018 (estimación)	Gasto de construcción de servicios públicos urbanos por vivienda 2018 (pesos)	Gasto de mantenimiento y operación de servicios públicos urbanos por vivienda 2018 (pesos)	Gasto total en servicios públicos urbanos por vivienda 2018 (pesos)
Culiacán	M25.01	2.23%	261,145	627	7,379	8,006
Guadalajara	M14.01	2.88%	1,391,706	824	9,687	10,510
Mérida	M31.01	2.59%	347,325	532	6,260	6,792
Monterrey	M19.01	3.25%	1,393,870	716	8,417	9,133
Reynosa	M28.04	1.86%	232,582	509	5,990	6,499
Tijuana	M02.03	2.44%	571,912	647	7,608	8,255
Tuxtla Gutiérrez	M07.02	2.86%	232,321	558	6,562	7,120
Valle de México	M09.01	1.71%	6,059,771	661	7,780	8,441

Fuente: Elaboración propia con base en cálculo propios, EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y SUN de CONAPO

78. La estimación se realizó con la proyección del valor de las viviendas particulares habitadas registradas en 2015 en la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, por la tasa de crecimiento

promedio anual de las viviendas particulares habitadas 2010-2015 a partir de los datos de la Encuesta Intercensal 2015 y el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI.

## 11.2.5. Calculadora de las emisiones de la construcción

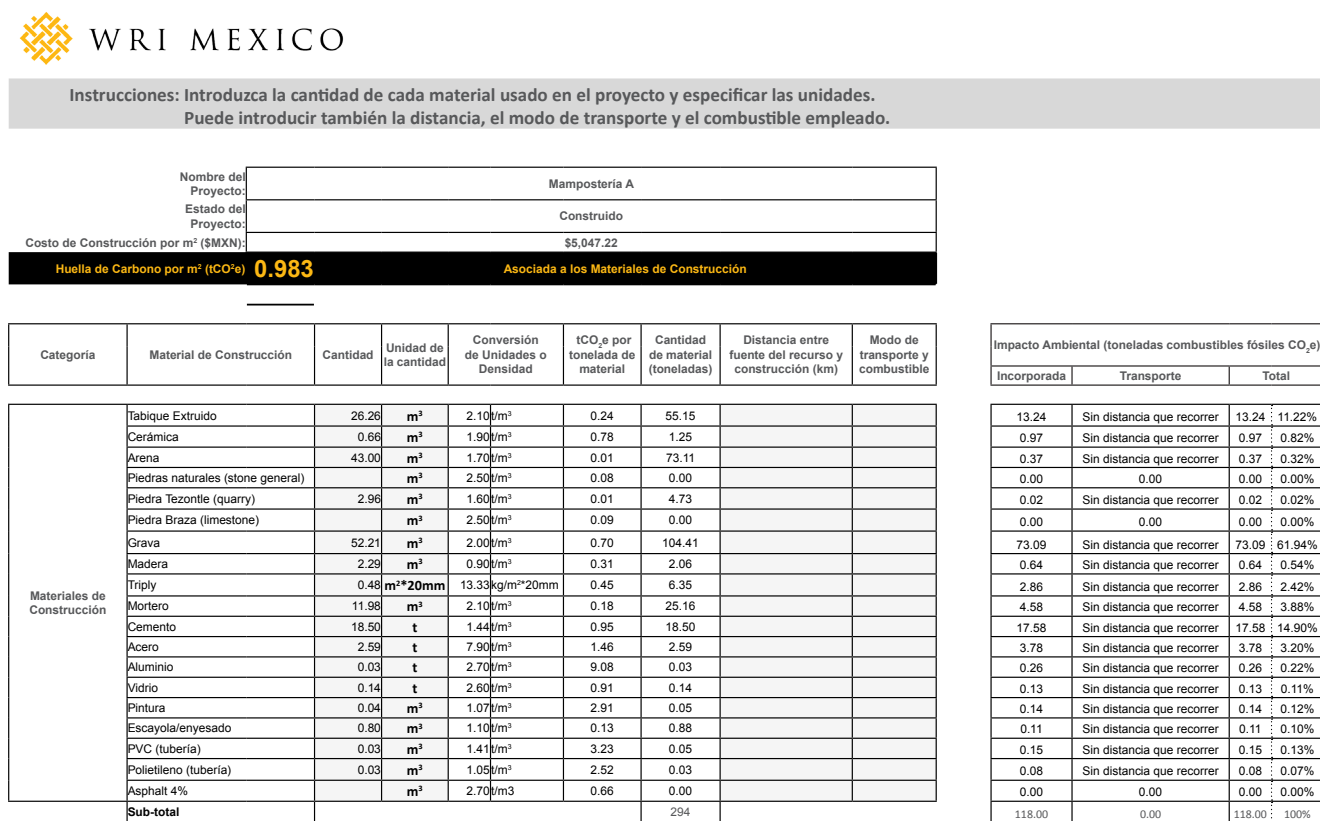
La calculadora de emisiones de la construcción adaptada en esta investigación trabaja con un enfoque de cuna a puerta, en el cual todas las emisiones, desde la extracción de materiales hasta el transporte al sitio de construcción, se toman en cuenta. Las emisiones que se desconocen al utilizar este enfoque son aquellas que ocurren en el transcurso de la vida útil del material y las que se generan al eliminar el material.

Al enfocarse en un análisis de cuna a puerta, la calculadora sirve como una herramienta de uso

presupuestario de impacto ambiental, ya que se ha contruido con la mayor cantidad de información nacional disponible (densidad de materiales<sup>79</sup> y emisiones asociadas a los tipos de transporte y del combustible empleado<sup>80</sup>). Sin embargo, las emisiones asociadas a la producción de materiales se tomaron de la herramienta original creada por el gobierno del Reino Unido (Environmental Agency, 2014) con una verificación previa con las fuentes de información nacionales disponibles para identificar la concordancia entre los objetos de estudio<sup>81</sup>.

La calculadora contiene información precargada de los materiales frecuentes usados en la urbanización del país. Se tiene la opción de actualizar los factores

Figura 19.  
Calculadora de emisiones de la construcción



Fuente: Elaboración propia, con base en la Carbon Calculator v 3.6 (Environment Agency, 2014)

79. Con excepción de los plásticos, tomados de IMT, Cemex y Comex.
80. INECC (2013) y SENER (2018).
81. Por ejemplo, se identificó que el bloque de concreto británi-

co difiere del mexicano, por lo cual no podían asociarse las emisiones de uno al otro caso. Esta situación se resolvió con la descomposición de dicho elemento en materiales compatibles como la grava.

de emisión y la densidad de materiales para que el usuario final pueda adaptar la herramienta. Por último, se provee la opción de incorporar las emisiones asociadas al transporte de materiales de la fábrica hasta el sitio de construcción, a partir de tres métodos de transporte: terrestre, marítimo y ferroviario, además de la utilización de su combustible.

## 11.3. CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

### 11.3.1. Estimación de viviendas nuevas

Bajo los supuestos del escenario tendencial (sección 8.1), las nuevas viviendas por ciudad y perímetro de contención se muestran en el Cuadro 22. Las tasas de crecimiento promedio del parque habitacional y de los egresos por zona metropolitana entre 2010 y 2018 que se usaron para diseñar los escenarios se muestran en el Cuadro 23.

Cuadro 22.  
**Vivendas nuevas en los perímetros U2 y U3**

	2030		2040		2050	
	U2	U3	U2	U3	U2	U3
<b>Culiacán</b>	45,318	20,488	86,517	39,113	127,715	57,739
<b>Guadalajara</b>	93,831	121,858	179,133	232,637	264,434	343,417
<b>Mérida</b>	17,257	12,900	32,945	24,628	48,633	36,355
<b>Monterrey</b>	103,286	142,685	197,182	272,398	291,078	402,111
<b>Reynosa</b>	13,769	30,411	26,286	58,057	38,803	85,704
<b>Tijuana</b>	32,697	30,285	62,422	57,817	92,147	85,348
<b>Tuxtla Gutiérrez</b>	8,384	9,138	16,006	17,446	23,628	25,753
<b>Valle de México</b>	127,238	313,584	242,909	598,661	358,580	883,738

Fuente: Elaboración propia con base en Kerins et al. (2020), datos del Censo de Población y Vivienda 2010 y Encuesta Intercensal 2015 del INEGI

Cuadro 23.

### Tasas de crecimiento promedio anual del parque habitacional y egresos por zona metropolitana 2010-2018

Zona metropolitana	Egresos	Viviendas
Culiacán	-0.66%	2.33%
Guadalajara	3.92%	3.03%
Mérida	3.64%	2.71%
Monterrey	4.19%	3.45%
Reynosa	0.31%	1.93%
Tijuana	-1.48%	2.55%
Tuxtla Gutiérrez	0.58%	3.01%
Valle de México	3.84%	1.76%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de EFIPEM 2000-2018 del INEGI, Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, y SUN de CONAPO.

### 11.3.2. Estimación de densidad urbana en 2019

De acuerdo con la sección 8.3., se presentan las densidades de vivienda por ciudad para las cuatro tipologías de vivienda consideradas.

Cuadro 24.

### Densidades promedio (viviendas por hectárea) de las tipologías habitacionales por ciudad en 2019

Tipología	Culiacán (viv/ha)	Guadalajara (viv/ha)	Mérida (viv/ha)	Monterrey (viv/ha)	Reynosa (viv/ha)	Tijuana (viv/ha)	Tuxtla Gutiérrez (viv/ha)	Valle de México (viv/ha)
Vivienda formal subdividida	43.8	26.8	38.3	35.2	26.6	22.5	44.6	33.1
Vivienda informal subdividida	18.5	24.4	10.8	23.3	25.3	17.2	21.1	26.4
Asentamiento sin subdivisión	10.9	31.2	6.0	8.6	9.0	24.1	10.4	13.2
Desarrollo habitacional	68.3	85.0	38.6	49.2	64.4	51.9	51.3	77.1

Fuente: Elaboración propia con base en Kerins et al. (2020), datos del Censo de Población y Vivienda 2010 y Encuesta Intercensal 2015 del INEGI

## 12. Referencias

1. Ahlfeldt, G. y Pietrostefani, E. (2017). *Demystifying Compact Urban Growth: Evidence From 300 Studies From Across the World*. Londres y Washington DC: Coalition for Urban Transitions. Disponible en <https://urbantransitions.global/>
2. Angel, S., Blei, M. A., Parent, J., Lamson-Hall, P. y Galarza, N. (2016). *Atlas of Urban Expansion - 2016 Edition, Volume 1: Areas and Densities*. Nueva York, Nairobi y Cambridge: New York University, UN-Habitat y Lincoln Institute of Land Policy.
3. Bento, A. (2003). *The impact of urban spatial structure on travel demand in the United States*. Washington: The World Bank.
4. Boyko, C. T. y Cooper, R. (2011). Clarifying and re-conceptualising density. *Progress in Planning*, 76, 1, 1-61.
5. Brito, M., Macías, J., Ramírez, L., Jacquin, C. y Zubicaray, G. (2021). *Índice de desigualdad urbana*. Disponible en <https://wrimexico.org/publicacion>
6. Carruthers, J. y Ulfarsson, G. (2004). *Urban sprawl and the cost of public services*. Sage Urban Studies Abstracts, 32, 3.
7. CIDOC. (2018). *Estado actual de la vivienda en México 2018*. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/503578/EAVM2018.pdf>
8. CONAVI. (2018). *Modelo geoestadístico para la actualización de los perímetros de contención urbana 2018*. Disponible en [https://sniiv.conavi.gob.mx/doc/PCUs\\_2018.pdf](https://sniiv.conavi.gob.mx/doc/PCUs_2018.pdf) (Último acceso diciembre 2020)
9. CUT. (2019). *Climate Emergency, Urban Opportunity*. Londres y Washington, D.C.: WRI, Ross Center for Sustainable cities y C40 Cities Climate Leadership Group. Disponible en <https://urbantransitions.global/urban-opportunity/>
10. Dobbs, R., Smit, S., Remes, J., Manyika, J., Roxburgh, C., Restrepo, A. y McKinsey Global Institute. (2011). *Urban world: Mapping the economic power of cities*. New York: McKinsey Global Institute. Disponible en [Urban world: Mapping the economic power of cities \(mckinsey.com\)](https://www.mckinsey.com/urban-world)
11. DOF (2013). *Diario Oficial de la Federación*, 1 de julio de 2013.
12. DOF (2020). *Diario Oficial de la Federación*, 4 de febrero de 2020.
13. Environment Agency (2014). *Carbon Calculator Version 3.6*. Londres: Department for Environment, Food and Rural Affairs. UK Government.
14. Giuliano, G. y Small, K. A. (1991). Subcenters in the Los Angeles region. *Regional Science and Urban Economics*, 21, 2, 163-182.
15. INECC. (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1990-2010*. Ciudad de México.
16. INECC. (2017). *Análisis de ciclo de vida para tecnologías de transporte seleccionadas bajas en carbono*. Ciudad de México. Disponible en: <https://cambioclimatico.gob.mx/analisis-de-ciclo-de-vida-para-tecnologias-de-transporte-seleccionadas-bajas-en-carbono/>
17. INECC. (2018). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero – INEGYCEI 1990-2015*. Ciudad de México.

18. INFONAVIT. (2015). *Atlas del abandono de la vivienda*. Disponible en <https://infonavit.janium.net/janium/Documentos/67994.pdf>

---

19. Karathodorou, N., Graham, D. J. y Noland, R. B. (2010). Estimating the effect of urban density on fuel demand. *Energy Economics*, 32, 1, 86-92.

---

20. Kerins, P., Nilson, E., Mackres, E., Rashid, T., Guzder-Williams, B. y Brumby, S. (2020). *Spatial Characterization of Urban Land Use through Machine Learning*. Washington, DC: WRI. Disponible en <https://www.wri.org/publication/spatial-characterization-urban-land-use>

---

21. Knaap, G. J., Nelson, A. C. y Lincoln Institute of Land Policy. (1993). *The regulated landscape: Lessons on state land use planning from Oregon*. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy.

---

22. Ladd, H. F. (1992). Population Growth, Density and the Costs of Providing Public Services. *Urban Studies*, 29, 2, 273-295.

---

23. Liddle, B. (2013). Urban density and climate change: a STIRPAT analysis using city-level data. *Journal of Transport Geography*, 28, 22-29.

---

24. Linn, J. F. (1982). The Costs of Urbanization in Developing Countries. *Economic Development and Cultural Change*, 30, 3, 625-648.

---

25. McGuire, T.J. y Sjoquist, D.L. (2002). *Urban Sprawl and the Finances of State and Local Governments*. Atlanta: Andrew Young School of Policy Studies.

---

26. Mindali, O., Raveh, A. y Salomon, I. (2004). Urban density and energy consumption: A new look at old statistics. *Transportation Research. Part A, Policy and Practice*, 2, 143-162.

---

27. Ministry of Municipal Affairs and Housing (MMAH), British Columbia (2018). *Community Lifecycle Infrastructure Costing (CLIC) Tool: User Guide (version 2.0)*. Disponible en [https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/british-columbians-our-governments/local-governments/planning-land-use/clic\\_decision\\_support\\_tool\\_user\\_guide.pdf](https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/british-columbians-our-governments/local-governments/planning-land-use/clic_decision_support_tool_user_guide.pdf)

---

28. Monkkonen, P. (2008). Using Online Satellite Imagery as a Research Tool. *Journal of Planning Education and Research*, 28, 2, 225-236. DOI: 10.1177/0739456X08323771.

---

29. Montejano, J, Monkkonen, P., Guerra, E. y Caudillo, C. (2019). *Costs and Benefits of Urban Expansion: Evidence from Mexico, 1990-2010*. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy. Disponible en [https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/montejano\\_wp19jm1.pdf](https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/montejano_wp19jm1.pdf)

---

30. Moreno-Monroy, A., Gars, J., Matsumoto, T., Crook, J., Ahrend, R. y Schuman, A. (2020). *Housing Policies for Sustainable and Inclusive Cities: How National Governments can deliver affordable housing and Compact Urban Development*. Londres y Washington: CUT. Disponible en [https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2020/02/Housing\\_Policies\\_for\\_Sustainable\\_and\\_Inclusive\\_Cities\\_web\\_FINAL.pdf](https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2020/02/Housing_Policies_for_Sustainable_and_Inclusive_Cities_web_FINAL.pdf)

---

31. Newman, P. W. G. y Kenworthy, J. R. (1992). *Cities and automobile dependence: A sourcebook*. Aldershot: Avebury. Disponible en <https://www.mckinsey.com/featured-insights/urbanization/urban-world-mapping-the-economic-power-of-cities>

---

32. OCDE (2015). *Estudios de políticas urbanas de la OCDE México: Transformando la Política Urbana y el Financiamiento de la Vivienda*. París: OECD Publishing. DOI: 10.1787/9789264227293-en.

---

33. OECD (2020). *Revenue Statistics 2020*. París: OECD Publishing. DOI: 10.1787/8625f8e5-en

---

34. ONU-DESA. Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Disponible en <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>

---



35. ONU-Hábitat. (2013). *Urban planning for city leaders*. Nairobi: UN-Habitat.
- 
36. Reyes, A. (2020). *From the Top Down: The Governance of Urban Development in Mexico*. Toronto: University of Toronto. Disponible en: <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/101963/1/IMFG-Perspectives-29-Reyes-Mexico-Urban-Growth-Boundaries.pdf>
- 
37. Rivero, M., Moreno, E. y Velázquez, M. A. (2018): Los perímetros de contención urbana: nuevo marco decisional. *En Ciudad, género, cultura y educación en las regiones*. México: UNAM y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. Disponible en <http://ru.iiec.unam.mx/3920/1/014-Rivero-Moreno-Vel%C3%A1zquez.pdf>
- 
38. SEDESOL. (2012). *La expansión de las ciudades 1980-2010*. México.
- 
39. SENER. (2018). *Balance Nacional de Energía 2017*. México.
- 
40. Solé, A. y Hortas, M. (2010). Does urban sprawl increase the costs of providing local public services?: Evidence from Spanish municipalities. *Urban Studies*, 47, 1513-1540.
- 
41. Su, Q. (2011). The effect of population density, road network density, and congestion on household gasoline consumption in U.S. urban areas. *Energy Economics*, 33, 3, 445-452.
- 
42. Unda, M. (2021). Una hacienda local pobre: ¿qué explica la recaudación predial en México?. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 36, 49-88.
- 
43. Zubicaray, G., García, N. y Macías, J. (2020). *Acciones federales para la planeación urbana: hacia mejores ciudades para todos*. Disponible en <https://urbantransitions.global/publications/>
- 
44. Zubicaray, G., Brito, M., Ramírez, L., García, N. y Macías, J. (2021). *Las ciudades mexicanas: tendencias de expansión y sus impactos*. Disponible en <https://urbantransitions.global/publications/>
-

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Comparación de las carencias en el acceso. Zona metropolitana de La Paz y zona metropolitana de Cancún .....	10
<b>Figura 2.</b> Secuencia de procesos. Metodología y fuentes principales .....	20
<b>Figura 3.</b> Superposición de submodelos de reconocimiento de usos del suelo en la zona metropolitana de Mérida. A la izquierda, modelo sin vialidades; en el centro, modelo de vialidades, a la derecha, modelo superpuesto .....	24
<b>Figura 4.</b> Costo promedio de las vialidades por superficie de vivienda construida.....	30
<b>Figura 5.</b> Costo promedio anual de desplazamiento por vivienda en la periferia urbana .....	31
<b>Figura 6.</b> Evolución del costo público por vivienda 2000-2018 .....	33
<b>Figura 7.</b> Costo por vivienda para la provisión de servicios públicos .....	33
<b>Figura 8.</b> Comparación del costo unitario de las emisiones por vivienda en los perímetros de contención U2 y U3 .....	34
<b>Figura 9.</b> Estructura porcentual de los costos anuales en cada zona metropolitana en 2019 .....	37
<b>Figura 10.</b> Estructura porcentual de los costos en el periodo 2020-2050 .....	45
<b>Figura 11.</b> Variación porcentual en el costo anual público para mantener el mismo nivel de gasto por vivienda de 2019 .....	47
<b>Figura 12.</b> Variación porcentual del costo total acumulado de 2020 a 2050 respecto del escenario tendencial .....	49
<b>Figura 13.</b> Diferencia del costo promedio anual por vivienda en desplazamiento. Escenario tendencial vs escenario alternativo de localización .....	50
<b>Figura 14.</b> Variación porcentual del costo total acumulado de 2020 a 2050 respecto del escenario tendencial .....	51
<b>Figura 15.</b> Diferencia del costo promedio anual por vivienda en emisiones derivadas de la construcción. Escenario tendencial vs escenario alternativo de densificación residencial .....	51
<b>Figura 16.</b> Plantas esquemáticas de las tipologías de mampostería A (izquierda) y mampostería B (derecha) .....	64
<b>Figura 17.</b> Diagrama urbano de densificación para escenarios alternativos .....	67
<b>Figura 18.</b> Proceso de delimitación de centros de empleo en la zona metropolitana del Valle de México. Arriba izquierda, AGEBS resultantes de umbrales de empleo. Arriba derecha, contiguas. Abajo izquierda, AGEBS resultantes de la última selección por personal ocupado total. Abajo derecha, centroide del conglomerado resultante. ....	70
<b>Figura 19.</b> Calculadora de emisiones de la construcción .....	78

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Características morfológicas de las tipologías residenciales detectadas .....	23
<b>Cuadro 2.</b> Diferencias en la estimación de viviendas por percepción remota en 2018 con respecto a los valores censados en el Censo de Población y Vivienda de 2010 .....	26
<b>Cuadro 3.</b> Costos paramétricos de construcción de las viviendas, vialidades y espacio libre de las aglomeraciones urbanas .....	30
<b>Cuadro 4.</b> Costo de la expansión urbana en 2019 en ocho zonas metropolitanas. Millones de pesos .....	36
<b>Cuadro 5.</b> Grupos finales de zonas metropolitanas .....	39
<b>Cuadro 6.</b> Costo de provisión de los servicios urbanos básicos .....	40
<b>Cuadro 7.</b> Costo de construcción de la vivienda y su urbanización .....	41
<b>Cuadro 8.</b> Costo de desplazamiento .....	41
<b>Cuadro 9.</b> Costo de las emisiones derivadas de la construcción .....	42
<b>Cuadro 10.</b> Diferencia de los costos anuales en 2050 respecto a la línea base 2019 .....	46
<b>Cuadro 11.</b> Comparativa de los costos acumulados de 2020 a 2050 en los tres escenarios. Millones de pesos .....	53
<b>Cuadro 12.</b> Variables de clasificación de zonas metropolitanas .....	62
<b>Cuadro 13.</b> Características constructivas de las tipologías de vivienda consideradas .....	63
<b>Cuadro 14.</b> Características constructivas de las tipologías de vialidad consideradas .....	65
<b>Cuadro 15.</b> Características constructivas de la tipología alternativa .....	66
<b>Cuadro 16.</b> Características formales de las aglomeraciones urbanas residenciales .....	68
<b>Cuadro 17.</b> Variables definidas en las aglomeraciones urbanas residenciales .....	69
<b>Cuadro 18.</b> Partidas de gasto incluidas en el cálculo de gastos en servicios urbanos .....	71
<b>Cuadro 19.</b> Gasto público en las alcaldías de la Ciudad de México en las partidas seleccionadas 2015-2018. Millones de pesos, valores 2019 .....	74
<b>Cuadro 20.</b> Gasto por zona metropolitana del SUN para la provisión de servicios públicos en 2018. Millones de pesos, valores 2019 .....	76
<b>Cuadro 21.</b> Gasto por vivienda en 2018 para la provisión de servicios públicos urbanos. Resultados por zona metropolitana. Valores 2019 .....	77
<b>Cuadro 22.</b> Viviendas nuevas en los perímetros U2 y U3 .....	79
<b>Cuadro 23.</b> Tasas de crecimiento promedio anual del parque habitacional y egresos por zona metropolitana 2010-2018 .....	80
<b>Cuadro 24.</b> Densidades promedio (viviendas por hectárea) de las tipologías habitacionales por ciudad en 2019 .....	80

**COALITION**  
**FOR URBAN**  
**TRANSITIONS**



**WRI MÉXICO**  
— ROSS CENTER

Find us

🌐 [urbantransitions.global](http://urbantransitions.global)

🐦 @NCECities



Copyright 2021 World Resources Institute. Este trabajo tiene la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International License. Para ver una copia de la licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>